

SLOVENSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA TECHNICKÁ V BRATISLAVE

STROJÁRSKOTECHNOLOGICKÁ FAKULTA

Doc. Ing. M. Turňa, CSc. - Ing. A. Jajcay, CSc. - Ing. D. Ryban, CSc.
Ing. H. Mäsiar, CSc.

Automatizácia zvaracích a zlievarenských procesov

1988

© Doc. Ing. Milan Turňa, CSc., Ing. Alojz Jajcay, CSc., Ing. Dušan Ryban, CSc., Ing. Harold Mäsiar, CSc.

Lektori: Ing. Ján Chovanec, Detva
Ing. Rudolf Pavlíček, CSc.

Vydala Slovenská vysoká škola technická v Bratislave v Edičnom stredisku SVŠT, Bratislava, Gottwaldovo nám. 17.

Za odbornú a ideologickú náplň tohto vydania zodpovedá prof. Ing. Jozef Adamka, DrSc., vedúci Katedry zvarovania, zlievania a práškovej metalurgie.

Schválil rektor Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave dňa 6.6. 1984, č. 3309/84 ako skriptá pre Strojárskokotechnologickú fakultu, študijný odbor: Strojárska technológia.

I. Súčasný stav zvarania, spájkovania a tepelného delenia (Turňa)

Široký sortiment výrobkov vyžaduje využívať všetky najdôležitejšie výrobné technológie. Medzi osem najdôležitejších patrí aj technológia zvarania. Možno ju zaradiť na 4. až 5. miesto za najrozšírenejšími technológiami, ktorými sú:

- montáž,
- obrábanie,
- tvárnenie,
- povrchové úpravy.

Podiel zvarania predstavuje 6 % celkovej prácnosti strojárskkej výroby. Relatívny podiel technológie zvarania za posledné roky ustavične vzrastá, a to na úkor technológie odlievania.

Celkove sa roku 1980 vyrobilo v ČSSR viac než 3,1 mil. t zvarkov, t.j. cca 26 % hmotnosti vyrobeného valcovaného materiálu.

V súčasnosti je trend v oblasti zvarania zameraný na racionalizáciu spotreby energie, na zvyšovanie technickej úrovne výrobkov, užitkovej hodnoty, kvality a prevádzkovej spoľahlivosti strojov, prístrojov, zariadení a technológie výroby.

Veľmi dôležitým faktorom v súčasnom dynamickom rozvoji rôznych oblastí národného hospodárstva je potreba nových materiálov vysokých technických parametrov a ich najekonomickejšie využitie. Jedna z možností riešenia tejto problematiky je zavádzanie moderných technológií výroby týchto materiálov, ako aj ich technologického spracovania vrátane zvarania, spájkovania a tepelného delenia.

Bez vhodných a progresívnych technológií spájania a delenia materiálov si dnes nevieme predstaviť rozvoj energetického, leteckého, chemického, automobilového a spotrebného priemyslu, pokrok vo výrobe oceľových konštrukcií, dopravných zariadení, kotlov, tlakových nádob a iných výrobkov.

Vzrastajúci počet zvaracích metód vrátane špeciálnych je prirodzeným dôsledkom rôznorodosti materiálov určených na zvaranie, požiadaviek na vlastnosti zvarových spojov, nevyhnutnosti ľahko zhotoviť zvarové spoje v rozličných podmienkach a tvaroch konštrukcií a napokon aj dôsledok zvyšovania ekonomie výroby.

Podľa prieskumu výroby prostriedkov pre zvarovanie roku 1982 (VÚZ Bratislava) percentuálny objem výroby vo finančnom vyjadrení je takýto:

- prídavné materiály pre zvarovanie a spájkovanie	53,2 %
- zdroje, stroje, zariadenia	28,9 %
- technické plyny pre zvarovanie	13,8 %
- ochranné pomôcky a ostatné potreby	3,8 %
- súpravy pre AT zvarovanie	0,3 %

Export roku 1980 predstavoval cca 9,5 % z celkového objemu výroby prostriedkov pre zvarovanie.

Celkový vývoj výroby prostriedkov pre zvarovanie za posledné roky ukazuje, že dochádza k miernemu nárastu v hmotnom, no najmä vo finančnom objeme. Najvýraznejší nárast vidieť pri výrobe prídavných materiálov na spájkovanie (vzrast cien Ag spájok). Vo výrobe zvaracích zariadení dochádza k nárastu v kusovom i finančnom objeme od roku 1980.

Výrobu zvaracích zariadení roku 1982 v podrobnom členení udáva tab. I-1a,b,c.

Podľa prieskumu VVZ pre zvarovanie roku 1982 bolo najviac prostriedkov vynaložených na výskum automatizácie (18,4 %), na výskum zvaracích procesov (17,1 %) a na výskum zariadení a zdrojov (14,6 %).

K základným technológiám pribudli nové modifikácie a kombinácie existujúcich technológií, ktoré prinášajú v špecifických prípadoch zvarovania ďalšie technicko-ekonomické výhody.

Maximálna hustota energie stúpla v porovnaní s klasickými technológiami z 10^3 až na 10^9 W . cm⁻². Dokumentuje to vývojový trend vedúci k použitiu väčšej koncentrácie energie na zvarovanie. Prírodný dôsledok tohto vývoja je ustavičné zvyšovanie rýchlosti zvarovania.

V súčasnosti je úsilie optimálne navrhovať zvarované konštrukcie. Zvyšujú sa technické parametre zvarov a racionalizuje sa dimenzovanie zvarových spojov a zvarovaných konštrukcií vzhľadom na podmienky reálneho namáhania.

Je trend vyrábať zvarované konštrukcie vo väčšom rozsahu z polotovarov vyrábaných lisovaním a inými technológiami, ktoré umožňujú redukovat počet zvarov.

Zníženie hmotnosti zvarovaných konštrukcií sa zabezpečuje využívaním ocelí a iných materiálov vyšších pevností, s dobrými vlastnosťami z hľadiska zvariteľnosti. Presadzuje sa zvarovanie menej náročné na prípravu zvarových plôch. Badat pokles ručného oblúkového zvarovania na úkor vysokoproduktívnejších metód.

Výroba zvaracích zariadení v roku 1982 Bez výroby prototypov

Tabuľka I-1a

Por. č.	Druh zariadenia	Objem výroby		Typ zariadení
		tis.Kčs	kusov	
1	2	3	4	5
1.	Malé transfor. pre ručné zvaranie	27,798	15 121	RTB 3; IS 90/1; IS 90/2; IS 90/F; IS 90/FN; TR 121
2.	Transformátory pre ručné zvaranie	6,210	900	WT 315
3.	Usmerňovače pre ručné zvaranie	153,437	8 464	KS-250; KS-200; WTS 500; WTU 200; WTU 315; TRT 502; ZU 315.11
4.	Rotačné zdroje	68,541	6 698	K 220; RK 320; DG 321; DK 322
5.	Priemyselné zdroje pre ručné zvaranie spolu 2 až 4	228,188	16 062	
6.	Automaty MIG - kompletne	72,607	2 126	Uni MIG 400; Uni MIG 400 S; Uni MIG 200; WSP 600; WMP 200; LSP 315
7.	Podávače	0,006	10	4P20 prenosný podávač
8.	Zdroje pre CO ₂	1,151	48	WSU 630
9.	Automaty MIG kompletne	2,762	40	SDA 1.500; SDA 2x300; SDA 300
10.	Zvaracie hlavy MIG	-	-	
11.	Zariadenia pre zvaranie v ochrane CO ₂ (zmesi) spolu (6 až 10)	77,806	2 274	naviac 1,280 tis.Kčs vrátane TS 01 50 ks
12.	Súpravy pre zvaranie TIG	6,084	120	MA 315
13.	Horáky pre zvaranie TIG	1,940	1 400	Argotig 160; Argotig 315
14.	Zariadenia pre zvaranie TIG spolu	8,024	1 520	
15.	Zvaracie traktory pre ZPT	2,143	80	WST 1000
16.	Zvaracie hlavy pre ZPT	-	-	

Výroba zvaracích zariadení v roku 1982 Bez výroby prototypov - pokračovanie

Tabuľka I-1b

1	2	3	4	5
17.	Zvaracie zdroje pre ZPT	5,624	180	TSM 1000; TRT 1000
18.	Zariadenia pre ZTP spolu (15 až 17)	7,767	260	
19.	Bodovky	30,269	189	BN 20.12; BP 20.11; BP 40.11; BP 40.12; BP 80.11; BP 80.12; 16 BS
20.	Lisy	-	-	
21.	Švovky	-	-	
22.	Stykovky	2,365	40	S2A; S6A
23.	Štandardné odpor. stroje spolu	32,634	229	
24.	Zvaracie kliešte kompletné	5,247	150	BZ 125; KM 120
25.	Závesné transformátory	-	-	
26.	Kliešte nástroje	0,963	168	H80/100; H80/160; H125/250; KZ160; KZ16H
27.	Spolu kliešte (24 až 26)	6,210	318	
28.	Špeciálne jednoučelové zariadenia pre zvaranie, naváranie oblúkovými metódami	2,334	60	NVE 302
29.	Špeciálne jednouč. zariad. odporové	0,838	401	WP1
30.	Špeciálne jednoučelové zariadenia spolu (28 až 29)	3,172	461	
31.	Zariadenia, súpravy a súčasti pre ručné zvaranie, naváranie, spájkovanie a rezanie plamenom a plynové armatúry	86,906	798 880	PSPBII; PSPBIII; uzatváracie ventily; redukčné ventily; rezacie horáky; súpravy PB 01, 03; ťažké zvaracie súpravy, spájkovacie súpravy; nadstavce atď.

Výroba zvaracích zariadení v roku 1982 Bez výroby prototypov - pokračovanie

Tabuľka I-1c

1	2	3	4	5
32.	Zariadenia pre strojné rezanie kyslíkom	8,188	875	Rezacie stroje RS 13+ND; rezací stroj RSOMA rezací stroj RS 501
33.	Zariadenia pre zvaranie a rezanie spolu (31 až 32)	95,094	799 755	
34.	Polohovadlá stolové	6,932	59	17SSP 301; 17SSP 630
35.	Polohovadlá kladkové	4,287	25	MK 4.11; MK 63.11; PKS 6,3
36.	Manipulátory zvaracích hláv	-	-	
37.	Mechanizačné prostriedky pre oblúkové zvaranie spolu 34 až 36	11,219	84	
38.	Zariadenia pre zvláštne metódy zvarania elektr.lúč, plazma, metódy ETZ, ETW atď.	3,884	421	ZPU-450-zvár. zariadenie na termoplasty ETZ 450; US 001 KN 8 Ultrazvuk.zváračka
39.	Náhradné diely a subdodávky odbor 514	55,207	-	Náhradné diely a elektronika pre zdroje
40.	Špeciálne doplnky, uzly zariadení	0,528	140	MZ-1; (Impulzný doplnok); Ionizátor VÚZ Ti-1; VÚZ-autoset TE; VÚZ-autoset R; programovacia jednotka JPP-5
	Odbor 514 spolu	557,531	836 645	
41.	Ostatné výrobky a pomôcky ochranné prostriedky a nástroje	10,040	251 645	UZ 1600W; US-6016/2; súbor U jednotiek na zva- ranie; merač zvár.prúdu 160 A; 315 A; D 300;
42.	Spolu: Zariadenia, stroje, zdroje a ostatné výrobky a pomôcky	567,571	1,088 290+ + ND	

Poznámky: 1. Tabuľka obsahuje zariadenia týchto výrobcov: TEMOS Levice, ZEZ Hořice, CHS Choteboř, ZEZ Choteboř, BEZ Bratislava, MEZ Brumov, Elektrokov Znojmo, ČKD Praha-Polgovodiče, Elitex Kdyně, VÚZ Bratislava, Kovoplast Nitra, SVETOM Velké Rovné, Tesla Vráble, Pružináren a strojáren Brezová.
2. Poč.č.41 (Ostatné výrobky a pomôcky) obsahujú aj iné odbory mimo odboru 514.

II. Prognóza rozvoja zvarania (Turňa)

Riadiacou veličinou prognózy sú základné predpoklady rozvoja priemyslu železa a ocele. Úroveň výroby a spotreby sa má do roku 2000 stabilizovať zhruba na úrovni roku 1980. Pre výrobu zvarkov je rozhodujúca spotreba valcovaného materiálu. Očakávaný percentuálny vývoj podielu hmotnosti hotových zvarkov je z 27,6 % roku 1985 na 32,1 % roku 2000.

Za základný ukazovateľ zvaračskej výroby sa naďalej považuje objem výroby zvarkov a zvaraných konštrukcií v hmotnom vyjadrení.

Ďalším východiskovým údajom je percentuálny podiel odpracovaných hodín v celom národnom hospodárstve jednotlivými metódami zvarania pri zachovaní priemerného ročného hodinového fondu zvarača využitého na zvaranie.

Prognostický vývoj počtov zvaračov pripadajúcich na jednotlivé metódy (technológie) zvarania je uvedený v tab. II-1.

Za hlavné ukazovatele zvaračskej výroby, ktoré charakterizujú vývoj zvarania v ČSSR, sa považujú tieto:

- objem ročnej výroby zvarkov v hmotnom a finančnom vyjadrení (t/rok; Kčs/rok),
- podiel odpracovaných hodín jednotlivými zvaračskými metódami v percentách,
- celkový počet odpracovaných hodín (OH) všetkými zvaračskými metódami (tis. OH),
- počet zvaračov celkom (osoby),
- ročná produktivita zvarača - hmotnosť zvarkov vyprodukovaných zvaračom za rok (t/rok/zvarač),
- potreba počtu nasadených strojových zariadení celkom v delení podľa jednotlivých metód a podľa úrovne riadenia a mechanizácie v (ks),
- ročná spotreba nových zariadení dodaných do priemyslu na náhradu dožitých a na krytie vývoja (ks/rok),
- spotreba prídavných materiálov podľa metód a druhov (t/rok),
- spotreba plynov, ktorá je určená podľa odpracovaných hodín jednotlivými metódami.

Stupne mechanizácie sú rozdelené do tzv. tried mechanizácie a automatizácie takto:

- A - ručné zváranie,
- B - ručné zváranie s mechanizačnými prostriedkami (polohovadlami) na nastavenie, resp. polohovanie zváraného dielca pri zvaraní,
- C - strojové zváranie - zvarací nástroj je pohybovaný strojom, pohyby nástroja a priebeh zvaracieho procesu sú nastavované ručne (obsluhou),
- D - strojové zváranie s opakovateľným pracovným cyklom,
- E - automatizované strojové zváranie - zvarací nástroj je pohybovaný strojom a pracovný cyklus zvarania je ovládaný samočinným riadiacim systémom na základe vstupných riadiacích signálov alebo programov, prípadne signálmi zo snímačov.

V dôsledku nárastu relatívnej produktivity a iba minimálnym nárastom objemu ročnej výroby zvarkov sa predpokladá celkové zníženie odpracovaných hodín.

Roku 2000 sa predpokladá najväčší podiel MIG zvarania, kým v predchádzajúcich obdobiach najväčší podiel vykazuje ešte ručné oblúkové zváranie. Nárast sa predpokladá tiež pri zvaraní rúrkovým drôtom. Rast vykazujú aj špeciálne metódy zvarania, spájkovania a delenia materiálov.

Ako udáva tab. II-1, neráta sa so vzrastom počtu zvaračov.

Tab. II-2 udáva pracujúce počty zvaracích strojov, ktoré sú potrebné na zabezpečenie prognózovanej výroby zvarkov. Ide o vyžadované počty zariadení, ktoré vychádzajú zo zhodnotenia počtu zvaračov pracujúcich príslušnými metódami a z vývoja ďalších ukazovateľov produktivity práce v závislosti od úrovne mechanizácie (ručné zváranie, strojové zváranie, automatizované zvaracie pracoviská). Počet automatizovaných pracovísk do roku 2000 výrazne vzrastie. Výraznejší nárast prognóza očakáva pri vyšších úrovniach mechanizácie a automatizácie oblúkového zvarania (MIG, TD, ZPT). Podobne sa javí situácia pri zariadeniach pre odporové zváranie (automatizované pracoviská).

Prognóza ročnej spotreby zvaracích strojov a zariadení (tab. II-3) udáva počty zariadení dodaných do priemyslu na náhradu dožitých zariadení a na krytie potrieb vyplývajúcich z prognózovaných zmien zvaračskej výroby.

V tab. II-4 sú uvedené ročné priemerné výroby v členení podľa metód.

Rozvoj zvaracej techniky má byť v súlade s požiadavkami, ktoré vyplývajú z posudzovania nárokov aplikácie našej technológie na elektrickú energiu a na spotrebu materiálov. Tendenciou tohto rozvoja majú byť úspory elektrickej energie nielen pri zvaraní, ale aj úspory energie pri pomocných operáciách.

Počet zvaračov v celej ČSSR podľa metód

Tabuľka II-1

Počty zvaračov pre metódy	1980	1985	1990	1995	2000
1	2	3	4	5	6
Ručné oblúkové zvarovanie ROZ	32 682	27 906	22 490	17 218	12 480
MIG	10 463	10 670	12 170	13 000	13 630
TIG	1 098	923	775	594	475
TD	258	230	313	415	440
ZPT a ETZ	1 421	1 327	1 192	1 090	990
OZ	7 105	6 345	5 960	5 620	5 180
Plameňové zvarovanie	6 330	5 420	4 493	3 740	3 030
Plameňové rezanie	2 971	2 769	2 324	2 050	1 750
Spájkovanie	2 002	1 840	1 705	1 550	1 390
Zvláštne metódy	259	230	308	368	480
C e l k o m	64 589	57 660	51 730	45 645	39 850

Prognóza počtov nasadených zváracích zariadení podľa metód zvárania a úrovne mechanizácie v ČSSR

Tabuľka II-2

Por. čis.	Zváracie zariadenie pre		1980	1985		1990		1995		2000	
			ks	ks	index 1985/80	ks	index 1990/80	ks	index 1995/80	ks	index 2000/80
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Zdroje ROZ	Rot.	35 100	17 600	0,501	4 000	0,114	0	-	0	-
		Ugm.	6 220	15 300	2,459	20 160	3,241	16 900	2,717	12 000	1,929
		Trafo	1 715	3 850	2,245	5 440	3,172	5 400	3,148	4 100	2,390
2.	MIG TD	Ručné	8 020	7 830	0,976	7 560	0,943	6 875	0,857	6 455	0,805
		Stroj.	430	640	1,488	1 575	3,662	2 530	5,884	3 220	7,488
		Automatiz. prac.	90	215	2,388	815	9,055	1 285	14,277	1 545	17,166
3.	TIG	Ručné	796	654	0,821	510	0,641	368	0,462	276	0,347
		Stroj.	55	61	1,109	90	1,636	92	1,672	94	1,709
4.	ZPT ETZ	Stroj.	1 037	940	0,906	780	0,752	662	0,638	555	0,535
		Automatiz. prac.	80	105	1,312	160	2,000	198	2,475	230	2,875
5.	OZ	Stroj.	5 995	5 482	0,914	4 680	0,781	4 025	0,671	3 412	0,569
		Automatiz. prac.	205	218	1,063	520	2,536	885	4,317	1 118	5,454
6.	ZM	EZ	6	15	2,500	32	5,333	45	7,500	60	10,000
		Plazma	86	61	0,709	62	0,721	65	0,756	72	0,837
		Trenie	7	14	2,000	26	3,714	35	5,000	53	7,571
7.	PZ	Ručné	(114 500 x)	(98 050)	(0,856)	(81 300)	(0,710)	(67 650)	(0,591)	(54 820)	(0,479)
8.	PR	Stroj.	1 475	1 375	0,932	1 155	0,783	1 020	0,692	870	0,590
9.	Polohovadlá		3 900	4 200	1,077	4 800	1,230	5 700	1,461	6 600	1,692
10.	Spolu (bez PZ)		65 217	58 560	0,898	52 365	0,803	46 085	0,707	40 660	0,623

Poznámky: 1. Ručné: Zariadenia na ručné (a poloaautomatické) zváranie bez pomôcok (polohovadiel) a s pomôckami (polohovadlami), t.j. A a B.

2. Strojné zariadenia: Na strojové zváranie s ručnou reguláciou, alebo s uzavretým opakovateľným cyklom, t.j. C a D.

3. Automatizované zváracie pracovisko: Je sústava pre strojné ovládanie zváracieho nástroja a spravidla pre mechanizovanú alebo automatizovanú funkciu operačnej a medzioperačnej manipulácie so zváranými časťami a zvarkom. Sústava môže byť riadená riadiacim systémom rôznej úrovne. Spadá do skupiny D a E.

x) Ide o počty kusov jednotlivých súprav pre plameňové zváranie.

Prognóza spotreby zváracích strojov a zariadení v celej ČSSR

Tabuľka II-3

Por. čís.	Zváracie zariadenia pre		1980		1985		1990		1995		2000	
			ks	mil.Kčs	ks	mil.Kčs	ks	mil.Kčs	ks	mil.Kčs	ks	mil.Kčs
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Zdroje ROZ	Rot. x)										
		Usmer.	910	12,42	2 650	37,88	2 370	35,27	2 270	35,08	1 850	29,62
		Trafo xx)	191	1,35	625	4,43	750	5,53	650	4,98	555	4,40
2.	MIG TD	Ručné	1 391	55,64	1 375	79,75	1 340	108,80	1 245	105,43	1 195	107,44
		Stroj.	84	25,66	116	36,05	284	91,78	462	155,00	600	208,78
		Automatiz. prac.	33	23,60	40	31,20	147	121,54	235	205,30	288	265,00
3.	TIG	Ručné	72	1,77	85	2,11	68	1,75	50	1,34	38	1,07
		Stroj.	6	1,53	8	2,08	13	3,58	13	3,79	13	4,00
4.	ZPT ETZ	Stroj.	90	3,67	55	2,31	50	2,18	45	2,03	38	1,79
		Automatiz. prac.	8	5,15	8	5,67	13	9,76	15	11,90	18	15,05
5.	OZ	Stroj.	525	23,63	700	70,00	608	64,45	570	63,84	475	56,05
		Automatiz. prac.	61	60,40	61	65,88	98	114,31	178	223,00	240	321,14
6.	ZM	EZ	6	9,13	5	7,73	9	14,46	13	21,89	17	29,41
		Plazma	16	1,30	18	1,58	18	1,63	19	1,80	21	2,06
		Trenie	6	2,44	5	2,06	7	3,00	10	4,44	15	6,91
7.	PZ	Ručné	(10 850)	(11,93)	(15 100)	(16,61)	(13 420)	(15,35)	(10 900)	(12,95)	(9 440)	(11,66)
8.	PR	Stroj.	140	3,56	182	4,68	166	4,45	156	4,34	138	3,98
9.	Polohovadlá		516	22,71	786	37,73	892	45,39	1 082	58,16	1 280	71,33
10.	Spolu spotreba str. a zariad. (bez PZ)		4 055	253,96	6 719	391,14	6 833	627,88	7 013	902,32	6 781	1128,03
	index		1,0	1,0	1,65	1,54	1,68	2,47	1,73	3,55	1,67	4,44

Poznámky: x) Distribúcia rotačných zväračiek pre vnútorný trh bola zastavená.

 xx) Transformátory pre ručné zváranie priemyselné nie sú zahrnuté malé transformátory.
 Prognóza výroby zváracích strojov a zariadení je uvažovaná včítane plamenových rezacích strojov a včítane strojov pre plamenové zváranie, ale bez zariadení pre mechanizované spájkovanie.

Ročné priemerné výroby v základnom členení podľa metód v celom národnom hospodárstve ČSSR

Tabuľka II-4

Por. č.	Zváracie zariadenie pre		1980		1985		1990		1995		2000	
			ks	mil.Kčs	ks	mil.Kčs	ks	mil.Kčs	ks	mil.Kčs	ks	mil.Kčs
1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Zdroje ROZ	Rot.	6,652	63,050	11,300	74,600 x/82,00	8,500	56,800 x/ 61,00	6,650	55,800 x/ 53,000	6,450	45,600 x/53,000
		Usmer.	5,911	107,049	3,250	46,380 x/85,000	4,650	69,070 x/135,000	5,370	82,880 x/ 149,000	5,530	88,550 x/ 151,000
		Trafo	500	3,100	625	4,430 x/ 6,600	940	6,330 x/ 8,200	800	6,080 x/10,350	650	5,200 x/ 8,200
2.	MIG TD	Ručné	1,799	56,889	1,500	87,000	1,580	128,296	1,460	123,637	1,460	131,260
		Stroj.	59	4,048	105	32,634	280	90,490	520	174,477	770	267,943
		Automatiz. prac.	ø	ø	36	28,080	145	119,877	245	214,034	340	312,946
3.	TIG	Ručné	120	6,084	85	2,110	68	1,750	50	1,340	38	1,070
		Stroj.	ø	ø	5	1,300	8	2,200	8	2,328	8	2,456
4.	ZPT ETZ	Stroj.	80	2,105	55	2,310	50	2,180	45	2,030	38	1,790
		Automatiz. prac.	ø	ø	7	4,951	12	9,009	14	11,107	16	13,373
5.	OZ	Stroj.	860	7,235	820	82,000	760	80,623	760	85,120	635	74,952
		Automatiz. prac.	ø	ø	48	51,840	98	114,297	200	250,555	345	462,034
6.	ZM	EZ	ø	ø	3	4,635	5	8,040	8	13,348	10	17,300
		Plazma	ø	ø	4	0,350	4	0,360	4	0,373	4	0,390
		Trenie	ø	ø	-	-	-	-	-	-	-	-
7.	PZ	Ručné		(11,93)		(16,61)		(15,35)		(12,95)		(11,66)
8.	PR	Stroj.	30	3,180	36	0,921	83	2,213	78	2,158	69	1,990
9.	Polohovadlá		124	20,208	870	41,760	1,115	56,737	1,440	77,406	1,830	103,700
10.	Spolu výroba		16,135	272,948	18,749	465,301	18,298	748,272	17,652	1,092,673	18,193	1,530,554
		index	1,0	1,0	1,16	1,70	1,13	2,74	1,09	4,00	1,13	5,61

Poznámky: 1. Rok 1980 uvedená skutočnosť podľa vyhlásení výrobcov.

2. Do rojačných zdrojov sú zahrnuté i zväračky s neelektrickým pohonom.

3. Plamenové rezanie strojné - sú uvedené len väčšie rezacie stroje.

4. U strojov pre zváranie trením sa uvažuje 100 % dovoz.

5. Výroba je uvažovaná bez náhradných dielov, ktoré predstavujú navyše 8-25 % z objemu výroby.

6. Počty kusov Zdroje ROZ odvodiť VÚZ z prognózy finančného objemu výroby. Objem výroby v mil. Kčs (zdroje ROZ) je vypočítaná spotreba v ČSSR podľa prognózy VÚZ + export uvažovanej k.p. MEZ Brumov.

x/ Objem výroby v mil. Kčs podľa prognózy k.p. MEZ Brumov.

Prognóza spotreby prídavných materiálov podľa VÚZ do roku 2000 vo finančnom vyjadrení

Tabuľka II-5

Por. čís.	Prídavné materiály	S p o t r e b a (v tis.Kčs)				
		1980	1985	1990	1995	2000
1.	Obalené elektródy	205 570	197 340	186 050	168 970	134 200
2.	Drôty pre MIG (CO ₂)	83 980	95 200	126 480	157 760	183 000
3.	Trubičkové drôty	1 872	1 792	2 800	4 800	6 400
4.	Drôty pre ZPT, ETZ	21 972	22 367	23 920	25 163	24 542
5.	Drôty pre plameňové zvarovanie	18 645	17 150	15 680	15 190	13 475
6.	Spájkky	304 029	313 615	343 620	403 380	448 200
7.	Tavivá pre ZPT, ETZ	21 528	22 620	24 180	26 715	27 690
8.	S p o l u	657 596	670 084	722 730	801 978	837 507

Priemerná ročná spotreba v %

Tabuľka II-6

Zariadenie pre metódu		R o k				
		1980	1985	1990	1995	2000
MIG, TD	ručné ks	100	98,8	96,3	89,5	85,9
	ručné Kčs	100	143,3	195,5	189,5	193,1
	strojné ks	100	138,0	338,0	550,0	714,2
	strojné Kčs	100	140,5	357,6	604,0	813,6
	autom. prac. ks	100	121,2	445,4	712,1	872,7
	autom. prac. Kčs	100	132,2	515,0	869,9	1122,8
ZPT, ETZ	strojné ks	100	61,1	55,5	50,0	42,2
	strojné Kčs	100	62,9	59,4	55,3	48,8
	autom. prac. ks	100	100,0	162,5	187,5	225,0
	autom. prac. Kčs	100	110,0	189,5	231,0	292,0
Odporové zváranie	strojné ks	100	133,0	115,8	108,6	90,5
	strojné Kčs	100	296,2	272,7	270,2	237,2
	autom. prac. ks	100	100,0	160,6	291,8	393,4
	autom. prac. Kčs	100	109,0	189,2	369,2	531,6

Pri zvaraní sa spotrebúvajú predovšetkým tieto druhy energií:

- elektrická energia pre vytváranie spoja,
- elektrická energia pre ostatné technologické úkony a pohyby (vrátane mechanizácie a automatizácie procesu),
- tepelná energia pre vytváranie spoja mimo elektrickej (plameňové zváranie, niektoré druhy spájkovania, zváranie aluminotermické, a pod.),
- tepelná energia na tepelné spracovanie (napr. žihanie) zvarkov,
- iné (napr. sušenie elektród a pod.).

Porovnanie priemernej mernej spotreby energie s ohľadom na úroveň mechanizácie a automatizácie použitej technológie zvarovania v porovnaní s ručným oblúkovým zvarovaním je takéto:

- ručné oblúkové zváranie	100,0 %
- MIG, TIG, TD	65,7 %
- ZPT, ETZ	71,0 %
- odporové strojové zváranie	270,0 %
- odporové zváranie v linke	300,0 %
- zváranie elektrónovým lúčom	100,0 %
- plazmové zváranie	100,0 %
- zváranie trením	250,0 %
- spájkovanie	60,0 %
- zváranie plameňom	100,0 %
- rezanie kyslíkom	150,0 %

Poznámka: Priemerná merná spotreba energie pri ROZ - 3,7 MWh/tis.OH.

Predpokladá sa úspora energie roku 2000 oproti roku 1980 cca o 31,5 %.

Ročná spotreba valcovanej ocele do roku 2000 narastie len o 11,5 %. V dôsledku toho aj hmotnostný objem zvarkov sa môže len pomaly zvyšovať, a to o 42 % do roku 2000.

Ročný objem odpracovaných hodín na zváranie klesá v dôsledku rastu produktivity práce a štrukturálnych premien v oblasti zvaracích technológií. Celkovo badať pokles ROZ. Roku 2000 bude mať už najväčší podiel MIG zváranie. Prognózovaný je aj pokles zvaračov v národnom hospodárstve v dôsledku poklesu odpracovaných hodín a rastu produktivity práce.

Prognóza spotreby prídavných materiálov by prakticky nemala stúpať. Počty strojov klesajú asi o 38 % v dôsledku poklesu odpracovaných hodín a prechodu na vyšší stupeň automatizácie a mechanizácie. Napriek poklesu strojov rastie ich úhrnná cena 4,4-krát, keďže ide o zložitejšie automatizované stroje a pracoviská.

Zámer Štátneho cieľového programu pre 8. päťročnicu Automatizácia výrobného procesu s využitím priemyselného robota a manipulátora predpokladá použitie 9400 priemyselných robotov a manipulátorov (PRaM) počas 8. päťročnice a 14 000 v 9. päťročnici. Z toho pre automatizované technologické pracoviská (ATP) 4890 v 8. päťročnici a 7000 v 9. päťročnici. Z týchto pracovísk má byť 550 ATP pre technológiu zvarovania v 8. päťročnici a 790 v 9. päťročnici. Vybavenie týchto pracovísk by malo byť na 90 % kryté výrobou v ČSSR.

Posledná komplexná prognóza z roku 1983 v oblasti zvarovania uvažuje triedenie pracovísk tak, že má skupiny tzv. automatizovaných pracovísk; týmto pojmom rozumieme sústavu pre strojové nesenie zvaracieho nástroja a spravidla pre mechanizovanú alebo automatizovanú funkciu operačnej a medzioperačnej manipulácie so zvaranými časťami a zvarkom. Sústava môže byť riadená riadiacim systémom rôznej úrovne. Táto prognóza uvažuje s použitím takýchto pracovísk roku 1990 - 1495 ks a roku 1995 - 2368 ks.

Projekt komplexnej mechanizácie a automatizácie oblúkového zvarovania v ČSSR z roku 1984 uvažuje s dvoma variantmi: spodnej a hornej. Z projektu sa vybrali pracoviská stupňa automatizácie 5, 6, 7. Stupeň automatizácie 5 je definovaný ako pracovisko zložené zo zvaracieho zariadenia s mechanizovane neseným nástrojom s mechanizovanými manipulačnými prostriedkami a s programovaným riadiacim systémom pracoviska. Podľa projektu je počet použitých oblúkových pracovísk roku 1995 pri variante 1 - 730 ks a pri variante 2 - 1375 ks.

Ak uvažujeme, že oblúkové stroje predstavujú roku 1995 cca 62,6 % zvaracích strojov, to znamená, že použité zvaracie pracoviská roku 1995 by mali predstavovať podľa variantu 1 - 1120 ks a variantu 2 - 2200 ks. Rozdiel medzi prognózou a projektom je relatívne malý (variant 2).

Čísla zvaračských prognóz sú na prvý pohľad vyššie, ale treba uvážiť, že len pri určitom podiele pracovísk so stupňom automatizácie 5 a vyšším sa budú používať zvaracie moduly vyvinuté najmä pre robotizované pracoviská (zhruba podiel 40 až 50 %).

Podľa cieľového štátneho programu má byť dovoz robotizovaných pracovísk cca 10 %, ale súčasne 10 % čs. výroby sa má vyviesť.

Výskum a vývoj v ďalšom období sa zameriava na zvyšovanie výkonu jednotlivých metód zvarovania. Pri mechanizovaných a automatizovaných spôsoboch zvarovania sa budú využívať prostriedky procesovej a polohovej adaptivity. Výrazným prostriedkom na dosiahnutie predpokladaných cieľov vo výrobe zvarkov bude automatizácia a robotizácia.

Podľa Patonovho názoru (riaditeľa najväčšieho výskumného ústavu zvaračského na svete so sídlom v Kyjeve) sa budú špeciálne metódy zvarovania rozvíjať na úkor klasických tavných spôsobov zvarovania.

Naznačené smery ďalšieho vývoja zvarovania sú náročné, ale potrebné, aby technológie zvarovania účinne prispeli pri plánovanom rozvoji strojárскеj, hutníckej, stavebnej a inej výroby.

Literatúra

- [1] Halabrinová, O. - Lányi, L.: Vybraté problémy rozvoja zvarovania. Výskumná správa. Bratislava, Výskumný ústav zvaračský 1983.
- [2] Adamka, J. - Turňa, M.: Špeciálna technológia I. - Špeciálne metódy zvarovania. Bratislava, ES SVŠT 1984.
- [3] Turňa, M. a kol.: Špeciálne metódy zvarovania. Bratislava, ES SVŠT 1985.
- [4] Lányi, L.: Rozbor výhľadovej spoločenskej potreby modulov vybavenia zvaračských pracovísk. Bratislava, VÚZ 1985.

III. Základy teórie automatizácie (Ryban)

Cieľom automatizácie výroby v čs. strojárstve [1] je zvýšenie spoločenskej efektívnosti výroby. Parametre tejto efektívnosti sú premenné a závisia od aktuálnych potrieb spoločnosti v danom čase. Svojím charakterom patria do oblasti technickej, ekonomickej a sociálnej. V súčasnosti sa považujú za najvýznamnejšie:

- zníženie podielu ľudskej práce na jednotku produkcie,
- zníženie mernej spotreby materiálu,
- zníženie energetickej náročnosti na jednotku produkcie,
- zvýšené využitie strojov a zariadení na tri smeny, prípadne v nepretržitej prevádzke pri minimálnom podiele živej práce v druhej a tretej smene,
- výrazné zvýšenie spoľahlivosti technologických pracovísk predĺžením stredného času medzi poruchami,
- zvýšenie kvality vyrábaných polotovarov, súčiastok a uzlov.

Vo zvaračskej výrobe sa za rovnako dôležité ciele automatizácie považujú:

- odstránenie fyzickej namáhavej, monotónnej a zdraviu škodlivej práce,
- zavádzanie metód a spôsobov znižujúcich negatívne ovplyvňovanie životného prostredia (napr. zváranie laserom, zváranie trením a iné).

Podľa platnej ČSN 05 0002 sa zvaracie stroje a zariadenia rozdeľujú podľa toho, koľko z dvoch hlavných technologických pohybov, a to podávanie prídavného materiálu a vyvedenie zvaracej rýchlosti, je mechanizovaných, na ručné, poloautomaty a automaty. Pri mechanizácii oboch hlavných pohybov táto ČSN nazýva zvaracie zariadenia "automatom", pri mechanizácii len podávania prídavného materiálu "poloautomatom". Ak nie je žiaden pohyb mechanizovaný podľa normy, ide o ručné zváranie. Príkladom "automatu" v zmysle tejto normy je napr. dráhový automat SDA 350 (výroba ZEZ n.p. Hořice) a príkladom "poloautomatu" je zdroj zvaracieho prúdu a mechanizmus podávania drôtu PP 315 (výrobca BEZ k.p. Bratislava).

Uvedené rozdelenie sa v súčasnosti považuje za prekonané. Začínajú sa prípravné práce na spracovaní nového znenia ČSN. Podľa [2] zvaracie stroje, zariadenia a pracoviská sa podľa úrovne automatizácie rozdeľujú takto:

- ručné zváranie sa vykonáva ručným pohybom zvaracieho nástroja,
- mechanizované zváranie sa vykonáva mechanizmami zvaracieho stroja alebo zariadenia riadenými človekom,
- automatizované zváranie sa vykonáva mechanizmami zvaracieho stroja alebo zariadenia riadenými riadiacim systémom s nemenným alebo pružným progra-

mom a manipulácia s dielcami a zvarkom sa vykonáva mechanizmami riadenými človekom,

- automatické (bezobslužné) zváranie i manipulácia s dielcami a zvarkom sa vykonávajú mechanizmami zváracieho stroja alebo zariadenia riadenými riadiacim systémom s nemenným alebo pružným programom bez bezprostrednej účasti človeka.

Podľa spôsobu riadenia sa zváracie stroje a zariadenia rozdeľujú takto:

- ručné,
- s ručným ovládaním jednoduchých funkcií,
- mechanizované,
- automatizované,
- programovateľné,
- adaptívne,
- bezobslužné programovateľné,
- bezobslužné adaptívne.

Navyše vznikli smernice [1] a vznikajú ďalšie návrhy [2] na určovanie úrovne automatizácie výpočtom určitých ukazovateľov. Napr. podľa [1] v súlade s určovaním technickej úrovne strojov a zariadení podľa Federálneho štatistického úradu ČSSR sa úroveň automatizácie určuje vzorcom

$$UA = \frac{\sum_{i=5}^7 n_i \cdot p_i}{\sum_{i=1}^7 n_i \cdot p_i} \cdot 100 \quad [\%]$$

pričom n_i je počet strojov,

i - stupeň technickej úrovne podľa FŠÚ ČSSR,

p_i - relatívna výrobnosť strojov i -tého stupňa vzťahovaná na výrobnosť strojov najnižšej technickej úrovne $p_1 = 1$.

Návrh spôsobu hodnotenia úrovne automatizácie podľa [2] je podstatne podrobnejší (a teda aj zložitejší). Návrh obsahuje hodnotenie úrovne mechanizácie a automatizácie zvárania, mechanizovanej a automatizovanej operačnej manipulácie, mechanizovaného a automatizovaného zostavovania zvarkov a ďalšie.

Literatúra

- [1] Sommer, J. - Mácha, V. - Konrath, F.: Rozvoj automatizace výroby do roku 2000. Technická správa. Praha, VUSTE 1981.
- [2] Smernica pre tvorbu názvov a hodnotenie úrovne automatizácie zvarčiek, zvaracích zariadení a zvaracích pracovísk. Bratislava, VÚZ 1985.

IV. Zváracie stroje a zariadenia pre oblúkové zváranie (Ryban)

Jeden z najpoužívanejších zdrojov tepla na zváranie je elektrický oblúk a z toho vyplýva, že sú to aj najpoužívanejšie technológie zvárania. Teplo elektrického oblúka sa využíva pri ručnom oblúkovom zváraní (ROZ), vo zváraní v ochranných atmosférach plynov (MIG, TIG) a vo zváraní pod tavivom (ZPT). V tejto kapitole sa uvádzajú zdroje prúdu, zvaracie zariadenia pre zváranie v ochranných plynoch a zariadenia pre zváranie pod tavivom. Tieto metódy zvárania sa v praxi osvedčili ako metódy vhodné pre automatizáciu, resp. robotizáciu a na základe prognóz do roku 2000 ich podiel vo zváraní bude stúpať.

Klasifikácia zväracích zariadení pre oblúkové automatizované zváranie

Zváracie zariadenia rozdeľujeme:

1. Podľa typu elektródy:
 - a) taviacou sa elektródou,
 - b) netaviacou sa elektródou.
2. Podľa typu taviacej sa elektródy:
 - a) s plným drôtom,
 - b) rúrkovým drôtom,
 - c) páskovou elektródou,
 - d) tyčovou elektródou.
3. Podľa typu ochrany oblúka:
 - a) pod tavivom,
 - b) v ochranných atmosférach,
 - c) bez vonkajšej ochrany.
4. Podľa účelu zariadenia:
 - a) na zváranie,
 - b) na naváranie.
5. Podľa druhu zvaracieho prúdu:
 - a) jednosmerný prúd,
 - b) striedavý prúd,
 - c) pulzačný prúd.
6. Podľa spôsobu chladenia zvaracej hubice:
 - a) s prirodzeným chladením,
 - b) s núteným chladením.
7. Podľa spôsobu regulácie I. rýchlosti podávania dôrtu:
 - a) bez regulácie,
 - b) s reguláciou.

- II. rýchlosti zvarovania: a) plynulá,
b) stupňovitá,
c) kombinovaná.
8. Podľa počtu hubíc alebo zvaracích drôtov: a) jednooblúkové,
b) dvojoblúkové,
c) viacoblúkové.
9. Podľa napájania oblúkov: a) samostatné,
b) spoločné.
10. Podľa spôsobu formovania zvarového spoja: a) voľné formovanie,
b) nútené formovanie (chladiace príložky).

Zdroje zvaracieho prúdu pre oblúkové zvarovanie - charakteristiky zdroja zvaracieho prúdu

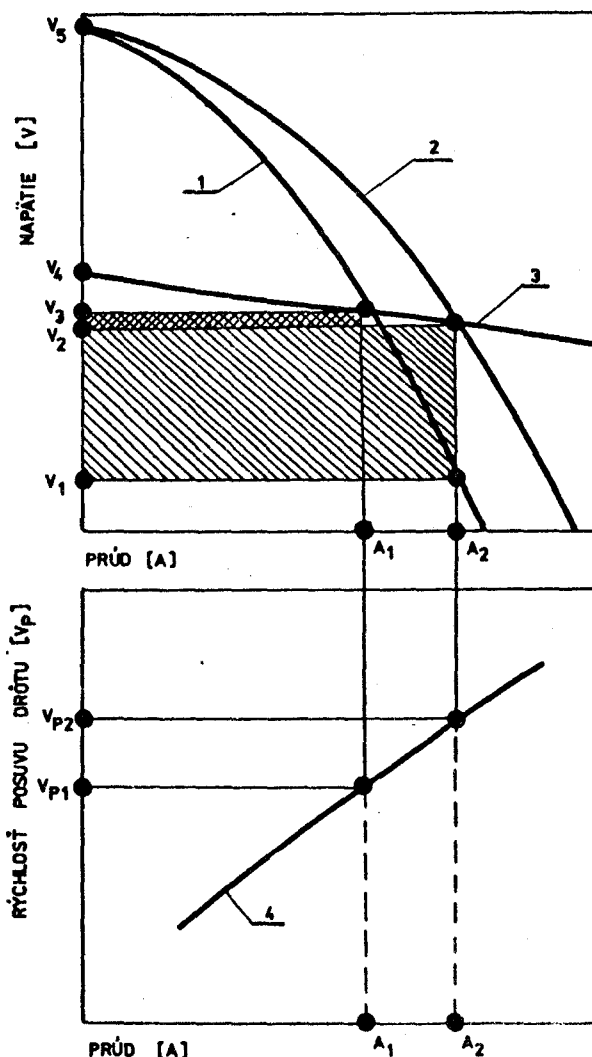
K prvej požiadavke zdroja zvaracieho prúdu patrí vhodná, tzv. vonkajšia V-A statická charakteristika. Vyjadruje závislosť pracovného napätia od zvaracieho prúdu za ustáleného stavu pri určitom nastavení regulačného nastavenia zdroja. Každý zdroj s regulačným zariadením má celý zväzok typických statických charakteristík. Sú to priebehy prúdu a napätia, aké sa dajú pri určitom nastavení z daného zdroja odoberať.

Na obr. IV-1 sú znázornené dva typické prípady:

- strmo klesajúca V-A statická charakteristika zdroja - 1 (nazývaná tiež ako charakteristika s konštantným prúdom), používa sa pri ROZ,
- plochá alebo mierne klesajúca V-A statická charakteristika zdroja - 3 (nazývaná tiež ako charakteristika s konštantným napätím) pre MIG zvarovanie, ZPT.

Vidieť, že tzv. zápalné napätie V_5 je pri charakteristike zdroja typu 1 oveľa väčšie ako V_4 charakteristiky zdroja typu 3. Vhodnosť použitia jednotlivých typov statických charakteristík vysvetlíme na prípade MIG zvarovania. Graf v spodnej časti obr. IV-1 znázorňuje typickú odtavovaciu charakteristiku (4), ktorá vyjadruje vyžadovaný vzrast prúdu pri zväčšení rýchlosti posuvu drôtu. Pri rýchlosti posuvu drôtu V_{p1} sa vyžaduje prúd hodnoty A_1 .

Zvislým priemetom na horný graf sa získa priesečný bod s charakteristikou zdroja. Bod ukazuje, že pre prúd A_1 stačí napätie V_3 pre oba zdroje typu 1 a 3. Ak sa rýchlosť drôtu zväčší na V_{p2} , vyžaduje sa pre odtavovanie nového množstva väčší prúd A_2 . Rovnakým priemetom na horný graf zistíme, že pri zdroji typu 3 je potrebné napätie V_2 . Toto napätie je oproti pôvodnému napätiu V_3 (a pôvodnej rýchlosti drôtu V_{p1}) len trochu menšie. Stačí prakticky aj pre novú zväčšenú rýchlosť drôtu V_{p2} .



Obr.IV-1
Statické V-A charakteristiky zdroja prúdu

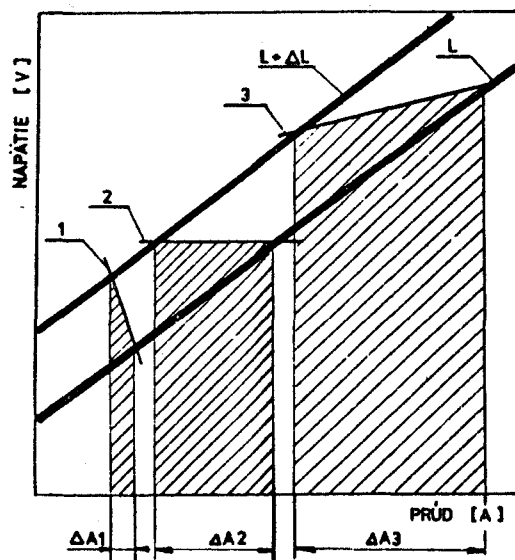
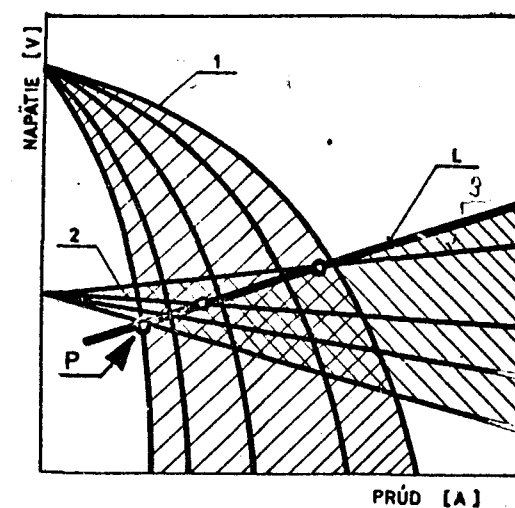
V tomto prípade sú teda charakteristiky zdroja typu 3 výhodné. Iné pomery sú pri charakteristike typu 1. Pre nový potrebný prúd A_2 (väčšia rýchlosť V_{P2}) sa ukazuje, že pri zdroji typu 1 je k dispozícii veľmi malé napätie V_1 . Toto napätie nestačí pre pokojné horenie oblúka a oblúk zhasína. Regulačným zariadením zdroja sa teda musí zvoliť iný priebeh charakteristiky typu 2. Má byť taká, aby sa pre vyžadovaný prúd A_2 dosiahlo napätie V_2 , ktoré je dostatočujúce pre pokojné horenie oblúka.

Z uvedeného vidieť, že zdroje typu 3 vyhovujú podmienke zväčšeného pracovného rozsahu odtavovania bez potreby uvedeného doregulovania. Nastavením rýchlosti drôtu sa zvärací prúd nastavuje samočinne. Rozdiely napätia sú pritom veľmi malé. Pre spomenuté prednosti sa zdroje typu 3 používajú najčastejšie. Neznamená to však, že zdroje typu 1 nie sú vhodné. Pri ich použití treba však pamätať na príslušnú reguláciu pri nastavovaní najvhodnejších podmienok. Pre zvolený priemer drôtu a vyžadovaný prúd (rýchlosť posuvu drôtu) treba zvoliť príslušné napätie (1), (2).

Samoregulačné schopnosti zdroja zvaracieho prúdu

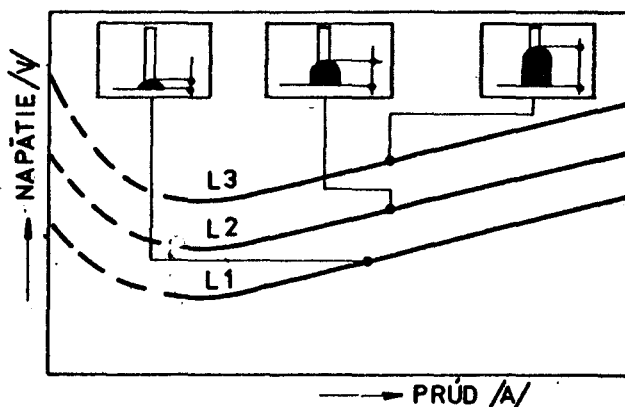
Vyššie uvedená podmienka nie je jediná, aká sa kladie na vhodný zvarací zdroj pre automatické metódy zvarania (ZPT, MIG). Zdroje musia mať schopnosť reagovať na zmeny napätia, ktoré vznikajú v procese zvarania. Touto podmienkou je samoregulačná schopnosť zdroja, ktorá je znázornená na obr. IV-2.

1- STATICKÁ V-A CHARAKTERISTIKA	STRMO KLESAJUCA
2- " " "	PLOCHA (MIERNE KLESAJÚCA)
3- " " "	(" STÚPAJÚCA)
L, L + ΔL - CHARAKTERISTIKY OBLÚKA	



Obr. IV-2
Samoregulačná schopnosť zdroja zvaracieho prúdu

Charakteristika zdroja typu 1 (strmá V-A statická charakteristika, akú majú zdroje pre ROZ) má veľké napätie naprázdno a prakticky konštantný prúd. Takýto zdroj znižuje citlivosť ručne podávanej elektródy na zmenu napätia, ktorá by inak menila aj prúd, a teda aj hĺbku závaru. Ak si do priebehov V-A statických charakteristík zdrojov typu 1, 2 na hornej časti grafu obr. IV-2 nakreslíme charakteristiku oblúka L z obr. IV-3, vzniknú na nej v priesečníku s charakteristikami zdrojov 1, 2 body, ktoré sa nazývajú pracovné (pozri tiež obr. IV-4).



Obr. IV-3
V-A charakteristika oblúka

Oblúk môže horieť stabilne vtedy, ak sa charakteristika oblúka L a zdroja 1, 2 pretínajú tak, že pri dlhšom oblúku klesá zvarací prúd. Podmienka je ovplyvnená strmostou charakteristiky zdroja. Zmena prúdu, ktorá vyplynie z malej zmeny dĺžky oblúka ($L + \Delta L$), je znázornená na spodnej časti obr. IV-2. Takáto zmena vzniká v dôsledku nepravidelnosti podávania drôtu, povrchu zvaru alebo zväračom pri ROZ. Uvedená zmena dĺžky oblúka vyvoláva zmeny prúdu ΔA_1 , ΔA_2 , ΔA_3 , ktoré sú rozdielne podľa typov zdrojov. Najmenšie sú pri zdroji typu 1 a najväčšie pri zdroji typu 3.

Pri ručnom zváraní nemožno vylúčiť kolísanie dĺžky oblúka, a teda ani zmenu napätia. Strmo klesajúce charakteristiky typu 1 zodpovedajú za to, aby sa zvyčajne väčšie zmeny napätia, zavinené zmenou dĺžky oblúka (L a $L + \Delta L$), prejavili len ako malé zmeny prúdu ΔA_1 .

V prípade zdroja typu 2 (obr. IV-2) vedú malé zmeny dĺžky ΔL k oveľa väčším zmenám prúdu ΔA_2 ; táto zmena využíva na samoreguláciu zvaracieho zdroja, t.j., aby sa dosiahla pôvodná dĺžka oblúka L a udržal rovnovážny stav medzi rýchlosťou odtavovania a rýchlosťou posuvu drôtov (3).

Dynamické charakteristiky zdroja a zvaracieho obvodu

Ako sa už spomenulo, pre ROZ je výhodná strmá V-A charakteristika, pre MIG zváranie mierne klesajúce V-A charakteristiky. Ak proces zvárania prebieha

v pracovnom bode P pri zváracom prúde I_2 a napätí na oblúku U_2 (obr. IV-4), pri tomto nastavení zdroja má skratový prúd hodnotu I_{2K} a napätie naprázdno hodnotu U_{20} . Celkový odpor zváracieho obvodu R_c bude

$$R_c = \frac{U_{20}}{I_{2K}}$$

Podstatný vplyv na stabilitu procesu má nielen sklon V-A charakteristiky zdroja, ale súčasne dynamické charakteristiky zdroja a celého zváracieho obvodu. Tieto závisia od indukčnosti zdroja zváracieho prúdu, zváracích káblov a zvyčajne vradenej prídavnej tlmivky pre ďalšiu úpravu indukčnosti zváracieho obvodu.

Zvárací obvod predstavuje celkový odpor R_c s celkovou vlastnou indukčnosťou L_c . Pri zváracom zdroji, ako už bolo uvedené, má R_c vplyv na sklon (strmosť) V-A statickej charakteristiky zdroja prúdu a R_c spoločne s L_c ovplyvňujú priebeh tzv. dynamickej charakteristiky.

Dynamická charakteristika zdroja je časový priebeh skratového prúdu v zváracom obvode pri opakovanom cykle kontaktovania kvapky s tavným kúpeľom, pri určitom nastavení statickej V-A charakteristiky zváracieho zdroja, odporu a indukčnosti celého zváracieho obvodu. Dynamických charakteristík, podobne ako aj statických, je veľmi veľa. Menia sa v závislosti od napätia naprázdno U_{20} , ďalej od celkového odporu R_c a celkovej indukčnosti tohto obvodu L_c (4).

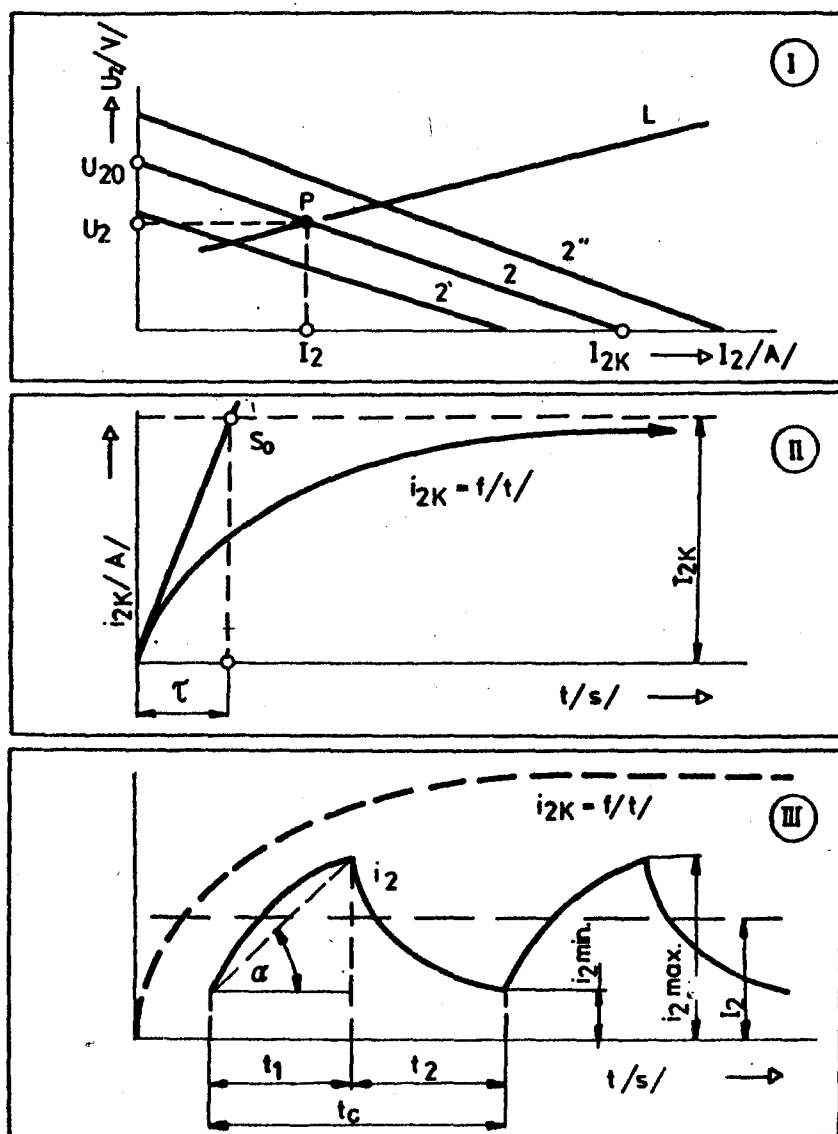
Od priebehu dynamickej charakteristiky závisí štart oblúka a priebeh horenia oblúka v čase po štarte. Pri štarte je rozhodujúca smernica dotyčnice v počiatku (obr. IV-4) a je vyjadrená vzťahom

$$S_0 = \frac{I_{2K}}{\gamma}$$

kde γ je čas, za ktorý sa dosiahne I_{2K} .
Smernica dotyčnice je daná tiež vzťahom

$$S_0 = \frac{U_{20}}{L_c}$$

Pri štarte oblúka je rovnako dôležitá veľkosť skratového prúdu I_{2K} (obr. IV-4). V čase štartu zvárania bude zapálenie oblúka tým spoľahlivejšie, čím väčšie budú S_0 a I_{2K} . V priebehu zvárania sa neuplatní celý priebeh dynamickej charakteristiky, ale len jej časť, a to v čase skratu prenášanej kvapky, t.j. interval t_1 . Trvanie intervalu t_1 (obr. IV-4) končí vzrastom prúdu na i_2 max.



Obr.IV-4
Dynamické charakteristiky zdroja a zváracieho prúdu

Pri vyhodnocovaní priebehu skratového prúdu v intervale t_1 je vyhodnotenie smernice veľmi dôležité. Približná smernica dotýčnice vedená z hodnoty i_{2min} do i_{2max} sa nazýva "prúdová strmost". Pri inom sklone statickej V-A charakteristiky 2 sa prúdová strmost ovplyvňuje celkovou indukčnosťou zváracieho obvodu. Čím je L_c väčšie, tým je menšia S_0 (menší uhol α). Celková indukčnosť obvodu

$$L_c = L_z + L_K + L_{TL}$$

kde L_z je indukčnosť zváracieho zdroja,
 L_K - indukčnosť zváracích káblov,
 L_{TL} - indukčnosť prídavnej tlmivky.

Tlmivka, ktorá slúži v obvode pre úpravu indukčnosti celého obvodu, tvorí magnetický obvod so vzduchovou medzerou. Pozostáva z jadra a navinutých závitov, ktorými prechádza zvarací prúd. Jej účinnosť závisí od počtu závitov navinutých na jadre a veľkosti vzduchovej medzery v jadre.

Indukčnosť obvodu spoločne so sklonom statickej charakteristiky má veľký vplyv na vzrast prúdu pri prenose kovu oblúkom, najmä v čase krátkych spojení, kedy nastáva kontaktovanie roztaveného kovu zvaracieho kúpeľa s roztaveným koncom zvaracieho drôtu (4).

Rozdelenie zdrojov zvaracieho prúdu

Oblúkové zvaracie zariadenia sú zariadenia, ktoré vyrábajú alebo menia elektrickú alebo inú energiu vhodnú pre vznik a stabilné horenie oblúka. Zdroje zvaracieho prúdu rozdeľujeme:

1. podľa druhu zvaracieho prúdu
 - a) zdroje jednosmerného prúdu (dynamá, usmerňovače),
 - b) zdroje striedavého prúdu (transformátory),
 - c) zdroje impulzného prúdu;
2. podľa spôsobu výroby zvaracieho prúdu
 - a) točivé (dynamá),
 - b) netočivé (transformátory);
3. podľa konštrukcie
 - a) prenosné (malé transformátory),
 - b) pojazdné,
 - c) stabilné;
4. podľa druhu pohonu dynamá
 - a) asynchrónny elektromotor,
 - b) vznetový motor,
 - c) zážihový motor;
5. podľa účelu
 - a) pre ručné oblúkové zvaranie,
 - b) pre zvaranie v ochrane plynov
 - taviacou sa elektródou,
 - netaviacou sa elektródou;
6. podľa počtu súčasných pracovných miest
 - a) jednomiestne,
 - b) viacmiestne.

Zvaracie dynamo môže byť poháňané remenicou, zážihovým alebo vznetovým motorom, avšak najčastejšie elektromotorom, ktorého rotor je na spoločnom hriadeľi s rotorom dynamá. Veľkosť prúdu vyrábaného dynamom sa nastavuje alebo zmenou magnetického odporu magnetov (5), alebo reguláciou budiaceho napätia pomocou regulačného odporu. Ovládanie je umiestnené na zdroji s možnosťou diaľkového ovládania.

Transformátor pre oblúkové zvaranie je zdrojom zväčša jednofázového striedavého prúdu. Primárne vinutie je pripojené priamo na sieť a sekundárne vinutie do zvaracieho obvodu. Regulácia zvaracieho prúdu pri zvaracích transformátoroch sa uskutočňuje:

- posuvným magnetickým bočníkom,
- posuvnými cievkami vinutia,
- zmenou počtu závitov sekundárneho vinutia,
- odbočkami s meniteľnou vzduchovou medzerou alebo trasduktorom,
- pomocnými cievkami vinutia.

Veľké rozšírenie v zdrojoch zvaracieho prúdu pre oblúkové metódy zvarania sa dosiahlo v poslednom čase pri usmerňovačoch, pri ktorých sa prúd odoberá zo siete cez transformátor, čím sa znižuje sieťové napätie na napätie potrebné pre oblúkové zvaranie. Vlastný usmerňovač je zapojený v sekundárnom obvode transformátora. Usmerňovače sú elektrónkové, germániové, selénové, kremíkové a pod. Výhoda týchto zdrojov oproti točivým zvaračkám je nehlučný chod a menšie straty pri chode naprázdno. Napr. usmerňovače s menovitým zvaracím prúdom 350 A majú účinnosť až 75 % v porovnaní 50 % pri rotačných strojoch. Spotreba elektrickej energie pri chode naprázdno 0,5 kW v porovnaní viac ako 2 kW pri rotačnom zdroji, spotreba elektrickej energie pri zvaracom prúde 300 A je 13 kW pri usmerňovači 20 kW pri rotačnom zdroji.

Zvaracie usmerňovače delíme (6):

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. podľa určenia | a) pre ručné oblúkové zvaranie,
b) pre zvaranie TIG a MIG ,
c) pre zvaranie pod tavivom,
d) pre zvaranie pod troskou,
e) pre zvaranie a rezanie plazmou; |
| 2. podľa manipulácie | a) stacionárne,
b) pojazdné,
c) prenosné; |
| 3. podľa napájania | a) jednofázové,
b) trojfázové; |
| 4. podľa konštrukčného riešenia | a) s diódami,
b) s tyristormi,
c) s frekvenčným meničom polovodičovým; |
| 5. podľa ovládania | a) prepínateľné odbočky,
b) transduktorové,
c) tranzistorové (tyristormi); |
| 6. podľa kompenzácie úbytku napätia | a) s prepínateľnou odbočkou,
b) so stabilizáciou transduktora,
c) s tranzistorovou stabilizáciou zvaracieho prúdu. |

Typy zdrojov zvaracieho prúdu a ich smerné parametre

V ďalšom uvedieme niektoré typy u nás používaných a vyrábaných zdrojov zvaracieho prúdu pre oblúkové metódy zvarovania. Zdroje opíšeme v nasledujúcom poradí:

- a) rotačné zdroje,
- b) malé prenosné transformátory,
- c) pojazdné transformátory,
- d) zvaracie usmerňovače.

Pri jednotlivých typoch zdrojov stručne uvedieme ich charakteristiku, použitie a hlavné parametre.

a) Rotačné zdroje

Rotačné zdroje zvaracieho prúdu sa u nás používajú obmedzene, ich výroba sa už nezabezpečuje a podľa prognóz do roku 2000 sa tento zdroj vo zvaračskej výrobe nebude používať. U nás sa používajú tieto typy rotačných zdrojov čs. výroby: TRIODYN K 220, K 320-1, RK 320, RK 600 a dieselelektrická zvaračka DG 321.

Rotačná zvaračka TRIODYN K 220

Tento zdroj je určený pre náročné zvaračské práce pri oblúkovom zvaraní všetkých druhov ocelí, zvariteľných neželezných kovov a liatiny - elektródami ϕ 2 až 5 mm.

Technické údaje:

napätie naprázdno	70 V
dva regulačné rozsahy	30 až 100 A pri 22 až 24 V 100 až 220 A pri 24 až 28 V
trvalý výkon	155 A pri 26 A
menovitý výkon	200 A pri 28 V - NRS 60 %

(NRS - Normalizovaný cyklus ručného zvarovania, kde $DZ = 60\%$,

DZ - zaťažovateľ zvaracieho zdroja je pomer času cyklu zaťaženia pri prerušovanom zaťažení oblúkovej zvaračky k času pracovného cyklu čas zaťaženia + čas prestávky)

Rotačná zvaračka TRIODYN RK 320

Rotačné zdroje základného typu K 320 sú veľmi rozšírené. Zvaračka prešla niekoľkými vývojovými stupňami: K 320, K 320-1, K 320-S (určená pre poloautomatické a automatické zvarovanie v ochranných atmosférach plynov až na dnes najrozšírenejší typ RK 320). Zvaračka je vhodná na zvarovanie všetkých druhov zvariteľných materiálov od 0,8 mm do maximálnych hrúbok. Ak nestačí výkon jednej zvaračky, môžu byť zdroje paralelne spojené.

Technické údaje:

menovitý výkon	9,6 kW
menovitý zvarací prúd	300 A/32 V pri 60 % DZ
maximálny zvarací prúd	315 A pri 50 % DZ
trvalý zvarací prúd	250 A
max. napätie naprázdno	100 V
dva regulačné rozsahy	30 až 120 A 100 až 320 A

Dieselelektrická zvaračka DG 321

V súčasnosti vyrábané zvaracie sústroje DG 321 tvorí spaľovací motor ZETOR 4701 a jednosmerné zvaracie dynamo DK-321 TRIODYN, ktoré sú spolu spojené klinovými remeňmi. Zvaračka DG 321 je určená na zvaranie v teréne a ťažko prístupných pracovísk, kde nie je k dispozícii elektrický prúd. Zvaračky sú vhodné na zvaranie zvariteľných materiálov od hrúbky 0,8 mm.

b) Malé prenosné transformátory

Prenosné zvaracie transformátory sú vhodné pre opravárenské a domáce dielne. Pri menovitých zvaracích prúdoch majú zväčša malý zaťažovateľ (DZ = 20 až 30 %) a nesmú sa preťažovať. Sú vybavené signalizačným alebo samovypínacím mechanizmom pri nadmernom oteplení. Ich napätie naprázdno nepresahuje 70 V, a preto sú vhodné len pre ručné oblúkové zvaranie kyslými a rutilovými elektródami do priemerov, ktoré svojimi nastavitelnými prúdmi dosiahnu. Majú zväčša stupňovité nastavenie zvaracieho prúdu.

Niektoré typy u nás vyrábaných a používaných malých transformátorov

- Malé zvaracie transformátory RTB-2, RTB-3 sú jednofázové rozptylové transformátory rozptylového typu so stupňovitou reguláciou zvaracieho prúdu, uskutočňovanou prepínaním odbočiek vstupného vinutia. Sekundárne vinutie je zapojené trvalo. Napájacie napätie je 220 aj 380 V. Používajú sa elektródy priemeru 2 až 3,15 mm. Prepínaním odbočiek možno nastaviť na sekundárnej strane tieto zvaracie prúdy: 50, 60, 70, pri 220 V, 60, 80, 100, 120 pri 380 V. Typ RTB-2 sa od typu RTB-3 líši tým, že tento má zvýšený max. zvarací prúd na 140 A.
- Prenosná oblúková zvaračka elektrokov MINI 220 (napájanie 220 V/18 A, trvalý zvarací prúd 30 A a menovitý DZ 20 % 65 A, priemer elektród 2 až 2,5 mm).
- Prenosná zvaračka JS 90 (napájanie 380/12 A, max. zvarací prúd 120 A).
- Malé zvaracie transformátory MTR 80 a TR 121. Transformátor MTR 80 má trojstupňovú reguláciu zvaracieho prúdu 60, 70, 80 A a napájanie

220 V/15 A. Používa sa pre drobné zvaračské práce v domácich a opravárenských dielnach. Transformátor TR 121 má napájanie 380/220 V a maximálny zvarací prúd 125 A.

c) Pojazdné zvaracie transformátory

Tieto transformátory sú určené zväčša na napájanie zvaracích zariadení na zvaranie pod tavivom a elektrotroskové zvaranie. Transformátory sú pojazdné, jednofázové a vzduchom chladené. Zdroje sa skladajú z týchto hlavných častí: hlavný transformátor, riadiaci obvod, ovládacie obvody, stýkač a ventilátor.

Niektoré typy vyrábaných transformátorov a ich technické údaje:

- Zvarací transformátor WT 315.

Jednofázový rozptylový transformátor WT 315 je určený pre oblúkové zvaranie obalenými elektródami priemerov od 2 až 6 mm striedavým prúdom. Je použiteľný pre stredné a ťažké zvaracie práce v priemyselnom prostredí. Jeho prednosťou je jednoduchá obsluha, minimálne požiadavky na údržbu a dobré zvaracie vlastnosti.

Technické údaje:

menovité vstupné napätie	380 V, 50 Hz
menovitý vstupný prúd	52 A
regulačný rozsah	60 až 380 A
menovitý zvarací prúd (60 % DZ)	315 A
trvalý zvarací prúd	
- nízsky rozsah	120 A
- vysoký rozsah	380 A

- Zvarací transformátor TS 1000.4.

Tento transformátor je určený na napájanie zvaracích zariadení pre zvaranie pod tavivom. Regulácia zvaracieho prúdu je diaľková, plynulá. Využíva sa princíp zmeny vzduchovej medzery medzi pevnou a pohyblivou časťou jadra. Pohyb posuvného jadra obmedzujú koncové vypínače, ktoré vypínajú pohybový motor pri dosiahnutí okrajových polôh jadra.

Technické údaje:

menovité vstupné napätie	(220), 380, 440, 500, (V)
menovitý vstupný prúd	(318), 184, 160, 140 (A)
regulačný rozsah zvaracieho prúdu	250 až 1250 A
menovitý zvarací prúd (67 % DZ)	1000 A
trvalý zvarací prúd (100 % DZ)	820 A

- Zvarací transformátor TSM 1000.

Zvarací transformátor TSM 1000 je jednofázový vzduchom chladený zdroj s klesajúcimi charakteristikami, je určený na mechanizované zvaranie

pod tavidom v spojení s automatmi WST 1000, WSH 1000, SSH 1000, TSA 1200 a SHE 1500 R. Rozsah regulácie zvaracieho prúdu je rozdelený do dvoch stupňov, v jednotlivých stupňoch je regulácia zvaracieho prúdu plynulá, bez pohyblivých mechanických častí. Regulačný obvod napájacej cievky riadiaceho vinutia je napájaný jednosmerným prúdom. Zmenou riadiaceho prúdu sa mení veľkosť zvaracieho prúdu. Riadiaci prúd dodáva tyristorový usmerňovač ovládaný tranzistorovým regulátorom.

Technické údaje:

menovité vstupné napätie	380 V
menovitý vstupný prúd	550 A
menovitý zvarací prúd	5000 A

- Zvarací transformátor TSS 310-5000/42

Transformátor je určený pre elektrotroskové zvaranie pásovými elektródami alebo pre viacdrôtové zvaranie, kde sa vyžaduje vysoký zvarací prúd. Transformátory sú schopné dávať trvalý výstupný zvarací prúd až 5000 A pri menovitom výstupnom napätí 42 V.

Technické údaje:

menovité vstupné napätie	380 V
menovitý vstupný prúd	550 A
menovitý zvarací prúd	5000 A

d) Zvaracie usmerňovače

V súčasnosti sú zvaracie usmerňovače najvyrobanejšie zdroje zvaracieho prúdu pre oblúkové metódy zvarania. Majú rad výhod oproti točivým zdrojom jednosmerného zvaracieho prúdu, napr. nižšiu hlučnosť, nižšiu spotrebu ako pri chode naprázdno, tak aj pri zaťažení, možnosť presnejšej, automatickej regulácie zvaracieho prúdu. Zdroje sa skladajú z transformátora s transduktorovou jednotkou, usmerňovacieho bloku s tepelnou ochranou, z prvkov ovládacieho a regulačného obvodu a z ventilátora.

Typy zvaracích usmerňovačov a ich technické údaje

- Zvarací usmerňovač VÚZ - TZ 50.

Jednosmerný zvarací zdroj VÚZ-TZ 50 je určený pre zvaranie pod tavidom pri dovolenom prúdovom zaťažení 1000 A. Vonkajšia charakteristika je s konštantným napätím, čo znamená, že sklon statických charakteristík neprevyšuje 0,05 V/A. Na dosiahnutie plynulej regulácie v celom napäťovom rozsahu, ktorý je veľmi široký, sa celý rozsah pomocou odbočiek rozdeľuje na tri podrozsahy.

Technické údaje:

menovitý výkon	50 kW
dovolené prúdové zaťaženie	1000 A
pri I. a II. napäťovom rozsahu	18 až 40 V

dovolené prúdové zaťaženie	750 A
pri III. napäťovom rozsahu	38 až 54 V

- Zvárací usmerňovač TRT 300

Zvárací usmerňovač je určený pre stredne ťažké zvaračské práce, pre zváranie jednosmerným prúdom kyslími elektródami priemeru 2 až 6,3 mm a bá-
zickými elektródami priemeru 2 až 8 mm. Zdroj umožňuje tiež zvärať s vy-
sokovýkonnými elektródami priemeru 3 až 8 mm. Regulácia zvaracieho prúdu
je plynulá, regulačným odporom umiestneným v čelnej stene skrine alebo
priamo na pracovisku.

Technické údaje:

menovitý zdanlivý príkon	22 kVA
regulačný rozsah zvaracieho prúdu	90 až 350 A
maximálny zvarací prúd (50 % DZ)	350 A pri 34 V

- Zvárací usmerňovač TRT 500

Základom tohto usmerňovača je trojfázový zvarací transformátor, ktorý má
do sekundárneho vinutia zaradené regulačné jadro, ktorého magnetická vo-
divosť je plynule riaditeľná regulačnou cievkou. V závislosti od magnetic-
kej vodivosti jadier sa mení aj zvarací prúd. Zvárací usmerňovač TRT 500
je vhodný pre stredné a ťažké zvaracie práce, najmä tam, kde sa vyžaduje
častá a rýchla zmena parametrov.

Technické údaje:

menovitý zdanlivý príkon	56 kVA
regulačný rozsah zvaracieho prúdu	70 až 500 A

- Zvárací usmerňovač TRT 1000

Usmerňovač je určený na napájanie poloaťomatov a aťomatov pre zváranie
pod tativom. Napájacia jednotka 1000 A obsahuje dva trojfázové trafo-
transduktory paralelne spojené. Striedavý prúd usmerňujú dva kremíkové
usmerňovacie bloky v zapojení do trojfázového mostíka, a to samostatne
ku každému trafotransduktoru.

Technické údaje:

menovitý zdanlivý príkon	85 kVA
regulačný rozsah zvaracieho prúdu	150 až 1100 A

- Kremíkový zvarací usmerňovač KM 350

Usmerňovač je použiteľný najmä pre ručné oblúkové zváranie. Má dva prú-
dové rozsahy:

- 20 až 160 A pre zváranie malých hrúbok,
- 20 až 380 A pre zváranie veľkých hrúbok s použitím elektród s maximál-
nym u nás vyrábaným priemerom. Ďalej možno toto zariadenie použiť ako
zdroj jednosmerného prúdu pre všetky typy argónových súprav. Na usmer-
nenie striedavého prúdu sú použité výkonné kremíkové usmerňovacie diódy
a na reguláciu prúdu sa používa transduktor, t.j. tlmička napájaná pre-

menlivým jednosmerným prúdom. Regulácia je plynulá s možnosťou diaľkového ovládania.

Technické údaje:

menovitý príkon	15,9 kW
menovitý zvárací prúd	350 A/38 V pri 60 % DZ

- Zváracie usmerňovače KS-200/01 a KS-250/01

Zváracie usmerňovače sú určené pre ručné zváranie obalenými elektródami jednosmerným prúdom do 200, resp. 250 A. Sú vhodné pre malé prevádzky, opravovne, údržbárske dielne a servis. Striedavý prúd je usmerňovaný dvoma tyristormi zapojenými do hviezdy na sekundárnej strane. Použitá tyristorová regulácia má oproti iným reguláciám mnoho výhod: jednoduchý silový obvod, plynulú reguláciu výstupného prúdu elektronicky, ľahké diaľkové ovládanie (bežný rádiový potenciometer), ľahké nastavenie rôznych statických charakteristík výstupného prúdu, nezávislosť od sieťového napätia, možnosť ovplyvnenia dynamických charakteristík. Zdroj KS-250/01 je vhodný aj pre poloautomatické zváranie v ochranných plynoch a v automatických zváracích linkách.

Technické údaje:

sieťové napätie	3 x 220/380 V
menovitý príkon	11,4 kVA (16,3 kVA)
menovitý zvárací prúd pre 60 % DZ	200 A (250 A)

- Zvárací usmerňovač KS-350

Usmerňovač KS-350 je určený pre ROZ obalenými elektródami pri zaťažení do 350 A. Je vhodný ako na ručné zváranie, tak aj na poloautomatické a automatické zváranie v ochranných plynoch. Sklon výstupných statických charakteristík je meniteľný. Výstupný prúd a napätie možno sledovať na vstavaných meracích prístrojoch. Zvárací usmerňovač KS-350 má výborné zváracie vlastnosti pre ručné zváranie vo všetkých polohách. Možno zvarať všetky druhy materiálov od hrúbky 0,8 mm až do najväčších hrúbok elektródami priemeru 2 až 8 mm. Je určený pre sériovú výrobu.

Technické údaje:

menovitý príkon	20 kVA
rozsah zváracieho prúdu	40 až 350 A
regulácia sklonu charakteristík	
- prúdových	5 stupňov
- napätových	5 stupňov

- Zvárací usmerňovač WTS 500

Tento usmerňovač sa používa na ručné oblúkové zváranie jednosmerným prúdom do 630 A. Uplatňuje sa najmä vo veľkých a ťažkých prevádzkach.

Technické údaje:

menovitý príkon	39 kVA
menovitý zvárací prúd pri 60 % DZ	500 A

trvalý zvarací prúd 400 A
maximálny zvarací prúd pri 30 % DZ 630 A

- Zvarací usmerňovač SO 502 (503) s tlmičkou STL 400

Zvarací usmerňovač SO 502 je pojazdný, trojfázový, selénový, vzduchom chladený zdroj prúdu, určený na napájanie zvaracích zariadení pre zvaranie pod tavivom alebo v ochranných atmosférach plynov jednosmerným prúdom. Statické charakteristiky sú pre tieto metódy zvarania dostatočne tvrdé, rovnako sú vyhovujúce aj jeho dynamické vlastnosti. Pre zvaranie pod tavivom sa používa usmerňovač bez zmeny, pre zvaranie v ochranných atmosférach plynov, najmä CO₂ treba ho pre zníženie rozstreku doplniť tlmičkou STL 400.

Technické údaje:

menovitý príkon 27 kVA
menovitý zvarací prúd pri 80 % DZ 500 A
trvalý zvarací prúd 400 A
maximálny zvarací prúd pri 30 % DZ 630 A

- Zvaracie usmerňovače typu WTU 200, WTU 315 a WTU 500

Polovodičová technika pokročila vo svojom vývoji aj v oblasti zvarania, menovite hybridizáciou regulačných a riadiacich obvodov, čím sa dosahuje širšie využitie zdrojov, ako aj zlepšenie dynamiky samotného zvaracieho procesu. Pri všetkých usmerňovačoch tohto radu sú všetky uzly riešené tak, aby boli použiteľné pre ROZ, ako aj pre mechanizované spôsoby zvarania. Použitá tyristorová regulácia zvaracieho prúdu zabezpečuje splnenie uvedených požiadaviek, pretože výkonové rozsahy vyžadované jednotlivými metódami zvarania sa vzájomne prekrývajú.

Zvarací usmerňovač WTU 200 je malý tyristorový usmerňovač, určený pre ľahšie zvaracie práce ručným oblúkovým zvaraním s elektródami priemeru 2 až 4 mm a v ochrannej atmosfére CO₂ drôtom priemeru 0,6 až 1,0 mm. Zvarací usmerňovač WTU 315 je statický, polovodičový, regulovateľný zdroj jednosmerného prúdu, s najvýhodnejším použitím pre ručné oblúkové zvaranie.

Taktiež usmerňovač WTU 315 je zväčša určený pre ručné oblúkové zvaranie, je však vhodný aj pre zvaranie neotavujúcou sa elektródou v ochrane argónu. Pri tejto aplikácii treba ho však doplniť pomocným vysokofrekvenčným zdrojom - ionizátorom kvôli ľahšiemu zapáľovaniu oblúka.

Usmerňovač WTU 500 je skonštruovaný ako predchádzajúce typy, je určený ako pre ručné zvaranie, tak aj pre zvaranie v ochrane plynov. Pri ručnom zvaraní obalenými elektródami 3,15 až 8 mm, v CO₂ pre priemery drôtov 1,2 až 2 mm. Pri rúrkových drôtoch sú vhodné priemery 2 až 3 mm.

Technické údaje:

T y p	WTU 200	WTU 315	WTU 500
menovitý príkon (kVA)	12,6	24,3	29,6
menovitý zvarací prúd pri DZ 60 % (A)	200	315	500

trvalý zvarací prúd (A)	160	250	400
maximálny zvarací prúd pri 35 % DZ (A)	250	400	-
regulačný rozsah (A)	40 až 250	60 až 400	100 až 500

Zariadenia pre oblúkové zváranie pod tavivom

Zváraním pod tavivom nazývame elektrický oblúkový proces, pri ktorom elektrický oblúk horí pod vrstvou taviva a postupným tuhnutím roztaveného kúpeľa nastáva spojenie zvaraných materiálov (6).

Podmienkou plynulosti uvedeného zvaracieho procesu a vytvárania zvaru vyžadovaných vlastností sú dva základné pohyby elektródy:

- a) pohyb do miesta zvaru rýchlosťou rovnajúcou sa rýchlosti jej odtavovania,
- b) pohyb v smere zvárania.

Podľa spôsobu, akým sa vykonávajú tieto pohyby, sa zváranie pod tavivom rozlišuje na:

- a) automatické,
- b) poloaautomatické.

Pri automatickom zváraní je podávanie elektródy - zvaracieho drôtu, ako aj pohyb zvaracieho zariadenia mechanizovaný, označujeme ich ako zvaracie automaty. Pri poloaautomatickom zváraní je mechanizované len podávanie zvaracieho drôtu. Pohyb v smere zvárania je ručný, ovládaný zvaračom. Tieto stroje označujeme ako zvaracie poloaautomaty.

Okrem uvedených zariadení sa často používajú tzv. zvaracie hlavy. Majú mechanizované podávanie zvaracieho drôtu do miesta zvaru, ale nevykonávajú pohyb v smere zvárania. Sú stabilne upevnené nad miestom zvaru; keď sa pohybujú po vlastnej dráhe, hovoríme o dráhových automatoch.

Rozdelenie a druhy zvaracích zariadení pre zváranie pod tavivom

Rozdelenie zvaracích zariadení

Automaty na zváranie pod tavivom rozdeľujeme:

- 1. podľa spôsobu regulácie zvaracieho oblúka
 - a) so samoreguláciou (s konštantnou rýchlosťou podávania drôtu),
 - b) s automatickou reguláciou;

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 2. podľa typu spojov | a) univerzálne (pre rôzne typy spojov),
b) špeciálne (pre určený typ spojov); |
| 3. podľa druhu zvaracích elektród | a) zvaranie drôtovou elektródou,
b) zvaranie pásovou elektródou; |
| 4. podľa počtu elektród | a) jednodrôtové,
b) viacdrôtové. |

Hlavné časti zvaracieho automatu

Zvarací automat má pri zvaraní:

- podávať zvarací drôt do miesta zvaru,
- zabezpečiť pohyb v smere zvarania,
- umožniť presné nastavenie drôtu do miesta zvaru,
- umožniť kontrolu a podľa potreby ovládať chod automatu a priebeh zvaracieho procesu,
- niesť so sebou potrebnú zásobu drôtu a taviva,
- premiestňovať vodiče zvaracieho prúdu a ovládacej činnosti automatu.

Pre splnenie uvedených funkcií má automat tieto časti:

- a) podávací mechanizmus zvaracieho drôtu (zvaracia hlava),
- b) pojazdny mechanizmus (vozík),
- c) zdroj zvaracieho prúdu (jednosmerný alebo striedavý),
- d) priečny suport,
- e) otočne uložený stojan s ramenami,
- f) ovládaciú skriňu na riadenie zvaracieho zariadenia - kontrolné a ovládacie prvky činnosti automatu, ako je riadenie rýchlosti podávania drôtu, riadenie rýchlosti zvarania, zapájanie a vypínanie zvarania, ovládanie pohybov,
- g) tavivové hospodárstvo (zásobník - dávkovač - odsávač),
- h) zásobník zvaracieho drôtu.

Špeciálne vybavenie

- zariadenie na vedenie hubice vo zvarovej medzere,
- pomocné nastavovacie mechanizmy.

Spôsoby regulácie zvaracieho oblúka

- 1a) Regulácia statickou charakteristikou zdroja zvaracieho prúdu tzv. samoregulácia (s konštantnou rýchlosťou podávania drôtu). Podstata regulácie je v tom, že zmena napätia na oblúku vyvoláva takú výraznú zmenu intenzity prúdu zvaracieho prúdu, ktorá je schopná urýchliť alebo spomaliť odtavovanie zvaracieho drôtu, a tým obnoviť dĺžku oblúka na pô-

vodnú hodnotu. Na to sa používajú zdroje s plochou statickou charakteristikou, kde malá zmena napätia na oblúku vyvolá veľkú zmenu intenzity zvaracieho prúdu (obr. IV-2), napr. transformátor TS 1000.4 a agregát TRIODYN RK 320.

- 1b) Pri regulácii zmenou rýchlosti podávania drôtu sú podávacie kladky poháňané cez prevody jednosmerným motorom s plynule meniteľnými otáčkami, ktoré sú závislé od napätia na oblúku. Pri zväčšení dĺžky oblúka (napr. vplyvom nedokonalého upnutia, nerovnomernej hrúbky materiálu a prehnutia zvarenca) dochádza k zvýšeniu napätia alebo priamo, alebo cez zosilňujúci článok (elektrónky, pomocou Wardovho-Leonardovho zapojenia) do elektromotora, zvýšia sa jeho otáčky a drôt je podávaný do zvaru rýchlejšie. Tým sa oblúk skracuje a ustáli sa na pôvodnú dĺžku. Pri skrátení dĺžky oblúka proces prebieha opačne.

Druhy zvaracích zariadení pre zváranie pod tavivom

Podľa konštrukčného usporiadania a účelu použitia ich rozdeľujeme na:

- a) zvaracie automaty,
- b) zvaracie hlavy,
- c) dráhové automaty,
- d) ťažké zvaracie automaty,
- e) špeciálne zvaracie zariadenia.

Typy zvaracích zariadení a ich technické parametre

a) Zvaracie automaty

Automaty pre zváranie pod tavivom sa skladajú zo zdroja zvaracieho prúdu jednosmerného alebo striedavého, ovládacej a riadiacej skrine s meracími prístrojmi, zvaracej hlavy a zo zariadenia pre pohyb zvaracej hlavy pozdĺž zvaraného predmetu.

- Zvarací traktor STK 1000

Zvarací traktor STK 1000 je automat pre oblúkové zváranie pod tavivom. Je veľmi jednoduchý, ľahký, ľahko ovládateľný a prevádzkovo spoľahlivý. Je vhodný pre sériovú výrobu v mostárňach, lodeniciach aj na montážach. Zvárať možno drôtmi priemeru 2,0 až 5,0 mm striedavým alebo jednosmerným prúdom, a to až do maximálnej hodnoty intenzity 1000 A pri 100 % DZ. Rýchlosť podávania drôtu je nezávislá od napätia na oblúku a stupňovito meniteľná.

Technické údaje:

zvarací prúd	jednosmerný alebo striedavý do 1000 A
priemer zvaracieho drôtu	2,0, 3,15, 4, 5,0 mm
rozsah rýchlosti drôtu	25 stupňov 0,9 až 6,5 m.min ⁻¹
rozsah rýchlosti zvarania	24 stupňov 16 až 120 m.h ⁻¹

vhodné zdroje prúdu

striedavý TS 1000.4
jednosmerný TRT 500, KM 350,
SO 503, RK 320

- Zvárací traktor SST 1000

Možno ho použiť na zváranie všetkých druhov tupých a kútových zvarov, ako aj na naváranie. Svojou konštrukciou nadväzuje na automat SUM 1000. Automat má hrubšiu konštrukciu a určený je na ťažkú prevádzku. Rýchlosť podávania zvaracieho drôtu je plynule automaticky regulovateľná v závislosti od napätia na oblúku, alebo je udržiavaná na plynule nastaviteľnej konštantnej hodnote a nastavuje sa prepínačom v regulačnej skrini. Rýchlosť pohybu vozíka je plynule meniteľná. Zariadenie sa skladá z vlastného automatu, regulačnej skrine, prípravkov a príslušenstva.

Univerzálnosť traktora je daná:

- nastaviteľnosťou zvaracej hubice v širokom rozsahu,
- možnosťou plynulého nastavenia hlavných zvaracích veličín a ich diaľkového ovládania,
- vybavením vhodnými prípravkami pre dobré vedenie traktora pozdĺž zvarovej medzery.

Technické údaje:

zvarací prúd	jednosmerný alebo striedavý do 1000 A
priemer zvaracieho drôtu	1,6 až 5 mm
rýchlosť podávania drôtu	0,88 až 7,6 m.min ⁻¹
rýchlosť zvarania plynule nastaviteľná	5 až 200 m.h ⁻¹

Zdroj zvaracieho prúdu s plochou aj strmou charakteristikou (Triódy K 320, SO 502, RK 600, TS 1000.3 a TS 1000.4).

- Zvárací automat WST 1000

Úplné zariadenie sa skladá z vlastného automatu s ovládacou a riadiacou skriňou, z napájacieho zdroja WZ 01 a prepájacích vodičov. Automat má stavebnicovú konštrukciu, ktorá umožňuje jeho prispôbenie zvaraciemu výrobku. Je vhodný pre zváranie priamych a obvodových tupých spojov, ako aj na kútové a preplátované spoje. Stroj je vybavený obidvoma spôsobmi regulácie zvaracieho oblúka. Podľa potreby sa môže použiť ako zvaracia hlava. Pomocou diaľkového ovládania dajú sa hlavné parametre plynule sledovať a riadiť. Možno ho kombinovať s takmer všetkými zdrojmi zvaracieho prúdu dostatočného výkonu.

Technické údaje:

zvarací prúd	striedavý alebo jednosmerný do 1000 A
priemer zvaracieho drôtu	2 až 5 mm
rýchlosť podávania drôtu	0,55 až 12,8 m.min ⁻¹
rýchlosť zvarania	8 až 60 m.h ⁻¹ , 4 až 125 m.h ⁻¹

b) Zváracie hlavy

Zváracie hlavy sú veľké neprenosné zariadenia, ktoré majú obvykle široké možnosti nastavenia zvaracích parametrov. Sú určené pre dlhú nepretržitú prácu, pri ktorej sa pohybuje zvaraný predmet. Umožňuje úplne využiť odsávanie a automatizáciu obehú taviva. Umiestňujú sa stabilne vo zvaracej linke alebo ako súčasť jednéhoúčelového zariadenia. Možno ich výhodne použiť na zvaranie obvodových zvarov alebo na naváranie. Zvaraný predmet sa pohybuje na stolovom alebo kladkovom polohovadle. Niektoré hlavy sú riešené tak, že sa dajú pripojiť k vozíku, ktorý sa pohybuje po špeciálnej dráhe.

- Zváracia hlava SSH 1000

Zváracia hlava SSH 1000 je stredného typu určená najmä pre jednéhoúčelové zvaracie zariadenia, kde sa pohybuje zvarací predmet. Jej hlavné konštrukčné prvky sú prevzaté z automatu SST 1000. Riadiaci systém na princípe magnetického zosilňovača je v samostatnej skrini a umožňuje ako reguláciu napätia oblúku, tak aj podávania drôtu nezávisle, avšak plynule nastaviteľné v širokom rozsahu. Na riadiaci systém možno napojiť ovládanie polohovadla.

Technické údaje:

zvarací prúd	striedavý alebo jednosmerný max. 1000 A
priemer zvaracieho drôtu	2,0 až 5,0 mm
rýchlosť podávania drôtu	magnetickým zosilňovačom 0,9 až 2,9 m.min ⁻¹ 2,4 až 7,6 m.min ⁻¹

- Ťažká zvaracia hlava TSH 01

Ťažká zvaracia hlava je základným konštrukčným prvkom stacionárnych zariadení určených pre zvaranie a naváranie plným alebo rúrkovým drôtom pod tavivom. Uplatňuje sa vo veľmi náročných podmienkach, ako je napr. mnohohodinová nepretržitá prevádzka pri naváraní s vysokým predhrevom, kontinuálna výroba špirálovo zvaraných rúr a pod. Hlava sa upevňuje na nosnú konštrukciu, ktorej tvar je daný druhom a veľkosťou zvarenca. Neoddeliteľnou súčasťou zvaracej hlavy je regulačná skriňa, v ktorej je zdroj a vlastný regulátor pre motor zvaracej hlavy. Zabezpečuje dvojakú možnosť regulácie rýchlosti podávania drôtu.

Technické údaje:

zvarací prúd	striedavý alebo jednosmerný do 1200 A
priemer zvaracieho drôtu	3,15 až 8,0 mm
rýchlosť podávania drôtu	v troch stupňoch (1,0 až 4,0 m.min ⁻¹ 1,7 až 6,8 m.min ⁻¹ 0,5 až 1,7 m.min ⁻¹)

- Stacionárna zvaracia jednotka WSH 1000

Usporiadanie zvaracieho stroja je podobné ako pri type WST 1000.

V normálnom usporiadaní je upevnený suport k spodnej prírubе nosnej konzoly a od suportu stĺpik smeruje nadol. Stavebnicová konštrukcia umožňuje prispôbovať stroj v širokom rozsahu individuálnym podmienkam zvaracieho pracoviska a tvaru zvarenca.

Technické údaje:

zvarací prúd	jednosmerný alebo striedavý do 1000 A
priemer zvaracieho drôtu	2,0 až 5,0 mm
rýchlosť podávania drôtu	0,55 až 14,7 m.min ⁻¹

c) Dráhové automaty

Hlavnou oblasťou použitia dráhových automatov je zváranie tupých spojov priamych a obvodových z vonkajšej strany. Automaty sa skladajú zo zvaracej hlavy, manipulačného stĺpika, vozíka, zásobníka taviva, bubna na drôt a ovládacej skrinky. Automat sa pohybuje po samostatnej dráhe určitého profilu.

- Zvarací dráhový automat SDA 1000, SDA 1500

Automat SDA 1000 je určený na zváranie tupých priamych a kútových spojov. Uplatňuje sa najmä pri výrobe vagónov, lodí a pod. Skladá sa z robustného vozíka typu SDV 01 a zvaracej hlavy SSH 1000. Automat sa môže pohybovať len po dráhe, ktorá nie je dodávanou súčasťou, ale konštruuje sa a vyrába podľa podmienok a požiadaviek zvaracieho pracoviska.

Hlavné časti automatu sú: dráhový vozík so zdrojom, odsávač, zvaracia hlava, zásobník drôtu, zdvíhacie zariadenie zvaracej hlavy, ovládacia skriňa a riadiaca skriňa, napájací zdroj WZ 01, tlmička WL a pripájacie vodiče.

Technické údaje:

zvarací prúd	jednosmerný alebo striedavý do 1000 A, resp. do 1500 A
priemer zvaracieho drôtu	2 až 5 mm, resp. 3,15 až 6,3 mm

- Zvarací dráhový automat SHE 1500 R

Zvarací automat SHE 1500 R bol prvým čs. dráhovým automatom pre zváranie pod tavivom. Charakteristickým znakom je zavesenie zvaracej hlavy na vozíku pohybujúcom sa dvoma kolesami po spodnej koľajnici a jedným bočným kolesom po hornej koľajnici. Špeciálna samostatná dráha je vytvorená z U-nosníkov, spojených do priehradovej konštrukcie. Uplatnenie automatu je zhodné s automatom SDA 1500. Rôbné sú aj technické údaje.

d) Ťažké zvaracie automaty radu TSA 12

Pod toto označenie je zahrnutý typový rad univerzálnych automatov na jed-
nooblúkové zvarovanie drôtmí veľkých priemerov (4 až 8 mm) jednosmerným
prúdom do 800 A alebo striedavým prúdom do 1200 A. Automaty majú staveb-
nicové riešenie a vyrábajú sa v štyroch vyhotoveniach. Typ TSA 1200
a 1201 sú určené najmä na zvarovanie na polohovadlách. Často sa používajú
na zvarovanie obvodových zvarov, napr. na kotlových telesách.

TSA 1200 je vlastne stacionárna zvaracia hlava. Rýchlosť podávania zva-
racieho drôtu je automaticky regulovateľná v závislosti od napätia
na oblúku. Je vybavená zariadením pre automatický obeh taviva.

TSA 1201 sa líši od predošlého typu tým, že na vedenie hlavy naprieč zva-
rom je vystrojená samočinným fotoelektrickým pozorovačom zvarovej medzery.

TSA 1210 je vystrojený ako TSA 1200, ale celé zariadenie je uložené na vo-
ziku s plynule meniteľnou zvaracou rýchlosťou a rýchlopojazdom.

TSA 1211 je rovnako vystrojený ako TSA 1210. Na vedenie automatu po zva-
rovej medzere má pripojené fotoelektrické vodiace zariadenie.

e) Špeciálne zvaracie zariadenia

Rozumieme ním zvaracie zariadenia, ktoré sú určené presne na výrobu sta-
noveného zvaru alebo pre špeciálne metódy zvarovania pod tavivom. V prvom
prípade ide o jednodúčelové zvaracie zariadenia (JUS), ktoré sa obvykle
skladajú z niektorého typu bežne vyrábanej zvaracej hlavy, ktorá je vhod-
ne usporiadaná s polohovadlom a ďalšími pomocnými zariadeniami. Druhá
skupinu tvoria zariadenia pre špeciálne metódy, ako sú napr. na zvarovanie
pásovou elektródou, pre viacoblúkové zvarovanie (tandem) na zvarovanie horú-
cim drôtom ZPT-HW, na zvarovanie studeným drôtom, na zvarovanie do úzkej me-
dzery a pod.

Zvaracie zariadenia pre oblúkové zvarovanie v ochrannej atmosfére plynov

Zvaraním v ochranných plynch nazývame elektrický oblúkový proces, pri kto-
rom oblúk horí v plynnej ochrannej atmosfére a postupným tuhnutím roztavené-
ho kúpeľa nastáva spojenie zvaraných materiálov.

Klasifikácia technológie zvarovania v ochranných plynch

Technológiu zvarovania elektrickým oblúkom v ochrane plynov možno podľa súčas-
ného stavu členiť na viaceré metódy, obr. IV-5. Hlavnými metódami sú zvara-
nie elektrickým oblúkom odtavujúcou sa elektródou MIG a neodtavujúcou sa
elektródou TIG. Rozvojom uvedených metód vznikli nové alebo odvodené metó-
dy. Možno k nim radiť viaceré metódy, dnes známe ako elektroplynové zvara-
nie, ďalej metódy plazmového zvarovania alebo plazma MIG - zvaranie.

**KLASIFIKÁCIA TECHNOLOGIE ZVÁRANIA
ELEKTRICKÝM OBLÚKOM V OCHRANE PLYNOV**

METÓDY

A	MIG/MAG/	ODTAVUJÚCOU SA ELEKTRODOU V OCHRANE PLYNOV
B	TIG /WIG/	NEODTAVUJÚCOU SA ELEKTRODOU V OCHRANE PLYNOV
C	EP	ELEKTRO PLYNOVÉ ZVÁRANIE
D	PA	ZVÁRANIE PLAZMOVÝM OBLÚKOM /PLAZMA-ARC/
E	PA - MIG	PLAZMA - MIG ZVÁRANIE

SPÔSOBY

1	RUČNÝ
2	POLOAUTOMATICKÝ
3	AUTOMATICKÝ

a	NEPRERUŠENÉ HORENIE OBLÚKA
b	PRERUŠOVANÉ HORENIE OBLÚKA
c	STRANOVÉ VYCHÝLENIE OBLÚKA KRIVENÍM DRÓTU
d	STRANOVÉ VYCHÝLENIE OBLÚKA ELEKTR. CESTOU
e	KÝVANIE ELEKTRODY
f	VIBRÁCIA ELEKTRODY
g	IMPULZNÉ HORENIE OBLÚKA

PRINCÍPY

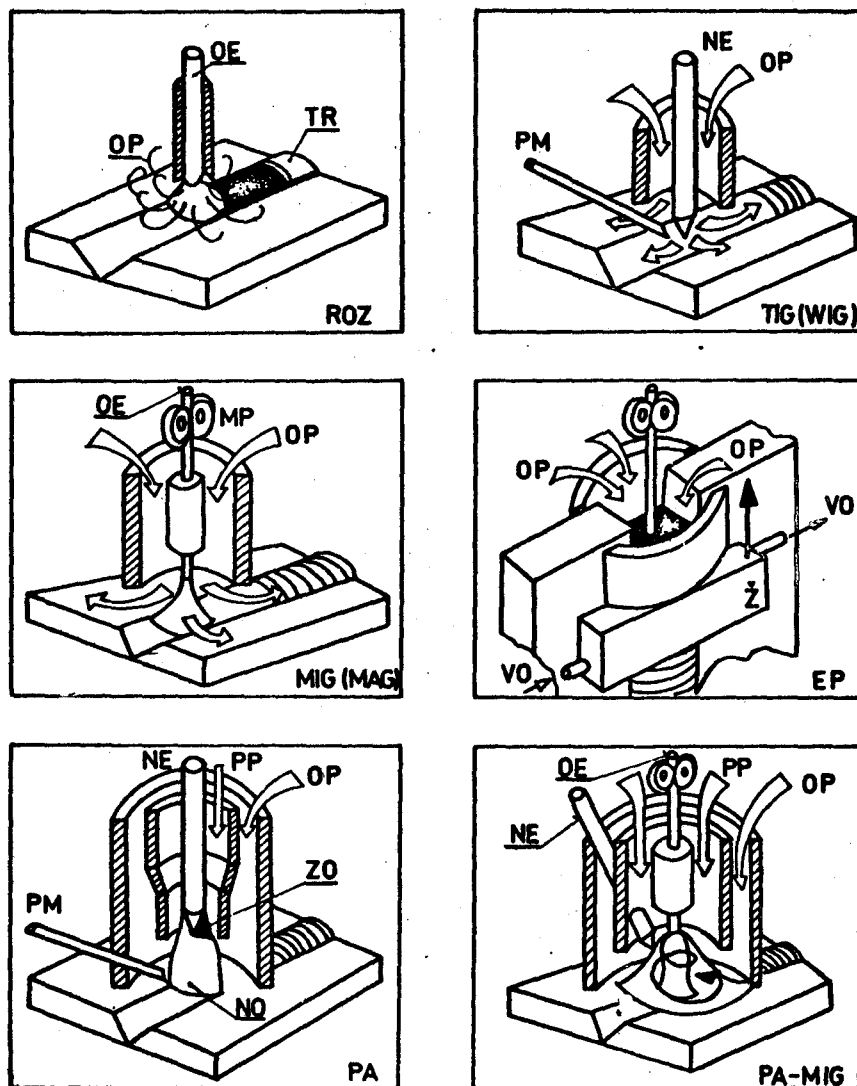
I.	ZAPOJ. ELEKTRODY-ZÁKL.MAT. V SÉRII
II.	ZAPOJ. ELEKTROD-ZÁKL. MAT. V SÉRII+PARALEL Z JED. ZDR.
III.	ZAPOJ. ELEKTROD-ZÁKL.MAT. V SÉRII+Z JED. ZDROJA
IV.	ZAPOJ. ELEKTRODY-ZÁKL.MAT. V SÉRII-PRÍD. DRÓT NEZ PR.
V.	ZAPOJ. ELEKTRODY-Z.M. V SÉ- RII-PRÍD. DRÓT POD PRÚDOM
VI.	ZAPOJ. ELEKTROD V SÉRII MEDZI SEBOU

a	PRIAMOU POLARITOU
b	NEPRIAMOU POLARITOU
c	STRIEDAVÝM PRÚDOM
d	KOMBINOVANÝM PRÚDOM
e	DRÓTOM KRUH. PRIEREZU NEPLNENÝM
f	ELEKTRODOU KRUH. PRIEREZU PLNENOU
g	ELEKTRODOU INÉHO PRIEREZU NEPLNENOU ALEBO PLNENOU
h	PRÁŠKOVÝM PRÍDAVNÝM MATERIÁLOM

Obr. IV-5
Klasifikácia technológie zvarovania

Na obr. IV-6 sú znázornené charakteristiky jednotlivých metód zvarovania. V týchto metódach sa aplikovali jednotlivé spôsoby zvarovania, a to ručný, poloaautomatický a automatický. Pojmom spôsob zvarovania sa rozumie hlavná činnosť vykonaná pri zabezpečení procesu. Kým pri ručnom spôsobe sa vedie oblúk po zvaranej ploche ručne a elektróda sa podáva do zvaru tiež ručne, pri poloaautomatickom spôsobe sa vedie oblúk ručne, avšak podávanie elektródy (nekonečného drótu) je mechanizované. Pri automatickom zvaraní je podávanie elektródy do zvaru i vedenie oblúka po zvaranej ploche mechanizované. Tieto činnosti zabezpečujú vhodne prispôsobené strojové mechanizmy (pohonné jednotky).

METÓDY ZVÁRANIA ELEKTRICKÝM OBLÚKOM V OCHRANE PLYNOV



Obr.IV-6
Metódy zvárania elektrickým oblúkom v ochrane plynu

Rozdelenie a druhy zváracích zariadení pre zváranie v ochranných atmosférach

Zváracie zariadenie pre zváranie v ochranných plynach rozdeľujeme:

1. podľa metódy zvárania

- odtavujúcou sa elektródou (MIG),
- neodtavujúcou sa elektródou (TIG),
- elektroplynové zváranie (EP),
- zváranie plazmovým oblúkom (PA),
- plazma MIG zváranie (PA - MIG);

2. podľa skladby a funkcie

- poloautomaty pre ručné oblúkové zváranie v ochrane plynov,
- dráhové alebo traktorové automaty,

3. systému podávania zvaracieho drôtu
- c) stavebnice zvaracích zariadení,
 - d) jednouchéleové stroje a zvaracie linky;
- a) poloaumaty tlačné so systémom podávania drôtu tlakom do vstupnej strany ohybného bowdenu,
- b) poloaumaty ťažné so systémom podávania drôtu ťahaním z bowdenu na jeho výstupnej strane vo zvaracom horáku alebo pištoli,
- c) poloaumaty ťažno-tlačné so systémom podávania drôtu tlakom do vstupnej strany bowdenu, synchronne s ťahaním drôtu z bowdenu na jeho výstupnej strane, čo prebieha spoluprácou dvoch alebo viacerých podávačov súčasne;
4. podľa výkonu a konštrukcie
- a) ľahké, zvarací prúd do 200 A pri 60 % DZ, priemer zvaracieho drôtu do 1,0 mm,
 - b) stredné, zvarací prúd do 360 A, priemer drôtu do 1,6 mm,
 - c) ťažké, prúd vyše 350 A, priemer drôtu 1,2 až 2,6 mm.

Hlavné časti zvaracích zariadení

Jednotlivé prvky, z ktorých sa skladá zvaracie zariadenie, musia plniť tieto základné funkcie:

- zabezpečenie spoľahlivého chodu podávania zvaracieho drôtu do zvaracieho horáka s možnosťou plynulého nastavenia jeho rýchlosti,
- zabezpečenie prívodu zvaracieho prúdu vysokej intenzity do tenkého zvaracieho drôtu v bezprostrednej blízkosti elektrického oblúka,
- zabezpečenie tvorby spoľahlivej ochrany plynom v okolí zvarového kúpeľa,
- zabezpečenie synchronizácie všetkých funkcií jednotlivých základných prvkov zariadenia, najmä:
 - pohyb drôtu,
 - prívod plynu,
 - pripájanie ohrievača plynu,
 - zapájanie zvaracieho prúdu,
 - prúdenie chladiacej vody do horáka,
 - pohyb zvarenca alebo horáka.

Pre splnenie uvedených funkcií má automat tieto časti:

- podávací mechanizmus zvaracieho drôtu,
- pohybový mechanizmus na vyvodenie rýchlosti zvarania,
- zvaracie horáky,
- zásobník zvaracieho drôtu,
- zdroj zvaracieho prúdu (jednosmerný alebo striedavý),
- plynové hospodárstvo (zdroj a tlaková fľaša, plynový ventil s ohrievačom, hadice),
- riadiaci systém stroja,
- nosné časti.

Typy zvaracích zariadení a ich technické parametre

Podľa konštrukčného usporiadania a účelu použitia ich rozdeľujeme na:

- a) ručné zvaracie zariadenia pre TIG zvaranie,
- b) zvaracie poloautomaty,
- c) dráhové automaty,
- d) zvaracie traktory,
- e) zvaracie hlavy,
- f) špeciálne zariadenia.

a) Zariadenia pre TIG zvaranie

Automaty a poloautomaty pre zvaranie v inertných plynoch sa skladajú zo zdroja jednosmerného alebo striedavého prúdu, z oceľovej fľaše na ochranný plyn a z držiaka volfrámovej elektródy. Pri použití striedavého prúdu z transformátora je zariadenie doplnené ionizátorom a sústavou kondenzátorov.

- Zvaracia súprava MA 315

Súprava je určená pre ručné a mechanizované zvaranie kovov metódou TIG striedavým alebo jednosmerným prúdom bez prídavného materiálu alebo s prídavným drôtom vo všetkých polohách. Môže sa použiť pre prievarkové, ako aj impulzné zvaranie. Držiaky volfrámových elektród sú chladené vodou alebo argónom.

Technické údaje:

menovitý zvarací prúd pri 60 % DZ	315 A	striedavý	270 A	jednosmerný
menovitý vstupný prúd			50 A	
trvalý zvarací prúd	240 A		205 A	

b) Zvaracie poloautomaty

Zvaracie poloautomaty pre MIG zvaranie patria medzi najrozšírenejšie druhy zvaracích zariadení pre zvaranie v ochranných atmosférach plynov.

Používajú sa v kusovej, sériovej aj hromadnej výrobe. Môžu pracovať ako poloautomaty i ako časti zváracích liniek, jednúčelových strojov.

- Poloautomat typ WMP 20

Najmenší poloautomat typ WMP 200 je určený na zváranie v ochrannom plyne CO_2 alebo zmesnom plyne. Umožňuje zvärať prúdom 60 - 155 A (100 % DZ) a pri 200 A (DZ 20 %). Zvárací prúd sa nastavuje súčasne rýchlosťou posuvu drôtu 0,8 až 1,2 mm plynule. Rýchlosť posuvu drôtu možno meniť v rozmedzí 100 až 1000 cm.min^{-1} . Zváracie napätie možno nastaviť v rozmedzí 15 až 24 V.

Zariadenie sa odporúča najmä na zváranie tenkých plechov pri výrobe ľahkých konštrukcií a opravách.

- Poloautomat typ WLSP - 315

Je riešený ako pojazdná kompaktná zváracia súprava. Je určený na zváranie v ochrannom alebo zmesnom plyne. Umožňuje zvärať prúdom 20 až 270 A (100 % DZ) a pri 315 A (60 % DZ). Zvárací prúd sa nastavuje na stupnici regulátora, ktorá je ciachovaná priamo v hodnotách zváracieho prúdu pre použitý priemer drôtu (0,8 až 1,6 mm). Rýchlosť drôtu možno meniť v rozmedzí 100 až 1100 cm.min^{-1} . Na zdrojovej skriní je umiestnený otočne o 360° podávač drôtu typ SPU - 20. Môže sa od nej oddeliť a umiestniť do vzdialenosti 10 až 15 m od zdroja. Hlavné oblasti jeho použitia je zváranie rôznych typov spojov strednej veľkosti, najmä tupých, kútových, preplátovaných a prievarkových.

- Poloautomat WLSP - 316

Je určený na zváranie rúrkovým plneným drôtom do priemeru 3,0 mm. Na tento účel je podávač drôtu prispôsobený zdvojeným mechanizmom (dvoma hnacími a dvoma prítlačnými kladkami). Špeciálne príslušenstvo 316 T je určené na zváranie rúrkovými drôtmí a 316 A1 na MIG zváranie hliníka. Technické údaje sú zhodné s poloautomatom WLSP - 315.

- Poloautomat WSSP - 490

Je určený pre MIG zváranie drôtom plného prierezu i rúrkovým drôtom. Menovitý zvárací prúd 500 A umožňuje využiť zariadenie kompaktného pojazdného typu pre väčšie priemery drôtov, t.j. pre plné drôty s priemerom 1,2 až 1,6 mm a pre rúrkové drôty do priemeru 3 mm. Rýchlosť posuvu drôtu je podobná ako pri všetkých poloautomatoch výrobcu ZEZ, je plynule regulovateľná.

- Poloautomat typ WSP - 600

Zváračka typu WSP 600 je špičkový stroj z výkonného radu poloautomatov pre oblúkové zváranie v ochranných atmosférach. Je určený pre ťažké prevádzky, pretože svojím výkonom umožňuje zvärať v celom rozsahu a všetkými priermi rúrkových drôtov. Zvárací prúd 600 A (550, DZ 60 %) umožňuje zvärať vysokými parametrami v CO_2 i v zmesných plynch.

Regulácia posuvu drôtu je pomocou jednotky ROT-151 unifikovanej pre poloautomaty výrobcu ZEZ. Zariadenie tvorí pojazdnú jednotku pre záves podávača, ku ktorej sa na osobitnú objednávku dodáva teleskopický nosný stojan.

- Poloautomat typ ZPZ - 400 T

Je podobne ako poloautomat WLSP 315 kompaktná zvaracia jednotka so zdrojom a podávačom. Má však v porovnaní s WLSP - 315 čiastočne zväčšený prúdový rozsah. Nie je vybavený reguláciou rýchlosti približovania drôtu pri štarte. Je prispôsobený na prievarkové (bodové) zvarovanie s regulovateľnou časovou jednotkou. Spínanie zvaracieho prúdu je bezkontaktné - elektronické.

- Zariadenie typu ZP 315 TP

Vyrába sa prispôsobené ako oddelený podávač so samostatným ovládaním v rozsahu parametrov rovnakých ako pri ZPZ 400 T. Pomocou podávača ZP 315 TP, zdroja prúdu ZZ 400 T sa ako celok kompletuje zariadenie typ ZP 400 ZSa. Toto zariadenie sa vyrába s teleskopickým stojanom, ktorý je výškovo prestaviteľný o 1300 mm.

c) Dráhové automaty

Kompletovať ich možno pomocou skupín bežných poloautomatov typov WMP 200, WLSP 315 (316), WSSP 490 alebo WSP 600 a skupiny pojazdu (vozíka) typu SDV 01. Vozík pojazdu, na ktorom je upevnený podávač niektorého z uvádzaných typov poloautomatov sa pohybuje v závesnej polohe vodorovne na prispôbennom profile (dráhe). V kombinácii s jednotlivými skupinami poloautomatu WLSP - 315 sa dráhové automaty vyrábajú s označením SDA - 300 (SDA - 2x300). Hlavnou oblasťou použitia týchto zariadení je automatické MIG zvarovanie tupých a kútových zvarov v polohe A_1 (B_1) rovnobežne s pojazdovou dráhou, jedným alebo dvomi oblúkmi spoločne. Okrem uvedených typov dráhových automatov SDA - 300 a SDA - 500 sa vyrába zvarací dráhový automat LSA 500 s podobnými technickými parametrami a použitím v praxi ako automaty typu SDA.

d) Zvaracie traktory

Bežne vyrábaným zariadením tohto druhu je zvarací traktor typ WST - 1000/CO₂. Má vlastnú pojazdnú jednotku (traktor), ktorá nesie podávač drôtu (hlavu), zásobník drôtu a regulačný panel. Vozík traktora je prispôbšený pre voľný pojazd na zvaranom materiáli, alebo sa môže viesť na pojazdnej dráhe s vodiacou lištou. Traktor sa vyrába na zvarovanie pod tavivom a pre MIG zvarovanie.

e) Zváracie hlavy

Zváracia hlava typu WSH 1000 CO₂ je stavebnicovo odvodená od zváracieho traktora WST - 1000 a je určená na zváranie otočných obvodových zvarov alebo návarov. Upevňuje sa na vhodnú stojanovú nosnú konštrukciu, ktorej prispôsobenie je dané druhom a veľkosťou zvarov. Príslušenstvom zváracie hlavy je ovládací skriňa a diaľkové ovládanie polohovadla.

Technické údaje:

priemer zváracieho drôtu	do 5 mm
zvárací prúd	do 1000 A
rýchlosť posuvu drôtu	0,55 až 14,7 m.min ⁻¹
hmotnosť hlavy	78,0 kg

f) Špeciálne zariadenia

Sú to špeciálne prispôbosené zariadenia pre konkrétny prípad zvárania. Vyrábajú sa ako atypický celok, alebo sa pri nich pre kompletizáciu celku využívajú niektoré skupiny bežných sériovo vyrábaných zariadení; uvedieme dva príklady:

1. Zariadenie typu PTT-201

Je určené na priváranie koncov rúrok do rúrkovnic v polohe vodorovnej zhora alebo na zvislej ploche. Je konštrukciou prispôbosené ako prídavné zariadenie, ktoré možno využiť v kombinácii s niektorým z poloautomatov WMSP - 200, WLSP - 315.

2. Zariadenie typu PN - 400

Je určené na priváranie nástavcov k rovinným alebo kruhovým stenám kotlových komôr, najmä pri výrobe tlakových nádob. Automat je prispôbosený ako závesný s ručným pojazdom po vodiacej dráhe.

Prehľad o ďalších špeciálnych zariadeniach pre mechanizované MIG zváranie uvádza literatúra [5].

Literatúra

- [1] Faltus, F. a kol.: Příručka svařování I.
Praha, SNTL 1962.
- [2] Smith, A. A.: CO₂ shielded consumable electrode arc welding.
BWRA 1975.
- [3] Zaruba, M., Kruml, V.: Základní podmínky optimální stability procesu svařování v CO₂ z hlediska teorie a praxe.
Zváranie, roč. XIV.
- [4] Kopřiva, R.: Technologია zvárania v ochranných plynoch metódou MIG.
Bratislava VUZ, 1981.
- [5] Plachý, A., Sudil, J.: Mechanizované zariadenia na oblúkové zváranie v ochranných atmosférach. Bratislava, VUZ 1975.

V. Zváracie stroje a zariadenia pre elektrotroskové zváranie (Turňa)

Elektrotroskové zváranie je špeciálny spôsob automatického zvárania (bez-oblúkový) pod tavivom, pri ktorom sa základné materiály i prídavný materiál tavia teplom vznikajúcim pri prechode elektrického prúdu roztaveným tavi-
vom. Taviwo je v tuhom stave nevodivé, ale v roztavenom stave je pomerne dobrým vodičom. Len na začiatku zváracieho procesu horí elektrický oblúk medzi prídavným a základným materiálom. Po roztavení dostatočného množstva taviwa oblúk zhasína a prúd prechádza len tavivom.

Prídavný materiál sa podáva automaticky. Tento spôsob zvárania je veľmi výkonný a vhodný predovšetkým pre zváranie veľmi veľkých prierezov na zvislo.

Elektrotroskové automaty môžu pracovať s jedným alebo niekoľkými zváracími drôťmi, prípadne s prídavným materiálom vo forme pása. Uplatňujú sa tiež v oblasti obnovovania opotrebovaných funkčných plôch strojových súčastí (nástrojov a pod.), kde nejde len o získanie pôvodného tvaru opotrebovanej súčasti, ale aj o získanie pôvodných, prípadne lepších mechanických vlastností funkčnej plochy.

Elektrotroskovým spôsobom sa môžu navárať aj nové valce valcovacích stolíc, aby získali tvrdý povrch odolný proti opotrebeniu pri zachovaní húževnatého jadra valca.

Elektrotroskový spôsob je vhodný na zváranie mnohých ocelí, najmä nestarnúcich konštrukčných uhlíkových ocelí, ocelí s vyššou medzou klzu a nízkolegovaných ocelí pre veľmi náročné strojové konštrukcie veľkých hrúbok, ako sú tlakové nádoby, turbínové rotory, valce a pod.

Elektrotroskové zváranie sa vyznačuje mäkkým režimom zvárania. Po zváraní treba ocele často normalizačne žihať, aby sa odstránila hrubozrnná štruktúra.

Elektrotroskové zváracie a naváracie zariadenia boli vyvinuté vo Výskumnom ústave zvaračskom v Bratislave. Svojimi parametrami získali veľký ohlas aj v zahraničí vrátane priemyselne najvyspelejších štátov sveta.

Elektrotroskový zvárací automat VÚZ - ETZ - 100

Používa sa na zváranie materiálov hrúbok 15 až 120 mm. Nemá vodiacu dráhu. Pre jeho zvislý pohyb sa používajú dve článkové Gallove reťaze napnuté pozdĺž zvaru alebo profilová dráha z uholníkov. Automat možno používať

pre dlhé priame zvary, rovinne alebo priestorovo mierne zakrivené a pre obvodové zvary. Skriňa podávania zvaracieho drôtu sa dá použiť ako aj samostatná zvaracia hlava pre elektrotroskové zvaranie (ETZ) alebo zvaranie a naváranie pod tavivom.

Rýchlosť podávania zvaracieho drôtu je v širokom rozsahu stupňovito aj plynule meniteľná. Zvislý pohyb automatu má dva rýchlostné prevodové stupne - pracovný posuv a rýchloposuv. V oboch prípadoch je rýchlosť plynule meniteľná prostredníctvom zmeny otáčok pohonného elektromotora. Zvaracia hlava má mechanizmus na vyvedenie kývavého pohybu.

Prítlačné zariadenie umožňuje chladiacim príložkám dokonale sa prispôbiť povrchu zvaraných predmetov.

Riadiaca skriňa sa dodáva v troch typoch.

Zvarací automat možno používať aj pre vertikálne oblúkové zvaranie v ochranných atmosférach. Pre takéto použitie sú k dispozícii špeciálne medené príložky s otvormi pre prúdenie ochranného plynu.

Hlavné technické údaje:

- rýchlosť podávania zvaracieho drôtu	106 - 976 m.h ⁻¹
- Ø zvaracieho drôtu	2,0; 3,15 mm
- rýchlosť zvarania	1,6 - 2,4 m.h ⁻¹
- rýchlosť zvislého rýchloposuvu	44 - 66 m.h ⁻¹
- napájacie napätie	3 x 380 V
- spotreba chladiacej vody	6 - 8 l.min ⁻¹
- hmotnosť vlastného automatu	110 kg
- hmotnosť riadiacej skrine	1050 kg

Elektrotroskový zvarací automat VÚZ - ETZ - 450

Je univerzálny trojdrôtový zvarací stroj pre ETZ pozdĺžnych spojov do hrúbky zvaraných materiálov 450 mm. Patrí do skupiny prenosných typov zvaracích automatov s vodiacim stĺpom. Svojím konštrukčným riešením dovoľuje zostavovať zvaracie zariadenie portálového typu, s ktorým možno zvarať hrúbky až 1500 mm.

Automatická regulácia posuvu umožňuje v ľubovoľnom okamihu zvarania ručné doregulovanie.

Hlavné technické údaje:

- hrúbka zváraného materiálu	30 - 450 mm
- Ø zvaracieho drôtu	3,15; 4,0 mm
- rýchlosť podávania zvaracieho drôtu	80 - 400 m.h ⁻¹
- rýchlosť vratného pohybu zvaracej hlavy	0 - 130 m.h ⁻¹
- dĺžka vratného pohybu zvaracej hlavy	0 - 650 mm
- pracovná rýchlosť zvislého vozíka (zvaracia)	2,5 m.h ⁻¹
- rýchloposuv zvislého vozíka	45 m.h ⁻¹
- rozstup zvaracích drôtov	65 - 140 mm
- čas státia zvaracej hlavy v okrajových polohách	1 - 15 s
- meniteľnosť sekundárneho napätia	39 - 52 V
- zvarací prúd na 1 drôt	200 - 900 A
- napájacie napätie	380 V
- inštalovaný príkon stroja	2,2 kVA
- spotreba chladiacej vody	6 - 8 l.min ⁻¹
- dĺžka vodiaceho stípa	4000 6000 mm
- hmotnosť automatu s vodiacim stípom	850 kg
- hmotnosť riadiacej skrine	1000 kg
- hmotnosť automatu s výťahovým zariadením	1200 kg

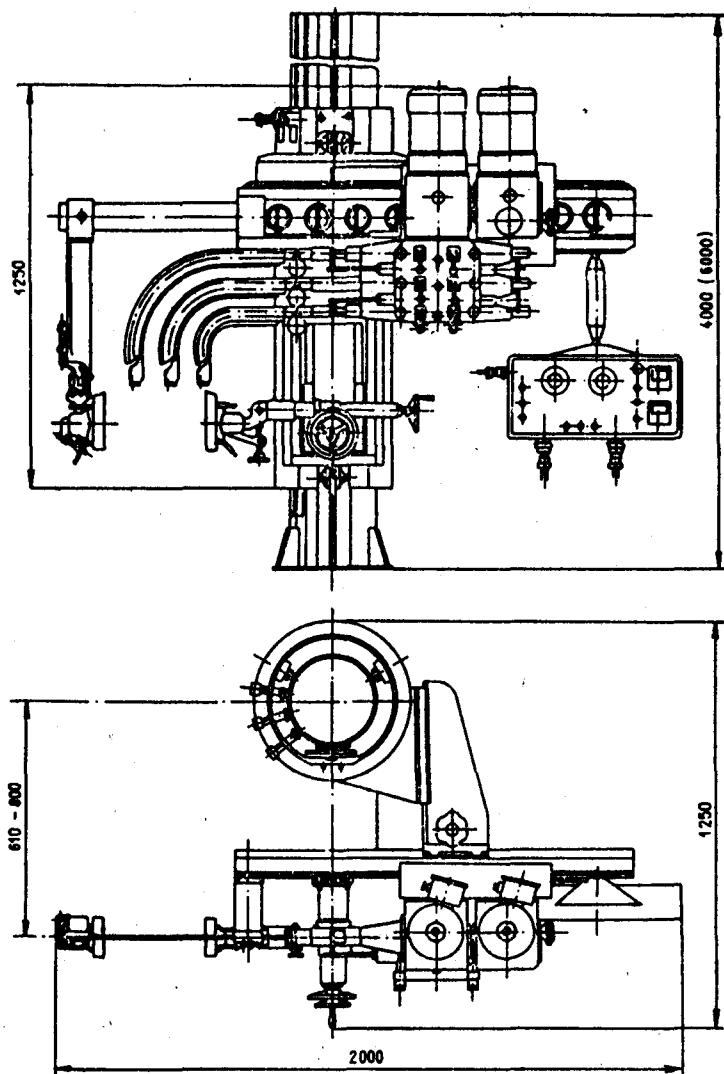
Schéma zvaracieho automatu VÚZ - ETZ - 450 je na obr. V-1a . Schémy začínania obvodového zvaru z vnútornej strany a uzatvárania obvodového zvaru sú na obr. V-1b,c.

Elektrotroskové zvaracie zariadenie VÚZ - ETZ - 700

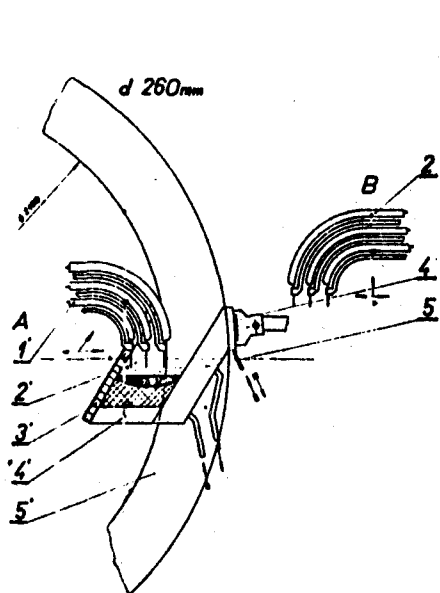
Ide o zariadenie na zváranie materiálov do hrúbky 700 mm. Má 4-drôtovú alebo 6-drôtovú zvaraciu hlavu. Zvaracia hlava i zásobníky zvaracích drôtov sú uložené na stole, ktorý je vo zvislom smere automatu vedený dvoma tuhými stípmi. V niektorých prípadoch možno použiť dva zvaracie stroje proti sebe. Takto možno zvarať hrúbky až 1400 mm. Schéma zvaracieho automatu VÚZ - ETZ - 700 je na obr. V-2.

Hlavné technické údaje:

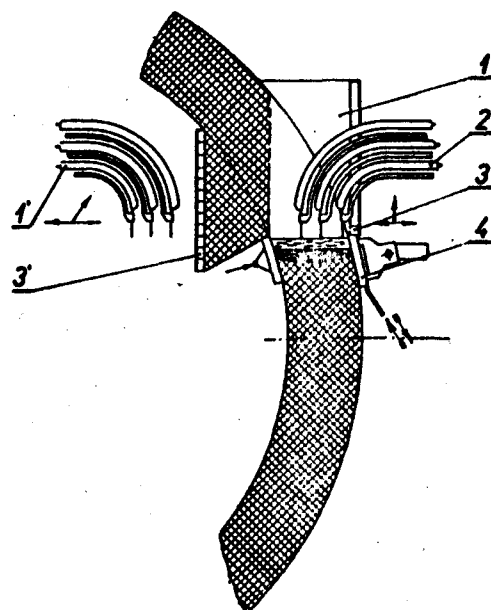
- priemer zvaracích drôtov	Ø 3,15; 4,0 mm
- rýchlosť posuvu zvaracích drôtov	100 - 450 m.h ⁻¹
- rýchlosť vratného pohybu zvaracích drôtov	20 - 80 m.h ⁻¹
- dĺžka vratného pohybu zvaracích drôtov	300 mm
- rýchlosť zvarania	0,4 - 3,0 m.h ⁻¹
- rozstup zvaracích drôtov	65 - 150 mm
- čas státia zvaracej hlavy v okrajových polohách	0 - 10 s
- zvaracie napätie	39 - 57 V



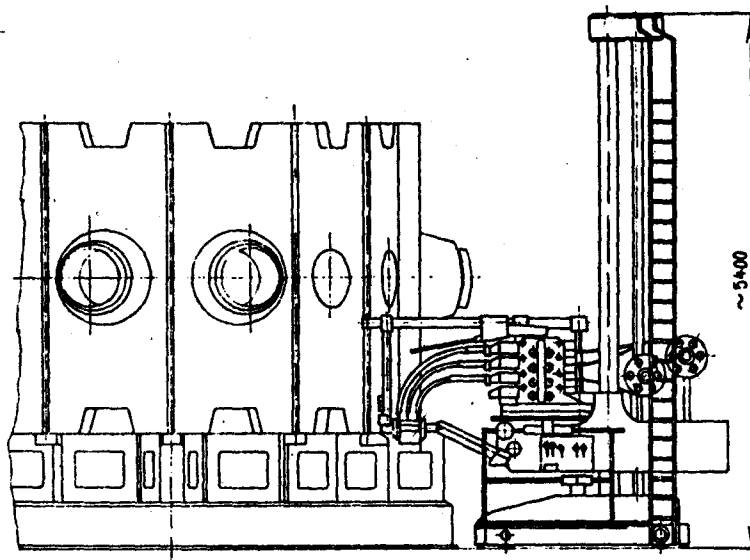
Obr.V-1a
Elektrotroskový zvarací automat VÚZ - ETZ - 450



Obr.V-1b
Zváranie obvodových spojov



Obr.V-1c
Ukončenie obvodových spojov



Obr.V-2
Zváranie hrdlového prstenca automat VÚZ - ETZ - 700

- sieťové napätie	3 x 380 V
- inštalovaný príkon stroja	6,95 kVA
- príkon zváracích transformátorov	2 x 150 kVA
- spotreba chladiacej vody	6 - 10 l.min ⁻¹
- maximálna dĺžka zvarenca	4000 mm
- hmotnosť automatu	2700 kg
- hmotnosť riadiacej skrine	2500 kg

Automat umožňuje širokú aplikáciu ETZ prakticky v celom rozsahu používaných hrúbok oceľových konštrukcií.

Z aplikácií ETZ v technickej praxi možno spomenúť zváranie reaktorovej tlakovej nádoby pre jadrovú elektráreň zo 4 segmentov. Priemer prstenca 5 m a dĺžka jedného zvaru 2,5 m. Materiál prstenca nízkolegovaná Mn-Mo-Ni oceľ.

Podstavec reaktorovej tlakovej nádoby zvarný zo 16 dielov. Materiál podstavca nízkouhlíková Mn-Ni-Mo oceľ.

Hrdlový prstenec reaktorovej tlakovej nádoby skladajúci sa z 12 dielov.

Výroba vrchlíka dna a veka reaktorovej tlakovej nádoby.

Oprava hriadeľa vodnej turbíny Ø 1,8 m s hrúbkou steny 260 mm. Zváranie hriadeľa vodnej turbíny.

Zváranie hydraulického valca pre 12 000 t kovací lis. Hrúbka steny valca bola 300 mm.

Zváranie rotorov turbín z materiálu Mn-Ni-Mo-V ocel.

Zváranie austenitického bubnového rotora z ocele 16/13 Cr-Ni.

Zváranie predkovkov hrúbky 600 mm. Zváranie stojanov valcovacích stôlic.
Zváranie uhlových nožov pre strojové nožnice.

Stavebnicové elektrotroskové zváracie zariadenie VÚZ - RTZ - 120 UNI

Umožňuje vytvoriť rôzne modifikácie podľa požiadaviek technológie zvárania tak, že poskytuje rôzne stupne mechanizácie a automatizácie s rôznymi spôsobmi pohybu a polohovania zváracieho zariadenia vo vzťahu k zváranému materiálu. Má možnosť voľby stabilnej alebo pojazdnej zostavy. Môžu sa zvärať pozdĺžne spoje orientované na výšku.

Hlavné technické parametre:

- hrúbka zváraného materiálu	14 - 140 mm
- maximálna dĺžka zvarového spoja	12 000 mm
- Ø zváracieho drôtu	2,0; 3,15 mm
- rýchlosť podávania zváracieho drôtu	135 - 600 m.h ⁻¹
- zváracia rýchlosť	1,8 - 2,7 m.h ⁻¹
- zváracie napätie	30 - 48 V
- maximálny príkon zariadenia	125 kVA
- spotreba chladiacej vody	6 - 8 l.min ⁻¹
- hmotnosť zváracieho stroja	700 kg
- hmotnosť zdroja zváracieho prúdu	600 kg
- hmotnosť riadiacej skrine	150 kg

Zariadenie na elektrotroskové naváranie pútnických valcov VÚZ - NPV 1

Elektrotroskové naváranie pútnických valcov reprezentuje originálnu technológiu renovácie aj výroby týchto valcov.

Stroj môže pracovať v troch režimoch: automatickom cykle, poloautomaticky a ručným ovládaním.

Rozmery valcov môžu byť Ø 538 - Ø 850 mm, dĺžka 1500 - 2000 mm. Počet naváracích jednotiek 3, 5, 7. Priemer zváracieho drôtu 3,15 a 5,0 mm. Rýchlosť podávania drôtu 90 - 450 m.h⁻¹. Hrúbka návaru 28 - 36 mm.

Naváracie zariadenie tohto typu je určené pre valcovne rúr.

Zariadenie na ET naváranie kladív drvičov VÚZ - NDK 1

Elektrotroskové naváranie abrazívne opotrebených kladív drvičov nahrádza namáhavé a málo produktívne ručné oblúkové naváranie elektródami. Toto jed-
nouúčelové zariadenie je určené pre jeden druh kladiva. Uvedené naváranie
v dôsledku vysokej mechanizácie odstránilo vplyv ľudského činiteľa a zní-
žilo čas navárania z 24 na 1 h. Celkove to predstavuje úsporu 77 % nákladov.

ET poloaautomatické naváracie zariadenie VÚZ - NHV 1

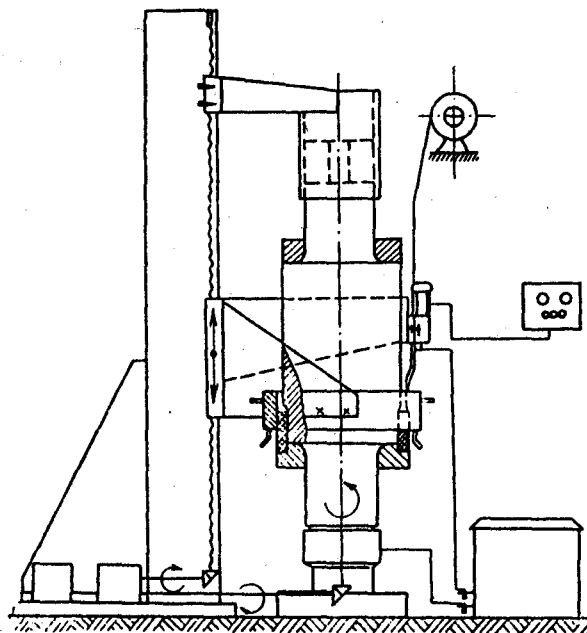
Zariadenie je určené na elektrotroskové naváranie hladkých valcov strednej
veľkosti priemeru 400 až 900 mm, dĺžky 1000 až 4400 mm. Skladá sa z vlastné-
ho naváracieho stroja, zdroja zvaracieho prúdu a riadenia.

Navárací stroj je poloaautomatický, pričom jednotlivé funkcie, pohyby a úko-
ny sú ovládané:

- automaticky (technologické jadro procesu),
- ručne tlačidlom z ovládacieho panelu (samostatné ovládanie jednotlivých funkcií),
- ručne (prípravné práce pri manipulácii s nastavením naváraného valca).

Väčšina parametrov zariadenia je nastaviteľná buď pred naváraním, alebo
v priebehu navárania.

Vlastný navárací stroj sa skladá z rámu stroja, z vozíka pre zasúvanie val-
ca do stroja, pojazdnej plošiny s točnicou a kryštalizátorom, zdvihových
mechanizmov pojazdnej plošiny a ovládania.



Obr.V-3
Naváranie hladkých valcov so zvislou osou

Hlavné technické údaje:

- príkon naváracieho zdroja	1260 kVA
- maximálny sekundárny prúd	8100 A (1 fáza)
- maximálna hmotnosť naváraného valca	15 t
- hrúbky naváratej vrstvy	25 - 45 mm
- rýchlosť pojazdnej plošiny	1 m.min ⁻¹
- naváracia rýchlosť	0,2 - 0,9 m.h ⁻¹
- priemer naváracieho drôtu	3,15 - 5,5 mm
- rýchlosť podávania drôtu (plynule meniteľná)	80 - 300 m.h ⁻¹
- výlet (suché vyloženie) drôtu	50 ± 20 mm
- dovolené prúdové zaťaženie (trvalé)	800 A
- rozsah sekundárneho napätia	28 - 48 V
- rýchlosť rozkvyvu	40 - 90 m.h ⁻¹
- počet naváracích jednotiek	27
- maximálna hmotnosť stroja bez valca	22 t

Naváracie zariadenie VÚZ - ETZ - 450 NZ

Je určené na naváranie súvislých plôch (zápustiek). Navárať sa môžu ploché zápustky so šírkou návaru 60 - 200 mm jedným až tromi drôtmi. Vo zvislej polohe návar formuje medená vodou chladená príložka.

Hlavné technické údaje:

- rozmery naváratej zápustky	2500 x 700 x 400 mm
- rýchlosť navárania	0,04 m.min ⁻¹
- rýchlosť manipulačná	0,75 m.min ⁻¹
- rýchlosť podávania zvaracieho drôtu	1,3 - 6,5 m.min ⁻¹
- priemer naváracieho drôtu	Ø 3,15 - 4 mm
- rýchlosť rozkvyvu	0 - 2,1 m.min ⁻¹
- čas státia vo vratných polohách	1 - 15 s
- maximálne prúdové zaťaženie na 1 drôt	800 A
- zvaracie napätie	39 - 52 V
- inštalovaný príkon stroja	2,2 kVA
- chladenie (voda)	8 l.min ⁻¹

Literatúra

- [1] Plíva, L.: Čs. stroje a pomocná zařízení pro obloukové, elektrostruskové a odporové svařování.
Praha, SNTL 1980.
- [2] Prospekty VÚZ Bratislava.
- [3] Prospekty BEZ Bratislava.
- [4] Album ukážok elektrotroskového zvarania.
Bratislava, VÚZ.

VI. Zváracie stroje a zariadenia pre odporové zváranie (Ryban, Turňa)

Odporový zvar sa vytvára teplom vyvinutým pri prechode elektrického prúdu cez zvárané dielce za spolupôsobenia sily. Odporové zváranie je charakterizované okrem iného tým, že teplo sa vyvíja priamo vo zváraných dielcoch, nepoužíva sa prídavný materiál (spoj sa vytvorí z roztaveného základného materiálu) a na spojenie je potrebná stláčacia sila. Prednosťou odporového zvárania je vysoká produktivita, lebo zvärací čas trvá iba zlomky sekundy. Na zváranie sa používajú strojové zariadenia zväčša s automatickým priebehom zväracích parametrov, takže zvärací proces nezávisí od ľudského činiteľa a od jeho chýb.

V podstate poznáme päť základných druhov odporového zvárania, ktoré rozdelíme na niekoľko podskupín. Základné druhy sú:

1. **B o d o v é z v á r a n i e**, pri ktorom sa zvárané predmety (najčastejšie plechy) navzájom preplátujú a stlačia medzi medenými tyčovými elektródami. Prechodom elektrického prúdu sa na rozhraní stlačených dielcov roztaví určitý objem materiálu. Po vypnutí prúdu materiál stuhne a vytvorí zvarový spoj. Bodový zvar má tvar šošovky. Parametre zvárania sú prítlačná sila, zvärací prúd a zvärací čas.
2. **Š v o v é z v á r a n i e**, pri tomto zváraní sú tyčové elektródy (známe z bodového zvárania) nahradené kotúčmi. Kotúče stláčajú preplátované plechy. Ak by sa kotúče neotáčali, vznikol by prechodom elektrického prúdu opäť bodový zvar. Otáčaním kotúčov sa za súčasného prechodu zväracieho prúdu vytvorí zvarový šev. Keďže priebeh zväracieho prúdu je prerušovaný, zvarový šev má vzhľad radu bodových zvarov, ktoré sa navzájom prekrývajú. Parametre zvárania sú: prítlačná (zväracia) sila, zvärací prúd, zväracia rýchlosť a modulácia.
3. **V ý s t u p k o v é z v á r a n i e** je druh odporového zvárania, pri ktorom sa spoje vytvárajú na miestach vopred pripravených výstupkov. Stlačením súčiastok medzi ploché elektródy - čeluste zväracieho listu alebo upnutia do zväracieho prípravku - pripojený na sieť sa prúd koncentruje v mieste výstupku. Počas ohrevu sa natavia výstupky, ako aj prilahlá oblasť druhého dielca a po stuhnutí vznikne zvarový spoj. Zväracie parametre sú: zväracia sila, zvärací prúd a zvärací čas.
4. **S t y k o v é s t l á č a c i e z v á r a n i e** je druh odporového zvárania, pri ktorom sú zvárané dielce prítlačané v styčných (čelných) plochách a zvárajú sa v celej styčnej ploche. Súčiastky sú vopred stláčané v mieste budúceho zvaru určitou silou P a až potom sa zapne zvärací prúd. Zväracie parametre sú: zväracia (prítlačná) sila, zvärací prúd, zvärací čas.

5. S t y k o v é o d t a v o v a c i e z v á r a n i e sa síce zdanlivo (konštrukčným usporiadaním spoja) podobá stykovému stláčaciemu zváraniu, avšak mechanizmus vzniku spoja je odlišný. Zvárané dielce sú ešte pred stlačením pripojené na zvarací transformátor. Potom sa dielce začnú približovať - natavovať. Po natavení celého povrchu sa stlačia. Zvaracie parametre sú: intenzita zvaracieho prúdu, rýchlosť odtavovania, dĺžka odtavovania a stláčacia sila.

Klasifikácia strojov a zariadení pre odporové zváranie

Stroje a zariadenia pre odporové zváranie rozdeľujeme:

1. podľa stupňa automatizácie procesu zvarania

- a) mechanické - pohyb elektród, ako aj pôsobenie prítlačnej sily sa vyvodzuje ručne alebo nožne,
- b) poloautomatické - časť zvaracieho cyklu priamo riadi zvarač, pričom vlastné zváranie prebehne automaticky podľa nastavených parametrov,
- c) automatické - celý zvarací cyklus prebehne automaticky od štartovacieho impulzu, podľa programu;

2. podľa konštrukčného usporiadania pracovného postupu

- a) bodové,
- b) švové,
- c) výstupkové,
- d) stykové stlačením,
- e) stykové odtavením;

3. podľa druhu zvaracieho prúdu

- a) zariadenie so sieťovým kmitočtom,
- b) zariadenie s rovnosmerným prúdom,
- c) zariadenie so striedavým kmitočtom,
- d) zariadenie so striedavým prúdom,
- e) zariadenie s akumulovanou energiou;

4. podľa špecializácie

- a) univerzálne (bodovky, švovky),
- b) jednúčelové (mnohobodovky),
- c) robotizované;

5. podľa počtu pripojenia fáz

- a) jednofázové;
- b) trojfázové (vývojové v ČSSR);

6. podľa typu konštrukcie

- a) stacionárne (stolové, stojanové).
- b) mobilné (prenosné, pojazdné a závesné);

7. podľa umiestnenia transformátora
(len pre kliešťové bodové zväračky) a) so vstavaným transformátorom,
b) s oddeleným transformátorom;
8. podľa počtu zväracích miest a) jednomiestne,
b) dvojmiestne,
c) viack miestne;
9. podľa druhu použitej tlakovej energie pre tlakovú silu a) mechanické,
b) pneumatické,
c) hydraulické,
d) elektronické.

Stroje a zariadenia pre bodové a švové zvaranie

Bodový zvärací stroj sa skladá zo skrine, v ktorej je umiestnený transformátor. Na skriňu stroja sa pripájajú horné a dolné ramena. Elektródy zväračky sú prívodmi spojené so sekundárnym vinutím transformátora.



Obr.VI-1
Bodový zvärací stroj

Bodové odporové zväračky

- stacionárna bodová zväračka je stabilne inštalovaná na vhodnom mieste, vyrábané diely sa prisúvajú do pracovného priestoru stroja;
- mobilná bodová zväračka sa môže v určitom priestore premiestňovať, patria sem prenosné, závesné a pojazdné zväračky.

Prenosná bodová zväračka umožňuje prenášať aspoň pracovný nástroj s elektródami k zváraným dielom, môže byť s oddeleným transformátorom alebo zabudovaným transformátorom do jedného kompaktného celku s elektródami. Ak je vlastný zvärací nástroj s elektródami zavesený a môže sa prisúvať k zváraným dielcom, hovoríme o závesnej bodovej zväračke. Ak má zvärací nástroj tvar strmeňa C a je spojený s transformátorom ohybnými káblami, hovoríme o klieštovej bodovej zväračke s oddeleným transformátorom. Ak je jeden pól sekundárneho obvodu pripojený na zváraný predmet a druhý na nástroj - elektródu, hovoríme o zväracíj pištoli.

Zväracie stroje pre bodové zváranie rozdeľujeme:

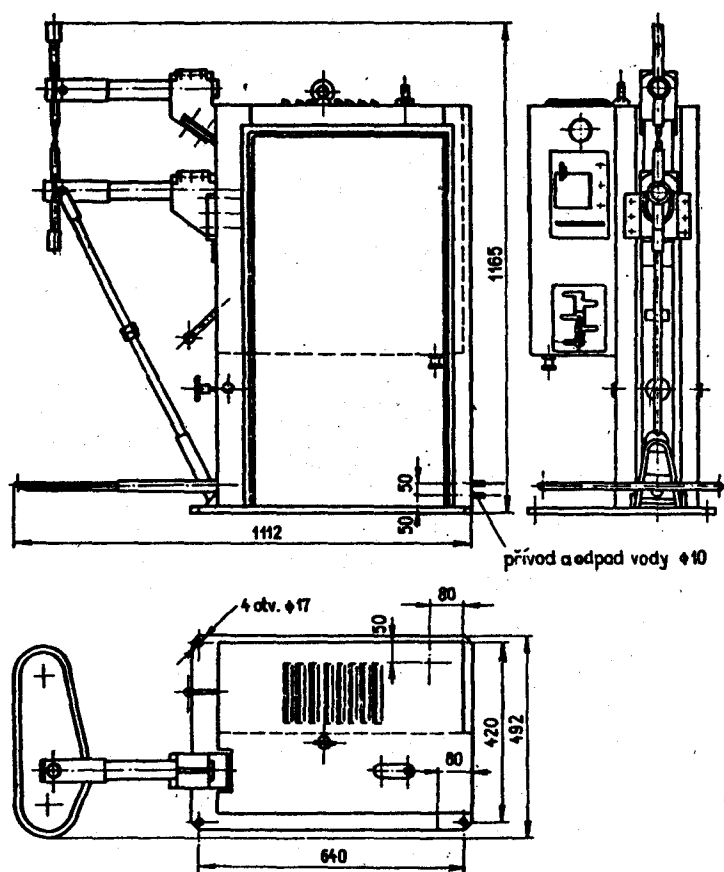
- | | |
|---|---|
| 1. podľa spôsobu ovládania
prítlačnej sily | a) pomocou pedálového mechanizmu,
b) pneumaticky,
c) hydraulicky; |
| 2. podľa stavu polohy pri zváraní | a) stabilné zväračky,
b) zväracie kliešte; |
| 3. podľa spôsobu napájania | a) jednofázové,
b) trojfázové,
c) akumulovanou energiou; |
| 4. podľa počtu súčasne zhotovených
zvarov | a) jednobodové,
b) mnohobodové; |
| 5. podľa použitia | špeciálne použitie (napr. rýchlobodové, prievarkové atď.). |

Stacionárne bodové zväračky

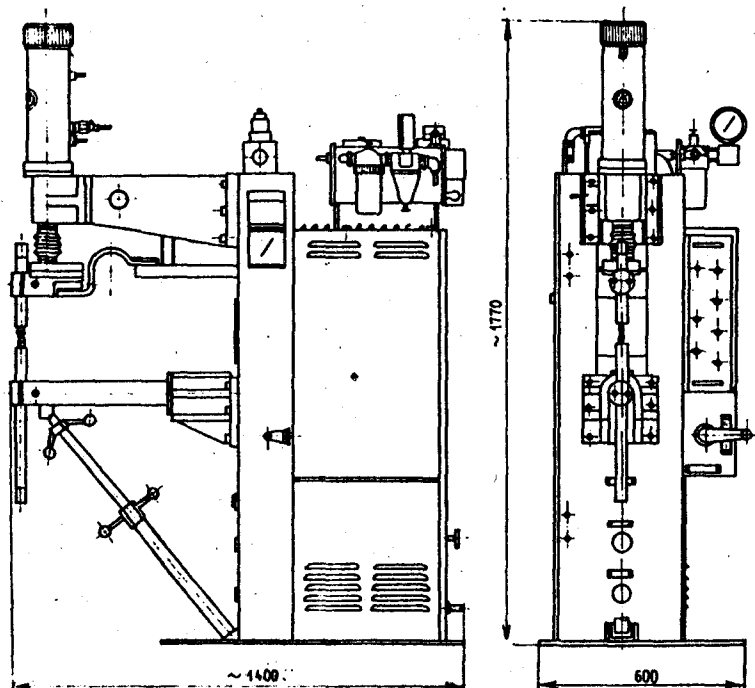
Nožné bodové zväračky BN 10C, BN 20C sú stabilné zväračky určené na zváranie tenkých oceľových plechov. Sú vhodné pre údržbárske a malosériové práce v menej náročných odboroch priemyslu. Pohyb horného ramena zväračky je ovládaný nožnou pákou. Veľkosť prítlačnej sily sa riadi predpätím pružiny. Menovitý príkon pri 50 % DZ je 10 kVA, resp. 20 kVA.

Pneumatické bodové zväračky WBP 20 SD 04 a WBP 40 SD 06 sú bodové pneumatické zväračky so zamontovaným elektronickým synchronným programovaným riadením. Sú vhodné na preplátované zváranie tenkých plechov v malosériovej výrobe, ako napr. v karosárňach, vagónkach a v spotrebnom priemysle. Menovitý príkon zväračky pri 50 % DZ je 20 kVA, resp. 40 kVA. Maximálny sekundárny prúd je 13,5 kA, resp. 17 kA.

Ďalším vyrábaným typom z radu pneumatických bodových zväračiek je zväračka WBP 80 a WBP 160. Zariadenia sa využívajú v automobilkách pri výrobe karosérií, pri výrobe jednostopových vozidiel, vagónov, priemyselného tovaru



Obr.VI-2
Rozmerový náčrt BN 10C a BN 20C



Obr.VI-3
Rozmerový náčrt pneumatickej bodovej zváračky WBP 20 SD 04

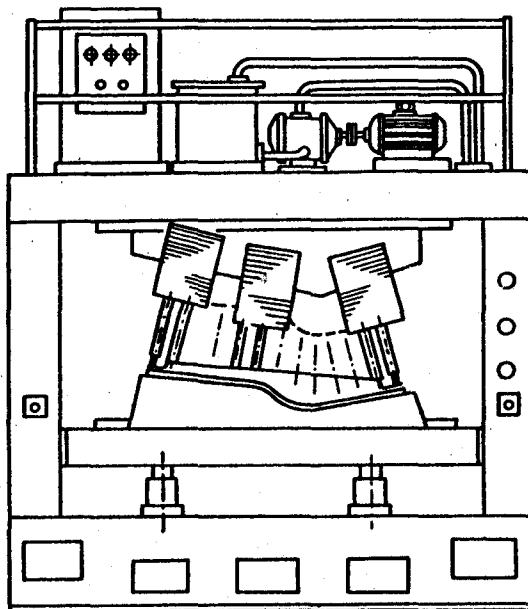
a betonárskych výstuží. Pneumatická hlava umožňuje vysokú zvaráciu kaden-
ciu, umožňuje regulovať pracovný zdvih a nastaviť pomocný zdvih, ktorý sa
uplatňuje v prípadoch, kedy treba hornou pohyblivou elektródou prekročiť
výstupok vyšší ako pracovný zdvih elektródy.

Kapacitné bodové zvaračky BK 800 a BK 1600 sú určené pre impulzné bodové
zváranie menších súčiastok z kovových materiálov. Z hľadiska tvaru spoja
je kapacitná bodová zvaračka určená pre spoje stykové, výstupkové a bodové.

Bodové zvaračky sú pneumatické zariadenia s regulovateľnou zvaracou a kova-
cou silou. Vstavaná reléová automatika umožňuje automatické ovládanie cyklu.
Energia pre vlastné zváranie sa získava z kapacitného zdroja, ktorý sa na-
bíja z rozvodnej siete v prestávkach medzi zvaraním. Tieto zvaračky sa
používajú na zváranie plechov z nízkouhlíkovej ocele do hrúbky 1,2 + 1, mm
a na zváranie Al, Cu a ich zliatin, ako aj Ti, Ta, Ag, Au a ich zliatin
do hrúbok podľa ich fyzikálnych vlastností.

Mnohobodové zvaracie stroje

Mnohobodové zvaračky sa používajú najčastejšie pri výrobe dielcov automobi-
lových karosérií. Výlisky z oceľového plechu sa zvarajú na jednu operáciu,
pričom počet bodov často dosahuje až niekoľko sto. Dôležité je, že trans-
formátory, elektródy, ako aj prítlačný mechanizmus sú iba na jednej strane
výrobku. Z druhej strany výrobku je iba oporná podložka s medenými lištami.
Základným stavebným prvkom je jednotka - zvarací transformátor, na ktorý
sú pripevnené elektródy s prítlačným mechanizmom. Niekedy majú transformá-
tory jeden primárny, ale dva sekundárne obvody; v takomto prípade majú te-
da štyri elektródy. Na obr. VI-4 je schéma mnohobodovej zvaračky. Stroj sa



Obr. VI-4
Schéma mnohobodovej zvaračky

skladá z rámu, v ktorom sa pohybuje stôl. Na stole je podložka s medenými lištami tvarovaná podľa zváraného predmetu. V spodnej polohe stola sa na podložku položia zvárané dielce (napr. dvere). Na hornom priečniku rámu sú zavesené zvaracie jednotky (transformátory s elektródami). Stôl sa zdvihne a každá elektróda sa individuálne pritlačí na zvárané predmety. Na galérii zvaračky býva umiestnený hydraulický mechanizmus, elektrický a elektronický riadiaci systém.

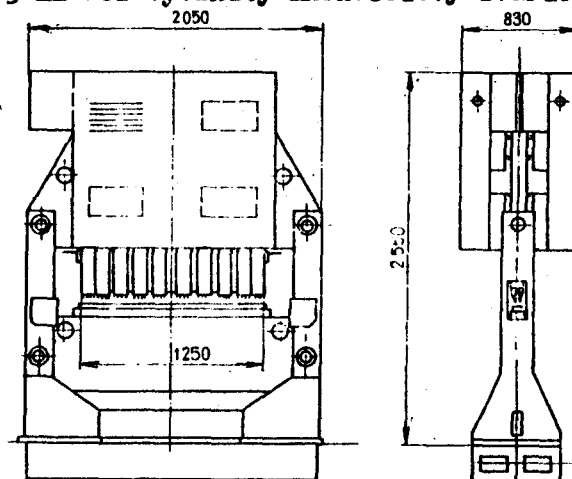
Niektoré typy mnohobodových zvaračiek používaných u nás

Mnohobodové zvaracie stroje VÚZ - MB 30, VÚZ - MB 60, VÚZ - MB 60 C

Tieto zvaračky sú určené pre automobilový priemysel. Stolová mnohobodovka VÚZ - MB 30 bola určená pre zváranie bočného zadného okna osobného automobilu Š-440 v AZNP Mladá Boleslav. Ďalšie stroje vývojovo nadväzujú na prvý typ. Zvaračka VÚZ - MB 60 je určená na zváranie ľavých a pravých predných dvier automobilov ŠKODA. Zvaračka VÚZ - MB 60 sa používa na zváranie zadnej steny nákladných automobilov TATRA.

Mnohobodový zvarací stroj VÚZ 80 UNI

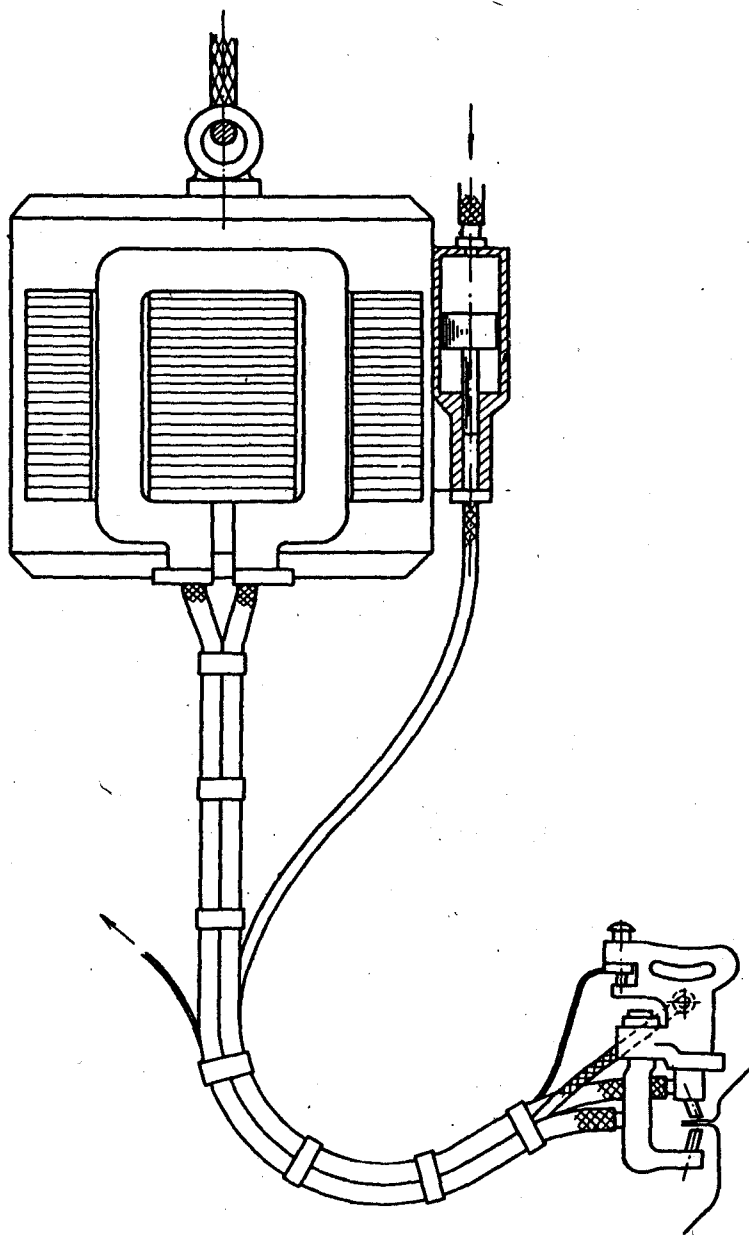
Tento zvarací stroj je určený na zhotovovanie dvojradového bodového preplátovaného spoja oceľových pásov vo výrobných alebo upravníckych linkách. Slúži na spojenie začiatku nového pásu s koncom predchádzajúceho pásu, pričom úpravu hrán (strihanie) pásov a transport hrán pásov do zvaracieho stroja vykonávajú mechanizmy linky. Pracovný cyklus tejto mnohobodovej zvaračky je plnoautomatický. Po dodaní začiatku, resp. konca pásu s upravenými hranami do zvaracej polohy sa pásy zvaria dvojradovým bodovým spojom v minimálnom čase (asi 6 s pri počte bodov 80). Cyklus začína povelenom linky a po zvarení zvarací agregát odovzdá povel pre ďalší chod linky. Stroj sa používa pre maximálnu šírku pásov 1250 mm. Na obr. VI-5 je uvedený rozmerový náčrt stroja. Na zváranie pásov s maximálnou šírkou 1550 mm do hrúbky 3 mm bol vyvinutý mnohobodový zvarací stroj VÚZ - P 96.



Obr. VI-5
Rozmerový náčrt VÚZ P 80 UNI

Závesné bodové zváračky

Pri zvaraní ťažkých a rozmerných predmetov, ako je napr. automobilová karoséria, používa sa závesná zváračka nazývaná aj zvaracie kliešte (obr. VI-6a).



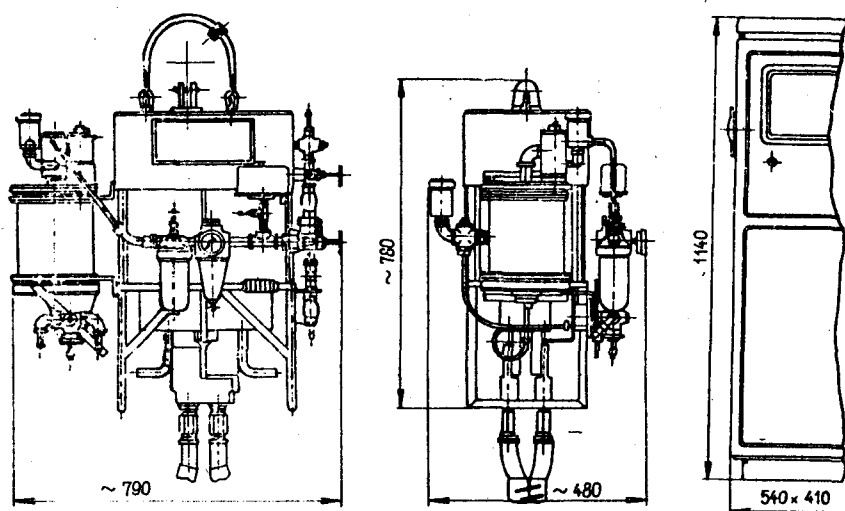
Obr.VI-6a
Usporiadanie závesnej bodovej zváračky typu BZ

Na osobitnom závесе je upevnený zvarací transformátor, ktorý je spojený so samotným zvaracím nástrojom (kliešťami) pomocou 2 až 3 m dlhých káblov. Aby sa uľahčila manipulácia, kliešte sú zavesené na odľahčujúcom - vyvažovacom zariadení. Prítlačná sila sa obvykle vyvodzuje pneumaticky - hydraulicky; na tento cieľ je určený pneumatický - hydraulický menič pripevnený

napr. k zväraciemu transformátoru. Riadiaci a spínací systém je umiestnený v skrini mimo manipulačného priestoru. Niektoré typy závesných bodových zväračiek:

Závesné bodové zväračky WKPH 80.2, WKPH 125, WKPH 160

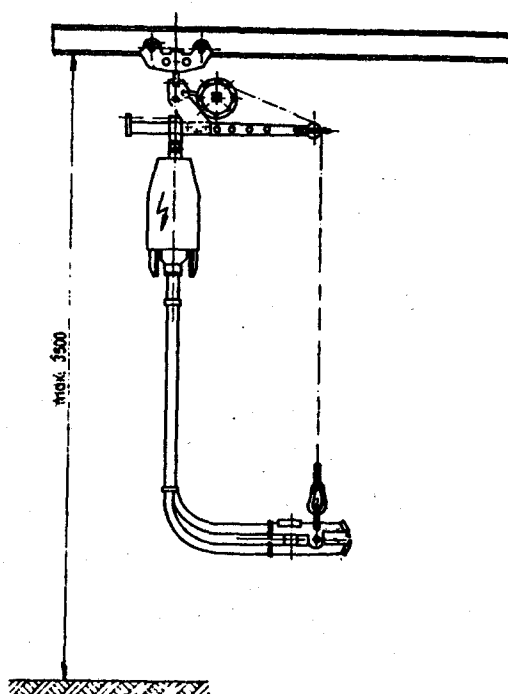
Patria smedzi zväračky s oddeleným transformátorom. Pri rade WKPH sa používa pneumatickohydraulický menič tlaku, ktorého hydraulická časť je zdrojom vysokého tlaku v kvapaline privádzaného do pracovného valca klieští, v dôsledku čoho môžu mať menšie rozmery, a tým aj hmotnosť. Spojenie dvoch rôznych zväracích mechanizmov s transformátorom zabezpečujú dva páry sekundárnych vodou chladených káblov. Zvärací transformátor je zavesený na pojazdnej mačke a zväracie kliešte na vyvažovači, čím sa umožní ľahké zvládnutie veľkého pracovného priestoru. Na obr. VI-6b je uvedený rozmerový náčrt WKPH 125.



Obr. VI-6b
Rozmerový náčrt WKPH 125

Závesné bodové zväračky BZ 80, BZ 125, BZ 160

Kompletné závesné bodovacie zariadenie obsahuje transformátor s ovládaním a doplnujúcim vybavením, závesné prvky pre transformátor a bodovacie kliešte, vodou chladené sekundárne káble, zväracie kliešte a strmene, elektronické ovládanie. Usporiadanie závesnej bodovky typu BZ je na obr. VI-6c. Pre výkonový rad závesných bodoviek typu BZ je určený skrinový typ číslicového polovodičového elektronického ovládania s časmi od 1 do 90 periód, s plynulým riadením výkonu od 10 do 100 % a s automatickou kompenzáciou výkyvu zmien sieťového napätia.



Obr.VI-6c
Usporiadanie závesnej bodovky typu BZ

Závesná bodová zváračka KB 16

Zváračka je určená na zváranie ocelevej výstuže do betónu na zhotovovanie krížových zvarových spojov tyčí do priemeru 8 mm. Je to zváračka so vstavaným transformátorom plášťového typu s medeným primárnym a sekundárnym vinutím. Chladenie zváračky zabezpečuje samostatná cirkulačná chladiaca jednotka, pri použití na stavenisku je plnená nemrznúcou zmesou.

Závesné bodové zváračky typu BV 3,15 a BV 20

Patria do skupiny zváračiek so vstavaným transformátorom. Zváračka BV 3,15 je ovládaná ručne a zváračka typu BV 20 pneumatically. Používa sa na zváranie hrúbky plechov do 2 + 2 mm, resp. 3 + 3 mm.

Švové zváračky

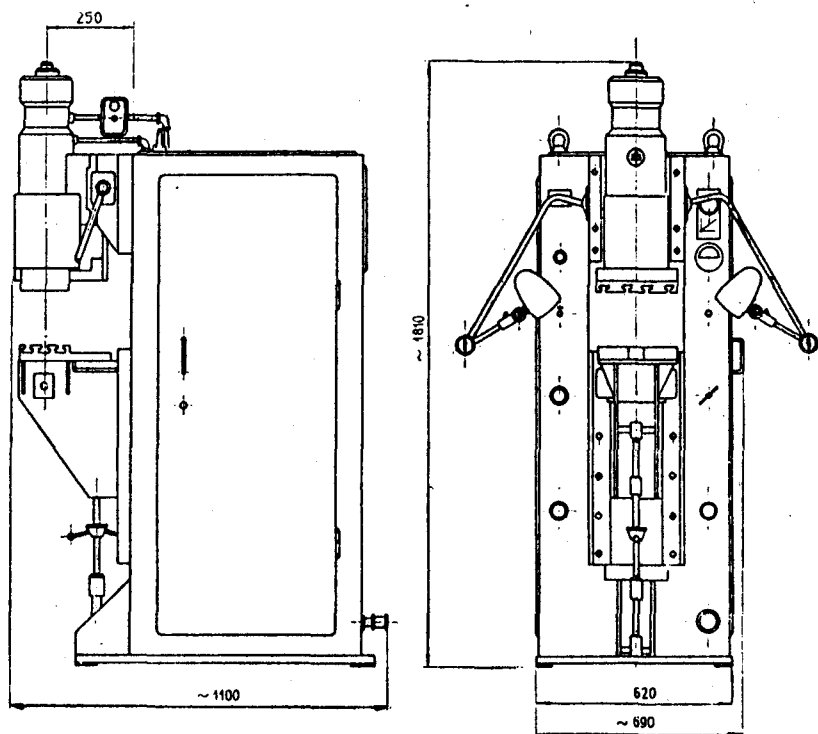
Švový zvarací stroj sa obvykle podobá bodovej zváračke, ale je komplikovanejší s ohľadom na otáčajúce sa elektródy. Zvarací transformátor je umiestnený v skriní zváračky. Ramená (horné aj spodné) sú ukončené ložiskami, v ktorých sa otáčajú výmeniteľné zvaracie kotúče. Kotúče sú spojené so sekundárnym vinutím transformátora. Môžu byť s pozdĺžnym pohybom kladiek (pozdĺž ramien) alebo s priečnym pohybom (kolmo na ramená). Niektoré typy švových zváračiek:

Švová pneumatická zvaračka SP 161 R

Zvaračka je vhodná pre sériovú výrobu nádob a ďalších plechových výrobkov s hrúbkou plechu od 0,8 do 2,00 mm. Má priečne usporiadanie kotúčov, čo je výhodné pre lemové zvary pri výrobe vykurovacích telies. Na výrobu radiátorov, najmä plošných je výhodné použiť dvojicu švových zvaračiek typu 160 R. Oba stroje sú nastavené na zvaracom ráme, môžu meniť vzájomnú vzdialenosť a sú spoločne ovládané.

Pneumatický zvarací lis WLP 80 A

Odporový zvarací lis WLP 80 A možno dobre uplatniť v sériovej i hromadnej výrobe. Tieto stroje sú efektívne využité v automobilkách, pri výrobe rôznych drobných strojových súčiastok a priemyselného tovaru hromadnej spotreby. Rýchla a pohodlná (jednoduchá) výmena zvaracích prípravkov a zmena zvaracích parametrov umožňujú meniť sortiment zvarencov pružne, podľa potreby výroby. Aby sa zabránilo úrazu obsluhy, spúšťa sa zvarací cyklus dvoma impulznými tlačidlami. Zvarací tlak medzi čeľustami sa vyvodzuje stlačeným vzduchom a riadi znižovačom tlaku. Zvaracie zariadenie má ešte ignitróny v riadiacej skriní. Prepájač zvaracieho transformátora má dva stupne. K stroju prislúcha elektronická riadiaca skriňa, ktorej program sa skladá z dotlaku, zvarania, kovania a medzičasu. 15-stupňová regulácia času dotlaku a kovania je v rozsahu 1 až 25 periód, 25-stupňová regulácia času zvarania a prestávky je v rozsahu 1 až 160 periód. Riadiaca skriňa synchronne spína transformátor a okrem toho umožňuje riadiť výkon transformátora.



Obr. VI-7a
Zvarací lis WLP 80 A

Technické údaje:

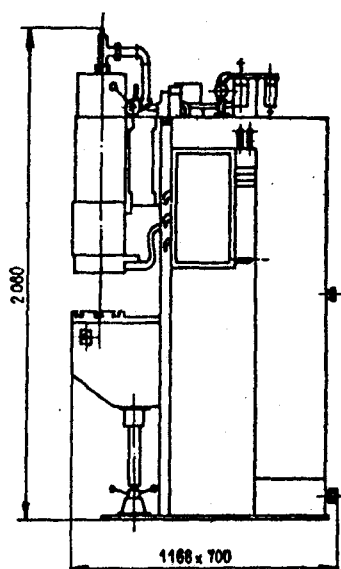
- menovitý výkon pri 50 % DZ	80 kVA
- menovité vstupné napätie	380 V, 50 Hz
- regulácia výkonu hrubá odbočkami transformátora, jemná elektronicky plynule	40 - 100 %
- maximálny zváraný prierez	150 mm ²
- maximálny zvárací prúd	34 000 A
- maximálna prítlačná sila medzi elektródami	12 kN
- spotreba stlačeného vzduchu	2,5 m ³ .h ⁻¹
- spotreba chladiacej vody	260 l.h ⁻¹
- hmotnosť stroja	780 kg

Pneumatický zvárací lis WLP 160 A

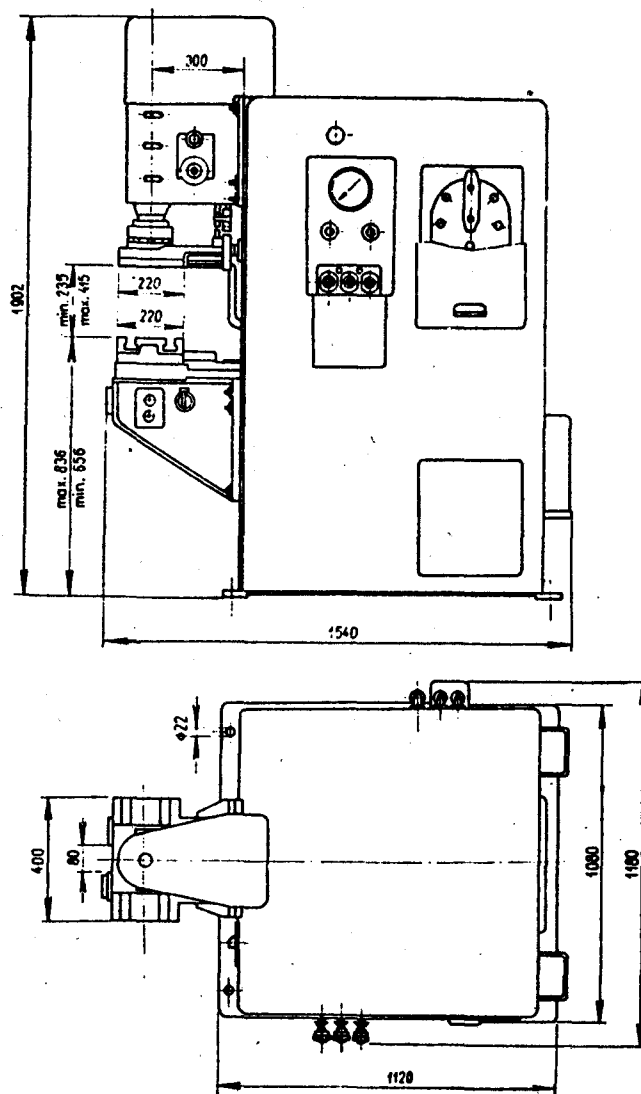
je určený pre výstupkové zváranie súčastí z ocele (najmä uhlíkovej) v sériovej a hromadnej výrobe. Uplatňuje sa najviac pri výrobe vozidiel, rôznych strojových súčiastok a priemyselného tovaru hromadnej spotreby, napr. viacmiestne priváranie matíc a svorníkov a pod.

Veľkosť pracovného zdvihu je plynule nastaviteľná. Zváracie prípravky sa upínajú na čeľuste lisu opatrené T drážkami. Čeľuste sú vyrobené z bronzových odliatkov.

Elektronická riadiaca skriňa je okrem základného programu pre dotlak, zvar, kovanie a medzičas doplnená pulzačným zváraním a žiňaním zvaru. Elektronická regulácia umožňuje použiť 2-stupňový prepájač zváracieho transformátora pre plynulú reguláciu výkonu od 25 do 100 %.



Obr.VI-7b
Zvárací lis WLP 160 A



Obr.VI-7c
Zvárací lis VÚZ 250.2

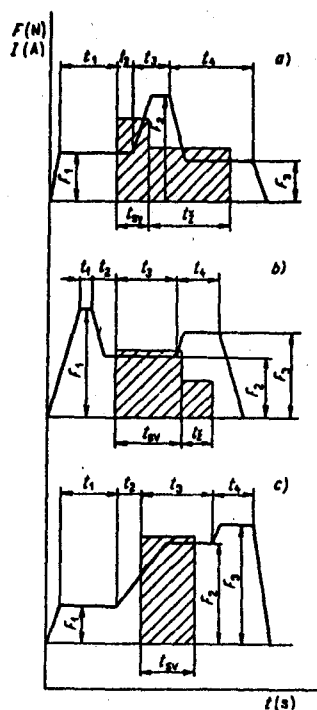
Hydraulické zváracie lisy L 315, L 500

Stredné a ťažké zváracie lisy tohto druhu sú určené pre presné a technologicky náročné výstupkové zváranie súčiastok veľkých prierezov, predovšetkým v sériovej a hromadnej výrobe. Lisy sú vybavené šesťčasovým elektronickým relé s možnosťou pulzácie zváracieho prúdu, s plynule nastaviteľným zváracím a žihacím výkonom, s voľbou ručného alebo automatického tlakového programu a pracovného cyklu.

Elektrické ovládanie lisov je riešené v dvoch rovnocenných alternatívach, a to vo vyhotovení reléovom alebo polovodičovom, ktoré umožňuje celý automatický pracovný cyklus lisu i s dvoma upínačmi, alebo aj ručné ovládanie jednotlivých operácií cyklu na základe povelu obsluhy.

Tlakový program lisu sa dá ovplyvniť tým, že sa zaradí alebo vyradí dotlačacia hlava. Voľba optimálneho zvaracieho cyklu je základom vyžadovaných vlastností zvarového spoja.

Zvaracie programy lisu L 315/500 sú na obr. VI-8a,b,c. Hydraulické ovládanie môže byť vybavené rozvážacími prvkami na pripojenie hydraulických upínačov.



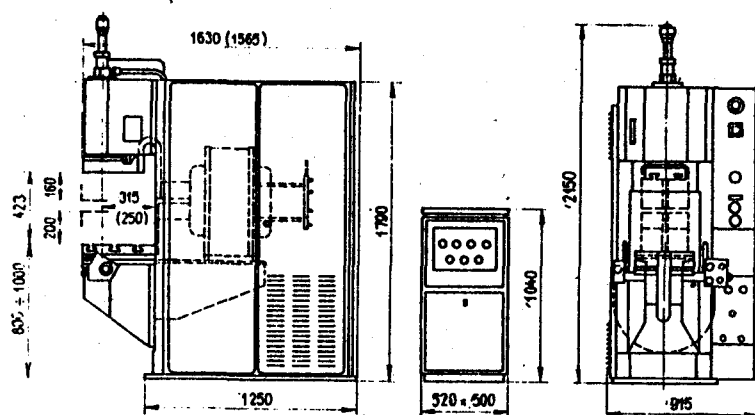
Obr.VI-8a,b,c

Zvaracie programy lisu L 315/500

t_1, t_2, t_3, t_4 - časy tlakového programu riadené ovládaním lisu, t_{zy}, t_z - časy zvaracieho a žihacieho programu elektronickeho riadené

Maximálne možné zvaracie prierezy sú 900 až 1200 mm² pre členité prierezy a výstupkové spoje, pre plné prierezy a nízkouhlíkovú oceľ 35 až 1250 mm².

Pri elektronickeom ovládaní odporových zvaracích strojov nový vývojový rad elektronickeho ovládania BEZ dôsledne využíva progresívne čas. polovodičové prvky aj na spínanie najväčších výkonov. Časovacie jednotky a číslicové elektronicke ovládanie sú popísané v práci [1].



Obr. VI-9
Hydraulický zvarací lis L 315/500

Zvarací lis veľkého výkonu VÚZ - 1000 NOV

Lisy veľkých výkonov majú symetrické napájanie elektród dvoma zvaracími transformátormi. Toto usporiadanie má priaznivý vplyv na rozdelenie zvaracieho prúdu, a tým aj tepla po priereze zvaru, čím sa dosiahne pravidelný výronok.

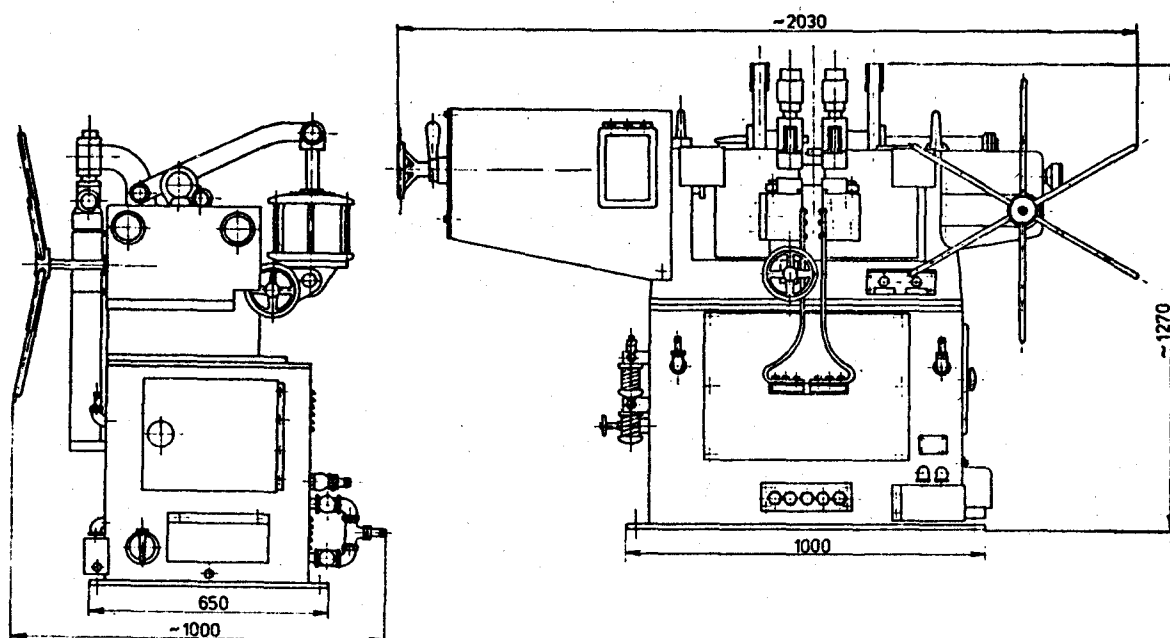
Charakteristické vlastnosti zvaracieho lisu VÚZ 1000 NOV:

- úplné automatické hydraulické ovládanie s individuálnym pohonom,
- veľmi účinné automatické urýchľovanie pohyblivej elektródy v priebehu tavenia,
- programový priebeh zvaracieho procesu,
- energický prechod zo zvaracieho tlaku na kovací s plynulou reguláciou sŕmosti účinku kovací tlaku,
- symetrické napájanie dvoma transformátormi,
- odstránenie dlhých ohybných prívodov zvaracieho prúdu do pohyblivej elektródy,
- hydraulicky ovládané prívody zvaracieho prúdu do pohyblivej elektródy,
- minimálne straty vo zvaracom obvode,
- možnosť zvarania veľkých prierezov pri pomerne malom zaťažení elektrickej siete,
- vylúčenie nepodarkovosti v dôsledku kolísania napätia v sieti,
- možnosť rýchleho prechodu na zvaranie materiálov rôznej konfigurácie,
- možnosť použiť hydraulické upínače napájané z hydraulickej stanice lisu,
- možnosť žihania zvarenca v lise ihneď po zvaraní,
- maximálny príkon lisu je 4500 kVA pri jednofázovom napájaní.

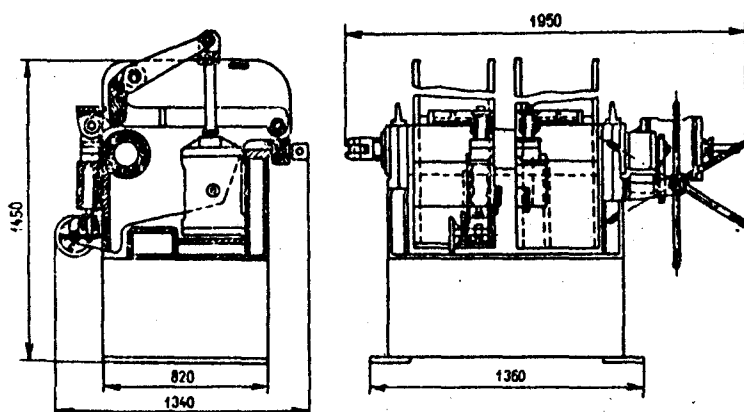
Maximálne možný prierez zvarania nízkouhlíkovej konštrukčnej ocele (plný prierez 4000 mm²). Maximálny zvarací prúd pri napätí 15 V je 300 kA. Hmotnosť lisu je 7000 kg.

Poloautomatické stykové zvaračky TP 30, TP 60 A

Sú to zvaracie zariadenia s pneumatickým upínaním, ručným predhrievaním a odtavovaním a automatickým stláčaním (utíkaním). Sú určené pre ťažké podmienky, najmä na stavbách pre zváranie výstuží do betónu. Obsluha strojov je jednoduchá a nevyžaduje veľkú telesnú námahu. Náklady na ich údržbu sú nepatrné.



Obr.VI-10a
Poloautomatická styková zvaračka TP 30



Obr.VI-10b
Poloautomatická styková zvaračka TP 60 A

Technické údaje poloautomatu TP 60 A:

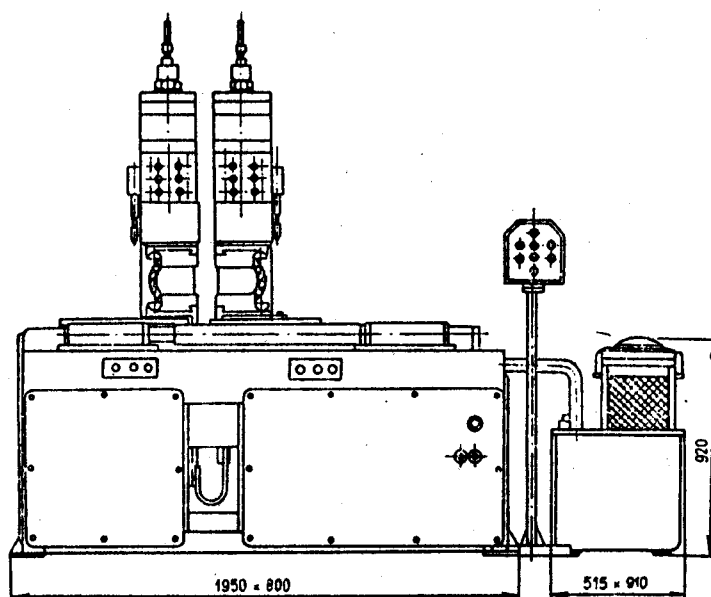
- menovitý výkon	60 kVA
- menovitý prúd (primárny)	158 A
- sekundárne napätie	4,2 - 5,5 V
- maximálna upínacia sila	120 kN
- maximálna stláčacia sila	60 kN
- rozsah priemerov zváraných tyčí	Ø 20 - 50 mm
- hmotnosť stroja	3600 kg

Odporové stykové zvaracie stroje WATH 40, WATH 80

Sú vybavené hydraulickým pohonom s vlastným hydraulickým agregátom ovládaným elektronickým riadením, s maximálnym využitím polovodičových prvkov a s pevným, vopred nastaviteľným počtom predhrevov. V princípe sú to hydraulické automaty s elektronickým spínaním zvaracieho prúdu a elektronickým riadením zvaracieho cyklu, ktoré sú tvorené štyrmi samostatnými, funkčne súvisiacimi celkami, t.j. vlastným strojom, hydraulickým agregátom, ovládacou skriňou a elektronickou riadiacou skriňou.

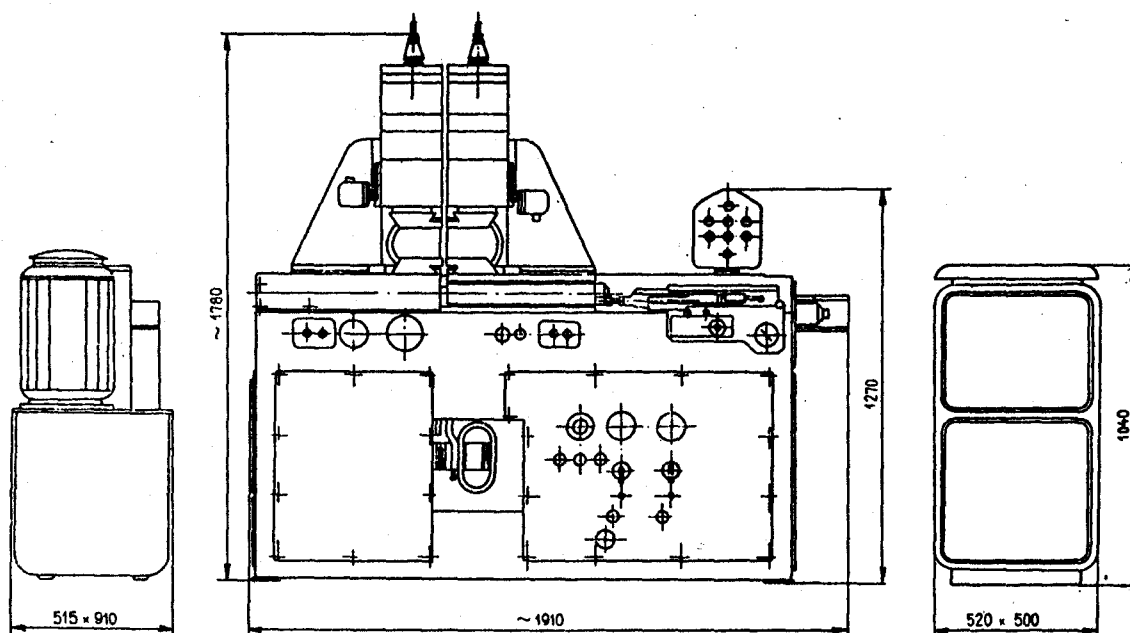
Stroje umožňujú zvarovať s predhrevom alebo priamo s odtavením zo studeného stavu plné i tenkostenné profily z rôznych ocelí, prípadne neželezných kovov a ich zliatin.

Zvaracie zariadenie WATH 40 je univerzálny stroj vhodný pre zvarovanie veľkých sérií i pre malosériovú výrobu. Má ľahko vymeniteľné upínacie (zvaracie) čeluste. Priebeh zvaracieho procesu je riadený elektronickou riadiacou skriňou typu EROS T - 100.1, ktorej riadiace obvody sú zostavené zo stavebnicových jednotiek.



Obr.VI-11a
Odporový stykový zvarací stroj WATH 40

Zváracie zariadenie WATH - 80.1 má viacúčelové riešenie s vertikálnym upínaním, s dorazom pre zváranie nástrojových ocelí, s akumulátorom pre zváranie neželezných kovov alebo s horizontálnym upínaním pre zváranie profilov, rúrok a pod. Stroj možno doplniť aj registračným zariadením zváracích parametrov, prefukovacím zariadením (zváranie rúrok) a žihacím zariadením.



Obr.VI-11b
Odporový stykový zvárací stroj WATH 80.1

Technické parametre WATH 80:

- menovitý výkon pri 50 % DZ	80 kVA
- maximálny zváraný prierez (nizkouhlíková oceľ)	3000 mm ²
- maximálna upínacia sila	112 kN
- maximálna stláčacia sila	73 kN
- odtavovacia rýchlosť	0,3 - 6 mm.s ⁻¹
- stláčacia rýchlosť	50 mm.s ⁻¹
- riadiaca skriňa EROS T	

Okrem uvedeného možno uviesť stykovú odtavovaciu zvaračku VÚZ - MSZ 10-2 na zváranie tenkých pásov prierezu 5 až 50 mm² z nizkouhlíkových ocelí a zvaračku VÚZ - MSZ 20 na zváranie krúžkov z páskovej nizkouhlíkovej ocele prierezu 15 až 60 mm².

Obidva druhy strojov umožňujú žihanie po zváraní.

Na zapuzdrovanie polovodičových prvkov sa používa zvaracie zariadenie VÚZ - KZP 4.

Jednúčelové zváracie zariadenie VÚZ - KZP 5 je určené na zváranie oken-
ných a dverových závesov. Zváracia kadencia 4680 ks/min.

Literatúra

- [1] Plíva, L.: Čs. stroje a pomocná zařízení pro obloukové, elektroostrog-
kové a odporové svařování.
Praha, SNTL 1980.
- [2] Prospekty Bratislava, VÚZ.
- [3] Prospekty Bratislava, BEZ.
- [4] Prospekty Hořice v Podkrkonoší, ZEZ.

VII. Robotizované pracoviská pre zváranie (Jajcay)

Robotizácia zvárania je jedna z možností automatizácie zvárania, a teda zvyšovania podielu strojového zvárania oproti ručnému. Je súčasne najvýznamnejšou možnosťou realizácie pružného výrobného systému vo zváraní. Problematika robotizácie vo zváraní, a to najmä oblúkovom, je však podstatne zložitejšia a širšia ako v iných výrobných procesoch. Táto skutočnosť je daná tým, že priemyselný robot priamo zabezpečuje polohové a kinematické parametre oblúkového zvárania na rozdiel od jednoduchej manipulácie s obrobkami v obrobniach, lisovniach a kováčňach, s odliatkami pri tlakovom odlievaní, alebo na rozdiel od manipulácie s výrobnými nástrojmi, kde sa vyžaduje len prekonávanie tiaže alebo iných odporov a premiestnenie z danej do vyžadovanej polohy s určitou presnosťou, a ďalej je daná vývojom deformácií a splodín horenia oblúka počas zvárania.

Robotizácia vo zváraní napriek svojej zložitosti už jednoznačne v priemysle preukázala svoje opodstatnenie a výhody (zvýšenie výroby, náhrada zvaračov, možnosť pružnej zmeny výroby, sociálne prínosy atď.), a to aj v prípadoch nekomplexného riešenia technickej stránky pracoviska.

Robotizované pracoviská sa osvedčili pre nasledujúce spôsoby a metódy zvárania a tepelného delenia:

- oblúkové zváranie v ochrannnej atmosfére plynov MIG, MAG a čiastočne aj TIG,
- oblúkové zváranie rúrkovou elektródou,
- odporové bodové zváranie,
- niektoré špeciálne spôsoby zvárania (zváranie laserom, zváranie plazmou, priváranie svorníkov),
- rezanie kyslíkom.

Prudký rast robotizovaných pracovísk zavedených v priemysle možno dokumentovať na počte dodaných robotov alebo robotizovaných pracovísk švédskou firmou ASEA: roku 1975 25 kusov, roku 1982 750 kusov, z toho 176 pre zváranie, a roku 1983 1300 kusov, z toho 280 pre zváranie.

Odborné odhady uvádzajú, že v Európe v osemdesiatych rokoch bude ročný nárast počtu robotov zavedených v priemysle cca 30 %.

V ČSSR sa určité skúsenosti ako nevyhnutný predpoklad úspešnej robotizácie zvárania získali okrem iného v sedemdesiatych rokoch, a to z vývoja a prevádzky programovateľných zvaračských zariadení vyvinutých vo Výskumnom ústave zvaračskom v Bratislave (napr. stavebnica oblúkových zvaracích za-

riadení VÚZ-ZP 5 s programovacím zariadením VÚZ-ZPPS 8/6, zariadenie na zváranie obežných kolies veľkorozmerných radiálnych turbokompresorov VÚZ-ZKT 1 a neskôr ZKT-2, vyvinuté v spolupráci s VÚAP Praha a ČKD, o.p. závod Kompresory, riadené počítačom ADT 4300) [1].

Vlastné priemyselné roboty sa v ČSSR začali uplatňovať vo zváraní od roku 1979, kedy sa realizovalo prvé pracovisko s robotom čs. výroby QJN 020 pôvodne určeným len pre jednoduchú manipuláciu. Na tomto pracovisku v DESTA, n.p. Domažlice sa zabezpečuje zváranie zdvíhacej dosky vysokozdvížného vozíka oblúkovým zváraním metódou MAG, a to dvoch obojstranných kútových zvarových spojov súčasne dvoma horákmi [2].

Roku 1980 a neskôr sa uviedlo do prevádzky niekoľko robotizovaných pracovísk dodaných zo zahraničia, napr. pracoviská typu A30 a firmy ASEA-ESAB s robotom IRb 6 pre oblúkové zváranie metódou MAG častí stavebných a cestných strojov v ZTS, n.p. Detva [3], prípadne pre tepelné delenie zložitého výlisku z oceľového plechu, pričom robot plní funkciu manipulácie s výlis-
kom. Ďalej sa realizovalo pracovisko firmy TORSTEKNIK s robotom MOTOMAN L 10 v Československých vzduchotechnických závodoch v Liberci, v ďalších závodoch roboty PUMA, LIMAT 2000, ZIM 10 a iné. Určitý čas bol v skúšobnej prevádzke v AZNP Mladá Boleslav [4] priemyselný robot firmy SCIAKY na odporové bodové zváranie zadného čela karosérie ŠKODA 105.

Od roku 1983 sa v ČSSR budujú zvaracie pracoviská s priemyselným robotom čs. výroby typu PR 32E.

Súčasná koncepcia čs. štátnej technickej politiky v oblasti robotizácie zvárania je založená predovšetkým na vlastnom výskume a vývoji, na vlastnej výrobe všetkých komponentov robotizovaných pracovísk; projekčnej, dodávateľskej a ostatnej technickej činnosti a vychádza z výsledkov štátnych úloh rozvoja vedy a techniky.

VII.1 FUNKČNÉ ČASTI ROBOTIZOVANÝCH PRACOVÍSK PRE OBLÚKOVÉ A ODPOROVÉ ZVÁRANIE

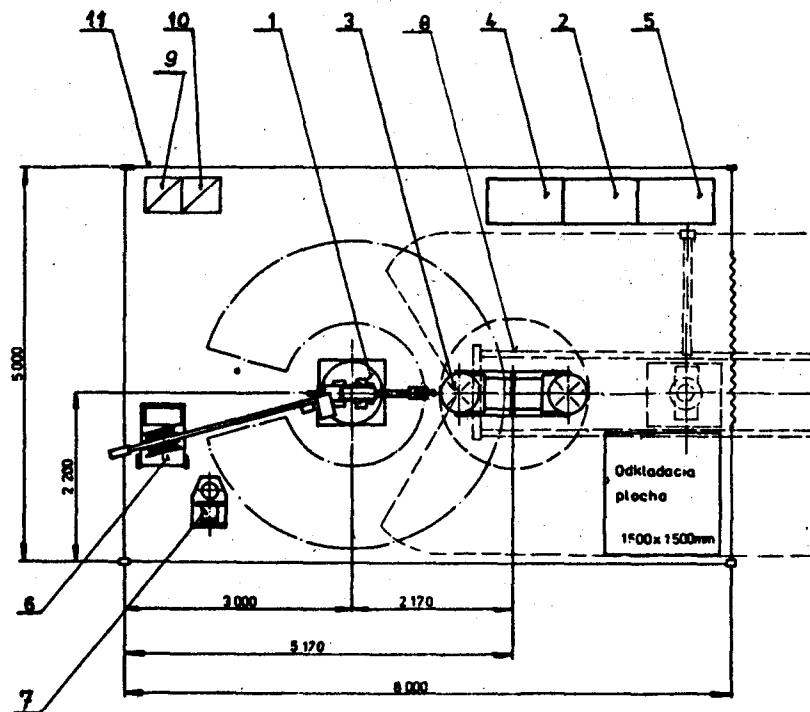
Robotizované pracoviská pre oblúkové zváranie v ochranných plynch metódou MIG a MAG, pre zváranie rúrkovou elektródou a pre bodové odporové zváranie obsahujú nasledujúce funkčné časti:

- a) priemyselný robot s riadiacim systémom robota vo funkcii manipulátora zvaracieho horáka a kliešťovej bodovej zvaračky, resp. zvarku a prípad-

- ne vo funkcii riadiaceho systému celého pracoviska,
- b) zvaračské vybavenie pre oblúkové, resp. odporové bodové zváranie,
 - c) polohovadlo vo funkcii manipulátora zvaru,
 - d) pomocné zariadenia (dopravné a manipulačné zariadenia, prípravky, upínače atď.),
 - e) energetické a signálové prepojenie pracoviska,
 - f) riadiaci systém pracoviska ako celku (vrátane zabezpečenia väzieb mimo pracoviska), resp. nadradený riadiaci systém linky a pod.

Položky v bodoch d), e), f) sú predmetom riešenia konkrétneho projektu pracoviska, linky alebo zvarovne a sú zabezpečované dodávateľom, resp. užívateľom pracoviska (okrem "prípájacieho poľa" pre energetické pripojenie prvých troch položiek pracoviska; toto je zahrnuté do zvaračského vybavenia). Niektoré už uvedené časti robotizovaného pracoviska nemusia byť zastúpené na každom pracovisku (položky c), d), f)).

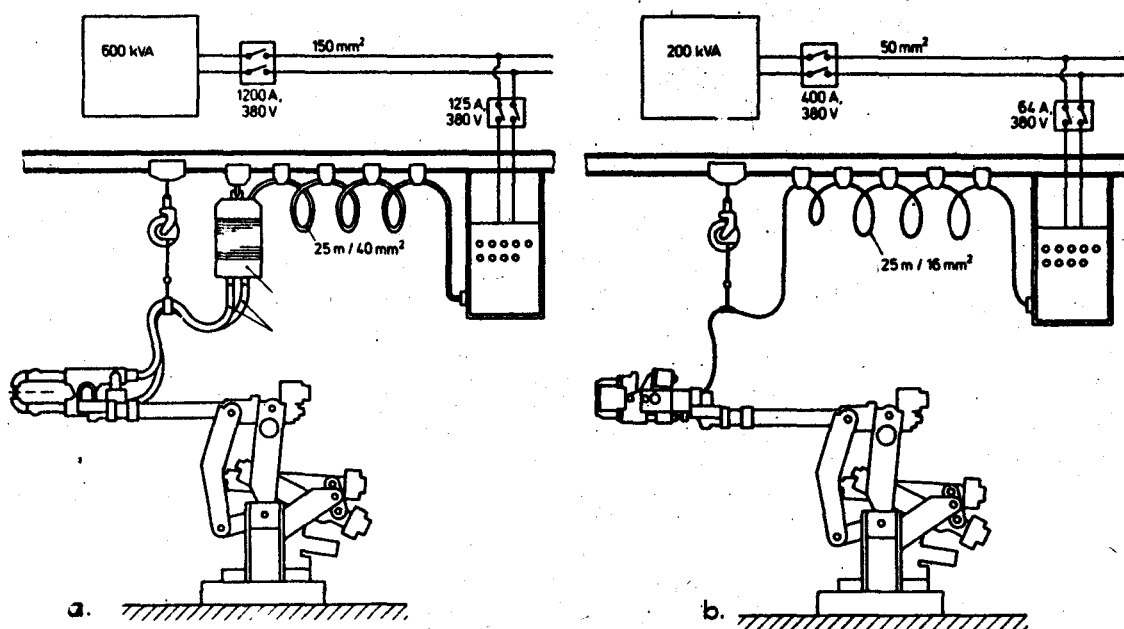
Príklady robotizovaných pracovísk pre zváranie sú na obr. VII-1 a VII-2.



Obr.VII-1

Pôdorysný náčrt pracoviska pre oblúkové zváranie

- 1 - priemyselný robot PR 32-E, 2 - riadiaci systém RS-3, 3 - polohovadlo zvaru DOM 200, 4 - ovládací pult polohovadla DOM 200, 5 - prírodné pole,
- 6 - zdroj zvaracieho prúdu, 7 - odsávacie a filtračné zariadenie, 8 - medzioperačný manipulátor, 9 - paleta s dielcami, 10 - skrinka na náradie,
- 11 - bezpečnostné zábrany



Obr.VII-2

Nárysny náčrt pracoviska na bodové zváranie
a - so závesným transformátorom, b - so zabudovaným transformátorom

Pôdorysný náčrt pracoviska pre oblúkové zváranie je na obr. VII-1. Nárysny náčrt pracoviska pre odporové bodové zváranie so závesným transformátorom je na obr. VII-2a, so zabudovaným transformátorom na obr. VII-2b. V prípade závesného transformátora pri premiestňovaní robota na vozidle pozdĺž zvarku sa musí premiestňovať aj transformátor; takéto riešenie je teda menej výhodné.

VII.2 CIELE A TRENDY ROBOTIZÁCIE ZVÁRANIA

Ciele zavádzania robotov vo zváraní sú v mnohých smeroch rovnaké ako pri iných technologických procesoch a ostatných činnostiach, v niektorých smeroch sú však špecifické. K cieľom robotizácie zvárania patrí najmä:

- zvýšenie produktivity práce (skrátene vedľajších časov a prestojov zrýchlením manipulačných pohybov, lepším využitím "pracovného času", zváraním v polohách vodorovnej zhora a do úzľabia atď.),
- zvýšenie kvality zvarových spojov a dosahovanie rovnomernej kvality spojov,
- odstránenie fyzicky namáhavej, monotónnej a zdraviu škodlivej práce (odstránenie ručnej manipulácie s ťažkými zvaracími horákmi alebo kliešťovými bodovými zvaračkami, resp. so zvarkami, umiestnenie obsluhy

ďalej od účinkov zvaracieho oblúka ako zdroja intenzívneho svetelného žiarenia vrátane ultrafialového, tepelného žiarenia a zdroja spalín, obsahujúcich zdraviu škodlivé kovové oxidy, nitročné plyny, prípadne úplné vylúčenie obsluhy atď.),

- znižovanie ekonomickej (nákladovej) náročnosti výroby zvarkov,
- eliminovanie nedostatku kvalifikovaných zvaračov a eliminovanie ich nedostatočného záujmu o druhú a tretiu smenu,
- vytváranie predpokladov pre automatizáciu medzioperačnej manipulácie (väzba operačnej a medzioperačnej manipulácie) a pre bezobslužné pracoviská (minimálne v tretej smene),
- realizovanie IVÚ (integrovaných výrobných úsekov) a PVS (pružných výrobných systémov) s koncentráciou výroby zvarkov, šetrenie pracovnej plochy na jednotku hmotnosti vyrobených zvarkov, automatizácia malosériovej a v zdôvodnených prípadoch aj kusovej výroby zvarkov.

Súčasný trendy pri zavádzaní priemyselných robotov vo zvaraní sú:

- skupinové nasadzovanie robotov, realizácia robotizovaných liniek,
- zavádzanie robotov adaptívnych (v oblúkovom zvaraní najmä s polohovou adaptivitou, v odporovom bodovom zvaraní s procesovou adaptivitou),
- zavádzanie robotov s výmennými technologickými hlavícami (v oblúkovom zvaraní hlavice s rôznymi tvarmi a rozmermi horákov, v odporovom bodovom zvaraní zmena tvaru zvaracích klieští H a C, prípadne zmena vyloženia),
- zavádzanie robotov vo zvaraní a delení laserom,
- spolupráca robotov s NC a CNC strojmi, riadenie skupín a liniek robotov ústredným počítačom,
- realizácia bezobslužných pracovísk (pracoviská so zvaracím robotom a manipulačným robotom na zostavovanie zvarku).

Literatúra

- [1] Jajcay, A. - Májek, V.: Upravlenie avtomatizirovannym rabočim mestom po svarke rabočich koles turbokompresorov metodom MIG pri pomosti upravľajušcej EVM. In: Seminár ECE UN Automation of welding. Kijev, 1980.
- [2] Tilkovský, M.: Koncepcie souboru robotizovaných pracovísk v závode DESTA, Domažlice. In: Robotizované zvaračské pracoviská. Bratislava, DT ČSVTS 1983.
- [3] Chovanec, J.: Riešenie a spôsoby zaraďenia zvaračských pracovísk s robotmi v strojárskom podniku. In: Robotizované zvaračské pracoviská. Bratislava, DT ČSVTS 1983.
- [4] Hambálek, J.: Průmyslový robot při odporovém bodovém svařování. In: Robotizované zvaračské pracoviská. Bratislava, DT ČSVTS 1983.

VIII. Priemyselné roboty, zvaračské vybavenie a polohovadlá pre robotizované pracoviská na zváranie (Jajcay)

Na zváranie sa používajú jednak univerzálne priemyselné roboty a jednak roboty určené svojimi technicko-ekonomickými parametrami a vlastnosťami špecificky pre oblúkové alebo pre odporové bodové zváranie, resp. pre ďalšie spôsoby zvárania.

VIII.1 POŽIADAVKY NA PRIEMYSELNÉ ROBOTY PRE ZVÁRANIE

Požiadavky na roboty pre jednotlivé spôsoby zvárania sú rôzne. Vyplýva to jednak z rôzneho zvaračského vybavenia robotov (napr. hmotnosť technologick-kej hlavice pre oblúkové zváranie nie je obvykle vyššia ako 10 kg, hmotnosť zvaracích klieští pre odporové bodové zváranie býva cca 40 kg), jednak z charakteru procesu zvárania (napr. pri oblúkovom zváraní v priebehu celého procesu zvárania musíme správne polohovať horák, a to vyžadovanou rýchlosťou, pri odporovom bodovom zváraní v procese zvárania kliešte, a teda aj robot, sa nepohybujú).

Požiadavky na robot pre odporové bodové zváranie na základe praktických skúseností, najmä z automobilového priemyslu, zhrnuli Gengenbach a Rilmann [1]. Sú natoľko vyčerpávajúce, že ich tu je vhodné odcitovať takmer v plnom znení.

Stupne voľnosti. Zvaracie elektródy musia dosadať kolmo na povrch zvaracích dielcov. Preto treba, ak nejde iba o jednoduchšie ploché alebo krychlové dielce, aby mal robot 5 alebo lepšie 6 stupňov voľnosti. Bežné sú rôzne kombinácie rotačných a translačných pohybov. Pohyby zápästia sú vždy rotačné. Pri programovaní sa ukazujú translačné pohyby jednoduchšie, no nevýhodnejšia je údržba, takže žiadnemu riešeniu nemožno dať zrejmu prednosť.

Pracovný priestor (rozsah pohybov). Pre automobilový priemysel, kde na linke výroby karosérií je viac robotov, pohyby robota musia odpovedať minimálne pohybom pracovníka s kliešťami, ktorý pri svojej činnosti robí obvykle jeden alebo dva kroky. Ak možno robot usporiadať ako umiestnený na podlahe, tak aj zavesený nad hlavou, značne to zlepšuje jeho využiteľnosť v automobilovej výrobe.

Zaťaženie ramena. Pri prieskume zváracích klieští používaných v stavbe karosérií sa ukázalo, že 90 % všetkých úloh možno riešiť, ak sa neprekročia nasledujúce hodnoty: hmotnosť klieští 40 kg, vyloženie 500 mm, prítlačná sila 4 kN. Hadice prívodu energií, vody a sekundárny kábel tiež zatažujú rameno robota, čo predstavuje sily radu 50 N a momenty 10 Nm.

Presnosť polohovania zvarového bodu. Pri obvyklých šírkach preplátovania spôsobujú zmeny v umiestnení bodu o viac ako 1 mm zníženie celkovej kvality zvarov. Preto sa pre kliešte vyžaduje presnosť ± 1 mm na bodovacích elektródach (nie na upínacej ploche robota, ako sa zväčša udáva). Táto presnosť sa musí zachovať aj pri najvyšších zaťaženiach a v miestach extrémneho dosahu robota.

Opakovateľná presnosť. Pri opakovaní programu a pracovného cyklu sa musí presnosť polohovania elektród zachovať aj pri meniacom sa vonkajšom zaťažení, napr. po výmene kábla. Nemá sa vyskytovať závislosť polohovania od teploty na pracovisku alebo od teploty častí robota.

Údržba. Prevádzková spoľahlivosť a presnosť robota závisí od vhodnosti jeho konštrukcie z hľadiska údržby. Pritom treba dbať, aby sa dala vymedziť vôľa valivých ložísk otočných kĺbov (napr. pri priamych vedeniach pomocou kladičiek nastaviteľných excentrom). Robot musí byť vybavený tak, aby sa pohybové a dráhu odmeriavajúce elementy nepoškodili ani v prípade kolízie. Možno to dosiahnuť pomocou zabudovania klzných trecích spojok alebo oslabených miest určených na lokalizáciu lomu pri preťažení.

Bezpečnosť práce. Treba zaručiť zastavenie robota havarijným tlačidlom. Musí byť možné definovať limitný, t.j. "zakázaný priestor", pri dosiahnutí ktorého sa robot zastaví.

Spoločnosť nerušeného chodu. Spoľahlivosť pri zapojení robota do linkovej prevádzky musí byť aspoň 99,5 %, pri osamotenej prevádzke stačí 95 až 98 %. Robot musí tolerovať kolísanie sieťového napätia ± 10 % a pri výpadku siete sa musí zachovať program. Po prerušení núdzovým signálom musí byť možné uvoľniť ďalšie pokračovanie programu jednoduchým zásahom.

Programovanie. Jednotlivé osi sa musia dať nastaviť nezávisle jedna od druhej. Pri prehrávaní programu sa potom jednotlivé osi pohybujú simultánne. Pretože z toho nemožno presne vopred určiť pohyby medzi jednotlivými zvarovými bodmi, v prípade, že je to potrebné napr. pre obídenie prekážky, treba umožniť určenie vhodnej medzipolohy alebo tvaru dráhy medzi programovanými bodmi (napr. lineárny tvar). Pre praktické používanie treba rátať s programovacím časom asi 10 min na jeden zváraný bod. Musí byť možné vydávať a prijímať prídavné povely na riadenie periférnych zariadení: elektromotory zváracích klieští, polohovadla, prípravku atď. Na výrobných linkách sa používa asi 16 až 20 takých povelov v rámci jedného programu. Počet

použiteľných krokov a programov nesmie byť príliš malý a musí sa dať prípadne zväčšiť. Pre mnohé prípady použitia sa osvedčil rozsah asi 500 programových krokov. Programy sa musia dať externe archivovať na vhodných médiách.

Opravy programu. Raz zhotovený program sa musí dať opravovať na jednotlivých miestach bez ujmy na vlastnom programe. Musí byť možné vsunutie alebo vypustenie častí programu.

Rýchlosť pohybu. Aby použitie robota bolo hospodárne, musia sa pri použití klieští hmotnosti cca 40 kg dosahovať nasledujúce hodnoty: 50 mm za 0,8 s, 500 mm za 2 s, 1000 mm za 3 s. (Takéto rýchlosti by mohol pracovník s ručnými kliešťami dosahovať len krátky čas.)

Pohony. Pohony musia zabezpečiť rýchly rozbeh a brzdenie s regulačným rozsahom rýchlostí 1 : 100 plynule, presné polohovanie s vysokou opakovateľnosťou. Tieto nároky možno splniť pomocou hydraulických alebo elektrických pohonov. Hydraulické majú výhodu priameho prenosu sily bez prevodu, pri elektrických sa používajú tanierové kolesá so závitovkovým prevodom alebo prevody typu "harmonic drive". Príkony dosahujú 500 W až 5 kW na 1 os.

Riadenie. Všetky roboty majú číslicové riadiace systémy. Na reguláciu polohy sú obvyklé ako uzavreté, tak aj otvorené slučky. Pri otvorených regulačných slučkách s krokovými motormi sa musí po každom cykle automaticky nastaviť nulovanie, v prípade uzavretej slučky sa musia snímače dráhy - absolútnej hodnoty alebo inkrementálne - spojiť bezprostredne s pohybovou osou. Veľkosť inkrementu má byť asi 0,1 mm. Pre odporové zvarovanie vyhovuje zatiaľ riadenie z bodu do bodu. Pritom musia byť k dispozícii minimálne nasledujúce spôsoby činnosti: programovanie a automatická prevádzka, pričom musí byť možnosť voľby medzi jednotlivými krokmi, jednotlivými cyklami a trvalou prácou.

Odlišné požiadavky na roboty pre oblúkové zvarovanie sú uvedené v nasledujúcom:

Stupne voľnosti. Pre adaptívne polohovanie so snímačom polohy zvarového spoja umiestneným mimo osi horáka je potrebných 6 stupňov voľnosti.

Pracovný priestor. Rozhodujúci je pracovný priestor, ktorý dosahuje zvarací horák a navyše je rozhodujúca aj potrebná poloha horáka v okrajových častiach pracovného priestoru. Veľkosť tohto pracovného priestoru je závislá od veľkosti zvarkov, vyhovujúca veľkosť pracovného priestoru je od 800 x 800 x 600 mm.

Zaťaženie ramena. Hmotnosť technologickej hlavice pre oblúkové zvarovanie obvykle nepresahuje 10 kg. Je výhodné na niektoré rameno robota umiestniť

podávací mechanizmus zvaracieho drôtu, prípadne zásobník zvaracieho drôtu.

Presnosť polohovania. Pre obvyklé kútové zvarové spoje je potrebná presnosť polohovania špičky zvaracieho horáka v rozsahu priemeru zvaracieho drôtu, t.j. cca $\pm 0,5$ mm.

Bezpečnosť práce. Pri oblúkovom zvaraní konštrukcia technologickkej hlavice má umožňovať jej uvoľnenie od zápalu robota pre prípad kolízie horák-zvarok v priebehu programovania a tiež automatického cyklu. Uvoľnenie hlavice je vhodné indikovať napr. elektrickým spínačom a prepojiť ho s riadiacim systémom robota za účelom jeho okamžitého zastavenia.

Programovanie a riadenie. Pre oblúkové zvaranie je vhodné dráhové riadenie, pre rozmernejšie zvarky (t.j. nepresnejšie) adaptívne polohovanie horáka pomocou snímania polohy zvarového spoja senzormi.

Rýchlosť pohybu. Má zahŕňať celý rozsah zvaracích rýchlostí oblúkového zvarovania (1 až 100 mm s^{-1}) a navyše rýchlosť manipulačných pohybov cca 1 m s^{-1} . Kolísanie rýchlosti nemá byť väčšie ako 3 %.

Pre všetky spôsoby a metódy zvarovania sú pre výber robota rovnako rozhodujúce ekonomické kritériá. Ekonomická efektívnosť realizácie robotizovaného zvaracieho pracoviska sa posudzuje podľa smernice pre túto činnosť vydanú Federálnym ministerstvom pre technický a investičný rozvoj z 20.8.1982 [2]. Pri súčasných cenách priemyselných robotov možno dosiahnuť ekonomickú efektívnosť obvykle minimálne dvojsmennou prevádzkou.

Vo zvaraní sa používajú, ako z predchádzajúcich častí vyplýva, priemyselné roboty rôznych druhov, rôznych kinematických štruktúr, súradnicových systémov, počtov stupňov voľnosti, druhov pohonov, druhov riadenia a programovania atď. Napr. pre jednoduchý súbor 10 - 12 zvarok so zvarovými spoji len priamočiarymi v dvoch na seba kolmých smeroch možno použiť robot s 3 - 4 stupňami voľnosti, s ortogonálnym súradnicovým systémom s riadením pohybu bod po bode, a to pre každý zvarový spoj (umiestnený výhodne v smere pohybovej osi) s programovaním vždy len jednej pohybovej osi, ktorá je súbežná s príslušným zvarovým spojom.

Na druhej strane pre jediný tvarovo zložitý a veľkorozmerový zvarok, so zvarovými spoji zakrivenými v priestore, je potrebný robot so 6 stupňami, adaptívny, niekedy uložený na niekoľko metrov dlhom pojazde (teda siedmy stupeň voľnosti), s riadiacim systémom s lineárnou a kruhovou interpoláciou, s programovaním zvaracích parametrov, umožňujúci ďalej spoluprácu so zložitým polohovačom atď.

VIII.2 PRIEMYSELNÉ ROBOTY PRE ZVÁRANIE

S ohľadom na to, čo bolo puvedené v predchádzajúcej časti, ďalej na to, že pre zváranie sú k dispozícii desiatky typov robotov (dokonca niekoľko typov aj od jedného výrobcu), môžu byť v tejto časti uvedené len príklady robotov vhodných pre zváranie, a to jednak zo svetovej a jednak z česko-slovenskej produkcie.

VIII.2.1 Zahraničné priemyselné roboty na zváranie

Zvárací robot A S E A IRb 6 a IRb 60

Robot IRb 6 švédskej firmy ASEA je univerzálny robot s 5 stupňami voľnosti, avšak úplne vhodný aj pre oblúkové zváranie. Je súčasťou komerčne veľmi úspešného oblúkového zváracieho pracoviska A 30a s dvojestolovým polohovačom MHS 150 a zváračským vybavením na báze zdroja zváracieho prúdu ESAB LAH 500 s jednotkou predvoľby zváracích parametrov (5 predvoliteľných úrovní zváracieho prúdu a napätia zváracieho oblúka). Nosnosť zápästia robota je 6 kg.

Robot IRb 60 firmy ASEA má 5 stupňov voľnosti a nosnosť zápästia 60 kg. Je určený pre odporové bodové zváranie so zváracími kliešťami, pre apretáciu odliatkov, brúsenie, pre zložitú manipuláciu s ťažkými predmetmi a pod. Firma ASEA dodáva aj 6. prídavnú kinematickú dvojicu (rotačnú) montovanú na zápästie robota IRb 60 pre aplikácie, kde je potrebný úplný počet stupňov voľnosti. Roboty IRb 6 a IRb 60 sú zobrazené na obr. VIII-1.

Zvárací robot MOTOMAN L-10

Vyvinuli ho v Japonsku, vyrába a dodáva ho niekoľko firiem v zámorí a v Európe, okrem iných aj švédska firma TORSTEKNIK AB. V ČSSR variant tohto robota pracuje v Čs. vzduchotechnických závodoch, n.p. Liberec. Náčrt robota MOTOMAN L-10 je na obr. VIII-2. Niektoré technické parametre sú uvedené v tab. VIII-1. Robot MOTOMAN L-10 má určitý stupeň adaptivity. Na konzole technologickkej hlavice spolu so zváracím horákom je umiestnený pneumatický valec, na piestnici ktorého je vyhladávací hrot. V potrebných časových intervaloch sa hrot vysunie a pri uvoľnenej mechanickej väzbe horák - konzola sa hrot s horákom navedú do potrebnej polohy vzhľadom na zvarový spoj (šmykovým zasunutím hrotu do stretu kútového spoja po stenách zváraného materiálu).

Technické parametre zahraničných priemyselných robotov

Tabuľka VIII-1

Technické parametre a ďalšie údaje	Typ priemyselného robota				
	IRb 6	IRb 60	Motoman L 10	PUMA 560	LIMAT 2000
V ý r o b c a	ASEA Švédsko	ASEA Švédsko	Torsteknik AB Švédsko	Unimation USA NOKIA Fínsko	IGM Rakúsko
Súradnicový systém základný	multiuhlový	multiuhlový	multiuhlový	multiuhlový	ortogonálny
Súradnicový systém zápästia	rotačné dvojice	rotačné dvojice	rotačné dvojice	rotačné dvojice	rotačné dvojice
Počet stupňov voľnosti	5	5 + 1	5	5 resp. 6	3 + 2 x 3
Nosnosť zápästia [kg]	6	60	10	2,5	cca 6
Presnosť polohovania koncového bodu [mm]	± 0,2	± 0,4	± 0,2	± 0,1	
Riadiaci systém	typ		YASNAC 6000 RG		LIMAT 2000
	charakter	účelový	účelový	PTP, 5 osí súčasne	mikroprocesor
Kapacita pamäte	8 kB cca 500 bodov	8 kB	16 kB cca 1000 bodov	16 kB	
Hmotnosť robota [kg]	125	950	280	54	podľa pohybové- ho rozsahu
Druh pohonov	elektrické	elektrické	elektrické	elektrické	elektrické
Ďalšie údaje	komplexné pra- covisko A 30a	kompletné pracoviská	pre oblúkové zváranie	programovací jazyk VAL II	2 zápästia oblú- kového zvárania

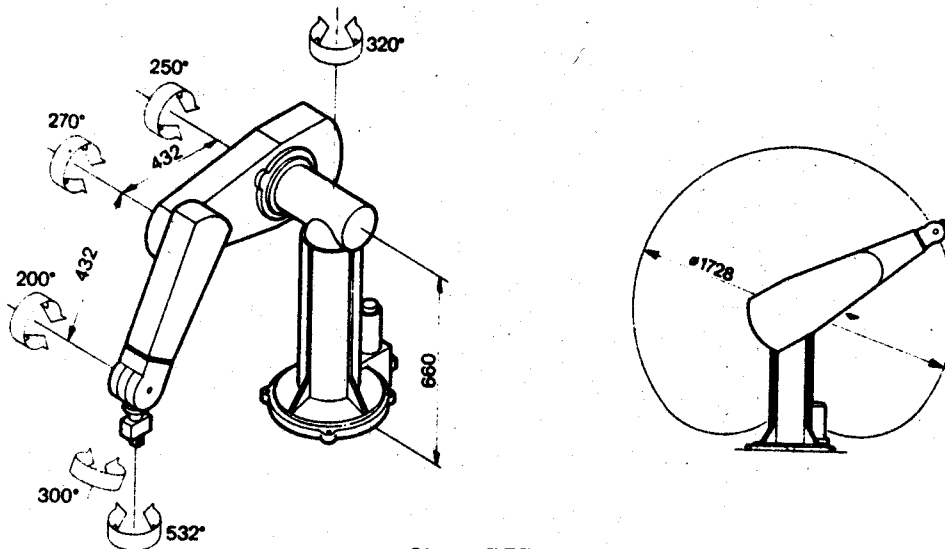
Technické parametre zahraničných priemyselných robotov - pokračovanie

Tabuľka VIII-1

Technické parametre a ďalšie údaje		Typ priemyselného robota			
		RB 251	ZIS 995	ZIM 10	ZIM 60
V ý r o b c a		IZA Sofia Beroe, BĽR	VEB Baumaschinen Halle, NDR	ZIM Berlin NDR	ZIM Berlin NDR
Súradnicový systém	základný	ortogonálny	ortogonálny	multiuhlový	multiuhlový
	zápästia	rotačné dvojice	rotačné dvojice	rotačné dvojice	rotačné dvojice
Počet stupňov voľnosti		5	maximálne 7	5	4 + 1
Nosnosť zápästia [kg]		cca 5	cca 5	10	60
Presnosť polohovania koncového bodu [mm]		± 0,25	± 1	± 0,2	± 0,4
Riadiaci systém	typ	IZOTRONIC	IRS 650	IRS 650	IRS 650
	charakter				
Kapacita pamäte					
Hmotnosť robota [kg]			podľa zostavenia	350	890
Druh pohonov		elektrické	elektrické	elektrické	elektrické
Ďalšie údaje		komplexné pra- covisko obl. zvárania	kompl.prac.obl. zvár., modulárny systém		

Zvárací robot PUMA 560

Robot PUMA 560 vyvinula firma UNIMATION v USA, v Európe ho dodáva napr. fínska firma NOKIA so zvaračským vybavením KEMPPI.

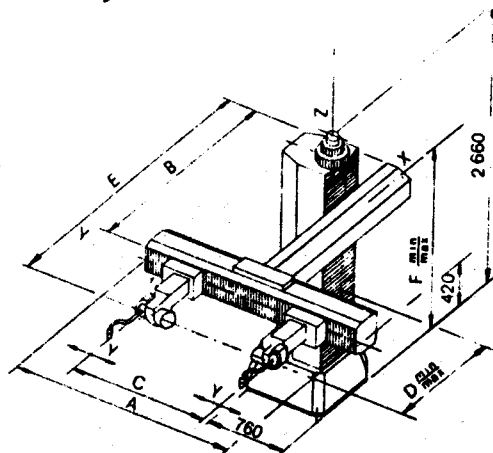


Obr.VIII-3
Zvárací robot PUMA 560 so 6 stupňami voľnosti

Je to pomerne malý kompaktný robot (obr. VIII-3), ktorý môže pracovať ľubovoľne nastavený v priestore (výhodné najmä na linkách a pracoviskách so zvaracím prípravkom na rozsiahlom polohovadle), napr. na portálovom vozidle "nad hlavou". Riadiaci systém výrazne rozširuje aplikačné možnosti používaním špeciálneho programovacieho jazyka VAL II. Výber z technických parametrov je uvedený v tab. VIII-1.

Zvárací robot LIMAT 2000

Robot dodáva rakúska firma IGM vo viacerých rozmerových modifikáciách pohybových osí x, y, z kinematickej štruktúry pracujúcej v ortogonálnom súradnicovom systéme (obr. VIII-4).

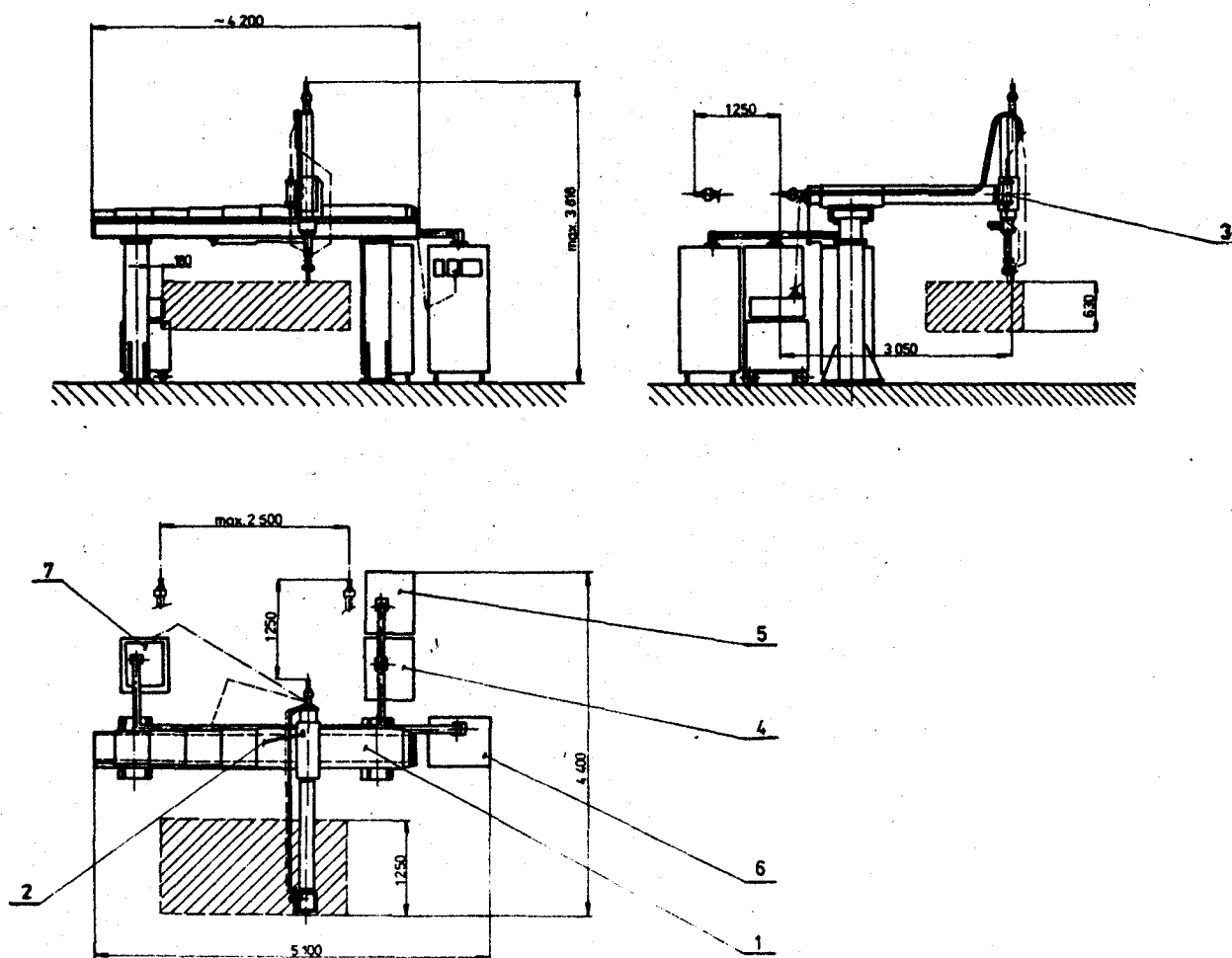


Obr.VIII-4
"Dvojruký" zvarací robot LIMAT 2000

Robot má dve zápästia umiestnené na osi y a spolu s riadiacim systémom umožňuje "dvojručné" zvarovanie, t.j. dvoma horákmi súčasne, a to dva tvarovo a rozmerovo totožné zvarové spoje, resp. dva zvarové spoje symetrické podľa roviny x-z a v určitých prípadoch aj dva rozdielne spoje (ale so spoločným polohovaním pohybových osí x, y, z). Výber parametrov je v tab. VIII-1.

Zvárací robot RB 251

Robot je výsledkom medzinárodnej spolupráce krajín RVHP (najmä ZSSR a BĽR). V skutočnosti ide o komplex celého pracoviska s polohovadlom, zvaračským vybavením, atď. (obr. VIII-5). V súčasnosti ho dodáva PZO Mašinexport, BĽR. Pracovisko má dve polohovadlá, striedavo na jednom prebieha zvarovanie, na druhom zostavovanie a stehovanie zvarku obsluhou. Niektoré technické údaje sú uvedené v tab. VIII-1.



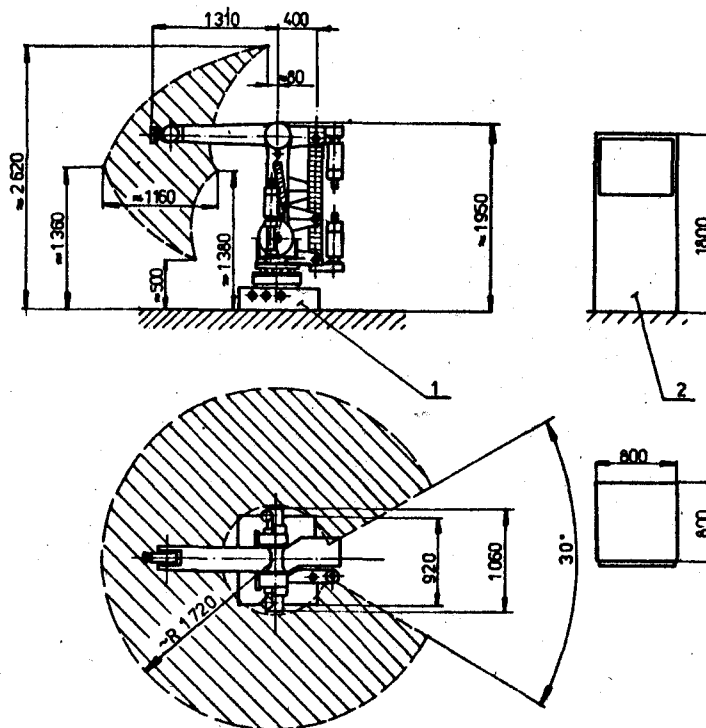
Obr.VIII-5

Zvárací robot IZATRON RB 251 s ortogonálnym súradnicovým systémom
1 - portálová posuvná jednotka, 2 - horizontálna posuvná jednotka, 3 - vertikálna posuvná jednotka, 4 - riadiaci systém robota, 5 - riadiaci systém pracoviska, 6 - pripájacie pole, 7 - zdroj zvaracieho prúdu

Technické parametre a ďalšie údaje		Typ priemyselného robota					
		PR 32-E	APR 20	APR 40	AM 80	OJ 10	AZP-7RL 2 *
V ý r o b c a		ZTS n.p. Detva VUKOV Prešov	ZTS n.p. Detva	ZEZ Hořice v Podkrkonoší	VUKOV Prešov	ZTS n.p. Zvo- ZTS n.p. Nová Dubnica	ZTS n.p. Detva ZTS n.p. Nová Dubnica
Súradnicový systém	základný	multiuhlový	multiuhlový	multiuhlový	ortogonálny	multiuhlový	ortogonálny
	zápästia	rotačné dvojice	rotačné dvojice	rotačné dvojice	rotačné dvojice	rotačné dvojice	rotačné a li- nearna dvojica
Počet stupňov voľn.		5	6 + 1	6	max. 6	5	5
Nosnosť zápästia [kg]		32	12	68	80	10	20
Presnosť polohovania koncového bodu [mm]		± 0,5	± 0,5	± 1	± 1	± 0,3	± 0,2
Riadiaci systém	typ	RS 3	RS-4 A	RS 3/40	RS3/80 RS 4A	RSP 1	
	charakter	mikropočítač SM 50/40	multiočítačový 3xSM 50/50	mikropočítač SM 50/40	mikropočítač SM 50/40	mikropočítač SM 50/50	
Kapacita pamäti		16 kB		16 kB	16 kB		4 kB
Druh pohonov		elektrické	elektrické	elektrické	hydraulické servopohony	elektrické	elektrické
Hmotnosť robota [kg]		1340	400	1400	podľa zostavenia		
Ďalšie údaje			možnosť zostav. s lineár. po- jazdom		stavebnicový systém pohon- ných a rot. jed.	komplexné pra- covisko pre ob- lúk. zvaranie	komplexné pra- covisko pre ob- lúkové zvaran.

Priemyselný robot PR 32-E

Univerzálny priemyselný robot s angulárnou (pákovou) kinematickou štruktúrou (obr. VIII-7) je určený okrem iného najmä na využívanie v technológii zvarovania metódou MIG/MAG v ochranných plynových atmosférach a tiež v technológii odporového bodového zvarovania.



Obr. VIII-7

Priemyselný robot PR 32-E

1 - priemyselný robot PR 32-E, 2 - riadiaci systém RS-3

Slúži na manipuláciu so zvarkami alebo technologickými hlaviciami hmotnosti 32 kg. Má možnosť prepojenia riadiaceho systému na obsluhované stroje a na príslušajúce zariadenia, čím umožňuje vytvárať automatizované výrobné pracoviská.

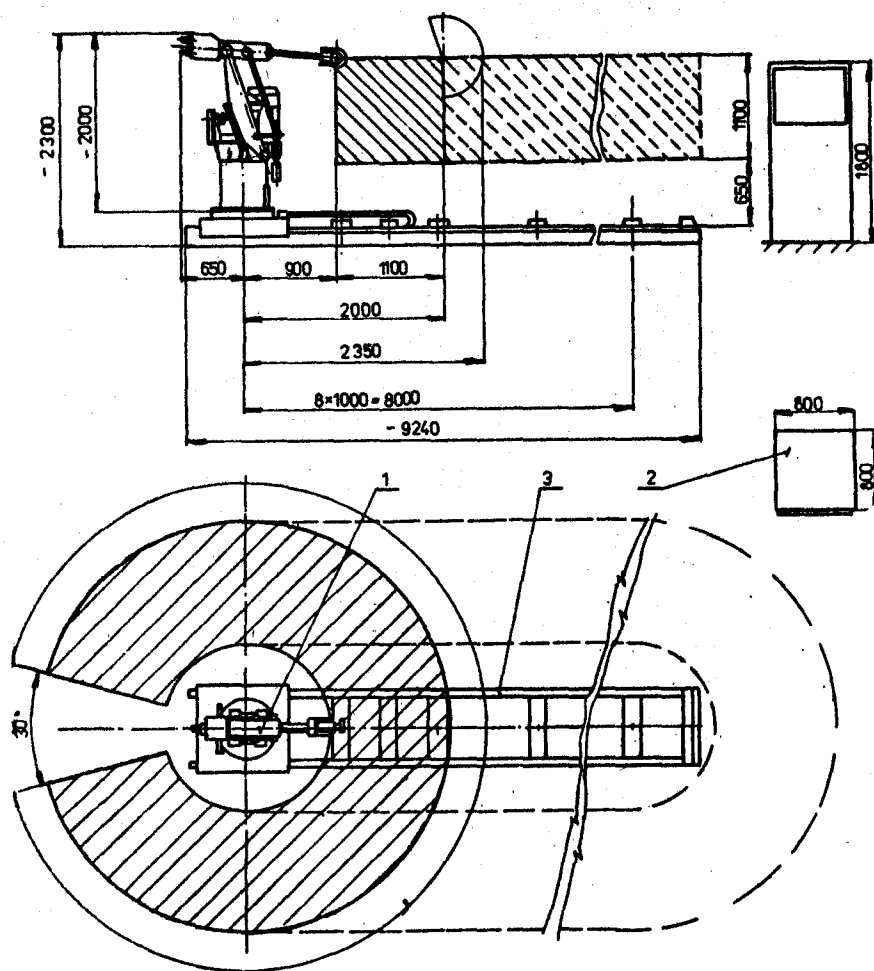
Pohony PR 32-E sú elektrické. Regulačné jednotky sú umiestnené v ovládacej skrini RS-3. Riadenie priemyselného robota je PTP (bodové) s možnosťou CP (dráhové - s lineárnou interpoláciou). Ovládacia skriňa je riešená ako samostatná jednotka spojená s káblami s robotom a ostatnými riadenými časťami pracoviska. Je v nej zabudovaný riadiaci systém, napájacia časť, ovládacie prvky a svorkovnice.

Adaptívny priemyselný robot APR 20

Robot (stavebnicový systém) APR 20 je určený pre využitie na oblúkové zvarovanie. Jeho adaptívne vlastnosti sú orientované na polohovú adaptivitu.

Mechanická časť robota APR 20 je navrhnutá ako konštrukčne otvorený stavebnicový systém s možnosťou dopracovania ďalších jednotiek, avšak projekčne uzavretý do troch vybraných modifikácií. Jednotlivé modifikácie majú minimálne 6 stupňov voľnosti koncového člena. Stavebnicový systém mechanickej časti robota APR 20 pozostáva z nasledujúcich konštrukčných skupín (jednotiek):

- základná rotačná jednotka,
- dvojstupňová súradnicová jednotka s vertikálnym ramenom,
- horizontálne rameno s 3 stupňami voľnosti zápästia (rotačné kinematické dvojice),
- lineárna jednotka súvisle riadená v základnom vyhotovení pre pojazd po podlahe a na portále,
- pojazd s diskretným polohovaním.



Obr.VIII-8

Adaptívny priemyselný robot APR 20 s lineárnym pojazdom pre oblúkové zváranie

1 - robot APR 20, 2 - riadiaci systém RS-4A, 3 - pojazd

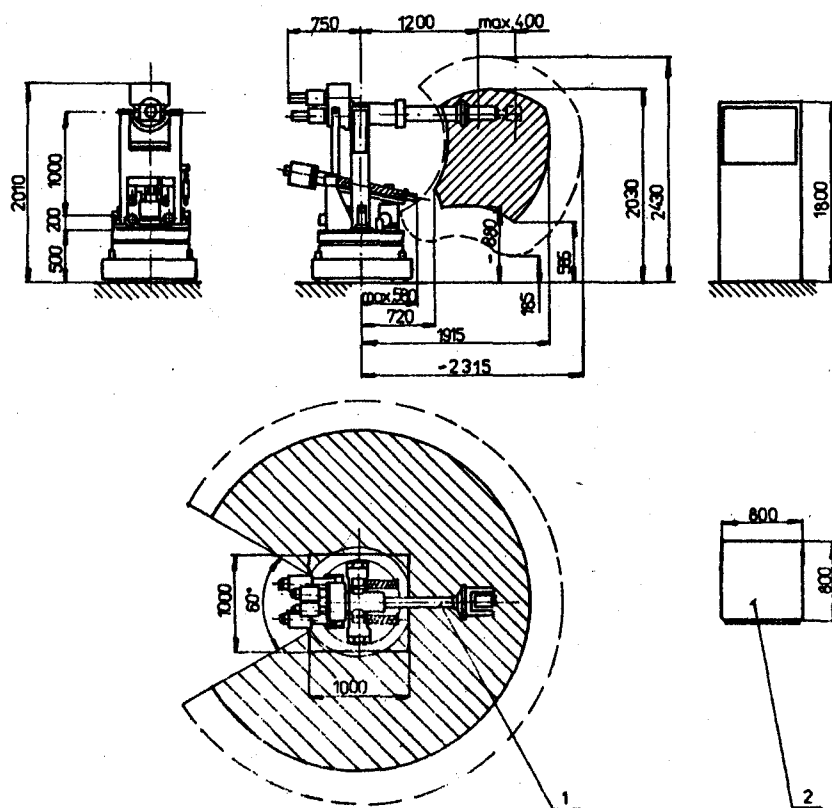
Praktické užitkové vlastnosti adaptívnych vlastností robota APR 20 sú:

- kompenzácia geometrickej odchýlky skutočného nastavenia komponentov zvar-
ku ± 6 mm,
- zváranie viacvrstvových zvarov,
- vyhľadávanie určitých bodov zvaru (začiatok zvaru, prekážky, ukončenie
zvaru atď.).

Pre riadenie jednotlivých modifikácií APR 20 je určený multi-mikropočítačo-
vý riadiaci systém RS-4A, vyvíjaný vo VUKOV Prešov. Riadiaci systém RS-4A
využíva vyvinuté moduly mikropočítačov radu SMEP-2. Vyhodenie variantu
APR 20B (na vozíku s diskretným riadením) je na obr. VIII-8.

Adaptívny priemyselný robot APR 40

Robot APR 40 je určený pre zložitú technologickú a operačnú manipuláciu
s nástrojmi a predmetmi a pre odporové bodové zváranie. Robot v základnom
vyhotovení tvorí tieto konštrukčné skupiny (obr. VIII-9):



Obr.VIII-9

Adaptívny priemyselný robot APR 40 pre bodové zváranie
1 - robot, 2 - riadiaci systém RS 3/40 alebo RS 4A

- stojan s pohonom rotácie,
- otočná základňa,

- pohon horizontálneho a vertikálneho ramena,
- vertikálne a horizontálne rameno,
- zápästie,
- ovládacia skriňa s riadiacim systémom.

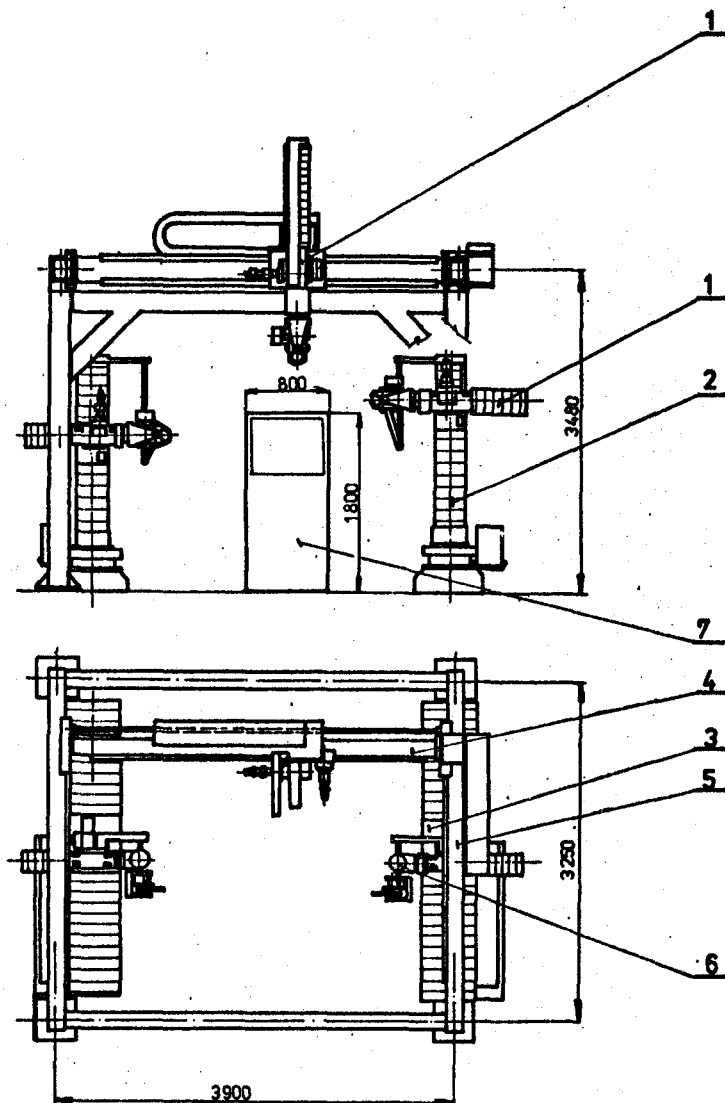
Pohonné jednotky sú elektrické. Spôsob odmeriavania je číslicový, zápästie má 3^o voľnosti realizované tromi rotačnými dvojicami, pričom osi rotácie sa pretínajú v jednom bode. Ovládacia skriňa s reguláciou pohonov a riadiacim systémom je umiestnená samostatne.

Adaptívny manipulačný systém AM 80

Stavebnicový manipulačný systém AM 80 je určený pre odporové bodové zváranie. Konceptné riešenie je navrhnuté ako sústava základných pohybových jednotiek, ktoré umožňujú zostaviť potrebné účelové modifikácie automatických manipulátorov podľa konkrétnych požiadaviek riešeného technologického pracoviska. Sortiment jednotiek je navrhnutý v niekoľkých typorozmeroch so zámerom vytvárania manipulátorov s ortogonálnym pracovným priestorom. V najzložitejších kinematických variantoch je možná skladba manipulátora pre obsluhu trojrozmernej manipulačnej zóny s možnosťou orientácie technologického nástroja - zváracích klieští - s celkovým počtom 6 stupňov voľnosti. Vzhľadom na vyžadovanú aplikačnú variabilitu je systém AM 80 orientovaný na možnosť vytvárania buď portálových, alebo stíповých modifikácií. Ako technologický nástroj sa predpokladá použitie zváracích klieští so zabudovaným transformátorom. Príklad účelového zostavenia 2 stíповých a 1 portálového typu určeného pre zváranie kabíny nákladného automobilu je na obr. VIII-10.

Priemyselný robot OJ 10 P

Priemyselný robot OJ 10 P je súčasťou komplexného robotizovaného pracoviska na oblúkové zváranie, pričom ďalšími časťami pracoviska sú dve polohovadlá OJ 10 P, zváracské vybavenie na báze zdroja UNIMIG a riadiaci systém RSP 1 (obr. VIII-11). Striedavo sa na jednom polohovadle zvarok zostavuje, prípadne stehuje a na druhom polohovadle prebieha automatický cyklus zvarovania robotom - obsluha pracoviska - zvárač, teda prechádza pri obsluhu pracoviska od jedného polohovadla k druhému. Adaptívny subsystém pracoviska zabezpečuje polohovú adaptivitu v pásme cca ± 10 mm odchýlky polohy zvarového spoja od pôvodne naprogramovanej polohy a vyhľadanie strategických bodov zvaru. Riadiaci systém zabezpečuje lineárnu a kruhovú interpoláciu, umožňuje v ručnom režime pracovať v ortogonálnom alebo v multiuhlovom súradnicovom systéme a v automatickom režime navyše aj cylindrickom súradnicovom systéme.



Obr.VIII-10

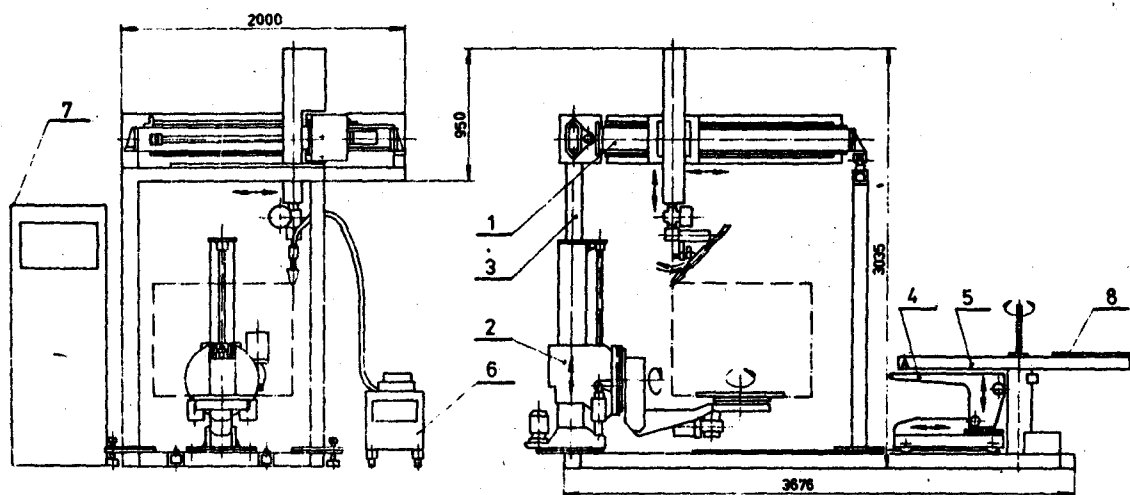
Komplex 3 zostavení manipulačného systému AM 80 na bodové zvarovanie kabíny nákladného automobilu

1 - výsuvná jednotka ramena, 2 - výsuvná jednotka stĺpová, 3 - horizontálna posuvová jednotka, 4 - posuvová jednotka mostová, 5 - posuvová jednotka portálová, 6 - zápastie, 7 - riadiaci systém RS 3/80 alebo RS-4A

Robotizované zvaracie pracovisko AZP - /RL 2

Pracovisko AZP - 7RL 2 obsahuje robot s kinematickou štruktúrou s ortogonálnym súradnicovým systémom (umiestneným na štvorstĺpovej nosnej konštrukcii), polohovadlo na operačnú manipuláciu so zvarkom a ďalšie dva pomocné manipulátory (dopravný a nastavovací) pre prácu s technologickou paletou, na ktorej je umiestnený zvarok (obr. VIII-12). Obsluha pracoviska je mimo dosahu robota. Automatický cyklus pracoviska obsahuje tieto operácie:

Komplex robotizovaného pracoviska pre oblúkové zvarovanie OJ 10
1 - robot OJ-10 R, 2 - polohovadlo OJ-10 P, 3 - riadiaci systém RSP 1,
4 - zdroj zvaracieho prúdu, 5 - ochranná stena



Komplex robotizovaného oblúkového zvaracieho pracoviska AZP - ZRL 2
1 - robot, 2 - polohovadlo, 3 - nosný rám, 4 - dopravný manipulátor,
5 - nastavovací manipulátor, 6 - zdroj zvaracieho prúdu a mechanizmus po-
dávaní drôtu, 7 - riadiaci systém pracoviska, 8 - technologická paleta

- otočenie zvarku z polohy B do polohy A (po nastavení, resp. zostehovaní zvarku na palete),
- odobratie palety dopravným manipulátorom a presun k polohovadlu,
- preloženie palety na polohovadlo (operačný manipulátor) a jej upnutie,
- postupné prestavovanie palety polohovadlom a zváranie robotom,
- odobratie palety z polohovadla, odsun zvarku na nastavovací manipulátor,
- odobratie palety (obsluhou, prípadne automatizovane).

VIII.3 ZVÁRAČSKÉ VYBAVENIE ROBOTIZOVANÝCH PRACOVÍSK NA OBLUKOVÉ ZVÁRANIE

Zváračské vybavenie robotizovaných pracovísk pre oblukové zváranie pozostáva obvykle z nasledujúcich častí [3]:

- zdroj zváracieho prúdu a mechanizmus podávania zváracieho drôtu,
- technologická hlavica (zvárací horák a držiak zváracieho horáka), resp. technologická hlavica pre adaptívny priemyselný robot (horák, snímač polohy zvarku, prípadne manipulačný systém horáka a snímača, držiak hlavice),
- jednotka predvoľby zváracích parametrov alebo jednotka programovania zváracích parametrov,
- jednotka chladenia zváracieho horáka,
- jednotka čistenia zváracieho horáka,
- odsávacie a filtračné zariadenie spalín zváracieho oblúka,
- pripájacie pole pracoviska.

VIII.3.1 Zdroje zváracieho prúdu a mechanizmy podávania drôtu

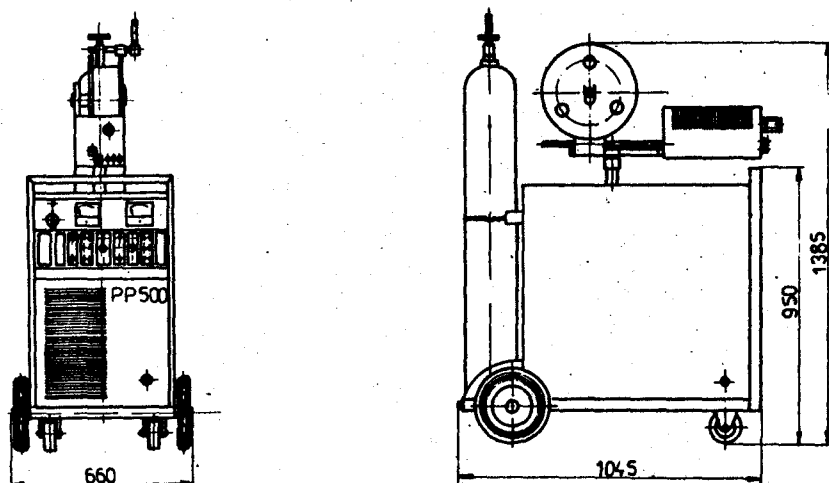
Zdroj zváracieho prúdu je určený na napájanie zváracieho obvodu (t.j. zváracieho oblúka). Mechanizmus podávania je určený na podávanie plného zváracieho drôtu a rúrkového drôtu príslušného rozmeru (priemeru drôtu) zo zásobníka drôtu do zváracieho horáka vyžadovanou rýchlosťou, s dodržiavaním stability tejto rýchlosti aj pri meniacich sa odporoch v prírodných bowdenoch (pri zmenách polohy zápästia, a teda tvaru a polohy bowdenu).

Na robotizovanom pracovisku možno použiť bežný poloautomat pre oblukové zváranie metódou MIG/MAG z výrobného programu Kovoplastu Nitra, a to UNIMIG 400 S a UNIMIG 600 S s mechanizmom podávania zváracieho drôtu umiestneným nad robotom na otočnom stojane s vyvažovacím ramenom. Niektoré technické parametre poloautomatu UNIMIG 400 S:

- zvárací prúd 300 A pri 100 % DZ, 400 A pri 60 % DZ,
- rýchlosť podávania drôtu plynule regulovateľná v rozsahu 0,5 až 14 m min⁻¹,
- priemer zváracieho drôtu Ø 0,8 1,0 1,2 1,6 mm plný drôt,
Ø 2,0 2,3 2,6 mm rúrkový drôt,
- napätie zdroja plynule regulovateľné v I. rozsahu 10 až 34 V,
v II. rozsahu 15 až 44 V,
- cyklické zváranie plynule nastaviteľné 0,3 až 2,0 s / 0,3 až 2,0 s.

Odlišné technické parametre poloautomatu UNIMIG 600 S: Zvárací prúd 500 A pri 100 % DZ a 600 A pri 60 % DZ.

BEZ, k.p. Bratislava dodáva zdroje zvaracieho prúdu a mechanizmy podávania drôtu vyvinuté špeciálne pre robotizované pracoviská, a to typy PP 315 a PP 500 (obr. VIII-13).



Obr.VIII-13

Zdroj zvaracieho prúdu a mechanizmus podávania drôtu PP 500

Ide o modulárne vyhotovenie mechanizmu podávania zvaracieho drôtu (podávač - medzipodávač - zásobník drôtu) s možnosťou umiestnenia na výkyvnom a otočnom nosnom stojane, resp. priamo na konštrukcii priemyselného robota. Niektoré technické parametre a charakteristika typu PP 500:

- zvarací prúd 400 A pri 100 % DZ, 500 A pri 60 % DZ,
- minimálny zvarací prúd 100 A,
- rozsah regulácie výstupného napätia 15 až 55 V,
- krátkopulzné zvaranie s frekvenciou 75, 37,5, 18,75 Hz,
- dlhopulzné zvaranie: čas pulzu a čas medzery plynule nastaviteľné v rozsahu 0,1 až 3 s,
- možnosť diaľkového ovládania výstupného zvaracieho napätia a prúdu z jednotky predvolby, resp. z mikroprocesorovej jednotky programovania zvaracích parametrov,
- možnosť napájania ohrevu ochranného plynu, jednotky chladenia zvaracieho horáka a ventilu ochranného plynu,
- rýchlosť podávania zvaracieho drôtu plynule nastaviteľná v rozsahu 1,6 až 18 m/min,
- priemer zvaracieho drôtu \varnothing 0,8 1,0 1,2 1,4 a 1,6 mm plný drôt,
 \varnothing 2,0 2,3 2,5 (3,15) mm rúrkový drôt.

Odlišné parametre typu PP 315:

- zvarací prúd 250 A pri 100 % DZ, 315 A pri 60 % DZ,
- rozsah regulácie výstupného napätia 16 až 46 V.

VIII.3.2 Technologické hlavice

Technologická hlavica zabezpečuje upnutie a opakované nastavenie zváracieho horáka do východiskového bodu po výmene horáka, po údržbe, upnutie snímačov polohy zvarových hrán, zvarových spojov a prekážok na zvarku, upnutie manipulačných mechanizmov prísunu a odsunu horáka a snímačov, upnutie kompletu káblov a hadíc atď. Ďalej svojou konštrukciou obvykle umožňuje uvoľnenie horáka z technologickkej hlavice (alebo uvoľnenie celej hlavice zo západia robota) pri náraze horáka alebo hlavice na zvarok.

V súčasnosti sa používajú hlavice s ručnými horákmi a tiež hlavice so špeciálnymi horákmi pre robotizované pracoviská (špeciálne rozmery a tvary horáka podľa tvarov a rozmerov zvarkov a strojové horáky s vyššou spoľahlivosťou a odolnosťou voči rozstreku zvarového kovu). V ČSSR predstaviteľom prvého vyhotovenia sú pracoviská s poloaumatmi UNIMIG (hlavice s ručnými horákmi typu RU a PU) a predstaviteľom druhého typu sú hlavice s poloaumatmi PP 315 a PP 500. Niektoré typy hlavíc umožňujú pri zmene zvarku aj prestavenie polohy horáka voči západiu robota translačnými a rotačnými prestavitelnými dvojicami (podľa tvaru a rozmerov zvarku, podľa prístupnosti k jednotlivým zvarovým spojom).

Špičkovú svetovú úroveň predstavujú technologické výmenné hlavice v priebehu programu. Výmena sa uskutočňuje za cieľom programovej zmeny typu horáka (tvaru a rozmerov horáka) v priebehu cyklu zvárania zvarku, pri ktorom by nebolo možné vyhotoviť všetky zvary jedným typom horáka. Prípadne ide aj o zmenu priemeru zváracieho drôtu (vtedy sú potrebné dva mechanizmy podávania drôtu).

VIII.3.3 Jednotky predvoľby a programovania zváracích parametrov

Jednotka predvoľby zváracích parametrov umožňuje v priebehu cyklu zvárania vybrať programovo určité vopred nastavené parametre zvárania (ide o 3 - 5 hladín parametrov). Jednotka programovania umožňuje v priebehu cyklu zvárania nastavovať adaptívne parametre z určitého rozsahu (prípadne z celého rozsahu) parametrov zdroja zváracieho prúdu podľa vopred určených zásad v programe (napr. podľa veľkosti snímanej šírky medzery tupého spoja) alebo určovať parametre vo veľkom počte kombinácií napätia oblúka a zváracieho prúdu (rádovo niekoľko desiatok alebo stoviek kombinácií).

V ČSSR z výrobného programu Kovoplast Nitra je dostupná jednotka typu JPP 5 umiestnená v osobitnej skrinke ako samostatné príslušenstvo poloa-

tomatov UNIMIG. Obsahuje obvody pre predvoľbu piatich hladín parametrov zvarania (výstupné napätia zvaracieho zdroja, t.j. napätia oblúka a rýchlosti podávania zvaracieho drôtu, t.j. zvaracieho prúdu), a to ručne prepínacími ovládačmi na paneli skrinky alebo automaticky riadiacim systémom robota (je prispôsobená na ovládanie riadiacim systémom RS 3).

Polosautomaty PP 315 a PP 500 v základnom vyhotovení sú konštruované tak, že umožňujú predvoliť 3 hladiny parametrov. Ako samostatné príslušenstvo zdrojov PP 315 a PP 500 bude BEZ,k.p. Bratislava vyrábať a dodávať jednotku predvoľby, ktorá bude umožňovať:

- predvoľbu 5 režimov zvarania, 2 režimov zvarania pri štarte a 2 režimov zvarania pri ukončovaní spoja,
- nastavenie strmosti prechodu medzi dvoma pracovnými hodnotami 5 režimov zvarania, pri štarte a pri ukončovaní zvaracieho procesu s časom prechodu od 0,1 po 5 s,
- predvoľbu časovej výdrže zvaracích parametrov pri štarte a pri ukončovaní procesu v trvaní 0 až 6 s.

Zadávanie vyžadovaných hodnôt pracovných režimov tejto jednotky predvoľby sa realizuje analógovým signálom 0 až 10 V (samostatne pre výstupné napätie zdroja a rýchlosť podávania drôtu) s možnosťou riadenia nadradeným systémom (t.j. riadiacim systémom robota alebo pracoviska).

Ďalej bude BEZ,k.p. Bratislava dodávať jednotku programovania zvaracích parametrov k zdrojom PP 315 a PP 500, ktorá bude riadená účelovým mikroprocesorom. Niektoré technické údaje a parametre tejto jednotky:

- najmenší programový krok jednotky pre programovanie rýchlosti podávania drôtu $0,0166 \text{ m s}^{-1}$,
- možnosť programovania 10 zvaracích programov, pričom každý môže mať 15 úsekov a možnosť opakovania programov v ľubovoľnom vopred zvolenom poradí,
- možnosť vyvolania 3 programov vopred určených signálom z technologického zariadenia bez ohľadu na zvolenú sekvenciu programov.

VIII.3.4 Jednotka chladenia zvaracieho horáka

Jednotka chladenia obvykle s nútenou cirkuláciou chladiacej kvapaliny je potrebná na odvod tepla z horáka zvarajúceho vysokými hodnotami zvaracieho prúdu (obvykle už nad 250 A). Jednotka chladenia býva organickou súčasťou zdroja zvaracieho prúdu alebo samostatná.

V ČSSR pre zdroje PR 315 a PR 500 jednotku chladenia vyrába a dodáva BEZ, k.p. Bratislava. Je v samostatnom skrinkovom vyhotovení a zabezpečuje prívod chladiacej kvapaliny ku zvaraciemu horáku, odvod kvapaliny späť a jej ochladenie v chladiči jednotky. Jednotka predvoľby má tieto technické parametre:

- vyvoditeľný pretlak chladiacej vody max. 0,2 MPa,
- chladiaci výkon 1 kW,
- druh chladiacej kvapaliny : destilovaná voda alebo fridex.

VIII.3.5 Jednotky čistenia zvaracieho horáka

Jednotka čistenia zvaracieho horáka zabezpečuje periodické očistenie koncových častí zvaracieho horáka (špičky a dýzy horáka) od rozstreku zvarového kovu a ostatných splodín horenia oblúka. Súčasťou jednotky čistenia je aj zariadenie na naniesenie separačnej vrstvy ochranného prostriedku (silikónového oleja) kvôli zabráneniu priľnutia rozstreku a umožnenia ľahkého očistenia horáka. Čistenie a naniesenie ochrannej vrstvy sa uskutočňuje v prestávke zvarovania medzi jednotlivými zvarkami alebo spojmi v medzioperačných časoch. Vyhotovenie jednotky čistenia je mechanické (ako čistiaci nástroj sa používa rotujúca pružina s tvarom prispôbeným obrysu horáka) alebo pneumatické (prefúknutie dýzy horáka stlačeným vzduchom).

VIII.3.6 Pripájacie pole

Pripájacie pole (rozvádzač pracoviska) zabezpečuje elektrické napojenie všetkých častí robotizovaného pracoviska. Obsahuje istič, hlavný vypínač pracoviska, jednotlivé výstupy pre napojenie robota, polohovadla atď., ďalej transformátory na napájanie výstupov 48 V, 24 V a iné, pre pomocné a bezpečnostné obvody.

VIII.4 POLOHOVADLÁ PRE ROBOTIZOVANÉ PRACOVISKÁ

Polohovadlá na robotizovaných pracoviskách sú určené na upínanie a zostavovanie zvaru (prípadne so zvaracím prípravkom) na upínacej doske polohovadla a na operačnú manipuláciu so zvarkom. Operačná manipulácia predstavuje

jednak nastavovanie zvaru a zvarových spojov do vhodných polôh pre zváranie (najvýhodnejšie do úžľabia a do polohy vodorovnej zhora) a jednak pohyb zvaru technologickou rýchlosťou, napr. pri zváraní spojov sústredných s osou otáčania upínacej dosky polohovadla. Polohovanie sa uskutočňuje v súčinnosti s priemyselným robotom.

Z výrobného programu ZTS, n.p. Detva a ZTS, n.p. Zvolen sú v ďalšom popísané polohovadlá DOM 200, MZ 250, MZ 500 a OJ 10 P. Z výrobného programu BEZ, k.p. Bratislava je uvedené polohovadlo MSC 025. Technické parametre týchto polohovadiel sú zhrnuté v tab. VIII-3.

Technické parametre čs. polohovadiel pre robotizované pracoviská

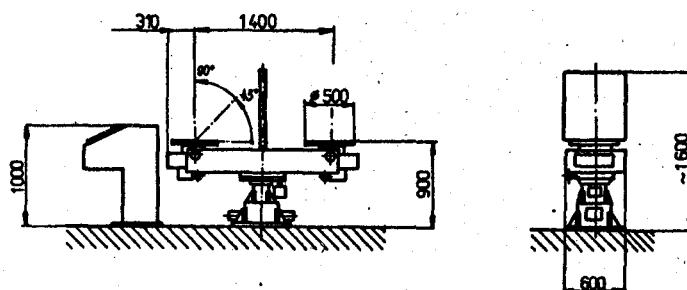
Tabuľka VIII-3I-3

P a r a m e t e r	Typ polohovadla				
	DOM 200	MZ 250	MZ 500A	OJ 10 P	MSC 025
Presnosť polohovania [mm]	$\pm 0,2$ na $\varnothing 500$	$\pm 0,2$ na $\varnothing 700$	$\pm 0,2$ na $\varnothing 700$		$\pm 0,2$ na $\varnothing 700$
Nosnosť [kg]	2 x 200	2 x 250	2 x 500		250 500
Počet stupňov voľnosti	upínací stôl: 2 x 2 otáčanie ramena : 1			2 zdvih stola	2 1
Druh pohonov	pneumatické	pneum. a elektr.	elektr.	elektr.	elektr.
Točný moment stola (upínacej dosky) [N.m]		250	480		150
Klopový moment stola (upínacej dosky) [N.m]		700	672		600
Uhlová rýchlosť otáčania stola [min ⁻¹]		0,5 až 5	0,1 až 5		0,1 až 5
Priemer upínacej dosky [mm]	500	500	500		600
Druh riadenia	diskr.	diskr.	plynulé	plynulé	plynulé
Riadiaci systém robota	RS-3 RS-4A	RS-3 RS-4A	RS-4A	RSP 1	RS-3 RS-4A

Dvojstolové polohovadlo DOM 200

Vyhotovenie polohovadla DOM 200 (dvojstolové, stoly umiestnené na otočnom ramene - obr. VIII-14) umožňuje nastavovanie a stehovanie zvaru na jednom stole a zváranie druhého zvaru súčasne na druhom stole v pracovnom priestore robota. Nastavovanie a stehovanie obsluha vykonáva bezpečne mimo

manipulačného priestoru robota. Polohovanie zvarku je diskkrétne, a to sklápánie stola do troch polôh (0° , 45° a 90° voči vodorovnej polohe) a otáčanie stola v jednom smere do osem polôh po 45° (bez obmedzenia). Polohovadlo má pneumatické pohony a je riadené riadiacim systémom robota prostredníctvom vstupov a výstupov riadiaceho systému. Pre ručné ovládanie polohovadla slúži vlastný riadiaci systém.



Obr.VIII-14

Dvojstolové polohovadlo DOM 200 s pneumatickými polohami
1 - polohovadlo, 2 - riadiaci systém polohovadla

Dvojstolové polohovadlo MZ 250

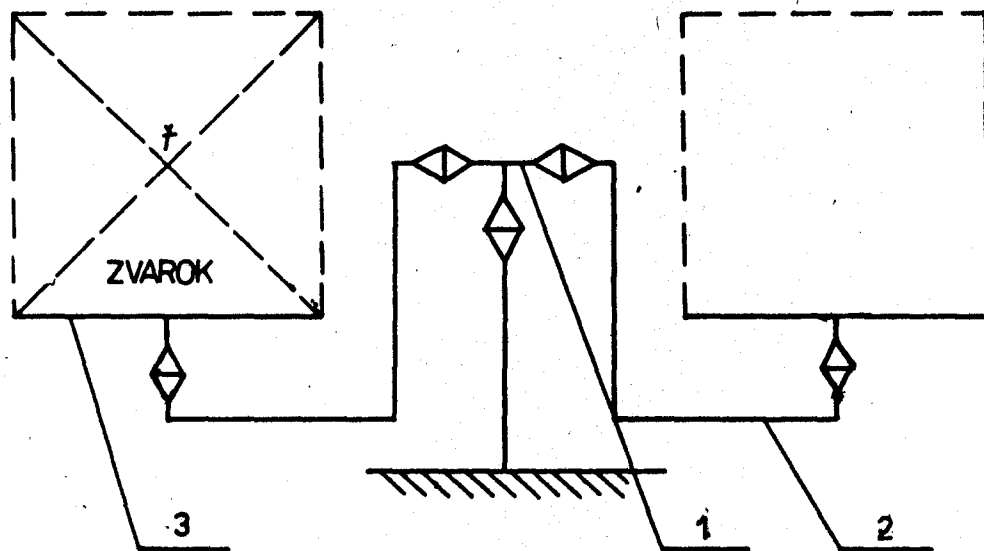
Polohovadlo MZ 250 je obdobnej konštrukcie a funkcie ako DOM 200. Otáčanie stola má však elektrický pohon, rýchlosť otáčania je regulovateľná v rozsahu odpovedajúcom zváraniu rotačných zvarových spojov sústredných s osou otáčania stola. Rýchlosť otáčania možno predvoliť v 5 stupňoch a ľubovoľne ich zaraďovať do programového cyklu.

Stavebnicové polohovadlo MZ 500

Polohovadlo MZ 500 je stavebnicovej konštrukcie a má plynulé riadenie pohybových osí. Výroba polohovadla v základnom vyhotovení je zabezpečovaná od roku 1986. Po dokončení vývoja všetkých častí stavebnica umožní rôzne účelové zostavenia, napr.:

- jednostolové polohovadlo s otáčaním a naklápaním stola, resp. len s otáčaním alebo len s naklápaním stola,
- dvojstolové polohovadlo (stoly, ktoré možno otáčať a naklápať, resp. len otáčať alebo len naklápať, umiestnené na otočnom ramene),
- otočné rameno atď.

Kinematická schéma základného vyhotovenia polohovadla MZ 500 a je znázornená na obr. VIII-15.



Obr.VIII-15

Kinematické schéma polohovadla MZ 500

1 - otočné rameno, 2 - naklápanie stola, 3 - otáčanie stola

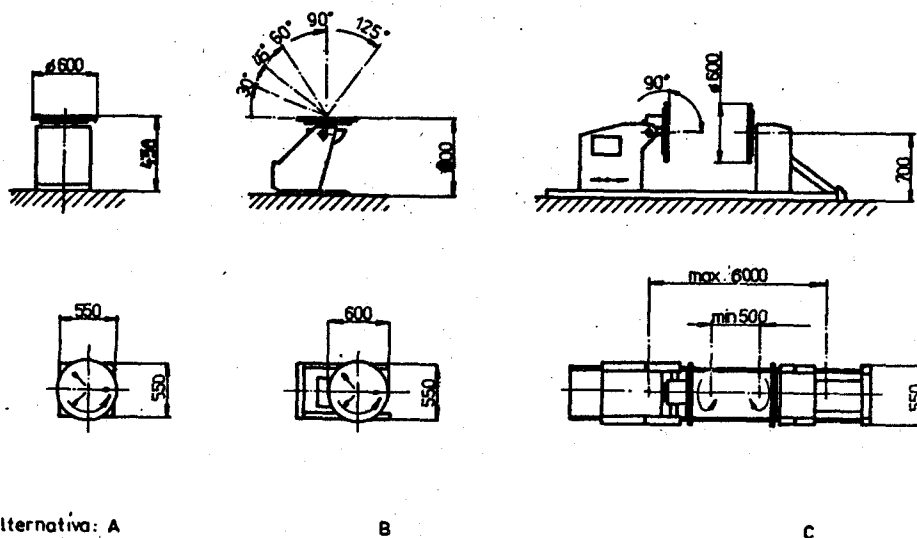
Polohovadlo OJ 10 P

Je súčasťou komplexu robotizovaného pracoviska na oblúkové zvaranie OJ 10 (obr. VIII-11), samostatné použitie na inom type pracoviska je limitované potrebou realizácie riadiaceho systému pre pohony a riadenie 2 stupňov voľnosti polohovadla (otáčanie a naklápanie). Upínacia otočná doska polohovadla je výškovo nastaviteľná podľa veľkosti a hmotnosti zvarku a podľa polohy ťažiska zvarku (prípadne spolu s prípravkom).

Stavebnicové polohovadlo MSC 025

V BEZ, k.p. Bratislava sa uskutočnil vývoj plynule riadeného polohovadla MSC 025, ktorého opakovaná výroba sa zabezpečuje od roku 1987. Polohovadlo je riešené stavebnicovo, základným prvkom stavebnice je otočná upínacia doska s pohonom. Usporiadanie polohovadla je možné v 4 alternatívach:

- otočný stôl s jedným stupňom voľnosti (obr. VIII-16, alternatíva A),
- zvislá otočná upínacia doska s 1 stupňom voľnosti v konzole,
- zvislá otočná upínacia doska s 1 stupňom voľnosti v konzole a s podpernou jednotkou bez pohonu (obr. VIII-16, alternatíva C),
- stolové polohovadlo s dvoma stupňami voľnosti (sklápanie a otáčanie - obr. VIII-16, alternatíva B).



Obr.VIII-16
Stavebnicové polohovadlo MSC 025

Základné technické parametre stavebnicového polohovadla MSC 025:

- nosnosť dosky vo vodorovnej upínacej rovine 500 kg, vo zvislej rovine 250 kg,
- rozsah otáčania upínacej dosky neobmedzený,
- rýchlosť otáčania upínacej dosky 0,1 až 5 min⁻¹,
- presnosť polohovania otočnej dosky $\pm 0,0003$ rad, t.j. ± 1 uhlová min,
- maximálny krútiaci moment otočnej dosky 150 Nm,
- maximálny klopný moment otočnej dosky 600 Nm.

Špeciálne polohovadlá pre robotizované pracoviská

Pre určité druhy zvarkov boli v ČSSR vyvinuté aj ďalšie polohovadlá. V Elitex, k.p. Gdyně vyvinuli polohovadlo pre ploché doskovité zvarky s max. rozmermi 1000 x 1800 x 300 mm a vo VÚZ Bratislava polohovadlo pre rámové konštrukcie (má 3 stupne voľnosti: otáčanie, naklápanie a vertikálny zdvih). Jeho vertikálny zdvih umožňuje aj zvarky maximálnej dĺžky 3600 mm v sklopenej polohe až 37° nastaviť do pracovného priestoru robota APR 20.

VIII.5 ZVÁRAČSKÉ VYBAVENIE ROBOTIZOVANÝCH PRACOVÍSK NA ODPOROVÉ BODOVÉ ZVÁRANIE

Zváračské vybavenie pre odporové bodové zváranie pozostáva z nasledujúcich častí:

- kliešťovej bodovej zváračky so zabudovaným alebo závesným transformátorom (prípadne aj s hydraulickým agregátom na ovládanie zváracích kliešťí),
- riadenia zváracieho procesu vrátane výkonového stupňa,
- pripájacieho poľa.

VIII.5.1 Kliešťové bodové zváračky pre robotizované pracoviská na odporové bodové zváranie

V BEZ, k.p. Bratislava sa od roku 1986 vyrábajú kliešťové bodové zváračky so zabudovaným a závesným transformátorom, s tvarom kliešťí H a C v dvoch výkonových stupňoch. Majú hydraulické ovládanie a umožňujú zabudovanie snímača hĺbky zasunutia kliešťí do lemu zvarového spoja [4].

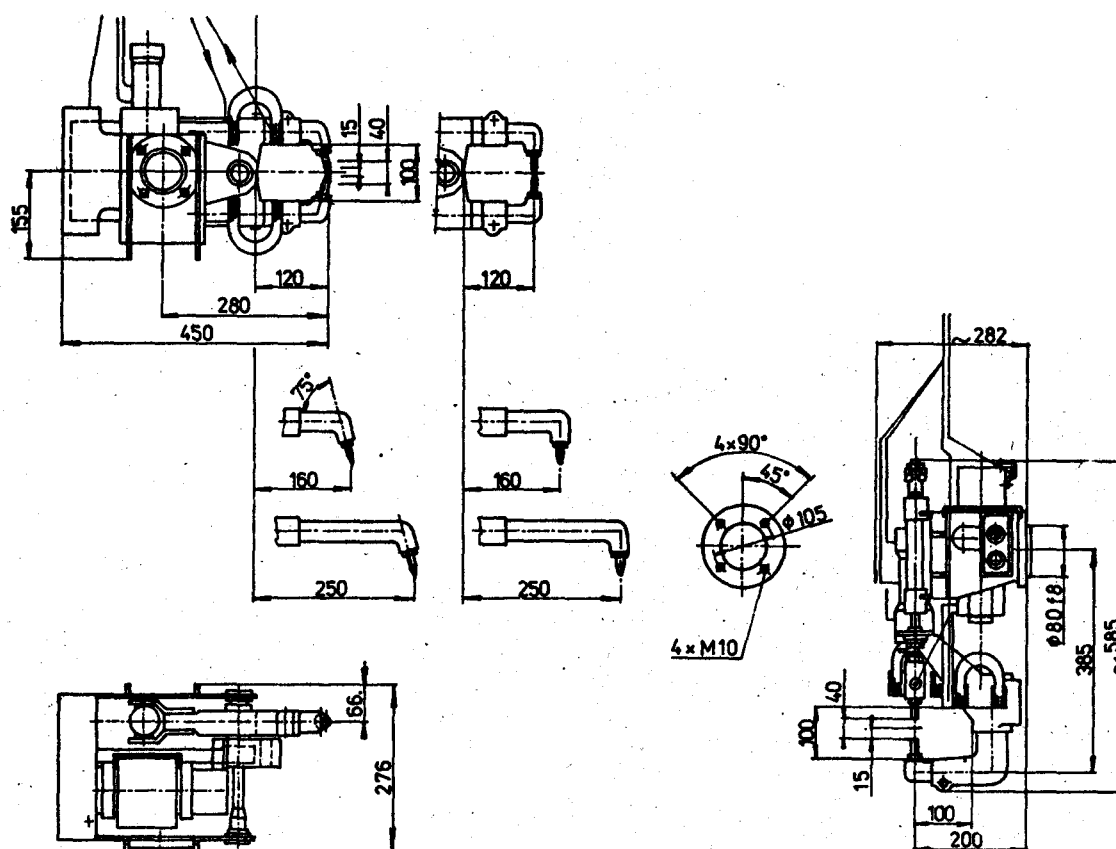
Zváračky so zabudovaným zváracím transformátorom veľkostného typu I a II sú určené pre pracoviská s robotmi APR 40, ktorý má nosnosť 60 kg, a s robotmi AM 80, ktoré majú nosnosť 80 kg.

Druhy týchto bodových zváračiek sú na obr. VIII-17 (kliešte tvaru H) a na obr. VIII-18 (kliešte tvaru C). Niektoré technické parametre a údaje sú uvedené v tab. VIII-4.

Kliešťová bodová zváračka veľkostného typu I napájaná zo závesného transformátora je určená pre roboty PR 32-E (nosnosť 32 kg) a roboty APR 40 a AM 80.

Zváračka veľkostného typu II napájaná zo závesného transformátora je určená pre roboty APR 40 a AM 80.

Predstaviteľ týchto zváračiek, typ ZKH 11, je na obr. VIII-19. Napájanie kliešťových bodových zváračiek zabezpečujú transformátory typu BZ 80, BZ 125 a BZ 160 z výrobného programu BEZ, k.p. Ich porovnávací výkon je 80, 125 a 160 kVA.



Obr.VIII-17

Kliešťová bodová zvaračka ZKH-25 so zabudovaným transformátorom

Obr.VIII-18

Kliešťová bodová zvaračka ZKC-25 so zabudovaným transformátorom

Kliešťové bodové zvaračky pre robotizované pracoviská z výrobného programu BEZ, k.p. Bratislava

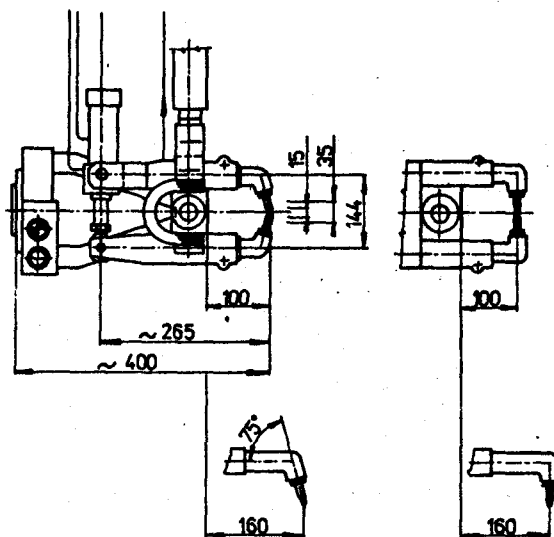
Tabuľka VIII-4

T y p		kliešte tvaru H			Kliešte C	
		ZKH-15	ZKH-25	ZKH-26	ZKC-15	ZKC-25
Menovitý výkon pri 50 % DZ	kVA	11	20,4	25	11	20
Trvalý výkon	kVA		14,42			
Sek.napätie U_{20}	V	3,16	3,8	4,32	3,16	3,8
Primár.napätie	V	380	380	380	380	380
Frekvencia	Hz	50	50	50	50	50
Zvárací prúd	kA	8	10,2	11,6	8	12
Vyloženie	mm	100	120	120	60	100
		160	160	160		
			250	250		
Rozovretie	mm	100	100	100	90	100
Zdvih pracovný	mm	15	15	15	15	15
Zdvih pomocný	mm	20	25	25	20	25
Zváracia sila	kN	2,5	3,5	3,5	2,8	4,0
		1,56	2,7	2,7		
			1,9	1,9		
Tlak vzduchu oleja	MPa	4	4	4	4	4

Kliešťové bodové zvaračky pre robotizované pracoviská
z výrobného programu BEZ, k.p. Bratislava - pokračovanie

Tabuľka VIII-4

Spotreba chladi. vody		l/min	4	4	4	4	4
Hmotnosť bez držiakov elektr.		kg	42	57	61,5	42	53
Rozmery	šírka	mm	260	276	320	230	245
	dĺžka bez drž.	mm	415	450	480	572	585
	výška	mm	330	380	380	276	280



Obr.VIII-19

Kliešťová bodová zvaračka ZKH 11 s napájaním so zaveseného transformátora

VIII.5.2 Riadenie zvaracieho procesu pre robotizované pracoviská

Riadenie zvaracieho procesu zabezpečuje riadenie a ovládanie zvaracieho prúdu, ovládanie pomocných operácií a spoluprácu s riadiacim systémom pracoviska. Riadenie obsahuje kompletný koncový výkonový stupň podľa výkonu zvaracieho transformátora, ovládanie zvaracích klieští, vlastný riadiaci systém a ovládací panel. Na riadenie zvaracieho procesu na robotizovaných pracoviskách možno použiť štandardné riadenie vyrábané v BEZ, k.p. Bratislava, alebo účelové adaptívne riadenie špecificky vyvinuté pre robotizované pracoviská, a to typ VÚZ-M 1, ktoré bolo vyvinuté vo VÚZ Bratislava a je výrobne pripravované v BEZ, k.p. Bratislava. Zariadenie VÚZ-M 1 je popísané v časti IX.3.2.

Štandardné vyhotovenie riadenia BEZ, k.p. [5] zabezpečuje riadenie procesu až do výkonu 630 kVA a je postavené na báze polovodičových prvkov a in-

tegrovanych obvodov. Prednostou tohto riadenia je kompenzacia sieťového napätia v rozsahu - 20 až + 10 % nominálneho napätia siete.

Hlavné technické parametre riadiaceho systému BEZ, k.p.:

- napájacie napätie elektroniky 380 V, - 25 %, + 10 %, 50 Hz,
- počet operácií zvaracieho cyklu 3 až 9,
- nastavenie času trvania operácií 0 až 99 periód,
- nastavenie trvania medzičasu pri pulzácii 0 až 9 periód,
- nastavenie času nárastu zvaracieho prúdu 0 až 25 periód,
- pulzacia zvaracieho prúdu 0 až 9-krát,
- rozsah zvaracieho alebo žihacieho výkonu 10 až 100 %,
- kompenzacia zmien sieťového napätia od - 20 do + 10 % nominálneho napätia, maximálny spínaný prúd 600 A, 1400 A, 3300 A,
- signalizácia priebehu všetkých operácií, poklesu napätia pod kompenzovateľnú hranicu, správneho nastavenia $\cos\varphi$ a poruchových stavov,
- možnosť špeciálneho vybavenia na vzájomné blokovanie skupiny zvaracích strojov.

VIII.5.3 Pripájacie pole

Pripájacie pole, rovnako ako pre oblúkové robotizované pracoviská, zabezpečuje elektrické napojenie všetkých častí pracoviska. Obsahuje istič, hlavný vypínač pracoviska, výstupy pre napojenie robota, riadiaceho systému, kliešťovej bodovej zvaračky, riadenia procesu atď.

Literatúra

- [1] Gengenbach, O. - Pollmann, W.: Industrieroboter in der Widerstandsschweisstechnik. Schweißen und Schneiden, 29, 1977, č. 1, str. 19-21.
- [2] Smernice FMTIR pre hodnotenie efektívnosti realizácie výrobných systémov s prostriedkami operačnej a medzioperačnej manipulácie z 20.8.1982.
- [3] Jajcay, A.: Zvaračské vybavenie robotizovaných pracovísk pre oblúkové zvaranie. In: Robotizované zvaračské pracoviská. Bratislava, DT ČSVTS 1983.
- [4] Krajmer, A.: Zvaračské vybavenie pre robotizované pracoviská odporového bodového zvarania. In: Robotizované zvaračské pracoviská. Bratislava, DT ČSVTS 1983.
- [5] Lago, M.: Elektronika na zvaracích zariadeniach. In: Bratislavské dni zvaracej techniky. Bratislava, DT ČSVTS 1983.

IX. Adaptivita zvaracích strojov a zariadení (Jajcay)

Pri výrobe zvarkov na automatizovaných zvaracích strojoch a zariadeniach a na robotizovaných pracoviskách nastávajú určité zmeny oproti teoretickým predpokladom a nominálnym hodnotám. Ide o tieto zmeny:

- zmeny vzájomnej polohy zvarkov, zvaraných dielcov a zvarových spojov oproti zvaraciemu horáku pri oblúkovom zvaraní alebo oproti zvaracím kliešťom pri odporovom bodovom zvaraní,
- zmeny veličín vstupujúcich do zvaracieho procesu alebo veličín rozhodujúcich o priebehu a výsledku zvaracieho procesu.

Bežné automatizované zvaracie stroje a zariadenia alebo pracoviská s priemyselnými robotmi nie sú schopné tieto zmeny eliminovať, i keď sú programovateľné (v tom prípade ide o tzv. "tvrdý program").

Schopnosť prispôsobenia sa zvaracích strojov a zariadení alebo robotizovaných pracovísk týmto zmenám pri určitom zjednodušení možno v technickej praxi nazvať adaptivitou zvaracích strojov, zariadení a robotizovaných pracovísk.

S ohľadom na spomenuté dva druhy zmien sa táto adaptivita zvaracích strojov, zariadení a robotizovaných pracovísk, alebo stručne adaptivita zvarania, v technickej praxi rozdeľuje na adaptivitu polohovú a adaptivitu procesovú. Treba však poznamenať, že v niektorých prípadoch sa toto rozdelenie, a teda hranica medzi polohovou a procesovou adaptivitou, ťažko určuje, alebo sa problematika polohovej a procesovej adaptivity prelína, dokonca sa stotožňuje (napr. pri nesymetrickej zmene šírky medzery tupého zvarového spoja).

Problematica adaptivity zvarania je pomerne široká, zložitá a náročná na riešenie. Z toho dôvodu sa v súčasnosti rieši len pri niektorých typoch zvaracích strojov a zariadení, napr. pri jednúčelových strojoch a zariadeniach a na robotizovaných pracoviskách pre oblúkové zvaranie, najmä polohová adaptivita a pre odporové zvaranie procesová adaptivita [1 až 8].

V niektorých prácach, najmä sovietskych autorov, sa v tom istom význame a delení používajú pojmy "geometrická adaptivita" a "technologická adaptivita".

Obsahom riešenia problému adaptivity zvarovania je zabezpečiť vhodné snímače uvedených zmien vzájomnej polohy horáka, resp. zvaracích klieští a zvarkov, dielcov zvarkov a zvarových spojov (alebo ich významných prvkov, ako sú začiatok a koniec spoja) a zmien veličín zvaracieho procesu, ďalej riešiť algoritmy činností príslušných prvkov zvaracích strojov, zariadení a robotov zabezpečujúcich adaptivitu zvarovania (snímacie resp. senzorické systémy, riadiace systémy, kinematické systémy atď.).

IX.1 POLOHOVÁ ADAPTIVITA OBLÚKOVÉHO ZVÁRANIA

Príčinou zmien tvaru, rozmerov a polohy zvarových spojov, dielcov zvarku a zvarkov ako celku oproti nominálnym hodnotám sú:

- a) pri výrobe dielcov zvarkov
 - výrobné tolerancie rozmerov a tvarov polotovarov používaných na dielce zvarku (tolerancie rozmerov hrúbky plechov, rozmerov tyčí, rúrok, I, U, L a ďalších profilov a odchýlky rovinnosti, valcovitosti, kolmosti atď., šablovitosť, vrtulovosť a iné - podľa technických dodacích predpisov príslušných polotovarov definovaných a dovolených v ČSN);
 - výrobné tolerancie výkovkov, odliatkov, výliskov atď., definovaných v niektorých prípadoch v ČSN alebo daných technológiou výroby v príslušnom konkrétnom závode;
 - výrobné tolerancie dielcov zvarkov pri trieskovom opracovávaní;
- b) pri zostavovaní a stehovaní zvarkov (v stehovacích a zvaracích prípravkoch alebo bez nich)
 - tvarové a rozmerové nepresnosti vlastných stehovacích a zvaracích prípravkov, šablón a pod., pri ich výrobe a po ich opotrebení;
 - tvarové a rozmerové nepresnosti vzniknuté pri stehovaní (nedokonalé uloženie do prípravku, deformácie zvarku vzniknuté pri stehovaní), resp. po uvoľnení zo stehovacieho prípravku;
- c) pri fixovaní a polohovaní zvarku vo zvaracích strojoch a zariadeniach, zvaracích robotoch, polohovadlách, pri nastavovaní prípravku na polohovadlo (najmä opakovanom), na zvarací stroj a zariadenie atď.

Príčinou zmien polohy zvaracieho horáka alebo zvaracích klieští sú:

- d) nepresnosti pohybov zvaracích strojov, zariadení a zvaracích robotov (nepresnosti výroby, opotrebenie, zmeny deformácií častí stroja a zariadenia, napr. pri premiestňovaní technologickej hlavice s meniacou sa jej hmotnosťou, nízka tuhosť stroja, zmeny teploty, najmä oleja

- pri hydraulických pohonom atď.);
- e) nepresnosti programovania (subjektívne chyby operátora a programátora pri prvotnom predvážaní, nepresnosti lineárnej a kruhovej interpolácie atď.).

K ďalším príčinám zmeny vzájomnej polohy technologickej hlavice a zvarku patria:

- g) tepelné dilatácie prípravku v priebehu pracovnej smeny a v priebehu pracovného cyklu jedného zvarku (napr. pri zváraní s ohrevom zabezpečovanom mimo zvaracieho stroja či pracoviska prerušovane) a tepelné dilatácie častí polohovadla, zvaracieho stroja či robota pri zváraní rozmerného zvarku vyššej hmotnosti;
- h) nepresnosti pri opakovanej montáži technologickej hlavice a pri jej výmene za inú, nepresnosti vzniknuté pri kolízii technologickej hlavice so zvarkom atď.

Uvedenými príčinami sú určené čiastkové okruhy problémov riešených v polohovej adaptivite oblúkového zvárania. Ide napr. o tieto okruhy problémov:

- snímanie polohy zvarku alebo častí zvarku v priestore (napr. polohy dvoch rovinných dosiek, ktoré sa majú spojiť kútovým zvarovým spojom, a to tak, že sa snímajú polohy 3 bodov povrchu každej dosky a naďväzujúco na to riadiaci systém určuje polohy zvarového spoja ako celku výpočtom polohy priesečnice povrchových rovín dosiek - realizované na robote firmy SHIN MEIWA);
- kontinuálne snímanie okamžitej polohy zvarového spoja ako spojnice veľkého počtu jednotlivých bodov spoja;
- snímanie polohy významných častí zvarku a zvarového spoja (napr. pri obváraní rohu) a polohy prekážok (výstupy, rebrá), polohy úseku bez zvarového spoja (otvory a diery v dielcoch zvarku);
- realizácie snímačov, snímacích a riadiacich systémov určujúcich alebo vyhodnocujúcich polohu zvarku, dielca a spoja alebo určujúcich odchýlku tejto polohy od nominálnej;
- realizácie pohybových mechanizmov a ich riadiacich systémov, realizácie komplexných adaptívnych zvaracích strojov, zariadení a robotov;
- tvorba algoritmov snímania, vyhľadávania a pod.

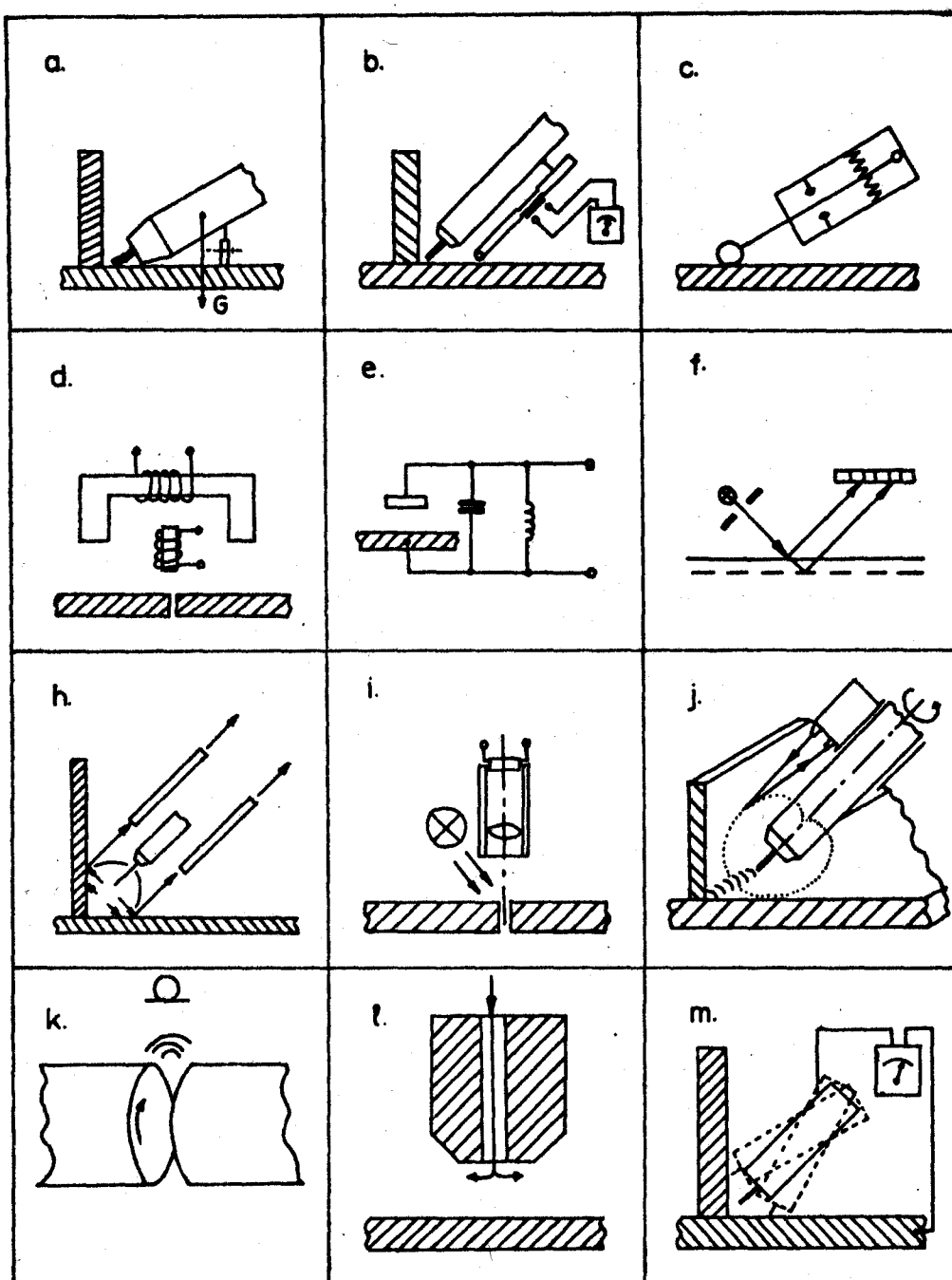
Konečným cieľom v polohovej adaptivite oblúkového zvárania je realizácia správnej relatívnej polohy zvaracieho horáka a zvarového spoja v reálnom čase práce stroja, zariadenia alebo robotizovaného pracoviska. Kritériá tejto správnej polohy sú dané technológiou zvárania. Snímanie polohy zvarku, dielcov zvarku atď. sú len prostriedkom na určenie polohy horák - spoj v reálnom čase.

Snímanie a určenie polohy sa vykonáva snímacími systémami, a to v absolútnych hodnotách voči súradnicovému systému pracoviska, alebo v relatívnych odchýlkach voči nominálnej polohe, pre ktorú je zabezpečovaný pohyb horáka prostredníctvom pohybových mechanizmov zvaracieho stroja alebo robota, alebo pre ktorú je vytvorený program pohybu horáka prostredníctvom priemyselného robota. Určenie absolútnej polohy alebo relatívnej odchýlky je vstupnou veličinou do adaptívneho riadiaceho systému zvaracieho stroja či robota. Na základe tejto veličiny (informácie) pohybové mechanizmy môžu realizovať potrebnú upravenú dráhu horáka. Pre snímanie a určenie absolútnej polohy slúži napr. snímací systém s televíznou kamerou umiestnenou na definovanom mieste pracoviska. Na snímanie relatívnej polohy, t.j. odchýlky polohy, slúži napr. indukčný snímací systém vzdialenosti steny zvarku, pričom snímač je umiestnený pevne voči horáku.

IX.1.1 Snímače polohy pre oblúkové zvaranie

Snímače polohy zvarkov, dielcov zvarku a zvarových spojov sú založené na snímaní rôznych fyzikálnych prejavov zvaraného materiálu a zvaracieho oblúka [1]. Podľa príslušného fyzikálneho prejavu sa snímače delia na:

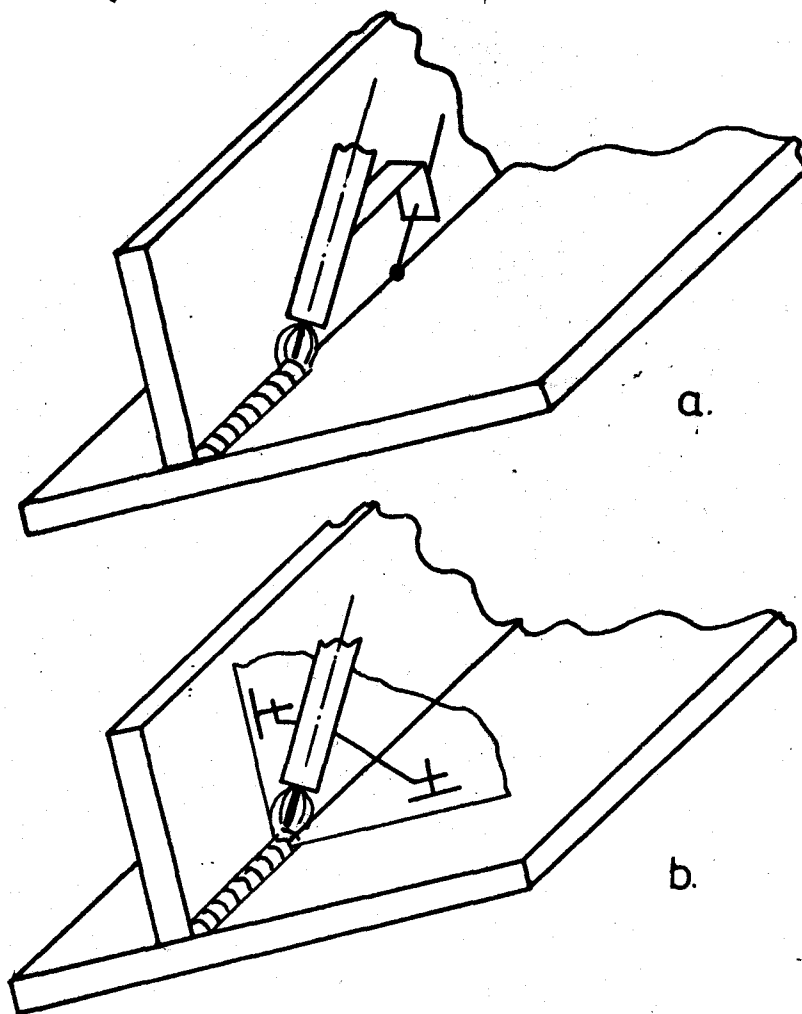
- a) snímače mechanické (priame kopírovanie povrchu dielca, resp. hrany zvarového spoja, napr. kopírovacími kladičkami, obr. IX-la),
- b) snímače mechanicko-elektrické (priame kopírovanie povrchu s premenou zmeny polohy kopírovacieho elementu na elektrický signál, napr. taktilný tenzometrický snímač, obr. IX-lb, taktilný dvojpolohový snímač, obr. IX-lc),
- c) snímače elektrické (induktívne, snímajúce zmenu indukčnosti elektrického obvodu cievky v závislosti od vzdialenosti od zvaraného materiálu, obr. IX-ld, kapacitné, snímajúce zmenu kapacity elektrického obvodu doštičky v závislosti od jej vzdialenosti od zvaraného dielca, obr. IX-le, piezoelektrické snímače atď.),
- d) snímače optické (snímajúce zmenu polohy odrazeného svetelného lúča od zvaraného materiálu, obr. IX-lf, snímajúce a vyhodnocujúce rozdiel intenzity odrazeného svetla zo zvaracieho oblúka od stien zvarku, obr. IX-lh, snímajúce hranu svetla a tieňa, obr. IX-li atď.),
- e) snímače optické špeciálne (TV kamera s vyhodnocovaním polohy hranice svetla a tieňa, termovízna kamera s vyhodnocovaním polohy hraníc izotermických pólí okolo zvaracieho oblúka, ďalej snímače merajúce vzdialenosť miesta odrazu laserového lúča rotujúceho okolo zvaracieho horáka, obr. IX-lj),
- f) snímače akustické (vyhodnocujú frekvenčné a amplitúdové spektrum akustickej emisie oblúka charakteristickej pre určité podmienky a parametre zvarania, obr. IX-lk),



Obr.IX-1

Princípy snímačov polohy zvarového spoja, dielcov a zvarkov

- g) snímače prúdové (vyhodnocujú tzv. stenový efekt alebo zmeny prúdenia média v závislosti od vzdialenosti snímanej plochy, obr. IX-11),
- h) snímacie systémy vyhodnocujúce elektrické veličiny zvaracieho oblúka (napr. pri oblúkovom zvaraní s rozkyvom horáka sa merajú zmeny parametrov oblúka v okrajových a v strednej polohe horáka pri zvaraní kútového spoja, obr. IX-1m),
- i) snímače termické (snímajúce infračervené žiarenie oblúka).

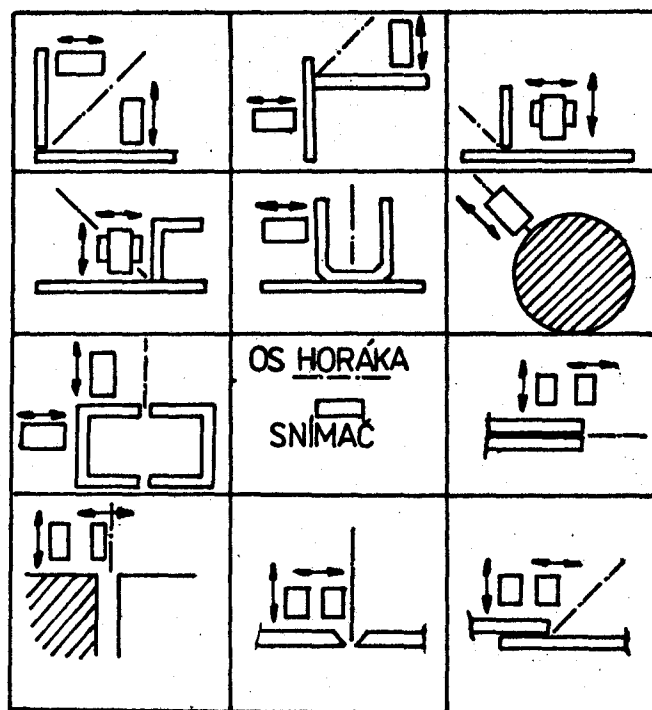


Obr.IX-2
Umiestnenie snímačov polohy na zvarací horák
a - pred zvaracím horákom, b - v úrovni zvaracieho horáka

Väčšina snímačov polohy zvarčkov, dielcov a spojov sa umiestňuje buď pred zvarací horák v smere vektora zvaracej rýchlosti (obr. IX-2a), alebo na úrovni horáka (po stranách horáka v rovine kolmej na vektor zvaracej rýchlosti, obr. IX-2b), prípadne sa sníma priamo poloha osi horáka (snímače akustické, snímače elektrických parametrov oblúka). V prvom prípade treba oneskoriť spracovanie signálu a zmenu polohy horáka ako reakciu na zistenú odchýlku polohy spoja o čas $t = \frac{s}{v}$, kde s je vzdialenosť snímača pred horákom a v je rýchlosť zvarania. Pri umiestnení snímača pred horákom, aj na úrovni horáka po jeho stranách, môžu vzniknúť určité chyby pri snímaní vzdialenosti zvaraného dielca. Napr. pri uhlovom vychýlení konfigurácie horák - snímač voči vektoru zvaracej rýchlosti je snímaná skreslená hodnota. V inom prípade, keď uhol 2 dielcov kútového spoja je väčší ako 90° (alebo menší ako 90°), vzniká chybná informácia, ako by boli steny zvaru vzdialenejšie (alebo bližšie). Takéto a podobné chyby sa vyskytujú pri rôznych druhoch snímačov v rôznej závažnosti v rôznych smeroch.

Podrobným rozborom možnosti vzniku takýchto a podobných chýb, ďalej overením operatívnych vlastností snímacieho systému a zistením technických problémov snímania pri zváraní elektrickým oblúkom (ako zdrojom tepelného, elektrického a magnetického ovplyvňovania signálov zo snímačov a ako zdrojom kovového rozstreku a spalín, čo má za následok postupnú zmenu signálu na optických snímačoch atď.) sa došlo k záveru, že žiaden snímač nemožno používať univerzálne. Pre určité konkrétne zvarky, pre technologické situácie atď. je vhodný len niektorý snímač a aj to len v obmedzenom meradle.

Pre snímače polohy zváraných dielcov a polohy zvarového spoja pre niektoré typy, tvary a konfigurácie zvarkov je zoskupenie zvarok-snímač schematicky naznačené na obr. IX-3.



Obr.IX-3

Konfigurácie snímačov polohy a zváraných dielcov, resp. zvarových spojov

Snímať možno v jednom smere, tzv. jednosúradnicovým snímačom, alebo v dvoch smeroch dvojsúradnicovým snímačom. Snímanie v jednom smere sa aplikuje pri zisťovaní začiatku a konca zvarového spoja, polohy prekážky, pri vedení horáka nad materiálom pri naváraní a pod. Snímanie v dvoch smeroch, obvykle v rovine kolmej na vektor zvaracej rýchlosti, sa aplikuje vo väčšine ostatných prípadov, a to dvoma jednosúradnicovými snímačmi alebo jedným kompaktným dvojsúradnicovým snímačom. V niektorých prípadoch sa používajú aj trojsúradnicové snímače (napr. laserový snímač rotujúci okolo horáka).

IX.2 PROCESOVÁ ADAPTIVITA OBLÚKOVÉHO ZVÁRANIA

Pre zabezpečenie procesovej adaptivity oblúkového zvárania treba zaručiť optimalizáciu kvality, rozmerov a tepelnej bilancie zvarov, a to autonómym rozhodovaním pri riadení a nastavovaní parametrov zvaracieho procesu v vrátane jeho tepelných parametrov. To sa môže uskutočniť na základe spracovania informácií o okamžitom stave procesu, geometrickej situácie a tepelného stavu zvarového spoja a okolia. Pritom však treba zohľadňovať požiadavky na optimalizáciu parametrov procesu, na dosahovanie maximálnej produktivity zvárania.

Riešenie tohto zložitého problému je v súčasnosti na úrovni základného výskumu a prvých pokusných zúžených aplikácií.

V základnej úrovni úlohou procesovej adaptivity oblúkového zvárania je [2] riešiť reguláciu zvaracieho prúdu a súčasné prispôsobenie napätia oblúka tak, aby sa vždy dosahoval stabilný proces. Túto úlohu môžu zabezpečiť jednotky programovania parametrov.

Na vyššej úrovni riešenia problémov procesovej adaptivity sa musí zabezpečiť dávkovanie merného tepla (t.j. určitého množstva tepla na jednotku dĺžky zvarového spoja) podľa určitých zákonitostí, minimálne zistených štatisticky. Ak sa napr. zistí nadmerné prehriatie okolia a vlastného zvarového kúpeľa, zvýši sa odpovedajúco rýchlosť zvárania. Tu vidieť určité vzájomné väzby polohovej a procesovej adaptivity. Hierarchicky tu však procesová adaptivita preberá prioritu v riadení. Podobné situácie môžu vzniknúť pri zavedení rozkvyu zvaracieho horáka za účelom zväčšenia zvarového kúpeľa a iné.

Maximálne ciele riešenia procesovej adaptivity treba vidieť v riadení vstupných parametrov zvárania pri zabezpečení parametrovej závislosti a energetickej rovnováhy procesu na základe získania komplexnej informácie o priebehu procesu pomocou snímačov a rýchlej štatistickej analýzy získaných hodnôt veličín zvaracieho obvodu a procesu.

Súčasné úlohy pre budúce zvládnutie procesovej adaptivity oblúkového zvárania sú teda vo vývoji snímačov, ďalej v zostavení dostatočne presného štatistického (ako minimum) alebo matematického modelu procesu (aspoň v časti väzieb niektorých parametrov). Je to rozsiahla úloha, pretože oblúkové zváranie je stochastický proces.

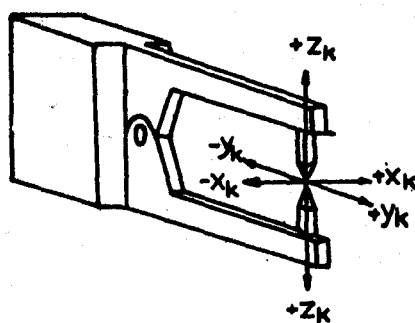
IX.3 ADAPTIVITA V ODPOROVOM BODOVOM ZVÁRANÍ [3]

Charakteristickou vlastnosťou bodového zvarovania je výroba oddelených zvarových (bodových) spojov, v rámci ktorej možno časovo jednoznačne odlišiť polohovanie zvaracieho nástroja zvaracích klieští od fázy, v ktorej prebieha vlastný zvarací proces.

Polohovanie sa skončí nastavením elektród (s väčšou alebo menšou chybou) do miesta, kde sa má zvarať. Systém riadenia zvaracieho procesu tak dostáva zadanie, ktoré sa pre konkrétny bodový zvar už nemení.

Z hľadiska celej výrobnjej operácie, to je zhotovenie spoja (šva, často pozostávajúceho z celého radu bodových zvarov), má zvarací proces, pri ktorom vzniká individuálny zvarový bod, jednorazový charakter. Kvalitný bodový zvar v najširšom ponímaní svojej funkcie ako spájacieho prvku môže vzniknúť len na správnom mieste zvaranej konštrukcie a ako výsledok zvaracieho procesu, riadeného s uvažovaním technologických podmienok, ktoré existujú na danom mieste a v danom čase. Tieto dve skupiny podmienok vytvárajú dva hlavné aspekty adaptivity pri bodovom zvaraní. Vzhľadom na charakter bodového odporového zvaracieho procesu možno tieto aspekty od seba dosť dobre oddeliť, a to ako technicky i časovo.

IX.3.1 Polohová adaptivita odporového bodového zvarovania



Obr. IX.4
Znázornenie súradnicového systému zvaracích klieští

Na obr. IX.4 je definovaný súradnicový systém zvaracích klieští. Najväčšia chyba polohovania vzhľadom na tento súradnicový systém je odchýlka v smere y_k , čo má na úzkom leme za následok chybné umiestnenie bodu príliš blízko k okraju (alebo dokonca mimo lemu), prípadne na druhej strane kolíziu elektród alebo klieští s výlisom alebo prípravkom.

Odhýlka v smere x_k pozdĺž lemu bude nebezpečná len na začiatku alebo na konci spoja, prípadne v mieste, kde sa mení konfigurácia spoja, dosadá upínací element a pod.

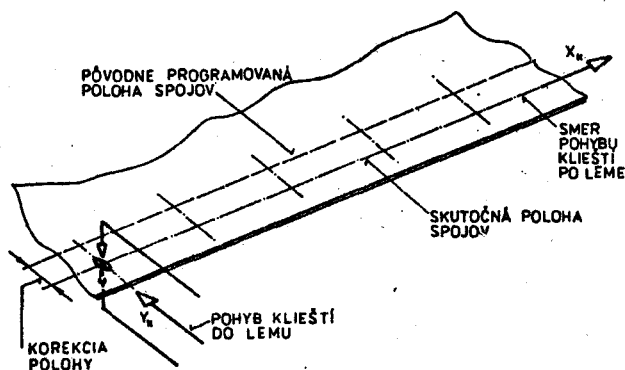
Menšie odhýlky v smere z_k vyrovná "plávajúce" uloženie zvaracích klieští, ktoré je pri zvaracích klieštach, určených pre robot, štandardné riešenie. Pri klieštach typu H dôjde pri väčších odhýlkach v tomto smere k porušeniu kolmosti dosadenia elektród na zvaraný plech. Výchyľky väčšie ako $4 - 7^\circ$ spôsobujú nadmerné výstreky nataveného zvarového kovu, čím sa znižuje kvalita spojov.

Realizácia adaptívnych funkcií polohovania je technicky limitovaná v dvoch oblastiach:

- snímače polohy a snímačové subsystémy,
- riadiace systémy robotov.

Snímače pre adaptívne polohovanie zvaracích klieští sú realizované na niektorých princípoch uvedených v časti IX.1.1.

Riadiace systémy niektorých čs. robotov umožňujú ekvidistančne posunúť určitý naprogramovaný úsek dráhy, t.j. rad bodov zvarového šva (obr.IX.5) na signál snímača merajúceho napr. hĺbku zasunutia klieští do lemu pri prvom bode šva (ide o riadiace systémy RS 3/40 a RS 3/80 pre roboty APR 40 a AM 80). Keďže túto možnosť možno využiť pre ľubovoľný počet švov, môžeme zvarové spoje na výrobku rozdeliť na potrebný počet približne priamych úsekov, a takto zabezpečiť adaptívne polohovanie.



Obr.IX.5

Ekvidistančná korekcia polohy radu bodov na základe vyhľadania prvého bodu šva

Význam aktivity polohovania klieští pri robotizovanom bodovom zvaraní sa u nás v minulosti trochu precenil [4], pravdepodobne v dôsledku špecifických, a nie celkom reálnych realizačných požiadaviek. V zahraničnej literatúre možno nájsť obmedzený počet informácií o pokusoch s polohovou adapti-

vitou v bodovom zváraní koncom sedemdesiatych rokov. Od tých čias tieto informácie úplne vymizli a ani výrobcovia robotov ani užívatelia (automobilový priemysel) v týchto prácach nepokračujú a nepoznáme ani jedinú praktickú realizáciu. Dôvody možno nájsť v charakteristických vlastnostiach konštrukcií z tenkého plechu.

Pripustenie potreby adaptívneho umiestňovania bodových zvarov znamená totiž zmierenie sa s nepresnosťou výliskov a v konečnom dôsledku aj zvarovaných dielcov. Na rozdiel od konštrukcií, zvarovaných oblúkom je na tenkostenných plechových výrobkoch, ako sú karosérie a ich diely, bodové zváranie prakticky finálnou zostavnou operáciou, po ktorej už, nenasleduje trieskové obrábanie tých častí, kde je to z hľadiska rozmerov a iných kvalít potrebné. Zvarenie nepresných dielcov teda znamená také zníženie kvality výrobku, ktoré pri súčasnej orientácii priemyslu na intenzifikáciu a kvalitatívne parametre nebude spravidla únosné. To platí pre automobilový priemysel aj pre výrobu spotrebného tovaru v rovnakej miere. Vzniknutá situácia sa potom rieši sprísňovaním nárokov na kvalitu výliskov, dokonalejším prípravkovým vybavením atď.

IX.3.2 Procesová adaptivita v odporovom bodovom zváraní

Hlavné veličiny, ktoré riadia vznik bodového zvaru sú zvarací prúd a čas jeho prechodu - zvarací čas. Spoločne určujú energiu dodanú do zvaru. Na ďalšom mieste je zvaracia prítlačná sila, ktorá sa na vzniku spoja zúčastňuje ovplyvňovaním prechodového odporu, ako aj ďalšími mechanizmami, ktoré sú prínajmenšom pri nízkouhlíkových ocelových plechoch relatívne menej významné. Preto aj zvarací proces toleruje jej zmeny v širších medziach ako pri zvaracom prúde.

Veľkú úlohu vo zvaracom procese hrá aj rad ďalších podmienok, ktoré jestvujú na začiatku zvárania a ktoré charakterizujú zvaraný materiál, konfiguráciu spoja a zvaracie elektródy. Riadiaci systém nemôže na tieto podmienky pôsobiť, no môže usmerňovať priebeh procesu tak, aby sa im prispôbil.

Pojem kvality zvarového spoja v celej svojej šírke je teda veľmi obsiahly a zložitý. V podstate je kvalita daná súhrnom vlastností charakterizujúcich, ako bude zvarový spoj vykonávať funkcie, ktoré sa od neho na výrobku vyžadujú. Problém kvality možno však v prvom priblížení redukovať takto: Kvalitný je v zásade ten zvarový spoj, kde sa podarilo vytvoriť zvarovú (tavnú) šošovku vyžadovaných rozmerov. Rozmery, najmä priemer tavnej šošovky bodového zvaru na nízkouhlíkovom ocelovom plechu, prakticky úplne definujú pevnostné vlastnosti zvarového spoja a toto kritérium možno využívať pri ďalších úvahách.

Hrúbka tavnej šošovky (prievar) a hĺbka odtlačku elektród majú na pevnosť spoja oveľa menší vplyv a tvoria skôr doplnkové kritériá kvality.

Vplyvy, ktoré pôsobia na takto užšie vymedzenú kvalitu bodových zvarov, možno rozdeliť do nasledujúcich skupín:

- a) Programové zmeny technologických podmienok. Ide o zmeny predpísané konštruktérom, ktoré možno predvídať, uchovávať v programe RS robota (ak má dostatočnú pamäť) a reagovať na ne napr. prepínaním rôznych technologických programov - súborov zváracích parametrov, uchovávaných v pamäti systému riadenia zváracieho procesu. Príkladom sú rôzne kombinácie hrúbok a počtu plechov na tom istom výrobku, striedanie dielcov z povrchovo upravených materiálov s dielcami s holým povrchom, šuntovanie susedným bodom atď.
- b) Systematické rušivé vplyvy. Tieto zmeny postupujú s určitým predvídateľným trendom, takže ich kompenzáciu môže zabezpečiť špeciálny regulačný systém. Typickým príkladom je narastajúce opotrebovanie elektród. Iný príklad je zhoršovanie kontaktu plechov, ako narastá tuhosť zvarového dielca s pribúdajúcimi zvarmi, alebo vzrastajúca impedancia sekundára zváracích klieští, keď sa tieto zasúvajú hlbšie do spoja a v sekundárnej slučke sa ocitá čoraz väčšie množstvo feromagnetického materiálu.
- c) Náhodné rušivé vplyvy. Ide o zmeny, ktoré nemožno žiadnym spôsobom vo pred predvídať, prichádzajú náhodne, ich pôsobenie sa mení na zvarových dielcoch z miesta na miesto alebo v čase. Sem patria: kolísanie napätia siete, tlaku vzduchu v rozvode, kvality povrchu plechov (hrdza, mastnota, prach), tuhosti a kontaktu zvarových dielcov, šuntovanie prúdu náhodným kontaktom, zámena materiálu, zmeny hrúbky v dôsledku tolerancií valcovania alebo lisovania atď.

Uvedené vplyvy nepriaznivo ovplyvňujú výsledok zváracieho procesu. Môžu mať za následok rôzne chyby zvarových spojov:

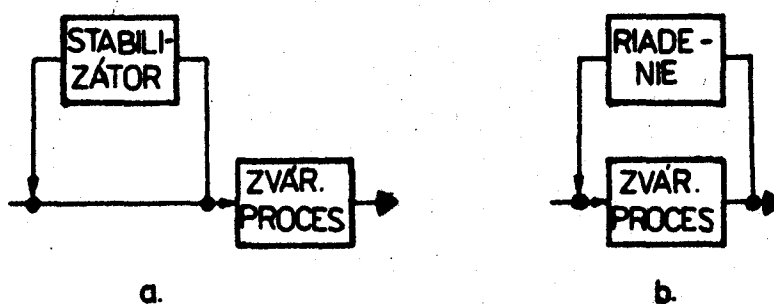
- nedostatočný zvar, nazývaný aj studený, zlepený alebo difúzny. Jeho primárnou príčinou je nedostatok energie dodanej do zvaru, čo môže mať rôzne dôvody: opotrebovanie elektród, straty prúdu šuntovaním, zlé dosadenie plechov, zvýšený počet alebo hrúbka plechov v spoji, pokles napätia siete a iné;
- nadmerná hĺbka odtlačku elektródy pôsobí na zoslabenie spoja, je to vzhľadová chyba a sťažuje povrchovú úpravu výrobku;
- výstrek zo zvaru zoslabuje spoj, zasahuje okolie, znečisťuje ho a často aj výrobok. Je známkou energetického preťaženia alebo nízkej prítláčnej sily;
- výstrek pod elektródami vzniká pri nedostatočnej prítláčnej sile, povrchom znečistení plechov alebo elektród a pod. Ide o vzhľadovú chybu, urýchljuje opotrebovanie elektród, sťažuje povrchovú úpravu a môže viesť k zraneniam rúk;

- rôzne ďalšie vzhľadové chyby, ako opálenie povrchu, nepravidelné odtlačky zle udržiavaných elektród atď.

Vyporiadať sa s uvedenými chybami kompenzáciou vplyvov, ktoré by inak viedli k ich vzniku, je úlohou adaptívneho riadenia zvaracieho procesu.

Kompenzovať náhodný rušivý vplyv, ktorý pôsobí počas procesu, môže len systém, ktorý je o pôsobení daného vplyvu, prípadne o anomálnom priebehu procesu informovaný. Takéto zariadenie využíva informáciu, odoberanú zo zvaracieho procesu, na jeho riadenie pomocou spätnej väzby.

Často používané riešenie je stabilizácia jednej alebo niekoľkých vstupných veličín procesu (obr. IX-6a).



Obr. IX-6
Schéma napojenia riadiaceho systému na zvarací proces
a - na vstupe, b - na výstupe

Informácia o kolísaní vstupnej veličiny sa odoberá na vstupe zvaracieho procesu a tam sa tiež uzatvára spätná väzba. Touto formou sa napr. robí kompenzácia sieťového napätia, ktorou sú bežne vybavené modernejšie programátory (timery) zvaracích strojov.

Existujú zariadenia, ktoré stabilizujú niektorú z procesových veličín, napr. zvarací prúd alebo napätie na zvare. Spoločným nedostatkom týchto stabilizátorov je, že kompenzujú kolísanie príslušnej veličiny bez ohľadu na potreby práve prebiehajúceho procesu a často aj v priamom protiklade k jeho požiadavkám. Príkladom sú negatívne dôsledky stabilizácie prúdu v prípade šuntovania.

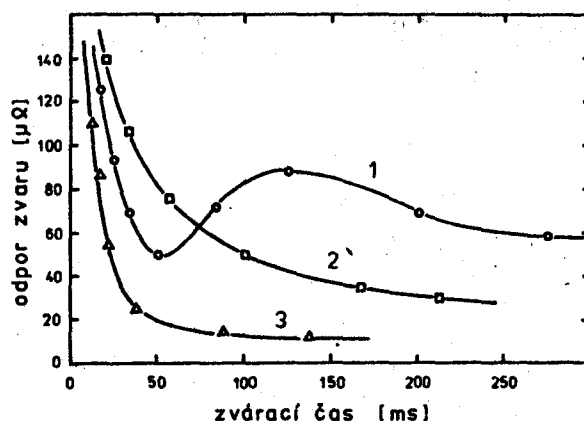
Lepšie výsledky sa dosahujú s riadením, ktoré odoberá informácie o zvaracom procese z jeho výstupu a spätnou väzbou ovplyvňuje parametre na vstupe (obr. IX-6b). Ako informácia sa používa veličina, ktorá je produktom zvaracieho procesu a dostatočne ho charakterizuje, prípadne viac veličín. Riadenie podľa viacerých veličín sa zatiaľ používa zriedka, pretože systém sa neúmerne komplikuje, čo nie je vyvážené ziskom informácií.

Systémy so spätnou väzbou z výstupu procesu viac-menej úspešne kompenzujú najzávažnejšie náhodné rušivé vplyvy, ako aj systematický vplyv opotrebovania elektród. Tieto zariadenia dokážu do istej miery prispôsobiť zvarací proces okamžitým a miestnym zmenám v technologickej situácii, sú teda v rôznej miere procesovo adaptívne. Je to vítaná vlastnosť pre použitie na zvaracích robotoch.

IX.3.2.1 Algoritmus riadenia bodového zvarania AUTOSET-R

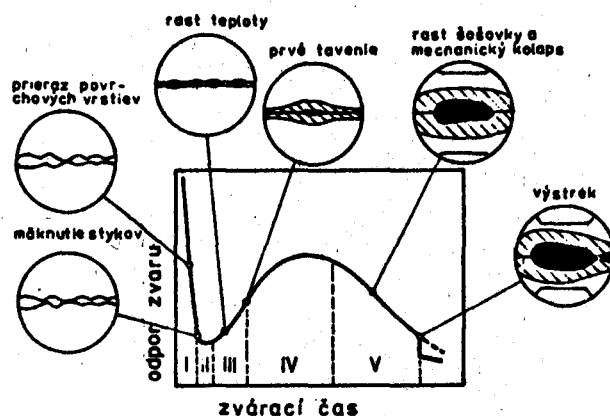
Algoritmus spätnoväzbového riadenia bodového zvarania na základe odporu zvaru, nazvaný AUTOSET-R, bol vyvinutý vo VÚZ Bratislava so špeciálnym zreteľom na použitie na zvaracích klieštach [5]. Odpor zvaru predstavuje pre tento cieľ pomerne vhodnú procesovú veličinu.

Na obr. IX-7 sú typické priebehy odporu pri bodovom zvaraní rozličných materiálov [6]. Pri plechoch z uhlíkových a nízko- a mikrolegovaných ocelí vidieť charakteristický tvar s minimom a maximom.



Obr. IX-7
Typický priebeh odporu bodového zvaru
1 - nízkouhlíková oceľ, 2 - nehrdzavejúca oceľ, 3 - hliník

Tieto význačné body priebehu, ako ukázali rozliční autori [6, 7, 8], dobre charakterizujú jednotlivé fázy vývinu bodového odporového spoja; obr. IX-8, a možno ich využiť na riadenie zvaracieho procesu. Experimentálne sa zistilo, že rôzna hodnota zvaracieho prúdu, ako aj rôzna hodnota prúdového svahu (to je rýchlosti narastania prúdu), majú len malý vplyv na časovú polohu minima priebehu odporu, no silne ovplyvňujú okamih, v ktorom priebeh odporu dorastie na svoje maximum. To sa využíva na ovládanie hodnoty zvaracieho prúdu tak, že svahový nárast prúdu sa preruší v čase, keď priebeh odporu dosiahol svoje maximum, a ďalej sa zvara už pri konštantnom nastavení prúdu. Týmto spôsobom si proces sám "vyžiada" nižší alebo vyšší zvarací prúd - podľa toho, pri akej prúdovej hodnote sa v spoji začína tavenie a nasledujúcim maximom odporu.



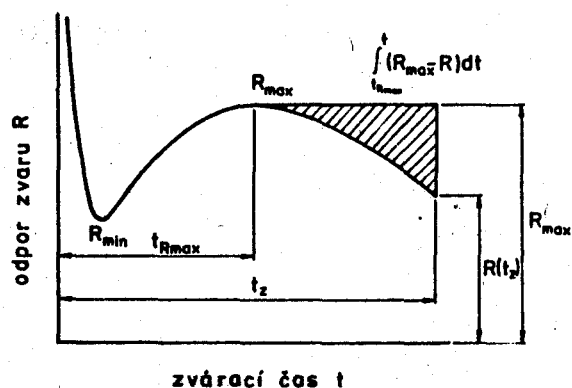
Obr. IX-8

Charakteristické časti priebehu odporu bodového zvaru nízkouhlíkovej ocele

Na riadenie zvaracieho času sa využíva experimentálne zistená skutočnosť, že plocha nad koncovou časťou priebehu odporu podľa obr. IX-9 daná výrazom

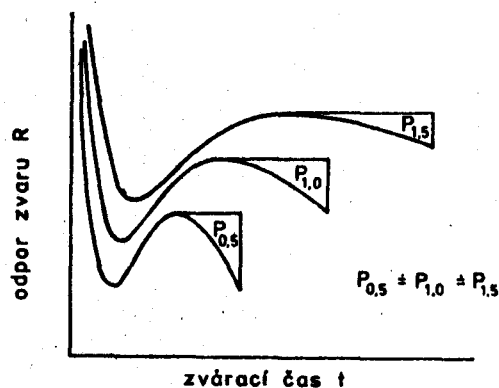
$$P = \int_{t_{R_{\max}}}^t (R_{\max} - R) dt$$

zostáva približne rovnaká pri zvaraní rôznych hrúbok a kombinácií plechov aj pri iných zmenách technologických vstupných podmienok (obr. IX-10).



Obr. IX-9

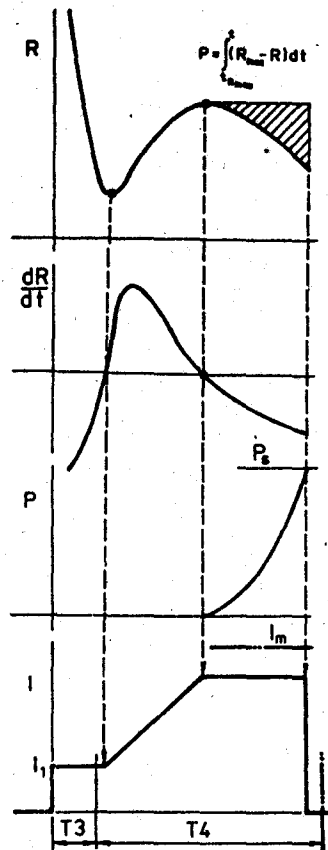
Schéma a označenie premenných pre algoritmus AUTOSSET-R



Obr. IX-10

Priebeh odporu bodového zvaru plechov nízkouhlíkovej ocele rôznych hrúbok (0,5 - 1,0 - 1,5 mm)

Celkove je funkcia algoritmu AUTOSSET-R zrejma z obr. IX-11, kde je schéma priebehov jednotlivých procesových veličín a ich vzájomný vzťah v čase.



Obr.IX-11

Schéma funkčného princípu riadenia bodového zvarovania AUTOSSET-R

Na začiatku zvarovania sa zvarací prúd s nízkou počiatočnou hodnotou I_1 dodáva počas nastaviteľného času T_3 , v trvaní spravidla 2 až 3 periód. V tejto fáze zanikajú prechodové odpory a priebeh odporu zvaru sa ustáli. Po uplynutí času T_3 sa uvedie do činnosti (resp. odblokuje) vyhodnocovanie. Nízka konštantná hodnota prúdu I_1 sa udržiava až do vzniku minima R_{min} na priebehu odporu. Potom sa začne prúd stahovito zvyšovať až po vznik maxima odporu R_{max} (prejaví sa opäť hodnotou derivácie $dR/dt = 0$). V tomto okamihu sa svah prúdu zastaví a ďalej sa zvara s konštantnou hodnotou nastavenia prúdu, aká sa dosiahla pri zastavení svahu. Od času t_{Rmax} , keď nastalo maximum odporu, sa začne počítať integrál pre výpočet plochy P . Ak tento dosiahne vopred zvolenú a nastavenú hodnotu P_s , zvarací prúd sa vypne. Obmedzenie zvaracieho prúdu I_m a zvaracieho času súčtom $T_3 + T_4$ slúži ako akási poisťka, že v prípade zlyhania riadenia sa nepoškodí zvarací stroj.

Krokovanie odvodené od algoritmu AUTOSSET-R

V prípade, že pri konkrétnom technologickom nasadení prevláda systematický vplyv opotrebovania zvaracích elektród, ako je to napr. pri bodovaní pozinkovaného plechu, riadeniu prichodí riešiť osobitné problémy.

Aby sa dostatočne využila životnosť elektród, treba horné regulačné medze - dorazy prúdu I_m a času $T3 + T4$ nastavovať veľmi voľne. To ale prináša nebezpečenstvo, že v prípade poruchy v riadení budú elektródy nadmieru energeticky preťažené. Takú poruchu môže spôsobiť napr. silne znečistené alebo skorodované miesto na plechu alebo pracovník, ktorý umiestni elektródy časťou dosadacej plochy mimo plechu. Dve - tri takéto chyby na začiatku životnosti elektród môžu znížiť ich životnosť o 50 - 70 %.

Tento problém rieši nastavenie tzv. kľzavých dorazov prúdu a času I_k a T_k pomerne tesne k skutočne potrebným počiatočným hodnotám prúdu a času. Keď sa na základe viacnásobného dosiahnutia týchto kľzavých dorazov systém presvedčí, že nejde o náhodnú chybu, ale o systematický vplyv opotrebovania elektród, hodnota klzného dorazu sa prestaví o jeden krok. Po vykrokovaní až na maximálny limit I_m alebo $T3 + T4$ sa signalizuje vyčerpanie celkovej životnosti elektród.

Pri praktickej aplikácii možno použiť len krokovanie jedného parametra - zváracieho prúdu alebo času - alebo súčasne nezávislé krokovanie oboch parametrov. To poskytuje značne mnohostranné kombinácie. Technologické možnosti krokového riadenia na základe spätnej väzby od algoritmu AUTOSSET-R neboli doteraz technologicky úplne preskúšané.

Systém riadenia procesu bodového zvárania zariadením VÚZ-M1

Zariadenie VÚZ - M1 na riadenie procesu bodového zvárania je umiestnené v samostatne stojacej skrinke. Hlavné časti sú riadiaci modul a výkonový spínač.

Riadiaci modul je umiestnený v samostatne výsuvnej skrinke systému ALMES, spojený so skriňou riadenia konektormi. Na čelnej stene modulu, prístupnej z hornej časti skrine, je umiestnená technologická klávesnica a displej, ktoré obsahujú všetky ovládacie a indikačné prvky zariadenia.

Riadiaci modul zabezpečuje riadenie zváracieho procesu, spoluprácu s RS robotom, komunikáciu so systémom centrálného ovládania pracoviska a komunikáciu s obsluhou. Ústrednou časťou riadiaceho modulu je centrálna procesorová jednotka Q 151 z k.p. BEZ Bratislava s mikroprocesorom HMB 8080A. Modul ďalej obsahuje obvody pre styk so zváracím zariadením a ostatnými časťami pracoviska a vzorkovací prevodník na zber údajov, meraných zo zváracieho procesu. Na zbernicu zariadenia (formát TFSLA IMA) možno pripojiť doplnujúce jednotky, ako napr. jednotku sériového kanála, určenú na zabezpečenie styku s nadradeným systémom riadenia.

Riadiaci program je uložený v 8kB pamäti EPROM centrálnej procesorovej jednotky.

S riadiacim systémom robota komunikuje signálmi "povolenie zvarania" (štart procesu zvarania) a "povolenie pohybu robota". Prijatie signálov sa potvrdzuje.

Systém M_1 umožňuje:

- Riadiť zvarací proces pri pevne nastavených zvaracích parametroch (v tomto prípade má zabudovanú kompenzáciu kolísania sieťového napätia).
- Riadiť na základe spätnej väzby od odporu zvaru algoritmom AUTOSET-R.
- Krokovým riadením zvaracieho času $a/$ alebo prúdu kompenzovať opotrebovanie zvaracích elektród, napr. pri zvaraní pokovených plechov.
- Merať fázový uhol φ a tomuto automaticky prispôsobiť rozsah regulácie výkonu.
- Uchovávať v pamäti až 4 kompletne a nezávislé zvaracie programy, vyvolateľné ručne z ovládacieho panelu alebo signálom z RS robota. Pamäť zvaracích parametrov typu CMOS RAM je zálohovaná počas minimálne 100 h.
- Po každom zvare zobrazovať najdôležitejšie technologické informácie vrátane procesovej a funkčnej diagnostiky zariadenia.
- Na požiadanie obsluhy zobrazovať ďalšie informácie z procesu, potrebné na nastavovanie a kontrolu činnosti algoritmu AUTOSET-R a krokového riadenia.
- Prostredníctvom komunikácie cez sériový kanál (špeciálne vybavenie) pracovať pod kontrolou systému vyššej úrovne riadenia.
- Pomocou grafickej zobrazovacej jednotky (špeciálne vybavenie) zobrazovať časové priebehy procesových veličín.
- Pomocou senzorického subsystému (špeciálne vybavenie) spracúvať signály snímača zasunutia do lemu a dávať povelý RS robota na riadenie pohybu pri zasúvaní do lemu.

IX.4 VŠEOBECNÉ ASPEKTY ADAPTIVITY

Riešenie polohovej a procesovej adaptivity je v súčasnosti zrejme nemožné a tiež nepotrebné vyriešiť v úplne všeobecnej polohe. Prakticky pôjde vždy o určitý druh výroby zvariek v konkrétnom závode, v konkrétnych podmienkach, pre určité druhy zvariek a zvarových spojov pre určité rozsahy indikovaných veličín. Bude teda možné riešiť problematiku adaptivity účelovo.

Polohová adaptivita v oblúkovom zvaraní je už pomerne rozpracovaná, v priemysle sa používa určitý počet aplikácií (robotizované pracoviská Cloos, Asea a ďalšie). V ČSSR sú vytvorené technické prostriedky pre zvlád-

nutie polohovej adaptivity (priemyselné roboty APR 20 a riadiace systémy RS 4A, tenzometrické a indukčné snímače atď.).

Procesová adaptivita oblúkového zvarovania s ohľadom na stochastický charakter procesu, absenciu štatistického alebo matematického modelu procesu, ďalej s ohľadom na potrebu obťažného snímania viacerých veličín procesu a veľmi rýchleho spracovania snímaných veličín je v začiatkoch riešenia. Intenzívne práce na jej riešení prebiehajú v ZSSR.

Procesová adaptivita odporového bodového zvarovania je rozpracovaná na dostatočnej úrovni. V ČSSR je na vysokej úrovni a dáva predpoklady rýchleho rozšírenia do priemyslu.

Literatúra

- [1] Schultze, K. R. - Faber, W.: Sensoren für Lichtbogenschweisssroboter und - automaten. Halle, ZIS 1982.
- [2] Bukový, I.: Perspektívy priestorovej a procesovej adaptivity u oblúkového zvarovania pomocou robotov. In: Robotizované zvaračské pracoviská. Bratislava, DT ČSVTS 1983.
- [3] Janota, M.: Adaptívne riadenie bodového zvarovania na robotizovaných pracoviskách. Bratislava, VÚZ 1985.
- [4] Janota, M.: Adaptivita polohovania robotov pre odporové bodové zvarovanie. Zvarovanie, 30, 1981, č. 5, s. 143-147.
- [5] Dzurányi, E. - Janota, M. - Kubán, J.: Systém automatického riadenia odporového bodového zvarovania VÚZ AUTOSET-R. Zvaračské správy 31, 1981, č. 1, s. 11-22.
- [6] Bhattacharya, S. - Andrews, D. R.: Significance of dynamic resistance curves in the theory and practice of spot welding. Welding and Metal Fabrication, 42, 1974, č. 9, s. 269-301.
- [7] Kubán, J.: Automatické riadenie odporového bodového zvaracieho procesu pre zvaracie kliešte. Kandidátska dizertačná práca. Bratislava, 1982.

X. Postup pri návrhu, realizácii a využívaní robotizovaného pracoviska (Jajcay)

Robotizované pracoviská pre oblúkové a odporové zváranie sa vyznačujú niektorými vlastnosťami, ktoré sa prejavujú jednak pri ich návrhu a realizácii a jednak pri ich využívaní vo výrobe. Podstata tejto zvláštnosti tkvie v tom, že robotizované pracoviská na rozdiel od iných vysokoautomatizovaných zvaracích strojov a zariadení našli svoje využitie a uplatnenie od malosériovej výroby (niekedy dokonca aj v kusovej výrobe) až po hromadnú výrobu. Pri aplikáciách v malosériovej výrobe sa výhodne využíva ich výrobná pružnosť, t.j. relatívne ľahká zmena výrobného programu zvariek (zmenou programu, prípravku atď.) z určitého pomerne rozsiahleho súboru zvariek, ktoré je schopné konkrétne robotizované pracovisko vyrábať. Pri hromadnej výrobe sa zasa využíva ich produktivita, kvalita zvarových spojov a ďalšie výhody uvedené v kap. VII.

Špecifické je ich použitie v automobilovom priemysle (čo je typický prípad hromadnej výroby), kde umožňujú zváranie inovovaných karosérií bez rozsiahlych investícií a častú zmenu výroby tvarových variantov na jednej linke (limuzína-kombi, dvojdverové-štvordverové a pod.). Výhodne teda v sebe zlučujú zdanlivo protirečivé prvky univerzálneho a jednodúčelového pracoviska.

Uvedené vlastnosti robotizovaného pracoviska sa využívajú pri dvoch možných postupoch určovania výrobného programu zabezpečovaného na robotizovanom pracovisku:

- výbere, návrhu a realizácii stavby určitého robotizovaného pracoviska pre určitý vopred definovaný súbor zvariek tvarovo a rozmerovo pomerne odlišných,
- výbere, návrhu a zavedení výroby súboru zvariek na určitom vopred definovanom, resp. realizovanom robotizovanom pracovisku.

Tak ako sú tieto dva možné postupy opísané variáciami poradia takmer tých istých slov, platia takmer rovnaké zásady pre uskutočnenia obidvoch už uvedených postupov. Z tohto dôvodu je v ďalšom uvedený len jeden postup, druhý sa dá z neho ľahko odvodiť a aplikovať.

Postup pri návrhu a zavedení výroby na robotizovanom zváranom pracovisku obsahuje nasledujúce kroky:

- a) Pri výbere zvariek pre robotizované pracovisko
 - porovnanie rozmeru zvarku s tvarom a rozmerom pracovného priestoru robota a polohovadla,

- porovnanie hmotnosti zvaru (prípadne aj prípravku) s nosnosťou polohovadla (ak sa zvarok upína na polohovadlo) alebo robota (ak robot manipuluje zvarom a technologická hlavica je stabilná), porovnanie klopných a otočných momentov zvaru a polohovadla,
 - zistenie opakovanej presnosti polotovarov, výroby odliatkov, výkovkov, ďalej výroby dielcov trieskovo opracúvaných atď. (časť IX.1, body a), b), c)),
 - posúdenie opakovanej presnosti polohovania robota (v koncovom bode technologickkej hlavice) a polohovadla (časť IX.1, body d), e)).
- b) Pri konštrukčno-technologickej previerke vybratých zvarkov
- prešetrenie prístupnosti technologickkej hlavice ku a do zvaru (resp. sady technologických hlavíc),
 - prešetrenie možnosti úpravy technologickkej hlavice,
 - určenie počtu hladín zvaracích parametrov, možnosť ich zníženia (zjednotením hodnôt zvaracieho prúdu a napätia pri rozdielnej hodnote zvaranej rýchlosti, zjednotením polôh zvarania a prierezu zvarových spojov),
 - určenie zvarových spojov na vyhotovenie na ručnom pracovisku (prípadne pri stehovaní zvaru).
- c) Pri vypracovaní technologického postupu (okrem obvyklých prvkov spracúvania technologického postupu)
- určenie postupu vyhotovenia zvarových spojov pri minimálnych manipulačných pohyboch robota a polohovadla (v podstate práve na týchto manipulačných pohyboch možno skracovať neproduktívny čas pri výrobe zvarkov),
 - určenie polohy upnutia na polohovadle s ohľadom na minimalizovanie momentov a manipulačných pohybov,
 - určenie minimálneho počtu dopravnej manipulácie do pracovného priestoru robota a späť pri nevyhnutnosti viacnásobného dokompletovania zvarov (t.j. zvaru, ktorý má spoje aj v dutinách postupne uzatváraných ďalšími dielcami alebo časťami zvaru).
- d) Pri konštrukčnom spracovaní prípravkov (okrem obvyklých činností)
- riešenie odvedenia väčšieho množstva tepla z prípravku (pri robotizovanom zvaraní je vyšší podiel času horenia oblúka!),
 - riešenie odolnosti prípravku voči väčšiemu množstvu rozstreku,
 - odstránenie pohyblivých pák, reťazí atď. a upevnenie tlakových hadíc (pri pneumatickom prípravku) a hadíc chladiacej vody, aby sa nepremiestnili do nečakanej nevhodnej polohy a nenastala ich kolízia s pohybujúcou sa technologickou hlavice,
 - uprednostňovanie zložitejšieho prípravku (vyhotovuje sa jednorazovo voči stehovaniu zvaru (musí sa uskutočniť pri každom zvaru znova!)).
- e) Pri úpravách zvarov, ktoré neprešli výberom podľa bodu a)
- zvýšenie presnosti dodávaných polotovarov, presnosti výroby dielcov atď.,
 - rozdelenie zvarov na podskupiny (s nadväzným ručným zvaraním pod-

- skupín do celku zvarku),
- nové konštrukčné spracovanie zvarku,
 - realizácia a využitie adaptívnych vlastností robota atď.

Pri návrhu a realizácii stavby robotizovaného pracoviska, pravda, pristupujú aj ďalšie (v už uvedenom postupe neobsiahnuté) činnosti: spracovanie projektu pracoviska, výber robota atď.

XI. Integrované výrobné úseky pre zváranie (Ryban)

Na základe súčasného svetového trendu automatizácie výroby zvariek a zváraných súčastí možno predpokladať, že ďalší vývoj koncepcie takejto výroby sa bude vyznačovať týmito črtami:

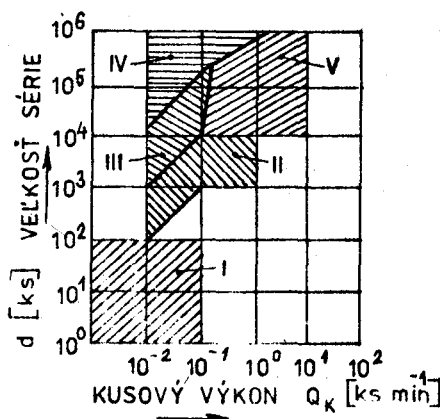
- a) vysoká produktivita a efektívnosť znižovaním nárokov na pracovný čas, lepším využívaním fondov,
- b) vysoká flexibilita voči ustavične sa meniacim výrobkom a výrobným programom,
- c) široká využiteľnosť modulárne zostaviteľných čiastkových systémov.

V malosériovej a strednosériovej výrobe sa uskutoční prechod od klasickej neintegrovanej výroby k flexibilnej automatizovanej výrobe dvoma smermi:

- a) automatizácia výroby prostredníctvom budovania integrovaných výrobných sústav v podobe integrovaných výrobných jednotiek,
- b) automatizácia technickej prípravy výroby vrátane technologickej projekcie pomocou počítačových systémov spracovania informácií od konštrukcie (CAD) cez technologické plánovanie (CAP) a riadenie výroby až po samostatnú výrobu (CAM).

Zváracie výrobné systémy

Ak si zvolíme ako základné typické znaky dôležitých hodnôt, napr. veľkosť série alebo dávky v kusoch a ako druhý parameter kusový výkon Q_k ($\text{ks} \cdot \text{min}^{-1}$), potom možno vymedziť oblasti použitia rôznych výrobných systémov na výrobu zváraných strojových súčiastok (obr. XI-1), [1].



Obr. XI-1
Oblasti použitia výrobných systémov

- I. - Kusová výroba, oblasť použitia jednotlivých zvaracích strojov ručných alebo poloaautomatických. Medzi výrobnými systémami nie je integrovaný výrobný a informačný tok.
- II. - Malosériová až strednosériová výroba, integrované výrobné úseky a pružné výrobné systémy. Zoskupenie niekoľkých výrobných zariadení vzájomne spojených a závislých od zvarenca. Funkčne závislý technologický celok.
- III. - Veľkosériová výroba, jednúčelové zvaracie stroje, priemyselné roboty a manipulátory (PRaM).
- IV. - Veľkosériová výroba s prechodom ku hromadnej, robotizované zvaracie linky.
- V. - Hromadná výroba, stroje s plynulou dopravou zvarencov, automatizované zvaracie linky (môžu byť vybavené PRaM).

Usporiadanie zvaračských pracovísk

Podľa rozsahu výroby, charakteru a úrovne riešenia členíme výrobné systémy [2] takto:

- zvaracia linka,
- integrovaný výrobný úsek,
- pružný výrobný systém.

Zvaracia linka

Výroba v takomto usporiadaní má špecifický charakter, závisiaci od druhu vyrábanej produkcie - zvarkov. Progresívnosť riešenia tkvie vo vybudovaní jednúčelových zvaracích pracovísk a ich postavení do linky tak, aby na výstupe z linky sme dostali hotový zvarok pripravený na ďalšie spracovanie. Najvhodnejšou a najviac používanou technológiou je využitie odporového zvarovania. Umiestnenie pracovísk a ich vzájomné väzby musia umožniť programové riadenie výroby. Usporiadanie výroby do linky umožňuje dosahovať vysokú produkciu zvarkov vo vyžadovanej rozmerovej presnosti zvarencov a kvalite zvarov. Vyžaduje však vysokú presnosť vyhotovenia detailov a ich neprerušovaný prísun, aby sa nenarúšal plynulý chod linky. Linkové usporiadanie zvarovania sa uplatňuje výhodne pri vyšších typoch výrob, najmä v automobilovom priemysle. Nevýhodou je, že pri zmene zvarkov treba urobiť značné zásahy do usporiadania linky. Možno vybudovať centralizované pracovisko zvarovania univerzálneho charakteru pre celý výrobný systém, so základným technologickým vybavením podľa druhu hlavných nosných programov podniku. Vybavenosť zvarovne špeciálnymi zariadeniami závisí od technickej zložitosti a náročnosti výrobkov. V maximálnej miere sa uplatňujú prvky mechanizácie a automatizácie. Automatické zvaracie zariadenie je zariadenie s viacerými nástrojmi (oblúk, odpor) s určitou možnosťou zmeny pracovného programu.

Integrovaný výrobný úsek

Integrovaný výrobný úsek (IVÚ) CAD-CAM systém je definovaný ako relatívne uzavretý systém, ktorý využíva na konštruovanie, projektovanie, technológiu, plánovanie výroby a výrobu v reálnom čase výpočtovú a inú techniku, spracovanie informácií pre optimalizáciu a automatizáciu výrobného cyklu [3]. Integrovaný výrobný úsek sa skladá z nasledujúcich častí:

- technologická príprava výroby,
- príprava materiálov a polotovarov,
- príprava a zoraďovanie nástrojov a upínačov,
- technologické zariadenia,
- medzioperačná doprava a manipulácia,
- technická kontrola,
- technická obsluha výroby,
- organizácia, plánovanie a riadenie,
- vnútorné a vonkajšie podmienky efektívnej automatizácie.

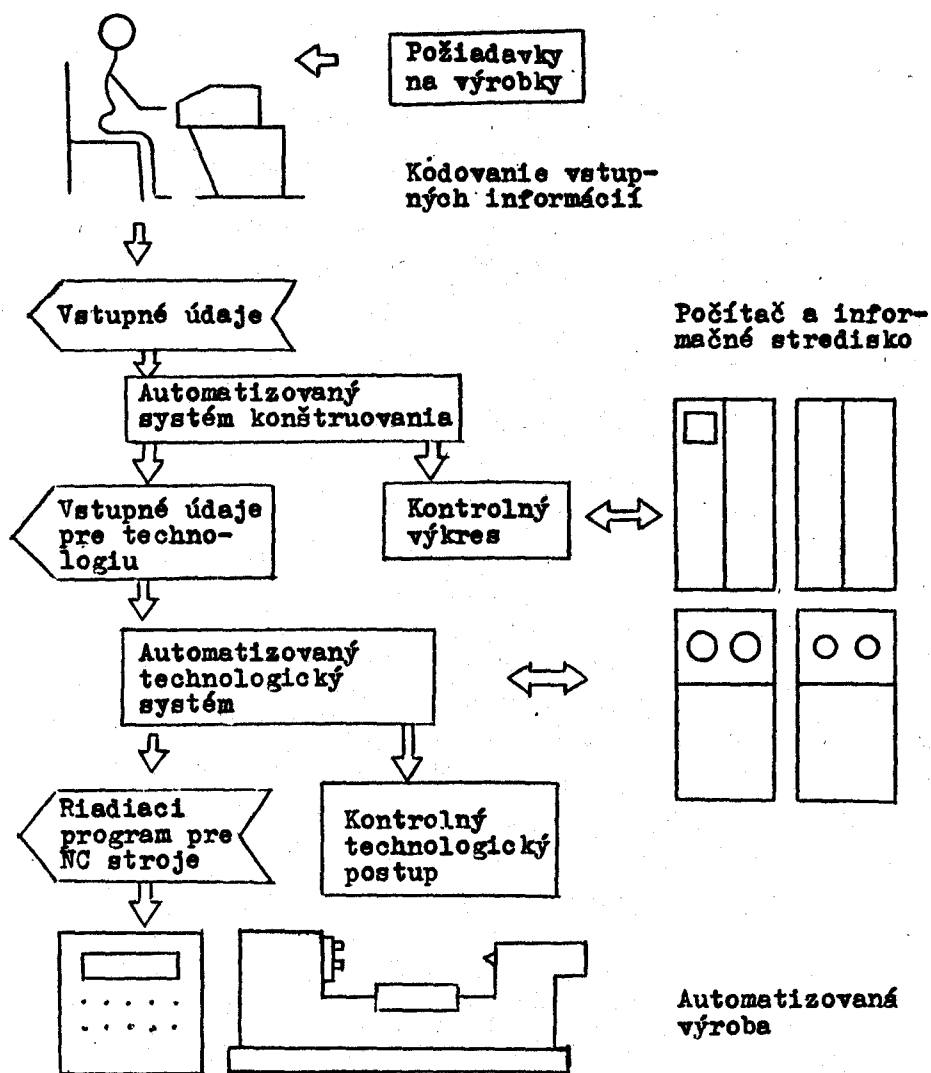
Integrovaný výrobný úsek je vlastne ďalším stupňom automatizácie, kde je komplexne riešená automatizácia vlastného zvaracieho procesu s automatizáciou medzioperačnej a operačnej manipulácie a skladového hospodárstva. Zariadenia môžu mať adaptibilitu na niekoľko typov zvarencov, sú viacúčelové, nemajú však univerzálnosť klasického robota.

Pre integrované výroby je automatizácia potom ako vlastný pracovný prostriedok. Proces sa zlepšuje, optimalizuje a riadi pomocou ASR procesov. Základom všetkých IVÚ je automatizovaný tok informácií [3] (obr. XI-2).

Integrovaný výrobný úsek je, ako sme spomenuli, napojený na ostatné prvky výrobného systému závodu s pracoviskami vstupu a výstupu. Je tvorený sústavou podsystemov (obr. XI-3):

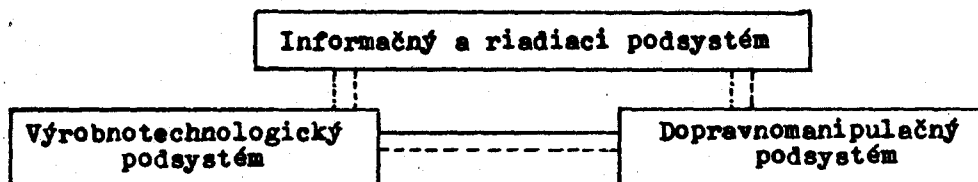
- výrobnotechnologický podsystem,
- dopravnomanipulačný podsystem,
- informačnoriadiaci podsystem.

Z hľadiska IVÚ a technologického hľadiska je výhodné zvarky deliť na niekoľko menších podskupín. To znamená z detailov zhotovovať zvarané podskupiny, z podskupín a ďalších zvaraných komponentov skupiny - zostavy. Toto delenie je veľmi výhodné z hľadiska priestorovej štruktúry IVÚ - ZD [4].

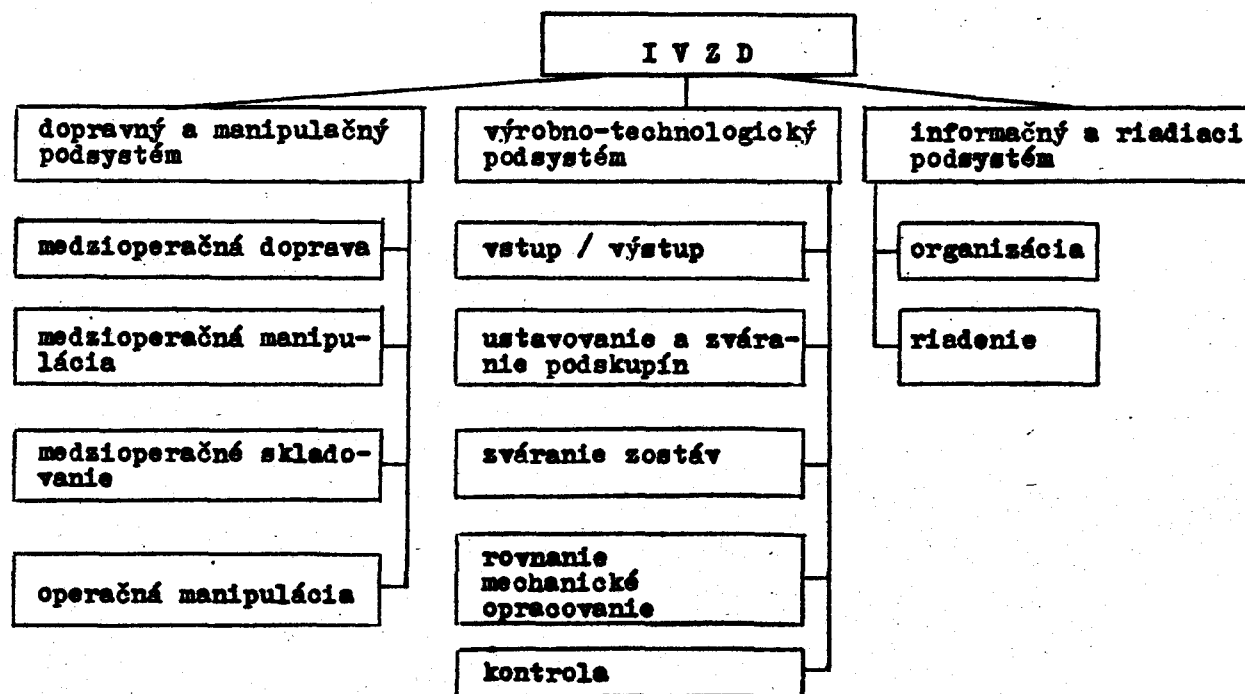


Obr. XI-2
Schéma toku informácií v integrovanej výrobe

Schéma integrovaného výrobného úseku



- hmotné väzby
- - - - - príkazné väzby
- · - · - informačné väzby



Obr.XI-3
Dekompozícia integrovanej výroby sváraných dielcov na podsystemy

Informačný a riadiaci podsystem má zabezpečiť plnenie operačného plánu výroby s minimom odchýlok. Ak sa vyskytnú, potom riadi výrobný proces tak, aby bol organizovaný s najväčšou možnou účinnosťou v konkrétnych podmienkach. Pre plnenie úloh používa riadiaci počítač.

Tento podsystem zahŕňa:

- organizáciu integrovaného výrobného úseku, resp. integrovanej výroby sváraných dielcov (IVZD),
- riadenie IVZD.

Organizácia IVZD - palety a zvarence vo výrobnom systéme sa ukladajú na manipulačné miesta, ktoré sú presne definované číselným kódom x, y, z [4]. V IVZD rozoznávame manipulačné miesta združené a jednotlivé. Ostatné manipulačné miesta majú číslovanie poradové mimo rozsah pridelený bunkám regálov.

Úlohou riadenia riadiaceho centra IVZD je určovať úlohy jednotlivým pracovníkám tak, aby bol operatívny plán úlohy splnený bez odchýlok. Úlohy riadenia:

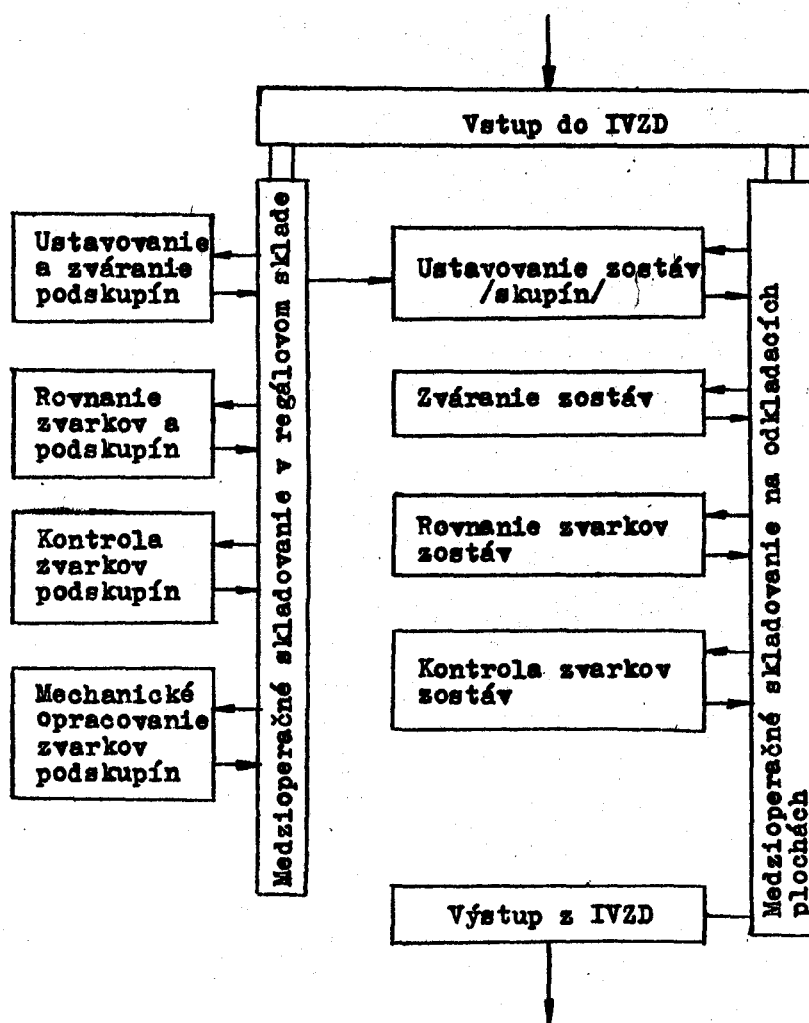
- riadiť výrobný systém,
- simulovať hmotný pohyb IVZD,
- riadiť dopravný systém zakladačov,
- vytvárať smenové plány výroby,
- viesť operatívno-technickú evidenciu výroby.

Pre splnenie týchto úloh sa využívajú tieto informácie a podklady:

- mesačný a smenový operatívny plán výroby,
- informácie o stave jednotlivých pracovišť,
- informácie o mieste uloženia každej palety v IVZD,
- informácie o stave rozpracovanosti jednotlivých vyrábaných dielcov,
- informácie z okolia IVZD.

Výrobnotechnologický podsystem je základným prvkom výrobného procesu, kde sú realizované technologické a netechnologické operácie. Obsahuje pracoviská vstupu a výstupu, pracoviská nastavovania a zvarovania podskupín, pracoviská nastavovania a zvarovania zostáv (z technologického hľadiska je výhodné z detailov zostavovať podskupiny a z podskupín, resp. ďalších komponentov-zostavy), pracoviská rovnania a tepelného odstránenia napätí. Sú tu tiež pričlenené pracoviská mechanického opracovania zvariek. Pracoviská kontroly sú vybavené kontrolnými prístrojmi v rozsahu vyžadovaných užitočných vlastností zvarenia. Výhodný spôsob kontroly je tzv. "lietajúca kontrola", ktorá kontroluje kvalitu zvariek veľkých rozmerov priamo na pracovisku zvarovania pred uvoľnením z prípravku. Výrobné prostriedky pozostávajú z obrábacích strojov, zvaracích poloautomatov a automatov, resp. z jednúčelových zvaracích strojov. Upínače a prípravky sú jednúčelové pre konkrétne výrobky.

Ideový technologický postup výroby v IVZD je uvedený na obr. XI-4.



Obr.XI-4

Ideový technologický postup výroby v integrovanej výrobe zváraných dielcov

Dopravný a manipulačný podsystem - jeho úlohou je zabezpečiť dopravu, medzioperačnú manipuláciu a skladovanie zváraných detailov, zvarkov, výrobných pomôcok, spotrebného materiálu, operačnú manipuláciu.

Medzioperačná doprava sa realizuje:

- regálovým zakladačom,
- dopravným vozíkom - často sa nahrádza mostovým žeriavom,
- iné spôsoby podľa druhu zvarku.

Funkcia regálového zakladača:

- preprava plných paliet: vstup - regálový sklad - pracovisko,
- preprava plných paliet: pracovisko - regálový sklad - pracovisko,

- preprava paliet: pracovisko - regálový sklad - výstup,
- preprava paliet so zvarkami: pracovisko - regálový sklad - výstup kooperácie.

Medzioperačné skladovanie je v IVZD realizované:

- v regálovom sklade,
- na voľnej odkladacej ploche.

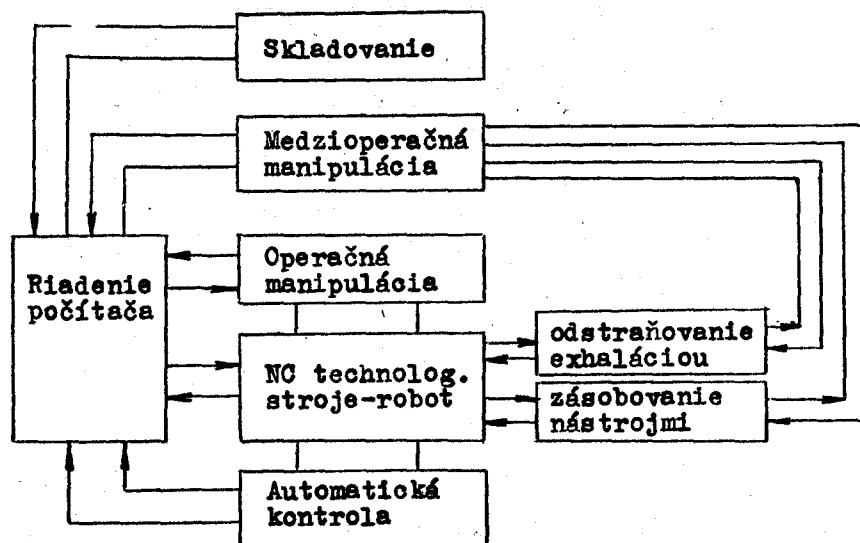
Voľba medzioperačného skladovania je podmienená spôsobom medzioperačnej dopravy.

Pojmom operačná manipulácia v procese zvárania rozumieme polohovanie zvar-
kov do takej polohy, aby zváranie bolo "do úžlabia" a zvárač mal čo naj-
lepší prístup k zvaru. Na to slúžia pri malých a jednoduchých zvarkoch
špeciálne jednouchelové zvaracie prípravky, pri veľkých a zložitých zvar-
koch operačné manipulátory.

Pružný výrobný systém

Pojmom pružný výrobný systém sa nazývajú systavy pracovných prostriedkov,
s takým priestorovým usporiadaním, ktoré umožňuje komplexnú výrobu vybra-
tých technologicky príbuzných súborov súčiastok, pričom možno pružne voľiť
optimálny postup operácií i zmeny výroby v rámci daných súborov [5].

Pružný výrobný systém v plnom rozsahu znamená najvyššiu fázu, čiže komplex-
né riešenie výrobného procesu s vylúčením človeka ako jeho súčasti a s li-
mitovaním jeho činnosti do kontrolnej a riadiacej oblasti. Pružný výrobný
systém pozostáva zo vzájomne prepojených strojov, dopravného systému, auto-
matického skladu, priemyselných robotov a riadiaceho počítača [6]. Bloková
schéma pružného výrobného úseku je uvedená na obr. XI-5.



Obr. XI-5
Bloková schéma pružného výrobného systému

Predpokladom budovania pružného výrobného systému zváraných dielcov je riešenie integrovanej výroby zváraných dielcov, t.j. komplexná mechanizácia a vytvorenie systému, ktorý na základe vyžadovaných cieľových funkcií je schopný optimalizovať výrobný proces vo vyžadovanom extrémne.

Pružný výrobný systém výroby zváraných dielcov tvorí [7]:

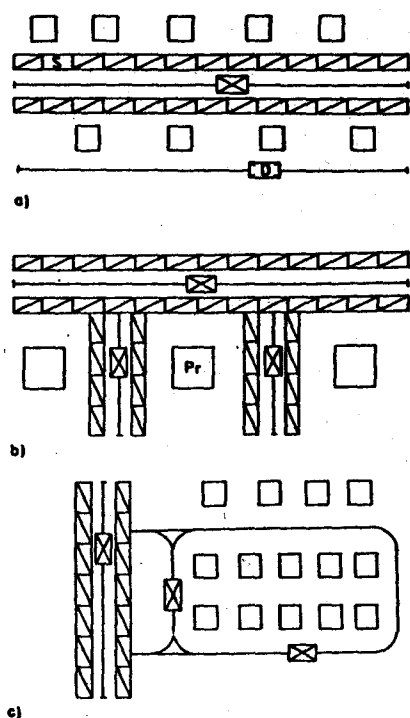
- a) Systém vzájomne prepojených, relatívne samostatných technologických prvkov, schopných pružne reagovať na požiadavky výroby.
- b) Technologické prvky systému sú zväčša pružne automatizované zváracie pracoviská s automatickou operačnou manipuláciou zvaru a nosiča zvaracej jednotky schopné prijímať od manipulačného systému pracovné predmety automaticky alebo mechanizovane.
- c) Manipulačné podsystemy v oblasti medzioperačnej manipulácie a dopravy využívajú mechanizované alebo automatizované prvky.
- d) Účelová účinnosť výrobného systému sa zabezpečuje koordináciou činnosti jednotlivých podsystemov a ich prvkov pomocou automatizovaného podsystemu riadenia výroby.
- e) Riadenie technologických procesov vo výrobnom systéme je riadením priamym alebo nepriamym v závislosti od použitých technologických prvkov systému.

Prítom stupeň automatizácie sa uvažuje takto: Zváranie je strojové, na pružných zvaracích zariadeniach, pričom geometricky veľmi členité zvarky možno zvärať ručne. Operačná manipulácia je automatická. Medzioperačná manipulácia a doprava je automatizovaná alebo komplexne mechanizovaná. Nastavovanie je mechanizované. Niekoľko spôsobov dispozičného riešenia integrovaného výrobného úseku a pružného výrobného systému je znázornených na obr. XI-6 a XI-7.

Každé pracovisko tvorí relatívne izolovaný podsystem II. stupňa výrobnotechnického podsystemu, výrobného systému s presne definovanými vstupmi a výstupmi (hmotné, energetické a informačné).

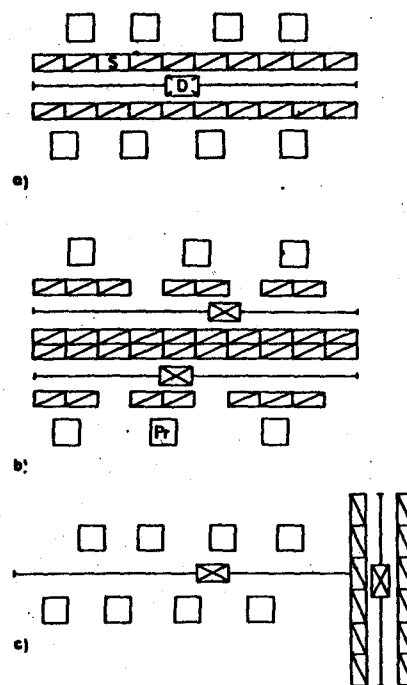
Repertoár hmotných vstupov: komponenty pre zváranie, zvarací drôt, prípravok, prázdne palety na zvarky.

Repertoár hmotných výstupov: zvarky (produkt pracoviska) v paletách alebo bez paliet, prázdne palety z komponentov, zvyšky komponentov v paletách.



Obr. XI-6

Usporiadanie výrobných systémov IVZD
S - sklad, D - doprava, Pr - pracoviská



Obr. XI-7

Usporiadanie výrobných systémov PVS
S - sklad, D - doprava, Pr - pracoviská

Varianty usporiadania zväračských pracovísk v IVÚ a PVS

Zväračské pracoviská môžeme rozdeliť podľa niekoľkých hľadísk:

- Podľa druhu vykonávaných operácií:
 - pracoviská nastavovania,
 - pracoviská zvárania,
 - pracoviská kombinované (nastavovanie s následným zváraním).
- Podľa rozmerov vyrábaných zvariek:
 - pracoviská výroby malých zvariek (stačí prepojiť na regál),
 - pracoviská výroby veľkých zvariek (okrem prepojenia na regál sú potrebné odkladacie plochy pre rozmerné komponenty v špeciálnych - atypických paletách pre nastavené a hotové zvarky).
- Podľa pohybu materiálu na pracovisku:
 - s voľným pohybom (materiál sa premiestňuje a ukladá ľubovoľne, tento prípad sa v súčasnosti vylučuje),
 - s viazaným pohybom (smer pohybu a ukladanie materiálu na pracovisku je presne určený).
- Podľa určenia pracovísk:
 - pracoviská vyrábajúce len jeden druh zvarku v dlhšom časovom intervale (prípravky sú stabilné, pojem zvyškové komponenty stráca zmysel),
 - pracoviská vyrábajúce viac druhov zvariek, ktoré sa postupne v rôznych časových intervaloch zväčša opakujú.

Toto hľadisko nevyplýva podstatne na usporiadanie pracovísk, ale na spôsob ich riadenia.

e) Podľa stupňa mechanizácie a automatizácie pracoviska (vychádzame zo stupnice Dr. Otta Beckera) uvedieme len niektoré stupne s približným dodržaním ich obsahu:

- čiastočná mechanizácia,
- celková (komplexná) mechanizácia,
- automatizácia s vopred pripraveným programom.

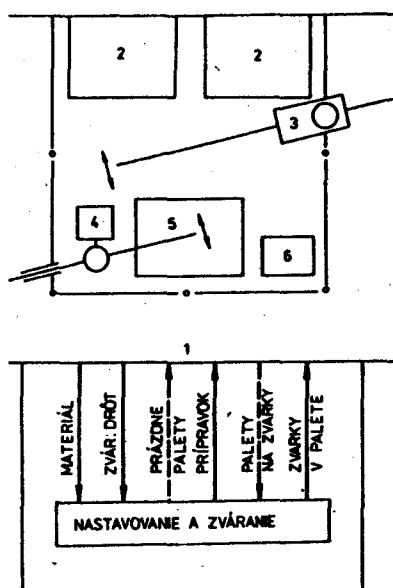
Vybraté varianty typov zvaračských pracovísk [8]:

- nastavovanie, veľké zvarky, čiastočná mechanizácia,
- zváranie, veľké zvarky, komplexná mechanizácia,
- nastavenie a zváranie, malé zvarky, čiastočná mechanizácia,
- zváranie, malé zvarky, automatizácia s vopred pripraveným programom.

Na pracovisku treba riešiť tieto druhy operačnej manipulácie:

- výber komponentov z paliet,
- manipulácia pri nastavovaní,
- odkladanie nastavených zvarkov do priestoru zvárania,
- manipulácia pri zváraní,
- odkladanie hotových zvarkov.

Pracovisko nastavovania a zvárania malých zvarkov - čiastočná mechanizácia



Obr. XI-8

Pracovisko nastavovania a zvárania malých zvarkov

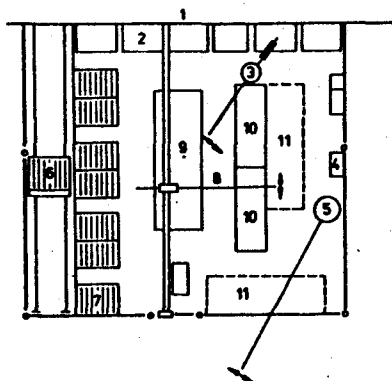
1 - regál, 2 - výsuvný vozík, 3 - žeriavový manipulátor, 4 - zvarací poloautomat, 5 - zvarací stôl alebo polohovadlo, 6 - skrinka na náradie

Na pracovisku tohto typu (obr. XI-8) sa nastavujú, zvárajú alebo nastavujú a zvárajú zvarky zväčša vo výrobných dávkach. Tieto pracoviská možno určitými obmedzeniami (počet buniek regála pridelený pracovisku a počet vstupujúcich komponentov) zameniť. Pri zmene výrobnej dávky sa vymení aj prípravok.

Zvárač vysunie z regála na pracovisko vozíky s paletami obsahujúcimi komponenty na zváranie a vézík s prázdnu paletou na zvarky. Ručne alebo pomocou manipulátora prekladá jednotlivé komponenty z paliet do prípravku, ktorý je uložený na zváračskom stole. Po nastavení, zavarení a uvoľnení zvarku z prípravku pracovník ho ručne alebo pomocou manipulátora preloží do palety na zvarky. Po ukončení práce na dopravnej dávke zvarkov pracovník zasunie vozík s paletou do regála a žiada výmenu palety. Po dokončení práce na výrobnej dávke odosiela preč všetky palety aj s prípravkom.

Pracovisko nastavovania veľkých zvarkov - čiastočná mechanizácia

Tento typ pracoviska, na rozdiel od prvého typu, je už špecializovaný pre určitý druh zostavy. Špecializácia je podmienená veľkým, ťažko prenosným nastavovacím prípravkom, väčším množstvom vstupujúcich komponentov, a teda aj paliet a celkovým dispozičným riešením. Špecializáciu podmieňuje aj značná rozdielnosť počtu komponentov pre jednotlivé zostavy a veľká prácnosť na jeden zvarok (obr. XI-9).



Obr. XI-9

Pracovisko nastavovania veľkých zvarkov

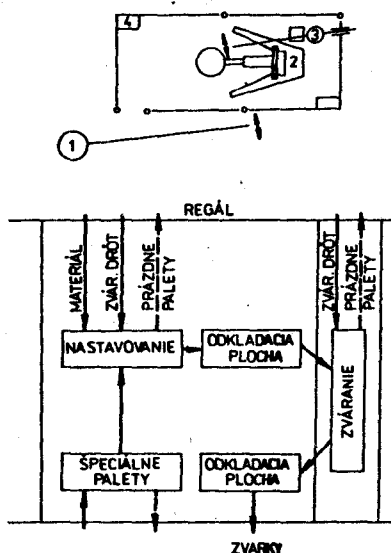
1 - regál, 2 - výsuvný vozík, 3 - zvárací poloaťomat, 4 - skrinka na náradie, 5 - medzioperačný manipulátor, 6 - dopravný vozík, 7 - odkladacia plošina, 8 - žeriavový manipulátor, 9 - nastavovací prípravok, 10 - špeciálna atypická paleta, 11 - odkladacia plocha

Pracoviská obsluhujú spravidla dvaja zámočníci, ktorí vyberajú z paliet, umiestnených na dopravných vozíkoch, odkladacích plošinách, z buniek druhého podlažia regála a zo špeciálnych paliet voľne uložených na podlahe, jednotlivé komponenty a zvarky podskupín. Ručne alebo pomocou manipulátora ich prekladajú do nastavovacieho prípravku, kde nastaví a zostavujú celú

zostavu. Zostavu potom pomocou medzioperačného manipulátora preložia na odkladacu na to určenú plochu. Na jednom pracovisku nastavovania zostáv môže byť jeden alebo viac nastavovacích prípravkov. Pritom každý obsluhujú dvaja zámočníci.

Pracovisko zvarovania veľkých zvarkov - komplexná mechanizácia

Na pracovisku tohto typu sa zvarajú zostehované zostavy. Každé pracovisko nastavovania zostáv má priradených niekoľko pracovísk zvarovania na jeden zvarok s plánovanou ročnou produkciou zvarkov. Zameniteľnosť zvaracích pracovísk je obmedzená plochou jednotlivých pracovísk, dispozičným riešením pracovísk a daným typom operačného manipulátora (obr. XI-10).



Obr. XI-10

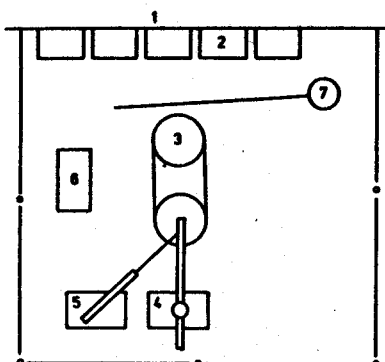
Pracovisko zvarovania veľkých zvarkov

1 - medzioperačný manipulátor, 2 - operačný manipulátor, 3 - zvarací poloautomat, 4 - skrinka na náradie

Pomocou medzioperačného manipulátora zvarač preloží zostehovanú zostavu z odkladacej plochy do upínača na operačný manipulátor, upevní ju a zvarí. Uvoľní zvarok a pomocou medzioperačného manipulátora ho preloží na odkladaciu plochu vyhradenú pre zvarené zostavy.

Pracovisko zvarovania malých zvarkov - automatizácia s vopred pripraveným programom

Na pracovisku tohto typu (obr. XI-11) celý zvarací proces prebieha automaticky. Obsluha pracoviska zabezpečuje upínanie komponentov do prípravku, ktorý je pripevnený na dvoj-stolovom otočnom manipulátore.



Obr. XI-11

Robotizované zvaracie pracovisko

1 - regál, 2 - výsuvný vozík, 3 - dvojstolový otočný manipulátor, 4 - priemyselný robot, 5 - zvarací poloaťomat s riadením, 6 - riadiaci systém robota, 7 - medzioperačný manipulátor

Pracovný cyklus je takýto:

- Obsluha zabezpečí presunutie nastavených zvarkov, resp. komponentov zo vstupných miest pracoviska (bunky regála) a ich upnutie do prípravku.
- Na druhom stole súčasne prebieha automatické zváranie.
- Po dokončení zvárania, otočení manipulátora o 180° (výmena polohy stolov) obsluha odoberie hotové zvarky z prípravku, uloží ich do výstupného miesta pracoviska (paleta v bunke regála) a cyklus sa opakuje.

Opis technických zariadení

- Zvaracie zariadenie (priemyselný robot)
Zabezpečuje vedenie zvaracej hlavice po naprogramovanej dráhe v priestore. Parametre zvárania sa nastavujú podľa programu automaticky.
- Dvojstolový otočný manipulátor zvarku
Manipulátor sa podľa programu nastavuje v súčinnosti so zvaracím zariadením do určitej polohy a fixuje.
- Medzioperačný manipulátor
Zabezpečuje manipuláciu s komponentami, resp. zvarkami. Ovláda sa ručne obsluhou pracoviska.

Tento typ pracoviska predpokladá priame nastavovanie jednoduchších zvarkov v prípravku dvojstolového otočného manipulátora, resp. len upnutie komponentov. Pri zložitejších zvarkoch (väčší počet komponentov, dlhší operačný čas nastavovania než zvárania) sa nastavuje na samostatnom pracovisku, napr. na úrovni čiastočnej mechanizácie a na pracovisko zvárania sa prepraví regálovým zakladačom.

Pracovisko nastavovania a zvárania malých zvarkov - automatizácia s vopred pripraveným programom

Riešenie tohto typu pracoviska vychádza z predchádzajúceho. Rozdiel je v tom, že manipuláciu na pracovisku už nevykonávajú pracovníci, ale programovateľný manipulátor (druhý priemyselný robot na pracovisku), ktorého činnosť prebieha v súčinnosti so zváracím zariadením a dvojstolovým otočným manipulátorom.

Na pracovisku tohto typu je nevyhnutné vychystávanie komponentov, resp. nastavených zvarkov v zásobníkoch so zabezpečenou orientáciou pracovných predmetov. Obsluha má len funkciu dozoru nad prácou skupiny pracovísk.

Literatúra

- [1] Dvořák, K.: Automatické výrobné systémy ve svařování. Praha, ČUV KS ČSVTS, DT 1982.
- [2] Vlha, J.: Výrobné systémy vo výrobe zvarkov. Strojárska technológia, bulletin UTAR, 1979, č. 2, s. 61 - 63.
- [3] Buda, J. - Kováč, M.: Štruktúrne zdokonaľovanie výrobných procesov. TEMPO, bulletin pre technológiu, metalurgiu, projekciu a organizáciu VHJ ZTS Martin, 1981, č. 3.
- [4] Chovanec, J. - Kubiš, J. - Krkoš, J. - Sádovský, M. - Kurpaš, S.: Integrovaná výroba zváraných dielcov, ASŘ - sešity INORGA, 1979, č. 5.
- [5] Čihák, V.: Vytváření pružných výrobních systémů pro obrábění. Podniková organizace, 1974, č.s. 11.
- [6] Buda, J. - Kováč, M.: Priemyselné roboty, Bratislava, Alfa 1976.
- [7] Kolektív: Odporúčanie skupiny špecialistov k zámeru riešenia štátnej úlohy Pl5-124-238, Pružný výrobný systém výroby zváraných dielcov. n.p. Detva, PPS, 1976.
- [8] Pivarčí, J. - Kubiš, J.: Varianty usporiadania zvaračských pracovísk pre oblúkové zváranie. Zváranie 29, 1980, s. 283.

XII. Automatizácia špeciálnych metód zvarovania (Turňa)

Niektoré priemyselné odvetvia majú v súčasnosti vysoké nároky na nové druhy materiálov. Je to napr. energetika, jadrová technika, elektronika, letecký priemysel, kozmonautika a pod. Často kladie technická prax pred technológiu otázku zvarovania materiálov, ktoré sa doterajšími klasickými metódami zvarovať nedajú, alebo je ich zvarovanie problematické. K materiálovým problémom sa často pridružujú konštrukčné a technologické.

Vzhľadom na to, že v praxi treba zvarovať spájkovať materiály s extrémne rozdielnymi hrúbkami, s podstatne rozdielnymi fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami, spájať kovy s nekovmi a pod., vyvinulo sa pomerne veľké množstvo špeciálnych metód zvarovania. Treba zdôrazniť, že tieto metódy nevytlačili z praxe klasické technológie zvarovania, ale podstatne rozširujú možnosti technologov a konštruktérov. Tieto metódy sú založené na známych fyzikálnych princípoch a v podstate sú zamerané predovšetkým na zníženie tepelného a chemického ovplyvnenia základného materiálu pri zvarovaní a zvýšenie kvality zvarových spojov.

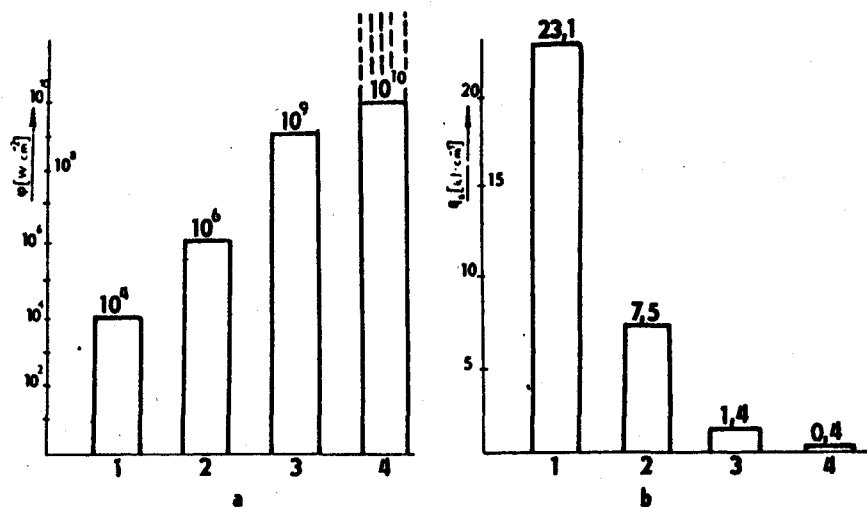
Spoločným charakteristickým znakom týchto metód je podstatné zníženie spotreby energie najmä tepelnej na jednotkovú dĺžku zvaru, pričom sa uplatňujú ešte tieto ďalšie technologické výhody [1]:

- zníženie napätí a deformácií,
- zmenšenie tepelného ovplyvnenia základného materiálu,
- nové typy zvarových spojov umožňujú nové konštrukčné riešenia,
- zvarovanie materiálov, ktoré sú bežnými technológiami nezvariteľné,
- zvarovanie bez prídavných materiálov metódou ZPP (zvarovanie prenikajúcim prúdom alebo zväzkom),
- nové poňatie technológie - univerzálne pružné linky pre zvarovanie, spájkovanie, resp. delenie materiálov.

Vývojové smery v tejto oblasti sú:

1. Metódy s vysokou hustotou výkonu smerové - koncentrované energetické zdroje (10^4 až 10^9 W . cm⁻²).
2. Metódy so zníženou spotrebou tepelnej energie.

Metódy s vysokou hustotou výkonu v dopadovej ploche, resp. ohnisku umožňujú okrem sústredenia vysokých hodnôt hustoty energie zvýšiť rýchlosť zvarovania a znížiť spotrebu tepla na jednotkovú dĺžku zvaru q_s [J . cm⁻¹]. Tieto závislosti sú uvedené na obr. XII-1a,b.



Obr. XII-1

Hustoty výkonov a merná spotreba energie na jednotku dĺžky zvaru q_z pre vybrané spôsoby zvarovania
 a - hustoty výkonu v dopadovej ploche ohnisku, b - spotreba energie na jednotkovú dĺžku zvaru (materiál hrúbky 1 mm), 1 - ručné oblúkové zvarovanie, 2 - zvaranie plazmovým oblúkom, 3 - zvaranie elektrónovým lúčom, 4 - zvaranie laserovým lúčom

Do tejto skupiny zaraďujeme:

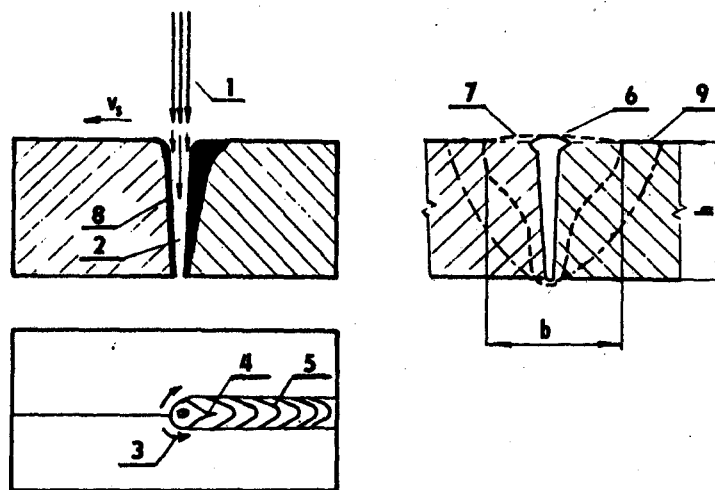
- zvaranie plazmovým oblúkom,
- zvaranie laserovým lúčom,
- zvaranie elektrónovým lúčom a pod.

Metóda ZPP (anglicky: Keyholing, nemecky: Schlüssellochefeekt) je charakteristická tým, že pri dosiahnutí určitej hustoty výkonu v dopadovej ploche - ohnisku (cca $10^5 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$) vniká prúd - lúč použitého média (plazma, zväzok elektrónov alebo fotónov) do hĺbky zvaraného materiálu. Vytvára sa úzky kráter (otvor), ktorý môže preniknúť celou hrúbkou zvaraného materiálu. Pri pohybe prúdu - lúča v smere zvarovania v_z (obr. XII-2) je kráter obtekaný tenkou vrstvou taveniny. Silami povrchového napätia sa otvor uzatvára a vzniká typický prierez zvaru, pol. 6, 7.

Metódy so zníženou spotrebou tepelnej energie alebo pracujúce s inou formou energie sa používajú na zvaranie materiálov v pevnom stave. Tepelná energia je nahradená príivodom iného druhu energie, napr. mechanickej pri zvaraní tlakom za studena, alebo príivod tepelnej energie je veľmi obmedzený, napr. pri difúznom zvaraní. Do tejto skupiny zaraďujeme nasledujúce technológie zvarovania:

- difúzne zvaranie,
- zvaranie trením,
- zvaranie ultrazvukom,

- zváranie explóziou,
- zváranie tlakom za studena a pod.



Obr.XII-2.

Vznik zvarového spoja metódou ZPP
 1 - sústredený (koncentrovaný) prúd (lúč) - plazma, elektróny, fotóny... ,
 2 - kráter prechádzajúci celou hrúbkou materiálu, 3 - smer tečenia zvarového kúpeľa, 4 - uzatváranie zvarového kúpeľa silami povrchového napätia,
 5 - malá šírka zvarovej húsenice, 6 - prierez zvaru (elektrónový lúč, laser), 7 - prierez zvaru vyhotoveného plazmovým oblúkom (tyar vínového pohára), 8 - tenká vrstva taveniny, 9 - zvar vyhotovený metódou TIG

Tieto technológie umožňujú zvärať materiály, ktoré sa nedajú zvärať tavnými spôsobmi, ďalej nekovové materiály, plasty a ich kombinácie s kovmi. Všeobecne možno charakterizovať zváranie v pevnom stave tromi etapami:

1. Mechanické kontaktovanie povrchov zváraných materiálov (zvarových plôch). Najprv nastáva kontaktovanie na výstupkoch a potom sa plastickou deformáciou rozšíri na celú zvarovú plochu. Kovovému styku (nadviazaniu) zabráňujú vrstvy oxidov a mastnôt. Tieto sa musia pred zváraním alebo v procese zvárania odstrániť (napr. pri stykovom zváraní tlakom za studena viacnásobným stláčaním).
2. Priblíženie povrchov zváraných materiálov zvarových plôch na vzdialenosť pôsobenia medziatómových síl ($4 \text{ až } 5 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$). Vzniká chemické nadviazanie zváraných materiálov.
3. Objemové procesy (difúzia, rekryštalizácia a pod.) - dlhodobejšie procesy.

Zariadenia na špeciálne metódy zvárania pracujú často s adaptabilným programom, s niekoľkými zváracími hlaviciami (elektrónovými tryskami a pod.) a používajú sa na zváranie náročných materiálov v jadrovej energetike, leteckej technike a pod. Automatizácia sa pri špeciálnych technológiách používa na rôznych stupňoch dokonalosti. Niektoré metódy nemožno bez automatizácie celého zváracieho cyklu vôbec uskutočniť, pretože požiadavky na re-

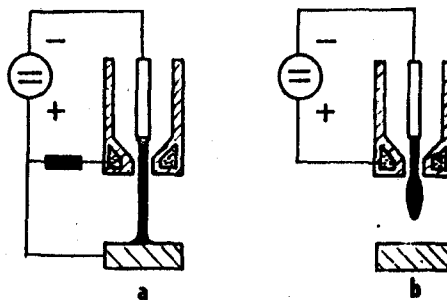
guláciu, rýchlosť reakcie riadenia a rýchlosť uskutočňovania zvaracích cyklov presahuje možnosti ľudského činiteľa.

Zváranie plazmovým oblúkom

Na zváranie sa využívajú tepelné a dynamické účinky vysokoionizovaného plazmového oblúka. Kontrahovaný plazmový oblúk vystupujúci z dýzy plazmového horáka má teplotu až $3 \cdot 10^4$ K a hustotu výkonu v mieste zvárania až 10^6 W . cm⁻².

V podstate sa používajú dva základné druhy zapojenia plazmových horákov:

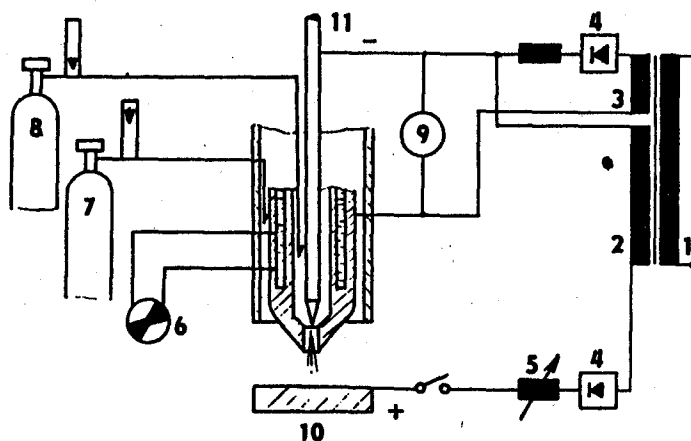
- závislé zapojenie (prenesený oblúk), obr. XII-3a, pre vodivé základné materiály, toto zapojenie je energeticky výhodnejšie;
- nezávislé zapojenie (neprenesený oblúk), obr. XII-3b, pre nevodivé materiály, má nižšiu účinnosť;
- kombinované zapojenie používa dva oblúky. Pri štartovaní sa vysokonapäťovým výbojom zapáli nezávislý oblúk (2 až 10 A). Vytvorí sa plazma, ktorá po výstupe z dýzy vodiivo spojí elektródu so zváraným materiálom a umožní zapálenie závislého oblúka.



Obr. XII-3
Zapojenie plazmových horákov
a - závislé zapojenie, b - nezávislé zapojenie

Schéma zariadenia pre zváranie plazmovým oblúkom je uvedená na obr. XII-3c. Elektródy sa používajú netaviace (W). Dýzy majú obmedzenú životnosť (napr. Cu-Cr zliatina) a sú výmenné. Pre zváranie sa používajú dýzy s valcovým otvorom. Výtoková rýchlosť sa upravuje tak, aby nedošlo k vyfúknutiu taveniny (zvarového kúpeľa), ako je to pri tepelnom delení plazmovým oblúkom.

Zvaracie plazmové horáky majú vonkajšiu fókusáciu, ktorá zabraňuje rozšíreniu plazmového oblúka po výstupe z dýzy. Ako plazmové plyny sa používajú Ar, He. Ochranné Ar, He, Ar + H₂.



Obr. XII-3c

Princíp plazmového horáka a schéma jeho zapojenia
 1 - primárne vinutie transformátora zdroja, 2 - sekundárne vinutie závislý oblúk, 3 - sekundárne vinutie nezávislý oblúk, 4 - usmernovač, 5 - regulácia prúdu, 6 - chladiaci systém, 7 - ochranný a fokusačný plyn, 8 - plazmový plyn, 9 - ionizátor, 10 - zváraný materiál, 11 - elektroda netaviaca

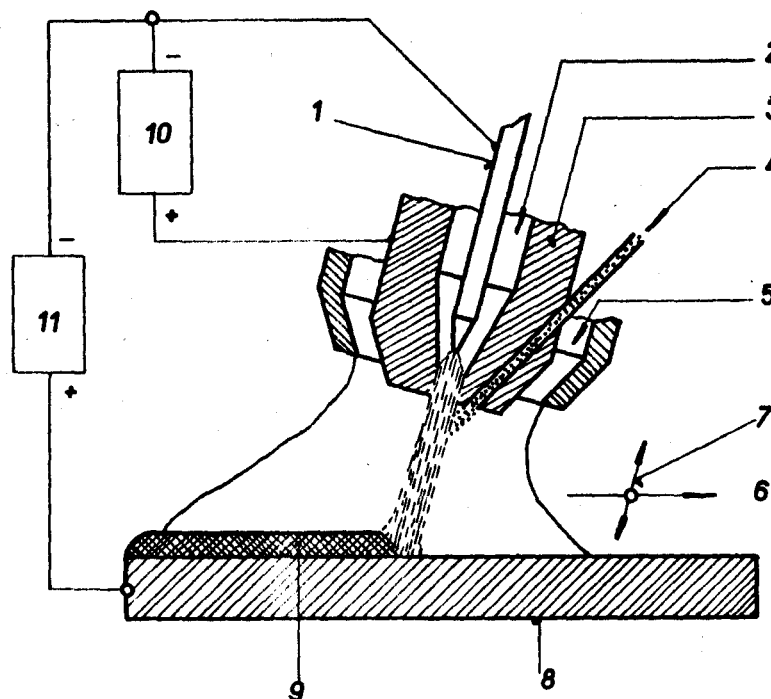
Podľa veľkosti zváracieho prúdu sa používa v technickej praxi zváranie mikroplazmové (0,1 až 15 A) a plazmové so zváracími prúdmi vyše 15 A.

Zvárať možno metódou ZPP (napr. ocele hrúbok 3 až 10 mm) alebo s plazmovým oblúkom zanikajúcim v zvarovom kúpeli a prídavným materiálom. S obrátenou polaritou sa zvara Al a zliatiny Al. Mikroplazmové zváranie sa používa pre hrúbky od 0,06 mm. Zvárať možno všetky druhy materiálov, ktoré sa zvarujú metódou TIG. Plazmové zváranie dosahuje vyššie rýchlosti ako TIG a má výhodnejší koeficient formy zvaru.

Procesy zvárania, navárania, striekania a tepelného delenia plazmovým oblúkom možno mechanizovať, automatizovať a robotizovať. Pri automatizácii plazmového zvárania možno využiť zariadenia pre zváranie elektrickým oblúkom (MIG, MAG, TIG) vrátane robotov. Pri tepelnom delení materiálov plazmovým oblúkom je podstata vedenia rezacieho horáka a ovládanie obdobné ako pri ostatných klasických, resp. špeciálnych metódach delenia.

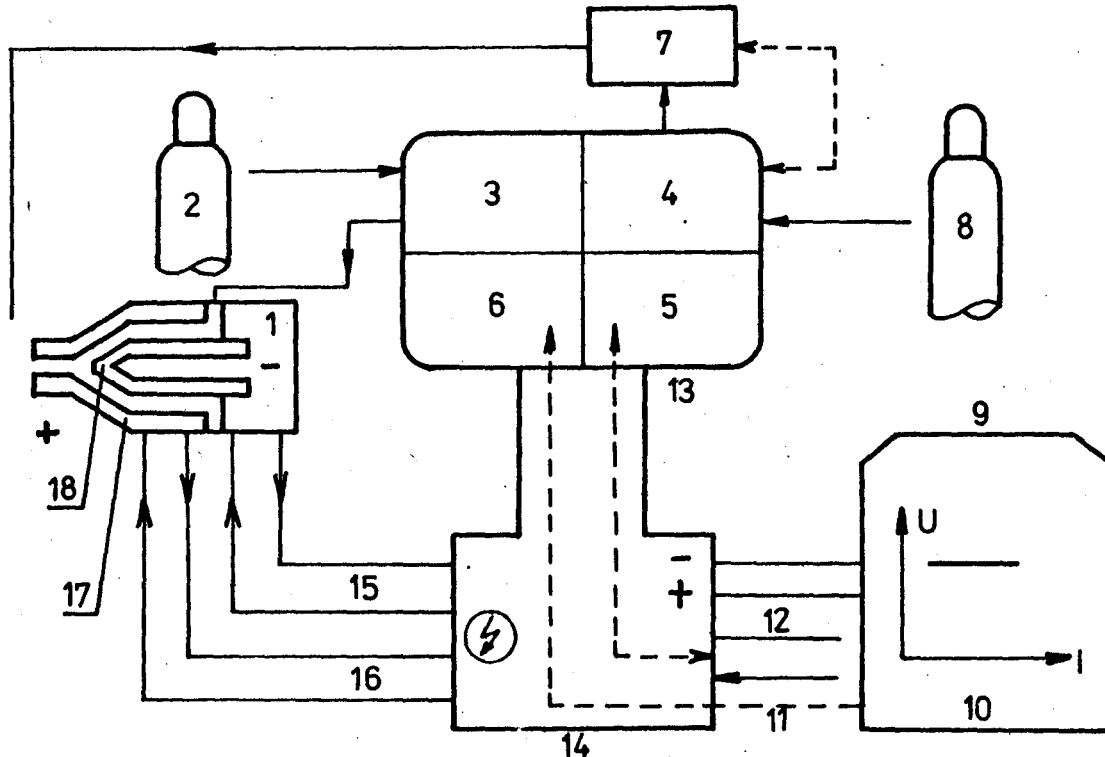
Z robotov, ktoré by bolo možné adaptovať pre zváranie plazmovým oblúkom, možno spomenúť: Robot Welder (Taliansko), Unimate-Space-saver 2000 a 2100 (USA), Röhren-Gerät R 100 (NSR), Unimate 4000 (USA), Mr-AROS (Japonsko), Uniman 1000 - UM 1320-PT (Japonsko), Uniman 4000 - UM 4500-AW (Japonsko), PR 32 E (ČSSR), Horizontal 80 (Francúzsko), RP 250 (Bulharsko), Ga a GAM (Japonsko), PR 110 A (ZSSR), 117 A (ZSSR), Motoman (Japonsko) a pod.

Vybraté príklady z využitia plazmových technológií v technickej praxi sú uvedené na obr. XII-4a,b,c,d.



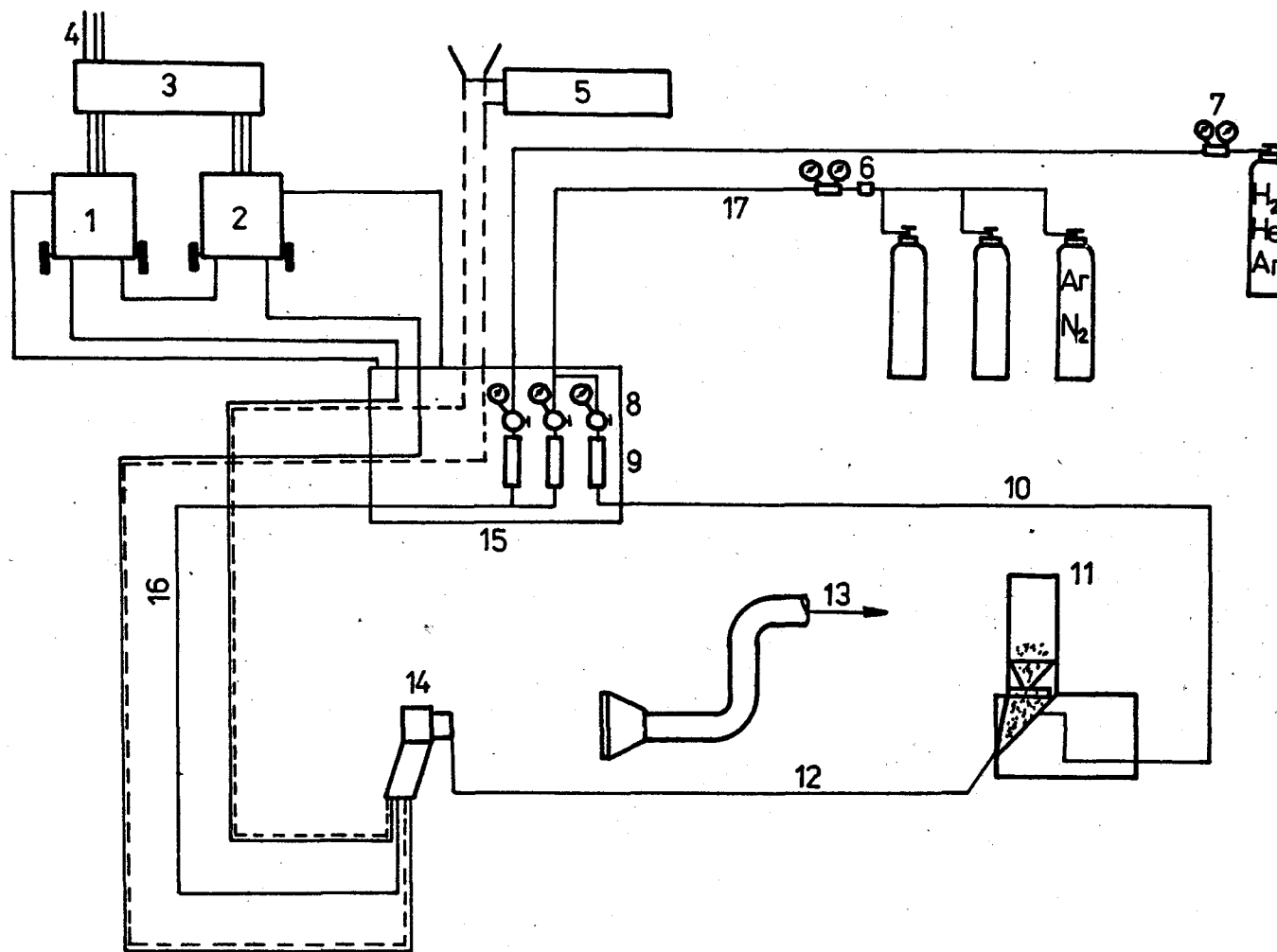
Obr.XII-4a

Princíp plazmového navárania práškových prídavných materiálov
 1 - W katóda, 2 - plazmový plyn, 3 - Cu dýza, 4 - naváraný prášok, 5 - ochranný plyn, 6 - postup navárania, 7 - priečne kývanie horáka, 8 - základný materiál, 9 - návar, 10 - zdroj prúdu nepreneseného oblúka, 11 - zdroj prúdu preneseného oblúka



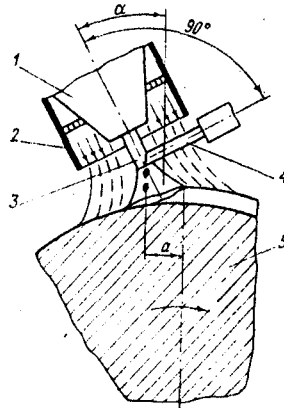
Obr.XII-4b

Funkčná schéma plazmového navárania práškových materiálov EuTronic Plasma
 1 - horák, 2 - plazmový plyn, 3 - ovládanie plazmového plynu, 4 - ovládanie podávania prášku, 5 - ovládanie chladenia, 6 - ovládanie zdroja prúdu, 7 - zariadenie na podávanie prášku, 8 - nosný plyn, 9 - zdroj prúdu, 10 - zdroj prúdu s plochou charakteristikou, 11 - diaľkové ovládanie, 12 - chladiaca voda, 13 - riadiaca jednotka, 14 - vysokofrekvenčné zapáľovanie a sledovanie nastavenia, 15 - elektrický obvod chladenia katódy, 16 - elektrický obvod chladenia anódy, 17 - vodou chladená anóda, 18 - vodou chladená katóda



Obr. XII-4c

Schéma striekania plazmovým oblúkom
 1,2 - zdroje prúdu, 3 - hlavný vypínač, 4 - elektrická sieť, 5 - chladič, 6,7 - redukčné ventily, 8 - škrtiaci ventil, 9 - prietokomer, 10 - nosný plyn, 11 - práškový podávač, 12 - nosný plyn + prášok, 13 - odsávač, 14 - horák, 15 - regulačná skrínka, 16 - plazmové plyny, 17 - predhrev



Obr. XII-4d

Schéma procesu plazmového navárania studeným drôtom valcových súčiastok
1 - plazmový horák, 2 - ochranný kryt, 3 - plazmový plyn, 4 - prídavný materiál, 5 - súčiastka, α - uhol sklonu plazmového horáka

Z hľadiska pracovného prostredia je dôležité automatizovať predovšetkým striekanie plazmovým oblúkom a tepelné delenie. Osobitne dôležité je to pri striekaní a delení materiálov, ktoré pri jednotlivých technologických operáciách vytvárajú škodlivé prímеси v ovzduší.

Zváranie elektrónovým lúčom

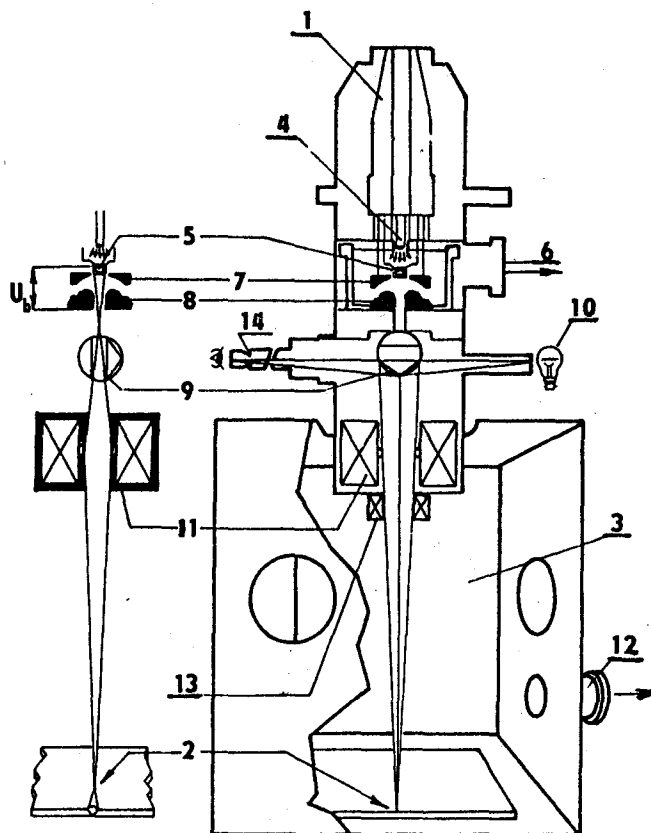
Zdrojom tepla pri tejto technológii je sústredený lúč (zväzok) elektrónov vznikajúci v elektrónovom dele (kanóne). Zväzok je pomocou elektromagnetickej šošovky sfokusevaný do miesta zvárania. Vysoká kinetická energia sa v mieste dopadu mení na tepelnú energiu. Priemer dopadovej stopy zväzku je obvykle 0,1 až 5 mm. Schéma zariadenia na zváranie elektrónovým lúčom je uvedená na obr. XII-5a.

Podľa urýchľovacieho napätia sa delia zariadenia na:

- nízkonapäťové do 30 kV,
- strednonapäťové od 30 do 60 kV,
- vysokonapäťové od 60 kV.

Priestor elektrónového dela sa čerpá na vákuum $1,33 \times 10^{-3}$ Pa sústavou rotačnej a difúznej vývevy. Od pracovnej (zváracjej) komory je oddelený uzáverom (9), ktorý sa otvára len pri zváraní. Zváracia komora sa môže čerpať na vysoké vákuum (rovnaké ako elektrónové delo), alebo nižšie vákuum 1,33 Pa, používané napr. na zváranie konštrukčných ocelí.

Zváracia rýchlosť sa realizuje pohybom zvarenca, ktorý je v prípravku na polohovadle alebo pohybom elektrónovej dýzy (dela). Veľké zariadenia majú väčší počet elektrónových dýz programovo riadených.



Obr. XII-5

Princíp zvárania elektrónovým lúčom

1 - nosič systému elektrónového dela dýzy, 2 - miesto dopadu EL, 3 - pracovná zvaracia komora, 4 - nepriame žeravenie katódy, 5 - emisná plocha katódy, 6 - vákuové čerpanie priestoru elektrónového dela, 7 - fókusačná elektroda (Wehneltova clona), 8 - anóda s otvorom, 9 - uzáver priestoru elektrónového dela kombinovaný s hranolom pozorovacej optiky, 10 - osvetlenie miesta dopadu EL, 11 - cievka elektromagnetickej (elektrónovej optiky) šošovky, 12 - vákuové čerpanie pracovnej (zvaracej) komory, 13 - vychyľovacia cievka, 14 - periskop

V technickej praxi existujú zariadenia na mikrozváranie (elektronika, meracie snímače a pod.) a zariadenia so zvaracími komorami priemeru \varnothing 4 m, dĺžky 16 m a výkonom 120 kW pre zváranie veľkých hrúbok v jadrovej energetike. V niektorých prípadoch leteckej a raketovej techniky sa vakuujú výrobné priestory. Zariadenia na zváranie elektrónovým lúčom sú potom konštrukčne jednoduchšie. Pre automatizáciu zvaracích procesov je viac možností.

Zväčša sa zvara metódou ZPP bez prídavného materiálu. Pri vertikálnom lúči sa zvara do hrúbky 50 až 60 mm, horizontálne až do hrúbky 350 mm. Koeficient formy zvaru b/h sa dosiahol až 1 : 60.

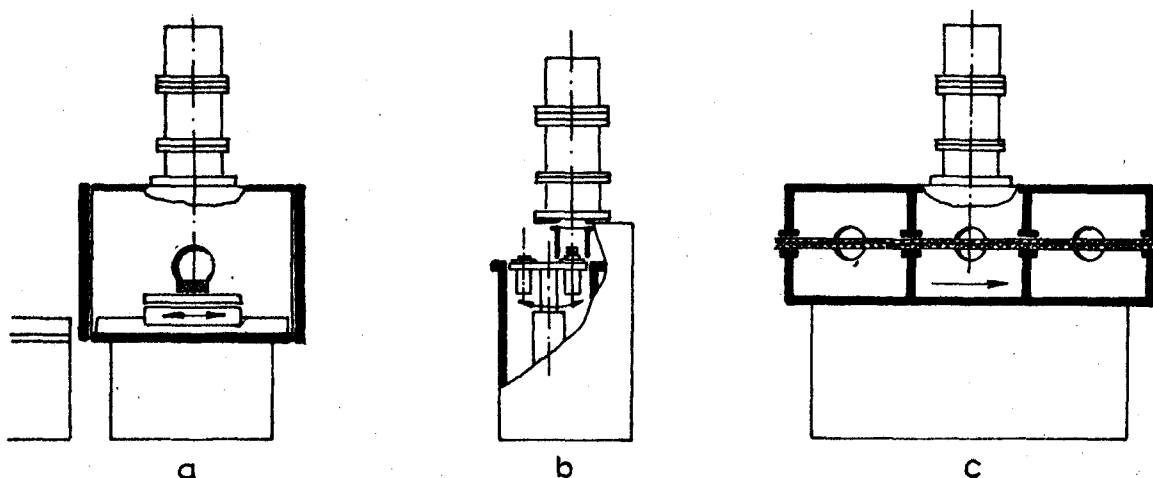
V porovnaní s ostatnými technológiami zvárania má táto metóda nevýhodu, že zváranie poväčšine prebieha vo vákuu (vákuovej komore), ktorá limituje veľkosť a tvar zvarenca. Výhoda vákua sa prejaví pri ťažkotaviteľných ma-

teriáloch, žiarupevných zliatinách a materiáloch s vysokou afinitou ku kyslíku. Touto metódou sa vyhotovujú najnáročnejšie zvarové spoje v leteckej výrobe, jadrovej energetike, automobilovom priemysle a pod.

Automatizáciu zvarovania elektrónovým lúčom možno realizovať podľa toho, či sa zvara vo vákuovej komore, v lokálnom vákuu, priebežne alebo mimo vákuua.

Väčší priestor pre automatizáciu zvaracieho procesu EL je mimo vákuovej komory.

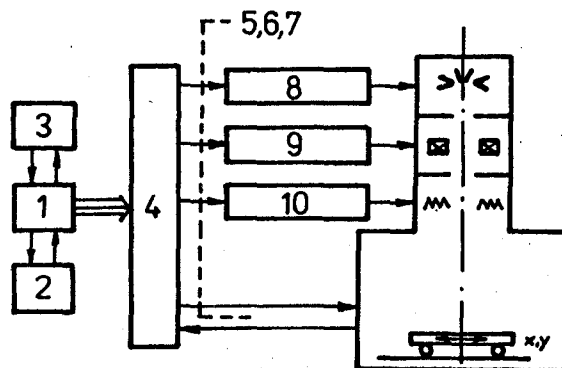
Príklady automatizácie zvaracieho procesu pri zvaraní EL sú uvedené na obr. XII-6a,b,c,d.



Obr.XII-6a

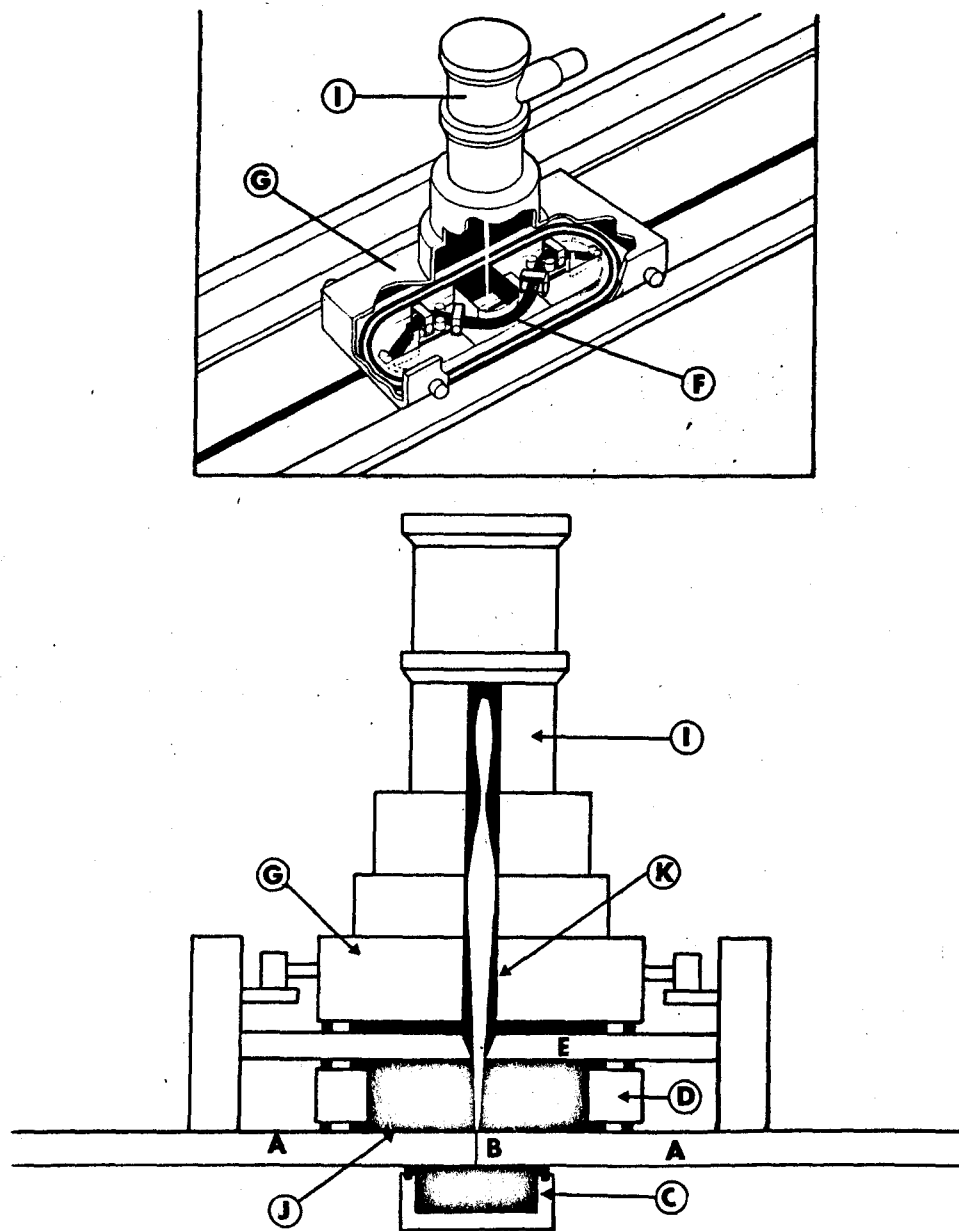
Zariadenie na zvarovanie elektrónovým lúčom

a - komorové zariadenie, b - stolné zariadenie, c - priebežné zariadenie

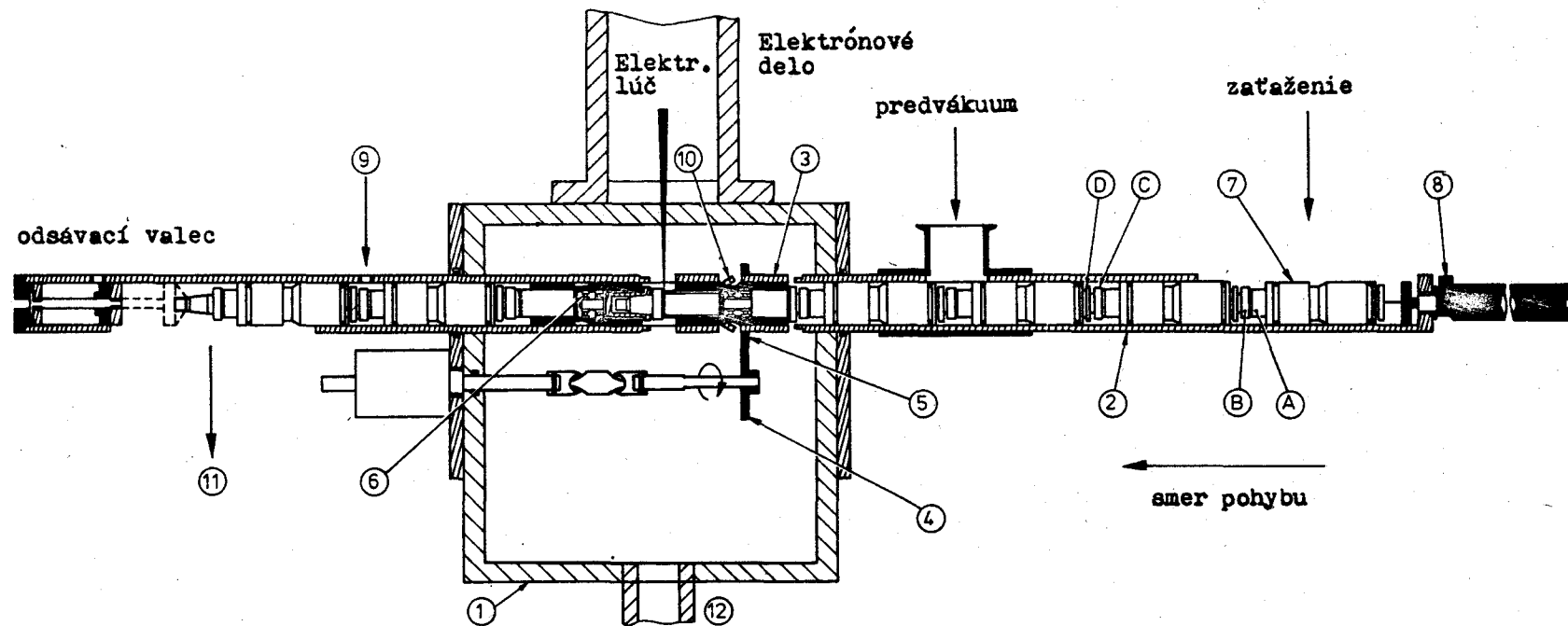


Obr.XII-6b

Bloková schéma moderného zariadenia na zvarovanie elektrónovým lúčom
1 - počítač, 2 - pamäť, 3 - zadanie programu, 4 - interface, 5 - manuálne ovládanie, 6 - diaľkové ovládanie, 7 - analogové riadenie, 8 - riadenie prúdu lúča, 9- prúd šošovky, 10 - vychýľovací prúd



Obr.XII-6c
Kontinuálne zváranie EL s lokálnym vákuom



Obr. XII-6d
Kontinuálne zváranie elektrónovým lúčom

Zváranie a delenie laserovým lúčom

Laserové zariadenia sa čoraz viac využívajú v oblasti technickej. Pre informáciu možno uviesť, že na posledných dvoch svetových výstavách zvaracej techniky bolo vystavených viac laserových zariadení, ako zariadení na zváranie elektrónovým lúčom.

K prednostiam laserov patrí vysoká hustota výkonu, pracovná rýchlosť (zváracia a pod.), pružnosť použitia, kvalita zvarových spojov, malá tepelne ovplyvnená oblasť a pod. Umožňuje výrobu zvarkov, ktoré by sa nedali realizovať klasickými technológiami buď pre tvarovú zložitosť, TOZ, alebo pre obťažný prístup. Vyžadujú však odbornú obsluhu a modifikáciu v poňatí konštrukcie zvarku a jeho výrobnéj technológie. Podľa počtu aplikácií možno konštatovať, že technologické lasery sa používajú v oblasti zvárania, tepelného delenia, vŕtania, tepelného spracovania povrchu, gravírovania a pod., pre materiály: kovy, keramika, drevo, plasty. Prechod od jednej technológie na druhú je umožnený zmenou pracovných parametrov lasera.

Doterajší prieskum ukázal, že v budúcnosti sa predpokladá orientácia laserových technológií na zložité viacfunkčné lasery s automatickou kontrolou. Dôležitým prvkom bude robotizácia, prinášajúca veľkú pružnosť výrobného celku.

Intenzívne sa pracuje na vývoji pružných výrobných systémov na báze laserov ktoré by sa mali používať v najkratšom čase. Začali sa výskumné a vývojové práce na projekte továrni závodu budúcnosti Laser integrated flexible batch automation. Predpokladá sa, že okolo roku 1990 by tieto systémy mali zaznamenať kvantitatívny pokrok rentability a účinnosti výrobných systémov.

Prednosti technologických aplikácií laserov:

- rýchlosť, presnosť, reprodukovateľnosť,
- bezkontaktný prenos energie transparentným prostredím nezávislý od pozície zvaru,
- laserový lúč nie je ovplyvnený magnetickým poľom,
- vysoká operatívnosť, zmena q_z mení technológiu.

Technologické požiadavky na lasery:

- vysoká hustota výkonu,
- ekonomické parametre aktívneho prostredia (pracovná teplota, tlak, spotreba plynov a pod.),
- vyžadovaná veľkosť dopadovej plochy žiarenia (možnosť voľby dopadovej plochy žiarenia podľa technologických požiadaviek),
- presnosť a reprodukovateľnosť technologických parametrov.

Rozdelenie technologických laserov:

- a) podľa druhu aktívneho prostredia
 - pevné lasery (pevnolátkové),
 - plynové lasery,
 - ostatné (pre zváranie zatiaľ nepoužívané, napr. chemické, kvapalínové, polovodičové, farbivové, na voľných elektrónoch a pod.),
- b) podľa technologického použitia a konštrukcie môžu pracovať
 - pulzne s voľnou generáciou pulzu,
 - pulzným viazaným režimom - Q režim,
 - kontinuálne (CW).

Pri bodovom zváraní a vŕtaní sa čas pulzu pohybuje v rozsahu 1 až 10 ms. Pri vyšších frekvenciách sa pracuje v tzv. Q režime. Pre zváranie (rezaanie) pozdĺžnych a rotačných dielcov sa používajú lasery pracujúce kontinuálne - CW režim. Najpoužívanejší laser v technologických procesoch je CO₂ laser. Vlnová dĺžka žiarenia lasera je daná druhom aktívneho prostredia. Všeobecne možno konštatovať, že kovy lepšie pohlcujú kratšie vlnové dĺžky, plasty a keramika väčšie vlnové dĺžky. Technologické lasery pracujú v oblastiach žiarenia viditeľného, ultrafialového a infračerveného. Prehľad charakteristík aktívnych prostredí je v tab. XII-1.

Charakteristiky vybraných typov aktívnych prostredí technologických laserov

Tabuľka XII-1

Typ aktívneho prostredia	Vlnová dĺžka (nm)	Pracovný režim	Energia pulzu (J)	Opakovaná frekvencia (Hz)	Čas pulzu (s)
Cr ³⁺ : Al ₂ O ₃	694,3	pulz	80 J (10 ⁵ W)	1	10 ⁻³
Cr ³⁺ : Al ₂ O ₃	694,3	Q	20 J (10 ⁹ W)	0,1	10 ⁻⁷
Nd ³⁺ : sklo	1060	pulz	125 J (10 ⁶ W)	1	10 ⁻³
Nd ³⁺ : YAG	1064	Q	0,05	50.10 ³	10 ⁻¹
Nd ³⁺ : YAG	1064	pulz	4 J	20	
CO ₂	10600	CW	250 W		
CO ₂ TEA	10600	pulz	10 ⁵	400	4.10 ⁻⁷

Pevné lasery obvykle pracujú v pulznom režime. Výstupná energia impulzu je obvykle v rozsahu 0,1 až 30 J. Sú však k dispozícii aj lasery vyšších výkonov (napr. 1000 J - ZSSR). Používajú sa na zváranie v elektronike, pri výrobe meracích snímačov a všade tam, kde sú nároky na kvalitu a presnú kontrolu množstva privedenej energie do zvarového spoja.

Plynové lasery sú veľmi rozšírené vo výrobných technológiách. Najvyššie výkony dosahujú lasery na báze CO_2 . Aktívne prostredie tvorí zmes plynov, napr. 3 % CO_2 + 22 % N_2 + 75 % He. Lasery s axiálnou excitáciou a obehom aktívneho prostredia sa obvykle stavajú do 1 kW. Používajú sa napr. na zváranie a rezanie tenkých plechov (materiálov).

Technologické požiadavky na lasery:

- vysoká hustota výkonu,
- ekonomické parametre aktívneho prostredia (pracovná teplota, tlak, spotreba plynov a pod.),
- vyžadovaná veľkosť dopadovej plochy žiarenia (ohniska) - možnosť voľby rozmerov dopadovej plochy žiarenia podľa požiadaviek technológie,
- presnosť a reprodukovateľnosť technologických parametrov.

Rozdelenie technologických laserov

Laser je zariadenie, ktoré mení dodávanú energiu (elektrickú, chemickú a pod.) na energiu elektromagnetického žiarenia, ktoré je monochromatické, koherentné s malou divergenciou výstupného zväzku. Táto premena energie sa uskutočňuje v aktívnom prostredí lasera, ktoré je schopné absorbovať privádzanú energiu a premieňať ju na energiu stimulovaného žiarenia. Z veľkého výberu sú pre technologické použitie vhodné len niektoré druhy aktívnych prostredí (materiálov) a funkčných typov laserov, ktoré spĺňajú náročné podmienky technologických prevádzok.

Podľa druhu aktívneho prostredia sú lasery rozdelené do nasledujúcich základných skupín:

- pevnolátkové (pevné),
- plyné (plynové),
- ostatné druhy laserov (chemické, kvapalinové, polovodičové, farbivové, na voľných elektrónoch a pod.) sa na zváranie zatiaľ nepoužívajú.

Podľa technologického použitia a konštrukcie môžu lasery pracovať v režimoch:

- pulznom s voľnou generáciou pulzu (pulz je voľne viazaný na priebeh pulzu výbojky),

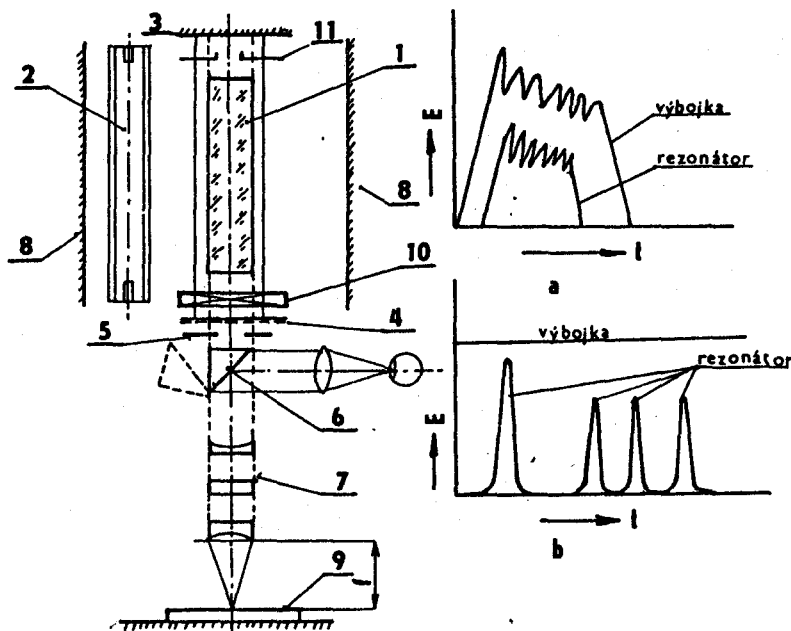
- pulznom viazanom (Q režim) - používa sa pre vyššie frekvencie, charakter a priebeh pulzu je riadený Q spínačom (akusticko-optický spínač),
- kontinuálnom (CW).

Pri bodovom zvaraní a vŕtaní sa čas pulzu pohybuje v rozsahu 1 až 10 ms a opakovacia frekvencia je daná rýchlosťou nabitia kondenzátorovej batérie. Pri vyšších frekvenciách sa pracuje v tzv. Q režime, kde čas pulzu a charakter výstupného signálu sú riadené akusticko-optickým členom v systéme rezonátora. Pre zvaranie a rezanie pozdĺžnych a rotačných dielcov sa používajú lasery pracujúce v kontinuálnom režime (CW). Používa sa najmä pri plynových laseroch.

Pevnolátkové technologické lasery

Zväčša pracujú v pulznom režime s opakovanou frekvenciou do 100 Hz. Pri vyšších frekvenciách pracujú v Q režime. Výstupná energia pulzu sa pohybuje obvykle v rozsahu 0,1 až 30 J.

Tieto lasery sa používajú na zvaranie v elektronike, pri výrobe meracích snímačov a všade tam, kde sa vyžaduje kvalita a požiadavka presnej dotácie množstva privedenej energie do zvarového spoja. Funkčná schéma pevného lasera je na obr. XII-7a.



Obr. XII-7a

Schéma lasera s pevným aktívnym prostredím

1 - aktívne prostredie aktívna látka, 2 - výbojka, 3,4 - zrkadlá rezonátora, 5 - irisová clona, 6 - preklápací hranol, 7 - optická sústava, 8 - odrazové plochy (eliptické dutiny), 9 - zvarovaný materiál, 10 - akusticko-optický spínač len pri laseroch s Q režimom, 11 - módomá clona, a - priebeh pulzu pri voľnej generácii, b - priebeh pulzu pri viazanej generácii Q - režim

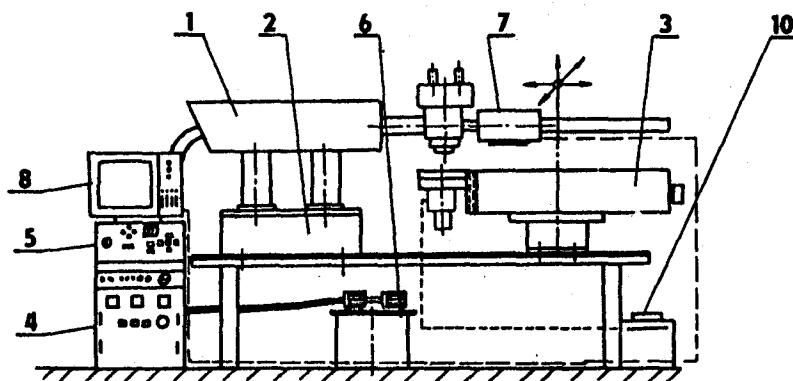
Na katedre nauky o tvárnení, slévání a svařování Strojnické fakulty ČVUT v Praze boli vyvinuté lasery LAX - 2, LAX - 3 a pripravuje sa laser LAX - 4. Na základe hlavice a zdroja Optroníc 757 skonštruovali technologický laser pre potreby najmä v mikroelektronike.

Laser LAX - 3 pracuje v pulznom režime. Aktívnym prostredím môže byť rubín, YAG : Nd^{3+} alebo sklo : Nd^{3+} (\varnothing 10 alebo 8 x 100 mm):

- výstupná energia zväzku	3 J
- vlnová dĺžka	680 nm
- čas pulzu	1-4 ms
- pracovné napätie výbojky	2000 V
- kapacita kondenzátorovej batérie	1200 μF
- čas nabíjania na plnú kapacitu	10 s
- príkon	1700 W

Zariadenie má uzavretý okruh chladenia a je vybavené deionizátorom. Hlavica je chladená prietokom destilovanej vody 6 l. min^{-1} . Priemer výstupného zväzku laserového lúča možno meniť irisovou clonou. Zváraný dieliec je umiestnený na x-y stole. Na presné situovanie ďalšieho zváraného detailu sa používajú dva mikromanipulátory.

Technologický laser OPTRONIC 757 DMX (obr. XII-7b) je skonštruovaný na báze hlavice a zdrojovej časti. Zariadenie má x-y stôl s presnosťou 0,01 mm s mikroposuvom a možnosťou programu. Pre sledovanie a ochranu obsluhy bolo zariadenie vybavené televíznym sledovaním.



Obr. XII-7b

Technologický laser OPTRONIC 757 DMX

1 - hlavica lasera, 2 - nosná konštrukcia, 3 - pohyblivý stôl, 4, 5 - zdrojová a ovládacia časť lasera, 6 - chladenie (uzavretý okruh s deionizátorom a výmenníkom), 7 - TV kamera, 8 - TV obrazovka

Základné parametre:

- vlnová dĺžka	1060 nm
- aktívne prostredie	Nd ³⁺ : YAG
- trvalý výkon	3 až 50 W regulovateľné
- opakovaná frekvencia pri pulznom režime (Q - switch)	0,01 až 50 kHz regulovateľné
- pulzný výkon pri 3 kHz	40 kW
- 2 kryptónové výbojky	2,5 kW

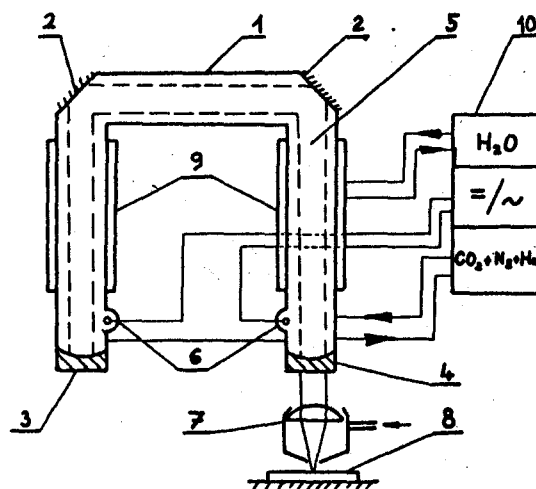
Zvárací stôl možno ovládať ručne alebo krokovými elektromotormi s predvolbou posuvov a väzbou na ovládací okruh lasera. Zdrojová a ovládací časť lasera spolu so zdrojovou a ovládacou časťou x-y stola umožňuje programovať režim zvarovania alebo iných technologických procesov. Fokussovanie lúča sa realizuje cez TV kameru na obrazovke.

Plynové lasery

Tieto lasery sa najviac používajú v technologických procesoch a uplatňujú sa ďalej. Najvyššie výkony dosahujú lasery na báze CO₂. Aktívne prostredie tvorí zmes plynov, napr. 3 % CO₂ + 22 % N₂ + 75 % He.

V súčasnosti sa na technologické účely používajú tieto zariadenia:

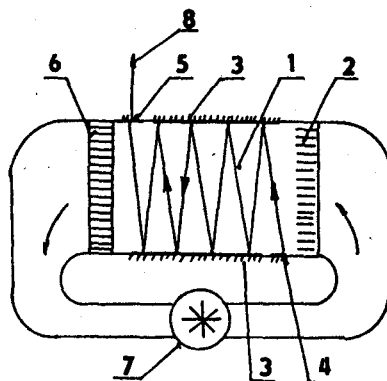
- lasery s axiálnou excitáciou a obehom aktívneho prostredia (obvykle do 1 kW), používajú sa najmä na rezanie a zvarovanie (obr. XII-7c),



Obr. XII-7c

Laser s axiálnou excitáciou a obehom aktívneho prostredia
 1 - trubica s aktívnym prostredím, 2 - odrazné plochy, 3 - zrkadlo rezonátora 100 % odraz, 4 - polopriepustné zrkadlo, 5 - dráha zväzku v rezonátore, 6 - elektrody, medzi ktorými v trubici sa tvorí výboj, 7 - optika lasera, 8 - pracovný priestor dopadu zväzku s prívodom ochrannej atmosféry, 9 - plášť chladienia trubice rezonátora, 10 - zdrojová a regulačná jednotka

- lasery s priečnou excitáciou TEA (Transverse Excitacited Atmospheric),
- lasery s priečnym prúdením aktívneho prostredia GTL (Gas Transport Laser), obr. XII-7d; sú najväčšie v súčasnosti vyrábané lasery pre technologické účely s výkonmi až 100 kW.



Obr. XII-7d

Princíp lasera s priečnym prúdením aktívneho prostredia GTL
 1 - dráha zväzku žiarenia v aktívnom prostredí, 2 - sústava elektród, medzi ktorými sa tvorí elektrický výboj, 3 - odrazové plochy, 4 - zrkadlo rezonátora, (100 % odraz), 5 - polopriepustné zrkadlo rezonátora - vyvedenie zväzku žiarenia, 6 - chladič aktívneho prostredia plyn, 7 - ventilátor obehu aktívneho prostredia, 8 - výstup zväzku k technologickému využitiu

CO₂ lasery zvarajú s pretavením, nepotrebuje vakuum. Účinky vysokovýkonných laserov možno porovnať s elektrónovým lúčom.

Voľba typu lasera pre technologické aplikácie

Lasery YAG s pulzným režimom sú vhodné pre mikrozváranie a mikroobrábanie. Sú vhodné na zváranie a delenie materiálov s vysokou reflexiou na vyšších vlnových dĺžkach (napr. kovy). Môžu sa s nimi zvärať malé hrúbky materiálov, prípadne materiály rôznych hrúbok (napr. 1 + 25 μ m).

Laser YAG pracujúci v jednomódovom režime umožňuje jemnejšiu fókusáciu zväzku ako laser CO₂. Priemer stopy sfokusovaného lúča môže byť aj 10-krát menší. Najčastejšie sa používajú na zváranie a opracovanie kovov s vysokou reflexiou, ako napr. Ag, Au, Al, Cu, bronz a pod.

Lasery s Nd sklom majú podobné účinky ako lasery YAG. Produkujú veľmi výkonné pulzy 80 až 100 J.

Lasery CO₂ sú vhodné pre operácie vyžadujúce veľké výkony v kontinuálnom režime, ako napr. zváranie, rezanie, tepelné spracovanie povrchu a pod. Aplikácia CO₂ laserov sa dotýka tak kovov, ako aj iných materiálov, ktoré sú schopné absorbovať energiu žiarenia na vlnovej dĺžke 10 600 nm. Používajú sa na rezanie kovov, plastov, vrstevnatých štruktúr, zváranie väčších

hrúbok ocelí a pod. Obvykle sa používajú na zváranie a rezanie kovov (Fe, Ni, Sn, Pb a ich zliatin). S výhodou sa využíva možnosť opticky meniť tvar stopy lúča (pre naváranie, kalenie a pod.).

Základné parametre zvárania

Určujú sa podľa režimu lasera a druhu zvarového spoja. Pri pulznom režime sú základné parametre: energia pulzu E [J] - energia na výstupe z lasera a čas pulzu t (ms).

V prípade kontinuálneho režimu sa považujú za základné parametre výstupný výkon P [kW] a rýchlosť zvárania v_{zv} [mm.s⁻¹].

Okrem týchto parametrov sa určujú podľa špecifických podmienok ďalšie parametre, ako napr. priemer clony, teplota chladiacej vody, defókusácia zväzku, opakovaná frekvencia a pod.

Pri zváraní sa môžu vyskytovať rôzne druhy zvarových spojov. Veľmi často sa používa tzv. prievarkové zváranie, ktoré je vhodné aj pri zváraní materiálov veľmi rozdielnych hrúbok.

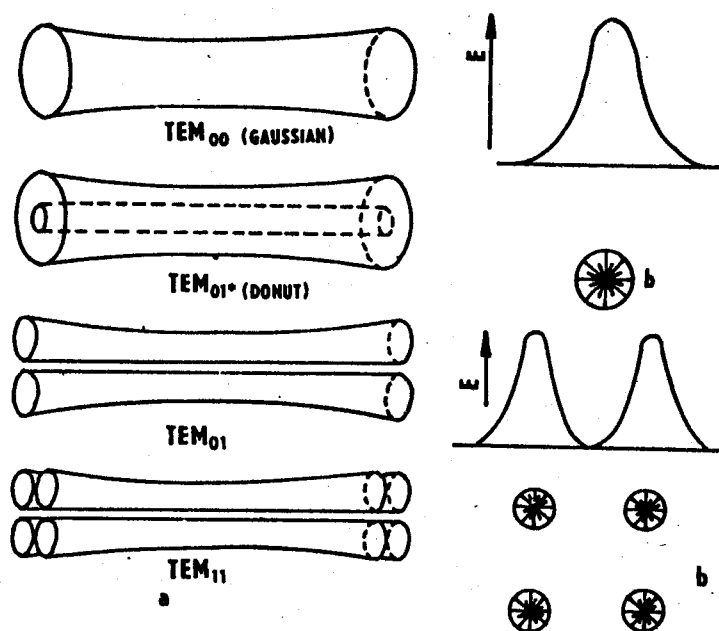
Tvar výstupného pulzu z rezonátora má veľký technologický význam. Jeho vhodným tvarovaním možno dosiahnuť vyžadované technologické účinky pri interakcii zväzku s materiálom. Pre vrtnutie je vhodný strmý priebeh pulzu v krátkom čase, pre zváranie plochý priebeh pulzu a dlhší čas (až 12 ms).

Štruktúra zväzku žiarenia lasera - módy

Laserový lúč vzniká mnohonásobným odrazom a zosilnením koherentných svetelných vln v optickom rezonátore. Vzniká určité rozloženie elektromagnetického poľa. Toto rozloženie závisí od tvaru zrkadiel, ich vzdialenosti, priemeru aktívneho prostredia. V teórii elektromagnetického poľa sú módy (pričné elektromagnetické vlny, ktorých vektory ležia v rovine kolmej na smer šírenia) označované symbolmi TEM_{mn} , kde index m udáva počet uzlov poľa v pričnom smere v smere osi x , n udáva počet uzlov v smere osi y .

Pre väčšinu technologických operácií (zváranie, rezanie a pod.) je najvhodnejší TEM_{00} mód (Gausovo rozdelenie) vzhľadom na to, že umožňuje sústredenie lúča do minimálneho prierezu. V niektorých prípadoch je výhodnejšie zaviesť vyššiu módobú štruktúru zväzku TEM_{11} , napr. pri interakcii lúča s tenkými vrstvami, keď vyžadujeme odparenie povrchovej vrstvy a minimálne poškodenie vrstiev spodných.

Niektoré prípady priečného rozdelenia energie v laserovom lúči sú uvedené na obr. XII-7e.



Obr.XII-7e

TEM zväzku žiarenia lasera

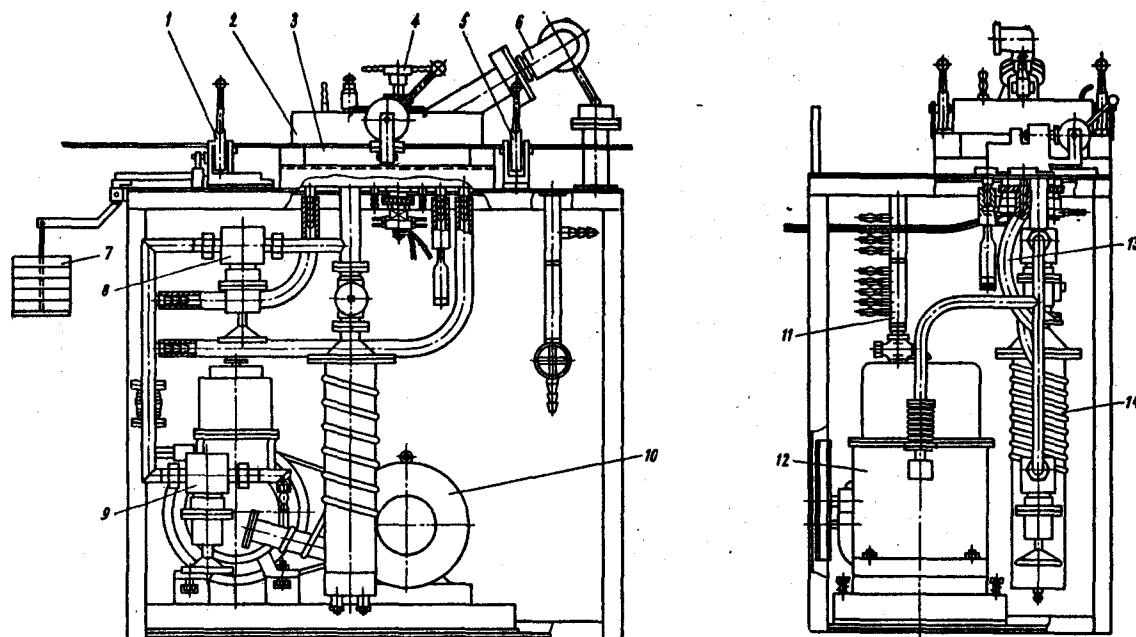
a - rozdelenie TEM v rezonátore, b - rozdelenie v mieste dopadu zväzku

Difúzne zváranie

Na mechanizmus vzniku spoja pri difúznom zváraní existuje v súčasnosti viacero hypotéz: vrstvomá, rekryštalizačná, energetická, dislokačná a difúzna. Väčšina výskumníkov tvrdí, že pri zváraní kovov bez roztavenia vznikajú tzv. kovové väzby. Vo väčšine prípadov dochádza pri zváraní kovových materiálov ku vzájomnej difúzii atómov spájaných kovov v súlade s názvom technológie, ktorý zaviedol N. F. Kazakov (MTI MMP - Moskva).

Na difúzne zváranie sa používajú rôzne druhy ohrevu (indukčný, odporový, radiačný, solárnou energiou a pod.). Zvárat sa môže vo vákuu (obr.XII-8a), ochranných atmosférach, tekutých prostrediach, na vzduchu a pod. Závisí to najmä od zloženia zváraných materiálov.

Úspešný rozvoj difúzneho zvárania sa v súčasnosti realizuje modernizáciou existujúcich a vytváraním nových vysokoproduktívnych zváracích zariadení, zodpovedajúcich súčasnej úrovni technického pokroku. Pritom sa využívajú najmä známe a prakticky overené uzly a systémy. Ďalej treba využívať nové technické princípy s možnosťou skrátenia jednotlivých operácií zváracieho cyklu.



Obr. XII-8a

Schéma zariadenia SDVU 21 na difúzne zváranie s lokálnym vákuom
 1 - upínač drôtu, 2 - horný kryt komory, 3 - spodný kryt komory, 4 - in-
 duktor, 5 - pevný upínač drôtu, 6 - fotopyrometer, 7 - závažie, 8, 9 - vá-
 kuové ventily, 10 - elektromotor, 11 - ochladzovacia vodná sprcha, 12 - vý-
 veva forvákua (predbežného vákua), 13 - vákuové potrubie, 14 - vývoda vys-
 kého vákua

Celkový čas difúzneho zvárania vo vákuu je daný vzťahom

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7$$

kde T je celkový čas zváracieho cyklu,

- t_1 - čas vkladania a situovania zváraných dielcov,
- t_2 - čas vákuovania,
- t_3 - čas prenosu prítlačnej sily na zvárané dielce,
- t_4 - čas ohrevu,
- t_5 - čas ochladzovania,
- t_6 - čas potrebný na ukončenie pôsobenia prítlačnej sily,
- t_7 - čas potrebný na vybratie zvaru z vákuovej (zváracie) komory.

Produktivita zariadenia pre difúzne zváranie je daná všeobecne vzťahom

$$P = \frac{60 k \cdot n \cdot m}{T} \quad [\text{ks/min}]$$

kde k je počet pozícií v pracovnej komore,

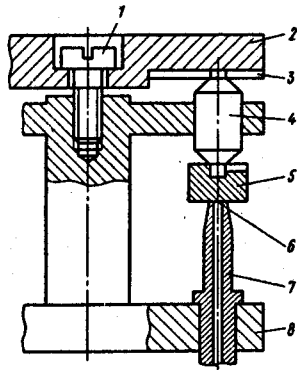
m - počet komôr,

n - počet súčasne zváraných dielov na jednej pozícií,

T - celkový čas zváracieho cyklu.

Zvyšovanie produktivity možno teda dosiahnuť konštrukciou zariadení s viac komorami, používaním prípravkov s viac pozíciami a paketového spôsobu zvárania.

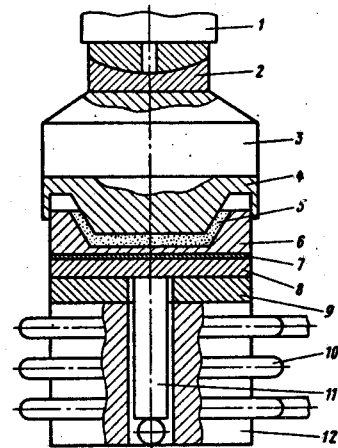
Prípravky sa najčastejšie používajú na zabezpečenie polohy zváraných dielcov alebo na vyrovňavanie rozmerových chýb. Základným účelom prípravkov je však zvýšenie produktivity zváracieho procesu. Najčastejšie sa prípravky vyrábajú zo žiarupevných ocelí a zliatin, keramických materiálov alebo ťažko taviteľných kovov (W, Mo a pod.), aby pri ohreve na zváraciu teplotu sa nedeformovali, prípadne nezmenili rozmery. Vybraté druhy prípravkov pre difúzne zváranie sú uvedené na obr. XII-8b,c.



Obr. XII-8b

Prípravok pre difúzne zváranie termoceliek.

1 - skrutka, 2 - prítlačný disk, 3 - podložka, 4 - prítlačná tyčka, 5 - pridržiavač, 6, 7 - časti termocelky, 8 - základná doska



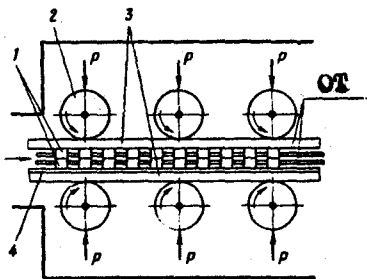
Obr. XII-8c

Prípravok pre difúzne zváranie fólií
1 - piestnica hydraulického lisu, 2 - guľová opora, 3 - horná časť prítlačnej tyče, 4 - vedenie, 5 - piezoelektrická vrstva, 6 - pružná doska, 7 - zváraná fólia, 8 - tepelne vodivá súčasť, 9 - podložka, 10 - induktor, 11 - driek, 12 - železné jadro

Ak sa dosiahne, že zvárané dielce sa budú môcť pohybovať vzhľadom na zdroj tepla, vznikne spojitý zvárací cyklus a produktivita zariadenia podstatne stúpne. Príklady spojitého cyklu difúzneho zvárania sú na obr. XII-8d,e.

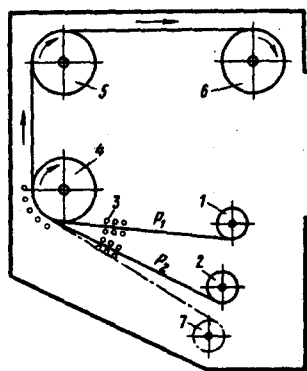
Skrátiť zvárací cyklus možno tiež zlučovaním operačných úsekov, napr. súčasným vákuovaním priestoru, ohrevom zváraných dielcov a pod.

Príklady zlučovania operačných úsekov sú uvedené na obr. XII-8f,g,h.



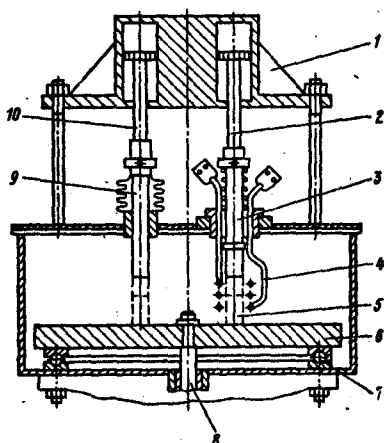
Obr. XII-8d

Zariadenie so spojitým cyklom zvárania
1 - zvárané materiály, 2 - valčekový dopravník, 3 - žiarupevné lišty, 4 - podložka z plastu, OT - ohrievacie telieska



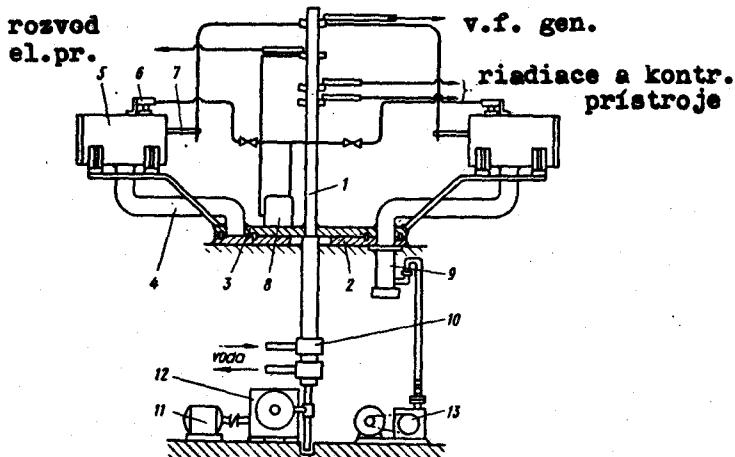
Obr. XII-8e

Zariadenie na difúzne zváranie so spojitým cyklom zvárania bimetalických pásov
1, 2 - zvárané pásy, 3 - tepelné zdroje, 4 - kladka, 5 - kladka, 6 - navíjací bubon, 7 - pomocný pás



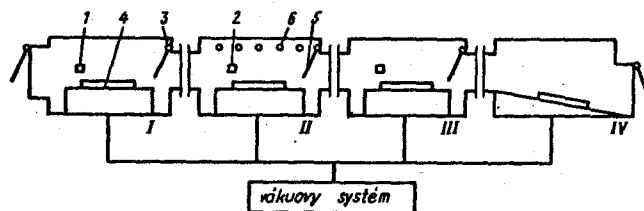
Obr. XII-8f

Zváracie zariadenie s otočnou doskou
1 - teleso, 2, hydraulické pritlačanie, 3 - pritlačná tyč, 4 - induktor, 5 - zvárané dielce, 6 - nastavovacia doska, 7 - ložisko, 8 - hriadeľ, 9 - pritlačná tyč, 10 - hydraulické pritlačanie



Obr. XII-8g

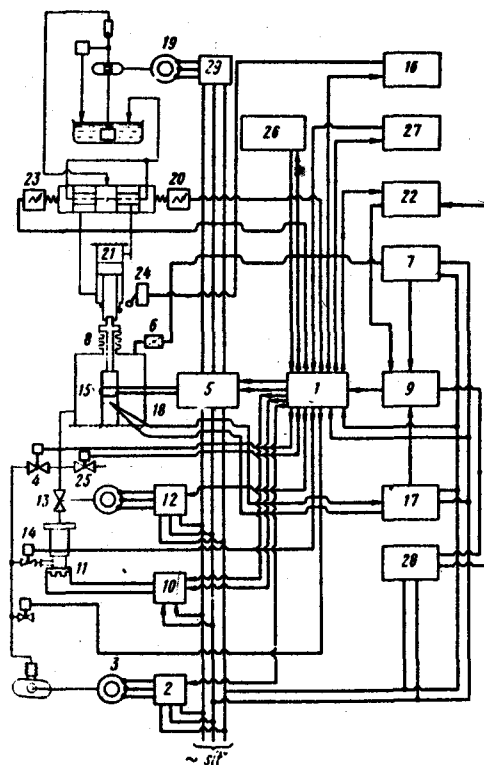
Karuselové zváracie zariadenie
1 - hriadeľ, 2 - doska, 3, otočný stôl, 4 - potrubie, 5 - zváracie komory (5), 6 - hydraulika, 7 - induktory, 8 - olejové čerpadlo, 9 - vákuový systém, 10 - tesnenie, 11 - elektromotor, 12 - variátor, 13 - vákuová výveha



Obr. XII-8h

Zváracie zariadenie turniketového typu
1 - podávač, 2 - podávač, 3 - uzáver, 4 - kazeta, 5 - uzáver, 6 - tepelný zdroj, I až IV - komory

Pri automatickej regulácii procesu difúzneho zvarovania prebieha sledovanie (kontrola) všetkých parametrov zvaracieho procesu, medzi ktoré patrí vákuum, zvaracia teplota a tlak, čas zvarovania, priebeh ochladzovania a čas chladnutia zariadenia na konci pracovnej smeny, ich kontrolný zápis a regulácia so zahrnutím všetkých vzájomných väzieb. Zvaraciu teplotu možno zisťovať termočlánkom priamo v mieste zvarovania alebo diaľkovo pomocou fotopyrometra. Zariadenie na difúzne zvarovanie SDVU-12 umožňuje plnoautomatické zvarovanie okrem ručného zapojenia dodávky vody na začiatku smeny. Dodávka vody sa kontroluje manometrom a tlakovým relé. Schéma automatickej regulácie zvaracieho procesu je na obr. XII-81.



Obr. XII-81

Schéma automatickej regulácie zvaracieho procesu SDVU-12
 1 - blok prevodných relé, 2 - magnetický vypínač, 3 - elektromotor forvákua, 4 - ventil, 5 - zdroj ohrevu, 6 - snímač (vákuum), 7 - regulačný a zapisovací prístroj, 8 - zvaracia vákuová komora, 9 - relé, 10 - transformátor, 11 - elektrický ohrievač olejovej vývevy, 12 - reverzný spúšťač, 13 - vákuový uzáver, 14 - vákuový ventil, 15 - zvarané dielce, 16 - svetelná tabuľa, 17 - uvoľnenie zvaraných súčiastok, 18 - termočlánok, 19 - elektromotor, 20 - elektromagnet, 21 - hydraulický valec, 22 - časové relé, 23 - elektromagnet, 24 - spínač, 25 - vzduchový ventil, 26 - časové relé (vzduch), 27 - časové relé, 28 - blok napájania releového bloku(9) a časového relé (22), 29 - spúšťač

Zváranie tlakom za studena

Patrí medzi najracionálnejšie a najspoľahlivejšie technológie zvarovania plastických materiálov (predovšetkým farebných kovov). Jej veľkou prednosťou je neprítomnosť ohrevu zvaraných materiálov v procese zvarovania.

Zváranie tlakom za studena je nenahraditeľnou technológiou predovšetkým v oblasti zvarovania v elektrotechnike (zváranie Cu, Al a Al + Cu).

Medzi technológiu zvarovania tlakom za studena možno zahrnúť: zváranie bodové, švové, stykové, pretláčaním, šmykom a pod.

Bodové zváranie je možné urobiť pomocou vhodných nástrojov na zariadeniach používaných v procesoch tvárnenia (tvárniace lisy). Zvárací proces sa dá automatizovať a robotizovať obdobne ako pri tvárnení. Okrem toho je vo svete skonštruovaných viacero zariadení na zváranie tlakom za studena. Široký sortiment týchto zariadení sa vyrába v ZSSR (VNIIESO), tab. XII-2.

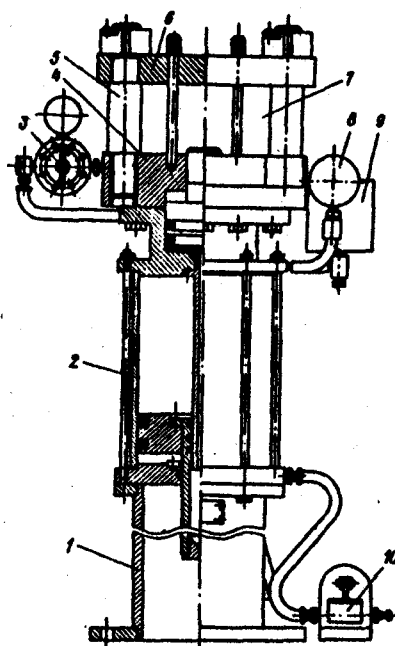
Zariadenia na zváranie bodové tlakom za studena
Výskumný ústav elektrozváracích zariadení Leningrad

Tabuľka XII-2

Technické charakteristiky	Druh zariadenia				
	UGCHS-5-2	UGCHS-10	MCHSA-50-3	PP-1	MCHSA-120
Max. hrúbka Al plechov armované rozmery [mm]	5	5	60x60	20 120x120	120x120
Zváracia sila [kN]	50	100	500	10	1200
Stláčanie	pneumo- hydr.	pneumo- hydr.	pneumo- hydr.	pneum.	hydr.
Počet zvarkov [ks/h]	400	300	300	1200	120
Hmotnosť zariadenia [kg]	120	150	250	40	1400

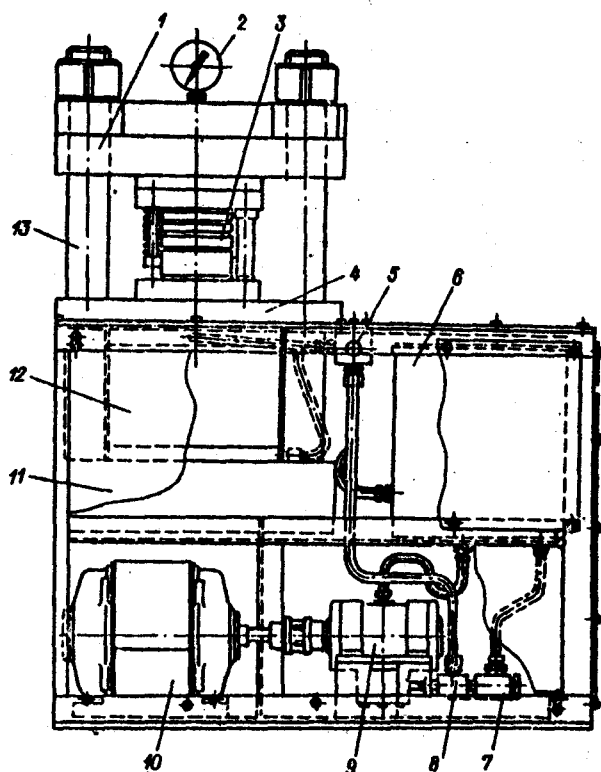
Schémy dvoch druhov zariadení na zváranie bodové tlakom za studena sú uvedené na obr. XII-9a,b.

Švové zváranie tlakom za studena možno realizovať kontinuálne alebo lisovaním. Pri oboch spôsoboch sa dá zvárací proces automatizovať a robotizovať. Niektoré zariadenia na švové zváranie sú uvedené v tab. XII-3.



Obr.XII-9a

Schéma zariadenia na bodové zváranie za studena MCHSA-50-3
 1 - základ stroja, 2 - multiplikátor, 3 - redukcia vzduchu, 4 - spodná časť
 zvaracej hlavy, 5 - stíplik, 6 - horná časť zvaracej hlavy, 7 - priestor pre
 zvarací nástroj, 8 - manometer, 9 - nádržka na olej, 10 - ovládací pedál



Obr.XII-9b

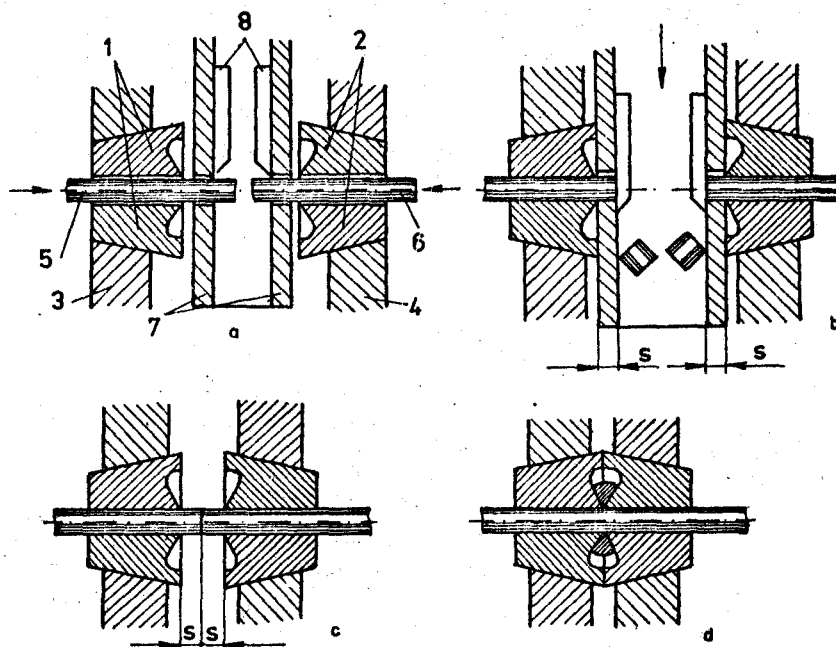
Zváracie zariadenie na armovanie medou hliníkových súčiastok
 1-nepohyblivá doska, 2-manometer, 3-zvarací nástroj (zápusťka), 4-pohybli-
 vá doska, 5-rukoväť ventilu, 6-olejová nádrž, 7-ventil, 8-hydraulický roz-
 deľovač, 9-čerpadlo, 10-motor, 11-doska, 12-hydrocylinder, 13-vodiaci stĺp

Zariadenia na švové zváranie tlakom za studena
(VNIIESO - Leningrad)

Tabuľka XII-3

Technické charakteristiky	MCHS-801	MCHS-2501	K 609 M
Zváracia sila [kN]	80	250	800
Stláčanie	h y d r a u l i c k é		
Príkon [kW]	4	5,5	7,5
Počet zvarkov [ks/h]	200	350	106
Hmotnosť zariadenia [kg]	500	1350	1500

Stykové zváranie sa obvykle používa s viacnásobným stláčaním. Proces zvárania možno úplne automatizovať. Príklad automatického zvárania vodičov stykovým zváraním na zariadení WLS-40 čs. výroby je na obr. XII-9c.

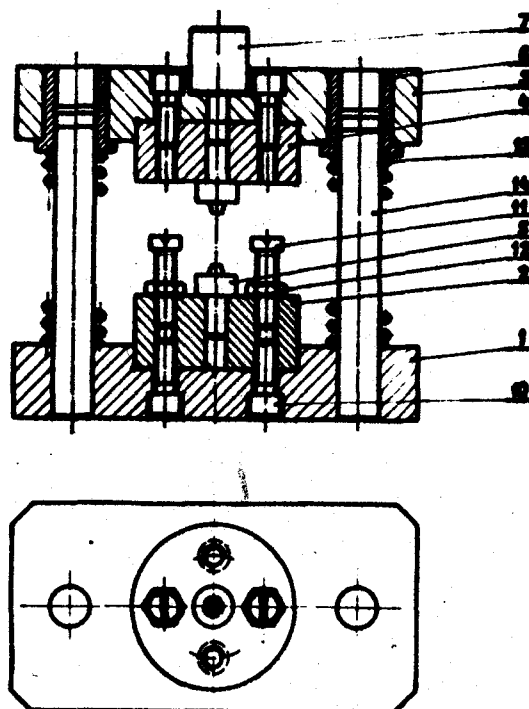


Obr. XII-9c

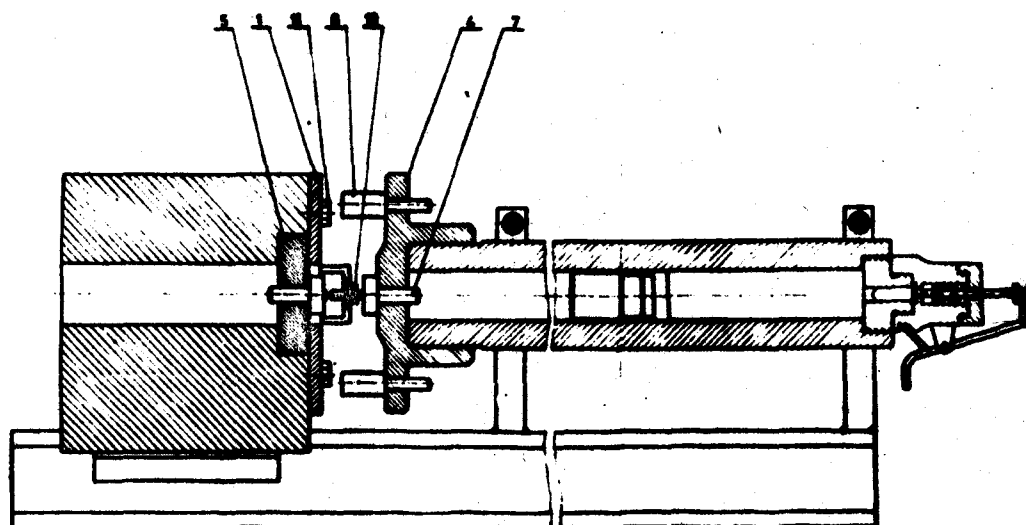
Automatický cyklus stykového zvárania tlakom za studena
1,2 - upínacie čeluste, 3,4 - upínacie časti, 5,6 - zvárané materiály,
7 - držiaky, 8 - nožnice

Zariadenie má nasledujúce technické charakteristiky:

- | | |
|---|---------------|
| - príkon hnacieho motora hydraulického agregátu | 7,5 kW |
| - príkon elektromotora prídavného zariadenia | 1,1 kW |
| - maximálna stláčacia sila | 450 až 500 kN |
| - čas zvárania pri 4-násobnom stláčaní | 60 s |



Obr.XII-9d
Prípravok na bodové zváranie tlakom za studena



Obr.XII-9e
Zariadenie na vysokorýchlostné zváranie tlakom za studena (Katedra
tvárnenia StP SVŠT)

- maximálny prierez: hliník	400 mm ²
meď	150 mm ²
Al + Cu	250 mm ²
- hmotnosť prídavného zariadenia	180 kg
- hmotnosť zvaracieho stroja	1600 kg

Prehľad zariadení na stykové zváranie tlakom za studena vyrábaných v ZSSR je uvedený v tab. XII-4.

Zariadenia na stykové zváranie tlakom za studena
(VNIIESO - Leningrad)

Tabuľka XII-4

Technické charakteristiky	Typ zariadenia				
	MSCHS-0	MSCHS-5-3	MSCHS-8	MSCHS-20-3	MSCHS-120-2
Plocha prierezu zvaru [mm ²]					
- Al	0,5-7	2-30	3-80	20-200	100-1500
- Cu	0,5-4	2-20	3-50	20-120	100-1000
- Al + Cu	0,5-4	2-20	3-50	20-120	100-1000
Zváračacia sila [kN]	8	50	80	200	1200
Príkon [kW]			0,25	5,5	17,0
Stláčanie	pneumatické			hydraulické	
Počet zvarkov [ks/h]	150	200	200	200	60
Hmotnosť [kg]	35	62	480	700	2700

Zváranie trením

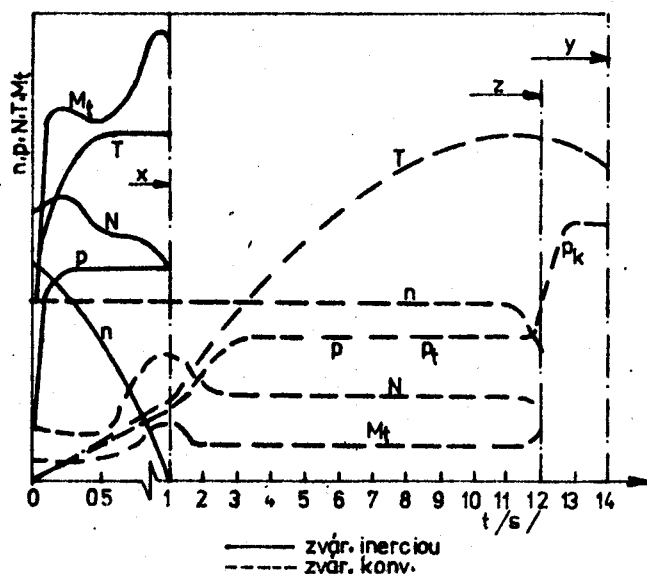
Patrí medzi technológie zvárania v pevnom stave za tepla. Podstata zvaracieho procesu tkvie v premene mechanickej energie na teplo. V dôsledku superpozície tlaku a teploty (kontaktovanie a aktivácia povrchových vrstiev - zvarových plôch) dochádza k chemickému nadviazaniu zváraných materiálov, ako aj k objemovým procesom (difúzia a pod.). V súčasnosti sa uvádzajú 4 hypotézy mechanizmu vzniku spoja: vrstvomá, rekryštalizačná, difúzna a energetická hypotéza.

Zváranie trením možno rozdeliť na klasické, inerciou a kombinované. Pohyby zváraných dielcov môžu byť kruhové aj nekruhové.

Priebeh ohrevu pri klasickom zváraní má tri charakteristické fázy, pričom v jednotlivých štádiách vzniká nasledujúce množstvo tepla: 1. 1%, 2. 12 %, 3. 87 %.

Procesy svárania klasického a inerciou (zotrvačnickové) sa výrazne líšia. Vývoj tepla pri konvenčnom trecom sváraní je pomalší, rovnomernejší s nižším tepelným gradientom. Čas ohrevu je niekoľkonásobne dlhší ako pri zotrvačnickovom trecom sváraní, kde ohrev je veľmi rýchly s vysokým tepelným gradientom.

Porovnanie klasického a inerčného svárania vidieť na obr. XII-10a.



Obr. XII-10a

Priebeh jednotlivých veličín pri klasickom a inerčnom sváraní
 M_t - trecí moment, T - teplota, N - výkon, p - tlak, n - otáčky, x - koniec
 zvaracieho procesu pri inerčnom sváraní, y - koniec zvaracieho procesu pri
 klasickom sváraní, z - ukončenie otáčania zvaraných dielcov, p_t - ohrievací
 tlak, p_k - kovací tlak

Pri zotrvačnickovom trecom sváraní môžeme ešte lepšie upraviť režim zvarania voľbou veľkej zotrvačnej hmoty a menšou uhlovou rýchlosťou, alebo malou zotrvačnou hmotou a veľkou uhlovou rýchlosťou.

Popis klasickej trecej sváračky

Trecia sváračka má charakter ťažkého obrábacieho stroja, sústruhu, a preto má aj podobné pomenovanie hlavných častí. Základné časti konvenčnej univerzálnej trecej sváračky ASPA ZT 4-13 sú fréza, na ktorej je upevnený vreteník so spojkou a brzdou. Vreteno je uložené na axiálnych a radiálnych valivých ložiskách. Na fréze je vedenie, po ktorom sa pohybuje suport. Pohyb suportu a vyvodzovanie osovej sily vykonáva hydraulický valec. Vo vretene je upínacie zariadenie rotujúceho dielca klieštinového typu, ovládané tanirovými pružinami (pri upnutí) a silovým valcom (pri uvoľňovaní). Na suporte je upevnený upínač nerotujúceho dielca klinového typu, ovládaný silovým valcom. Otáčky sa vyvodzujú trojfázovým asynchrónnym elektromotorom cez prevod

klinovými remeňmi a spojku - brzdu uloženú na hriadeľi vretenníka. Osová sila sa vyvodzuje pneuhydraulicky.

Základné parametre klasickej trecej zväračky

Výrobca	ASPA Wroclaw, PŁR
typ	ZT 4 - 13
priemer upínaných dielcov	od \varnothing 10 do \varnothing 30 mm
maximálny zváraný prierez	700 mm ²
dráha pohybu suportu	300 mm
maximálna trecia sila	49 kN
maximálna kovacia sila	49 kN
otáčky vretena	152 Rad·s ⁻¹ (1450 min ⁻¹)
nastaviteľný trecí čas	0,1 až 30 s
nastaviteľný kovací čas	0,1 až 10 s
príkon pohonného elektromotora	15 kW
napäťie pohonného elektromotora	3x380 V, 50 Hz
vstupný tlak vzduchu	600 kPa
maximálna kadencia zvárania	200 ks/h
pre \varnothing 20 mm, dĺžku 200+200 mm	
hlavné rozmery (dĺžka x šírka x výška)	2580 x 805 x 1315 mm
hmotnosť	1750 kg

Základné technické údaje vybratých inerčných zväracích zariadení fa AMF (USA) sú v tab. XII-5.

Zariadenia na zváranie inerciou (fa AMF)

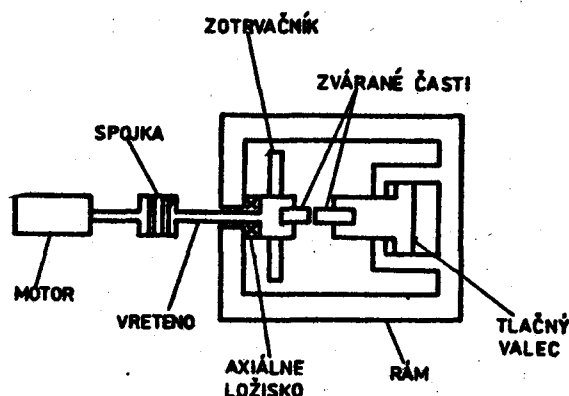
Tabuľka XII-5

T y p	50	100	250	350
Zváraný priemer [mm]	16	29	64	89
Max. kovacia sila [kN]	35	112	530	1830
Max. otáčky vretena [min ⁻¹]	12 000	8000	4000	2000
Čas zrýchlenia zotrvačníka [s]	1	2	5	10
Príkon [kW]	15	30	75	150

Zo socialistických štátov v súčasnosti zotrvačnickové trecie zväracie zariadenia vyrába ZSSR.

Princíp zvárania inerciou je uvedený na obr. XII-10b.

Proces zvárania môže byť riadený časovo a dráhovo.



Obr. XII-10b
Schéma zvarovania inerciou (zotrvačnickové)

Pri časovom riadení sa nastavuje priamo čas v sekundách alebo ich zlomkoch pôsobenia trecieho tlaku do zastavenia vretena. Pri dráhovom riadení sa nastavuje dĺžkový úbytok v mm, počas ktorého pôsobí trecí tlak.

Hlavné parametre pri konvenčnom trecom zvaraní:

- rýchlosť relatívneho pohybu,
- trecí tlak,
- kovací tlak,
- trecí čas (dĺžkový úbytok počas trenia pri dráhovom riadení),
- kovací čas.

Hlavné parametre pri zotrvačnickovom zvaraní:

- kruhová frekvencia zotrvačníka,
- kinetická energia zotrvačníka,
- trecí tlak,
- kovací tlak.

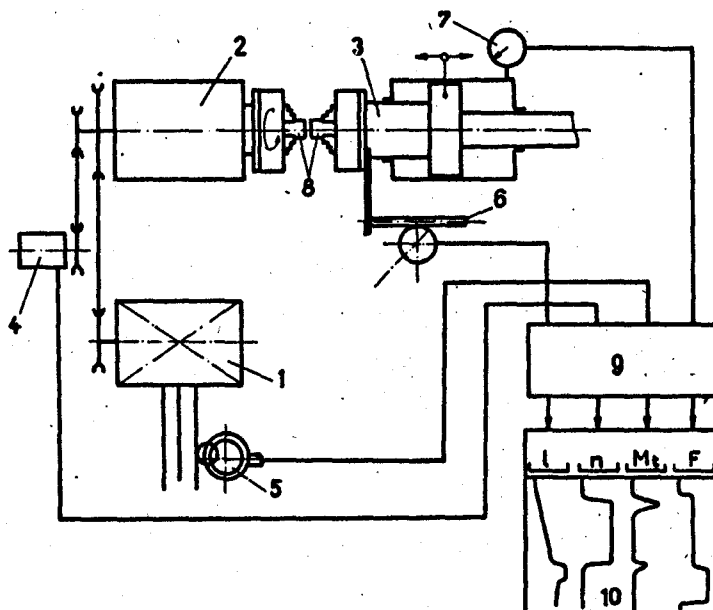
Kinetická energia zotrvačníka závisí od kruhovej frekvencie a jeho hmoty. Za predpokladu kenštrukčného trecieho tlaku nastáva menšie stlačenie pri malej hmotnosti zotrvačníka a veľkej kruhovej frekvencii pri rovnakej kinetickej energii.

V poslednom čase sa zvarovanie trením ubera smerom k vyšším stupňom automatizácie.

Monitorovanie procesu trecieho zvarovania tkvie v meraní a zázname vstupných veličín - otáčok vretena, osového tlaku, trecieho času, na ktoré pôsobia rušivé vplyvy, ktoré majú za následok zmenu vlastností spoja.

Monitorovať môžeme aj ďalšie sprostredkovacie veličiny (prechodové): teplotu, priebeh trecieho momentu, dĺžku stláčania počas trenia, dĺžku stláčania počas kovania, akustickú emisiu.

Monitorovací systém KUKA so spätnou väzbou je na obr. XII-10c.



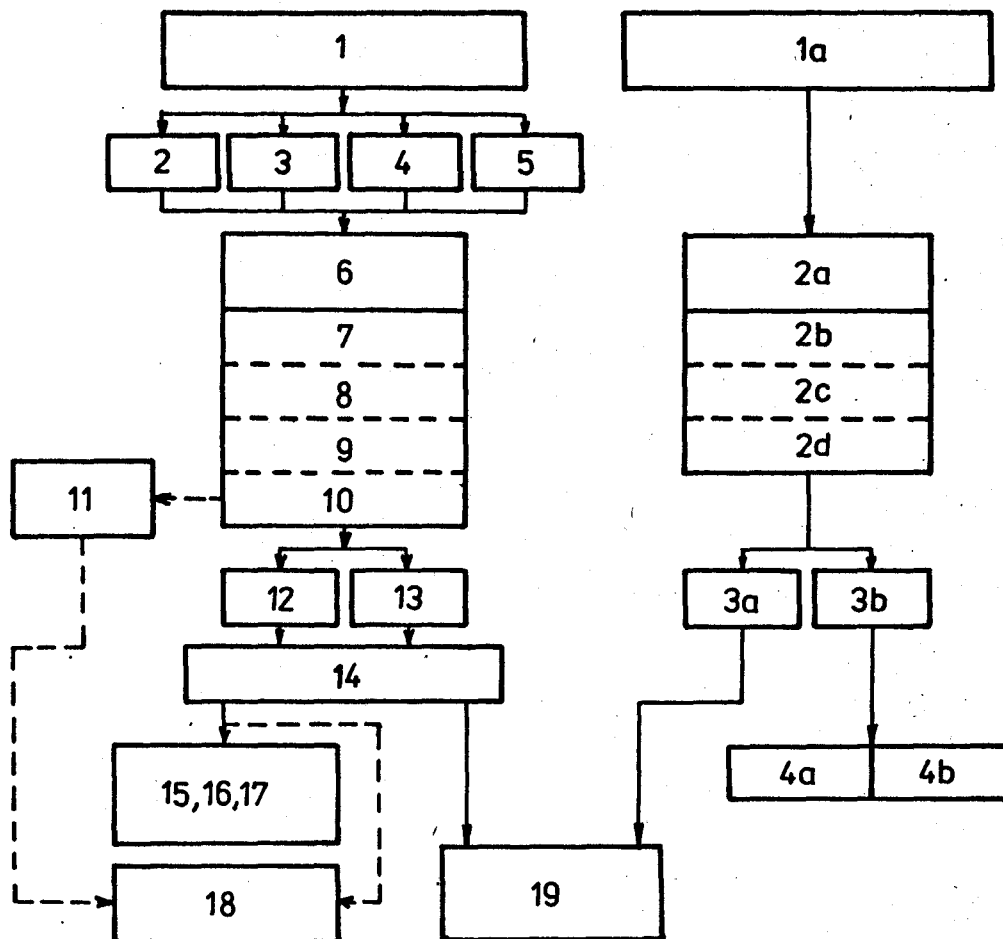
Obr.XII-10c

Bloková schéma monitorovacieho zariadenia

1 - hnací motor, 2 - vretenník, 3 - suport, 4 - tachodynamo, 5 - Hallova sonda, 6 - snímač posuvu, 7 - snímač tlaku, 8 - zvarané dielce, 9 - prispôsobovacia jednotka k zapisovaču, 10 - zapisovač - oscilograf

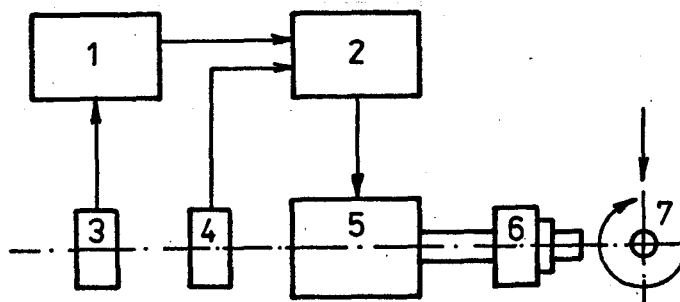
Kritérium kvality spoja - hlavný parameter treba overiť v závislosti od vstupných a prechodových veličín, ako aj rušivých vplyvov. Zisťuje sa absolútna alebo pomerná hodnota a stanovuje sa tolerančné pásmo, ktorým sa určujú medze prijateľnej kvality zvarového spoja a určujú sa požiadavky na činnosť kontrolného alebo regulačného zariadenia so spätnou väzbou.

V prípade nedodržania stanovených tolerancií parametrov monitor signalizuje akusticky, opticky, graficky nedodržanie parametrov. V systémoch so spätnou väzbou tieto regulujú niektorý z parametrov, napr. treciu silu alebo trecí čas, aby sa dosiahla vyžadovaná kvalita spoja.



Obr. XII-10d

Schéma monitorovania parametrov s riadením pomocou počítača
 1 - získavanie údajov o vplyve stroja na ..., 2 - rýchlosť posuvu, 3 - tlak, 4 - otáčky hriadeľa, 5 - čas, 6 - monitorovanie parametrov, 7 - vyhodnotenie, 8 - vkladanie, 9 - prepojenie, 10 - výstup, 11 - dokumentácia, 12 - zlý, 13 - dobrý, 14 - riadenie stroja, 15 - vynepodarkovanie, 16 - označkovanie, 17 - ničenie, 18 - odporúčanie pre údržbu, 19 - kvalitný zvarok, 1a - získavanie údajov o vplyve dielca na ..., 2a - kontrolovateľnosť predprípravy dielca, 2b - rozmerová presnosť, 2c - stav styčných povrchov, 2d - stav materiálu, 3a - dobrý, 3b - zlý, 4a - dodatočné spracovanie, 4b - nepodarok.



Obr. XII-10e

Bloková schéma polohovej jednotky pre zvarovanie trením
 1 - polohový ovládač, 2 - usmernovač, 3 - uhlový kódér, 4 - generátor otáčok, 5 - jednosmerný motor, 6 - upínacie zariadenie, 7 - poloha

Zváranie ultrazvukom

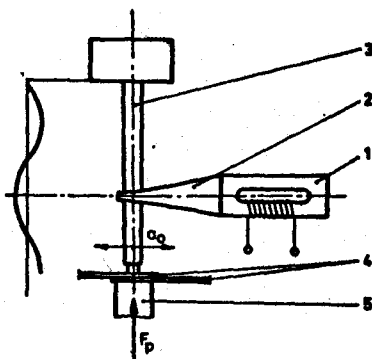
Na zváranie ultrazvukom (UZ) sa využíva kmitavá UZ energia. V mieste zvarového spoja treba zabezpečiť akustickú väzbu. Spôsob aplikovania UZ kmitov závisí od druhu spájaných materiálov. Pre kovové materiály sa vyžaduje, aby smer výchylky pri kmitaní zváracieho hrotu bol rovnobežný s rovinou rozhrania zváraných materiálov. Pri UZ zváraní plastov sa spoj vytvára kolmým pôsobením výchylky UZ kmitov na rovinu spoja pri súčasnom pôsobení prílačnej sily.

Hlavné parametre zvárania sú: amplitúda výchylky zváracieho hrotu, prílačná sila, frekvencia a zvárací čas. Celkový zvárací čas nepresahuje 2 až 3 s.

Pri zváraní UZ nie sú rozhodujúce elektrické vlastnosti zváraných materiálov; možno zvärať aj kovy s nekovmi.

Z technológií zvárania UZ možno spomenúť bodové, švové, kruhové a tvarové zváranie. Zváranie plastov sa realizuje v blízkom poli (kontaktné) a v ďalekom poli (odľahlé).

Schéma UZ zváracieho zariadenia s ohybovými kmitmi na bodové zváranie kovov je na obr. XII-11a. VUMA Nové Mesto n/V. vyvinula zváracie zariadenie na bodové zváranie US 200 AR 9. Môže sa použiť ako samostatná jednotka s vlastným dvojručným ovládaním, lebo sa dá zaradiť do výrobnéj linky s diaľkovým ovládaním s možnosťou poloaautomatického alebo automatického režimu. Vybavenie zváracieho zariadenia umožňuje riadiť zvárací proces: časovačmi, dávkovaním energie a voľbou deformácie zvaru.



Obr. XII-11a

Schéma UZ zvárania bodového s ohybovými kmitmi

1 - menič, 2 - prenosový článok, 3 - vertikálne ladený článok, 4 - zvárané materiály, 5 - nákovka

Pri uvedených režimoch možno zaradiť po zvaraní dodatočný UZ impulz uvoľňujúci zvarené súčiastky z pracovného nástroja. Nesplnenie predvoleného zvaracieho režimu signalizuje kontrolná žiarovka na paneli zvaračky. Technické údaje zvaracieho zariadenia:

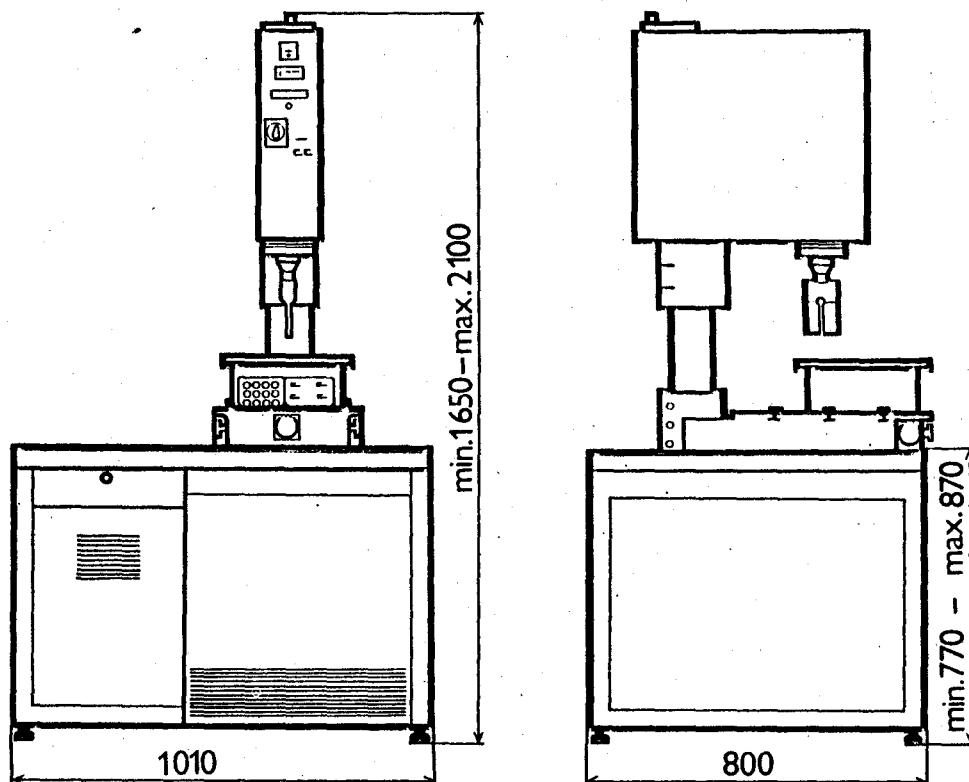
zváranie Al a zliatin Al	max. 2 mm
zváranie Cu a zliatin Cu	max. 1 mm
Fe a iné kovy	do 0,5 mm
počet zvarov	4 až 20/min
prítlačná sila	30 až 3000 N
napájacie napätie	220 V, 50 Hz
príkon	3500 VA
odoberaný prúd zo siete	do 16 A
výstupný výkon generátora	max. 1600 W
tlakový vzduch	0,2 až 0,6 MPa
rozsah časovačov	0 až 10 s
hmotnosť	150 kg

Na zváranie plastov sa používa napr. zariadenie US 003 AR 9. Významným prínosom tohto zariadenia je automatická kontrola kvality spoja prostredníctvom zabudovaného dávkovača energie, resp. elektromechanického dorazu, ako je možnosť práce v uzavretom automatickom cykle s otočným stolom, ktorý tvorí samostatné prídavné zariadenie.

Elektronické ovládanie umožňuje voľbu troch variantov riadenia pracovného cyklu: časové riadenie, energetické riadenie a riadenie elektromechanickým dorazom. Energetické riadenie a riadenie elektromechanickým dorazom sa využíva na automatickú kontrolu kvality zvarových spojov. V prípade zaradenia zvaracieho zariadenia do pracovnej linky môže pracovať poloaufomaticky alebo automaticky.

Pohľad na zvaracie zariadenie je na obr. XII-11b; technické údaje:

počet zvarov	2 až 20/min
rozsah časovačov	0,1 až 10 s
dávkovanie energie	10 až 10 000 Ws
prítlačná sila nástroja	200 až 2000 N
presnosť nastavenia EM dorazu	$\pm 0,02$ mm
výstupný výkon generátora	max. 1600 W
počet pracovných polôh otočného stola	6 alebo 12
tlakový vzduch	0,3 až 1 MPa
hmotnosť	364 kg

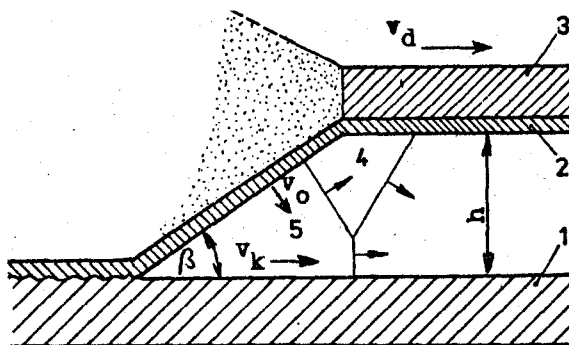


Obr. XII-11b
Zariadenie na zvaranie plastických látok US 003 AR 9 (VUMA - Nové Mesto nad Váhom)

Celkove možno konštatovať, že zvaranie UZ umožňuje automatizáciu a robotizáciu zvaracieho procesu obdobne ako elektrické odporové zvaranie bodové, švové, v lise, resp. zvaranie tlakom za studena bodové švové, lisovaním.

Zvaranie explóziou

Patrí medzi technológie zvarania tlakom, ktorý sa získa reakciou priemyselnej trhavy. V procese zvarania je obvykle jeden zo zvaraných materiálov urýchľovaný tlakom splodín detonujúcej trhavy. Vo väčšine prípadov sa používa paralelné situovanie zvaraných materiálov, obr. XII-12a.



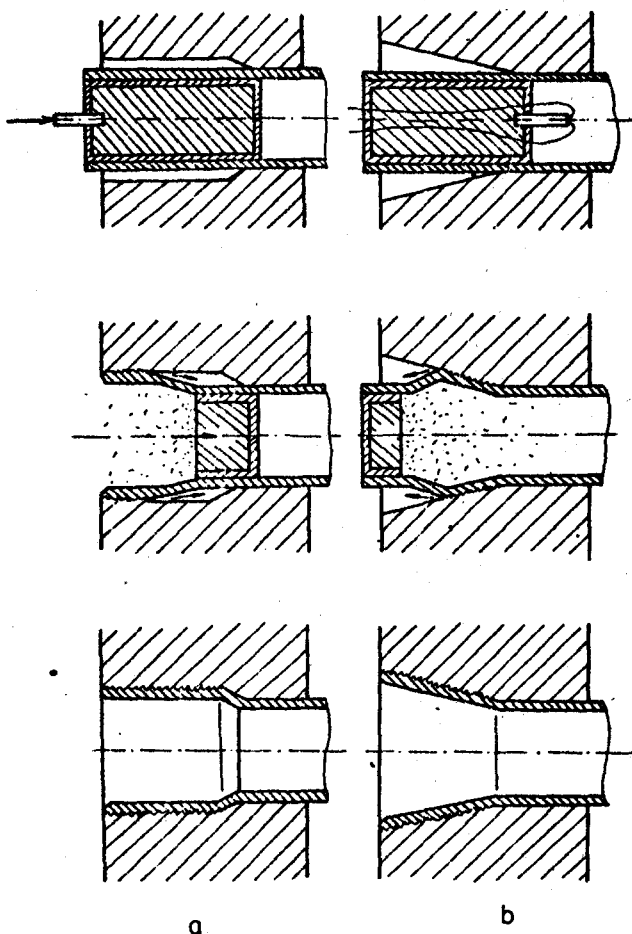
Obr. XII-12a

Schéma zvarania explóziou s paralelným situovaním zvaraných materiálov
 v_d -detonačná rýchlosť, v_o -rýchlosť letu zvaraného materiálu, v_k -rýchlosť zrázu zvarania, h -distančná vzdialenosť, β -dynamický uhol zrázu, 1 -stabilný zvaraný materiál, 2 -urýchľovaný materiál, 3 -trhavina, 4 -dopadajúca rázová vlna, 5 -odrazená rázová vlna

Za hlavné parametre zvarania možno považovať detonačnú rýchlosť, rýchlosť letu materiálu, rýchlosť zrázu (zvarania), vzdialenosť situovania zvaraných materiálov h a dynamický uhol zrázu β .

Zo spôsobov zvarania explóziou možno spomenúť veľkoplošný variant (výrobu bimetalov), bodové zvaranie, švové zvaranie, zvaranie preplátovaním a pod.

Vzhľadom na charakter zvarania je pomerne málo prípadov automatizácie zvaracích prác. Vo väčšine prípadov sa ekonomické aspekty riešia racionalizačnými opatreniami. Možno spomenúť napr. priváranie rúrok do rúrkovnic výmenníkov tepla, kde podľa Crosslanda sa môže naraz vyhotoviť 50 spojov, resp. výrobu expandovanej voštinovej štruktúry, vyhotovenie 10 až 16 ks bimetalov naraz a pod., obr. XII-12b,c,d.

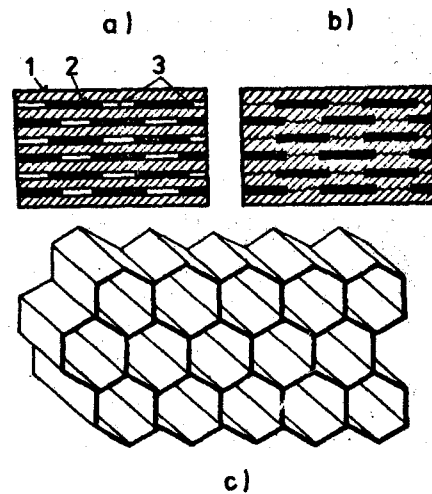


a

b

Obr.XII-12b

Schéma zvarania expandovanej voštinovej štruktúry
1 - fólia, 2 - separačná medzivrstva, 3 - dištančná medzera



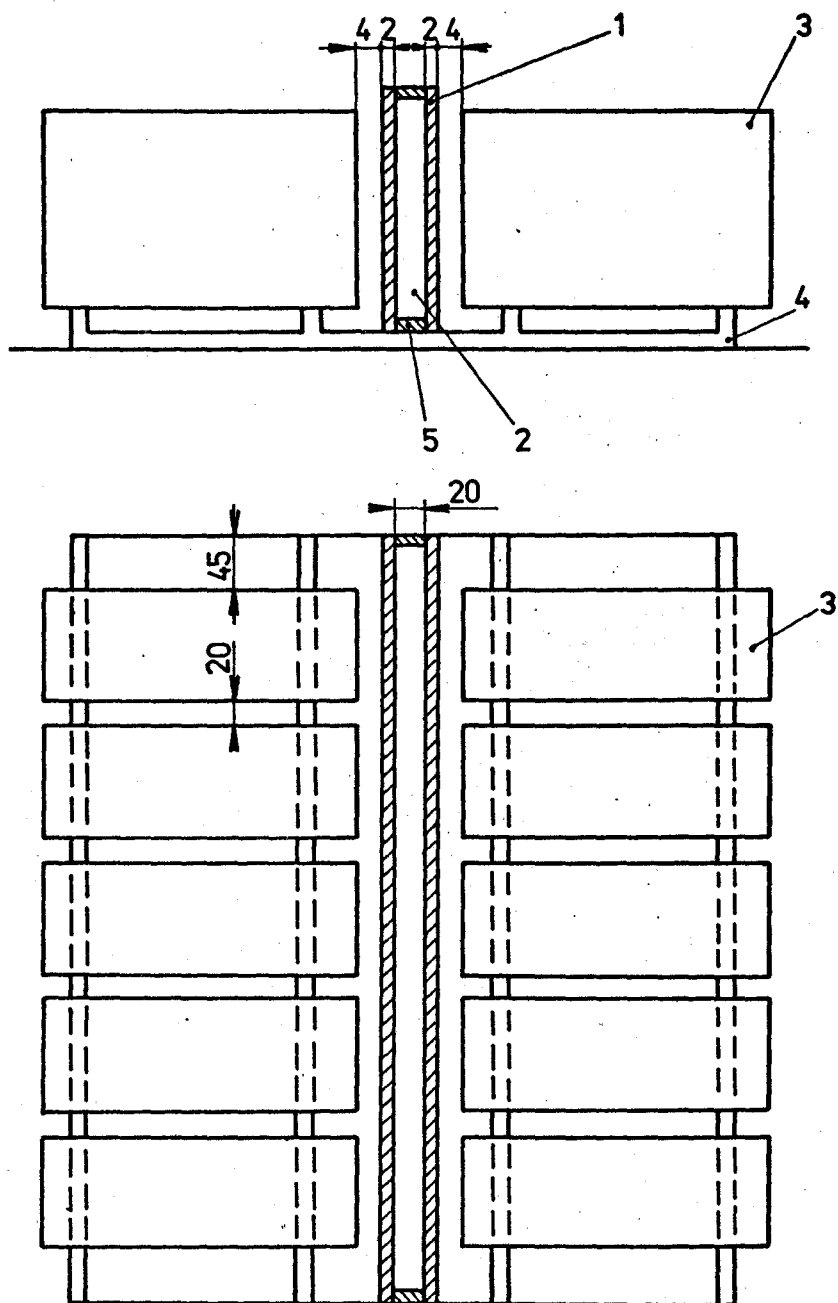
a)

b)

c)

Obr.XII-12c

Priváranie rúrok do rúrkovnic výmenníkov tepla explóziou

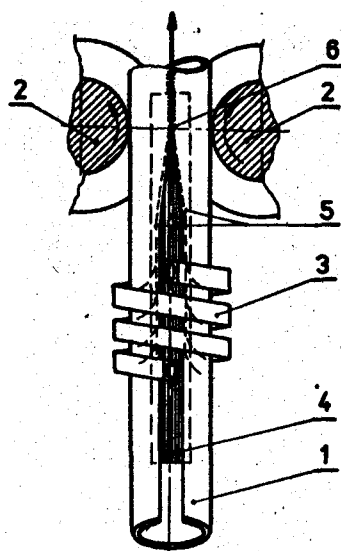


Obr. XII-12d

Hromadná výroba katódových vývodov Al - oceľ zváraním explóziou (Závod
SNP - Žiar n/H.)
1 - Al plech, 2 - trhavina, 3 - oceľový katódový vývod, 4 - drevotriesková
doska, 5 - obvodový rámik

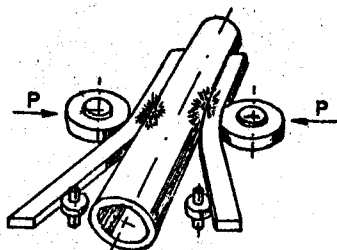
Napriek tomu sú informácie napr. o zváraní explóziou v linke na výrobu te-
lefónov (USA) malými náložkami.

Vcelku by sa mohlo úspešne automatizovať zváranie urýchlenou kvapalinou.
Z ďalších technológií je pre automatizáciu zvárania vhodné vysokofrekvenč-
né zváranie. Používa sa na výrobu tenkostenných rúrok, oplášťovanie káblov,
naváranie a pod., obr. XII-13a,b,c,d.



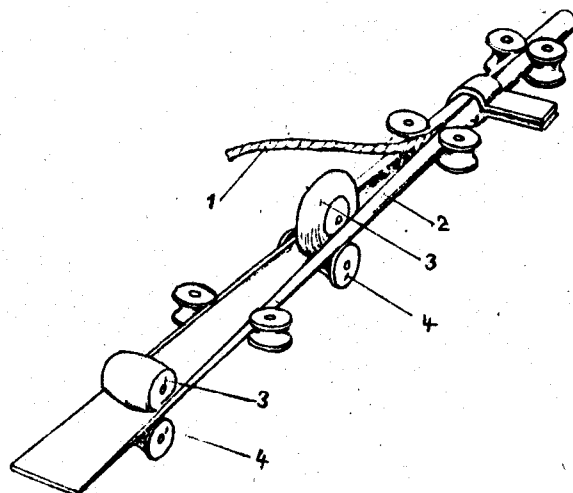
Obr.XII-13a

Indukčné vysokofrekvenčné zváranie tenkostenných rúr
1 - rúrka, 2 - tvarovacie kladky, 3 - induktor, 4 - magnetické jadro, 5 - smer toku prúdu, 6 - miesto zvárania



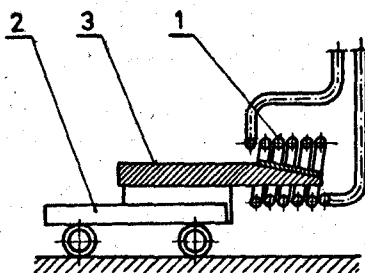
Obr.XII-13b

Schéma privárania rebier na rúrky VF prúdom



Obr.XII-13c

Kontinuálne oplášťovanie káblov VF zváraním



Obr. XII-13d

Kontinuálne vysokofrekvenčné naváranie

1 - induktor, 2 - pohyb naváraných dielcov, 3 - naváraný materiál

Literatúra

- [1] Dunovský, J.: Speciální technologie. Praha, ES ČVUT 1984.
- [2] Adamka, J. - Turňa, M.: Špeciálna technológia I. Špeciálne metódy zvarovania. Bratislava, ES SVŠT 1984.
- [3] Turňa, M.: Nekonenčné spôsoby zvarovania. Bratislava, ES SVŠT 1979.
- [4] Strojman, I. M.: Chłodnaja svarka metallov. Leningrad, Izd. Mašinostroenie 1985.
- [5] Blazynski, T. Z.: Explosive Welding Forming and Compaction. The University of Leeds, UK 1983.
- [6] Švehla, Š. - Figura, Z.: Ultrazvuk v technológii. Bratislava, Alfa 1984.
- [7] Kazakov, N. F.: Difúzní svařování. Praha, SNTL 1983.
- [8] Minárik, R.: Zvarovanie trením. Špeciálna technológia I. Špeciálne metódy zvarovania. Bratislava, ES SVŠT 1985.
- [9] Šamov, A. N. a kol.: Vysokočastotnaja svarka metallov. Leningrad, Mašinostroenie 1977.
- [10] Kuncipál, J. - Pilous, V. - Dunovský, J.: Nové technologie ve svařování. Praha, SNTL 1984.
- [11] Rykalin, N. N. a kol.: Lazernaja i elektronno-lučevaja obrabotka materialov. Moskva, Mašinostroenie 1985.
- [12] Redi, J.: Promyšlennye primenenie lazerov. (Preklad z angl. Industrial Applications of Lasers). Moskva, Izd. Mir. 1981.
- [13] Kosolapova, T. Ja. a kol.: Nemetalicheskie tugoplavkie soedinenia. Moskva, Metallurgia 1985.
- [14] Rjabov, V. R. a kol.: Svarka raznorodnych metallov i splavov. Moskva, Izd. Mašinostroenie 1984.
- [15] Turňa, M. a kol.: Špeciálna technológia I. Špeciálne metódy zvarovania. Bratislava, ES SVŠT 1985.

XIII. Úvod do automatizácie zlievárenských procesov

(Mäsiar)

Za jeden z najhlavnejších ukazovateľov vedecko-technického rozvoja sa považuje automatizácia technologických procesov. Nie všetky technologické procesy sú rovnako adaptabilné na prechod k automatizácii. Analýza procesu výroby odlievacích súčiastok ukazuje, že sa skladá z troch samostatných čiastkových procesov: z výroby formy, tavenia a odlievania a z čistenia a apretácie odlievacieho súčiastku. Tieto sú štruktúrne odlišné. V určitom priblížení výrobu formy, t.j. tvarovanie negatívneho tvaru odlievacieho súčiastku, možno porovnať k tvárneniu, proces tavenia a odlievania k tavnému zvarovaniu a proces čistenia a apretácie odlievacieho súčiastku k obrábaniu. Všetky potrebné operácie pre výrobu výkovku, zvarovnice alebo obrobku sa dajú vykonať na jednom strojovom zariadení, samozrejme, okrem prípravy polotovaru alebo základného materiálu. V súčasnosti jeden programovo riadený stroj je schopný vyrobiť výkovok, zvarovnicu alebo obrobok vo vyžadovanej kvalite.

V zlievárenstve naproti tomu každý čiastkový proces používa úplne iné strojové zariadenia, a preto sa automatizácia aplikuje samostatne pri výrobe foriem, tavení a odlievaní a pri čistení a apretácii odlievacích súčiastok. To je jeden z dôvodov, prečo dnes ešte nemožno povedať, že existuje zlieváreň, ktorá by komplexný proces výroby odlievacích súčiastok realizovala plnoautomatizovane, t.j. bez zásahu ľudskej ruky. Avšak niektoré technologické spôsoby používané v zlievárenstve sa už približujú k plnoautomatickému systému výroby, napr. výroba odlievacích súčiastok z neželezných kovov odlievacích kokilovo alebo pod tlakom, výroba liatinových odlievacích súčiastok bezrámovým formovaním, výroba presných oceľových odlievacích súčiastok metódou vytaviteľného modelu, výroba liatinových rúr odstredivým odlievacím, výroba odlievacích súčiastok zo železných alebo neželezných kovov kontinuálnym tvarovacím odlievacím.

Nie je náhoda, že zlievárenstvo, takmer najstaršia technologická disciplína (4 tis. rokov pred naším letopočtom), sa dožije plnoautomatizovaného procesu výroby ako posledné. Naproti tomu jedna z najmladších technologických disciplín, zvarovanie, najmä v procesoch, ktoré používajú elektrický prúd ako zdroj tepla, je veľmi vhodné na automatizáciu. Je to dané dialektickým vývojom, pretože nové procesy, ktoré dokáže dnes človek vytvoriť, dokáže aj okamžite sautomatizovať.

Definíciu tejto časti technologických procesov možno vyjadriť takto: Automatizácia zlievárenských procesov je disciplína výrobného charakteru v odbore strojárskych technológií, ktorá realizuje a zavádza do zlievárenských procesov automatické zariadenia, priemyselné roboty a manipulatory umožňujúce uskutočniť a riadiť čiastkové alebo komplexné procesy výroby hrubých odlievacích súčiastok bez fyzickej účasti človeka okrem dozoru.

Pri realizácii časti skriptu Automatizácia zlievárenských procesov autor Ing. H. Mäsiar, CSc získal cenné poznatky z dostupných publikácií a informácií od najvýznamnejších odborníkov v ČSSR z oblasti automatizácie zlievárenských procesov. Patrí k nim: Ing. L. Forýtek, CSc. z VÚT Brno - Katedra zlievárenstva, pracovníci SVÚM - úsek zlievárenského výskumu Brno a pracovníci k.p. ŠKODA, závod Ostrov nad Ohří.

Poslucháči špecializácií ARTP (automatizácie a robotizácie technologických procesov) majú na prednáškach a cvičeniach získať prehľad o automatizácii v jednotlivých úsekoch celého zlievárenského výrobného procesu. Tento sa z hľadiska automatizácie rozdeľuje na úseky:

1. Automatizácia tavebných zariadení a procesov
2. Automatizácia úpravy pieskov
3. Automatizácia výroby foriem
4. Automatizácia výroby jadier
5. Automatizácia odlievania a uvoľňovania odliatkov
6. Automatizácia čistenia a úpravy odliatkov
7. PRAm v procesoch výroby odliatkov
8. Automatizácia merania, regulácie a kontroly v procesoch výroby odliatkov

Štúdiu automatizácie zlievárenských procesov sa musí venovať každý technolog, lebo len tak nadobudne technický prehľad o výrobných možnostiach v jednotlivých technologických disciplínach. Z hľadiska svetonázoru sú všetky technologické disciplíny rovnako dôležité a potrebné pri danom stupni tvorivo rozvíjajúceho sa života v našej spoločnosti.

XIV. Vývoj zlievárenských strojov a zariadení (Másiar)

ŠKODA Plzeň, n.p. bol roku 1959 poverený vládny uznesením vybudovať strojársky závod v Ostrově nad Ohří. Sústredenie výroby zlievárenských strojov a zariadení do jedného závodu vyplynulo z roztrieštenosti výroby po roku 1945. Ako dôsledok premeny štruktúry priemyslu na vojenský počas II. svetovej vojny a nestabilnosti výrobných programov kapitalisticky riadených spoločností.

V prvom období po roku 1945 výroba zlievárenských zariadení zväčša tvorila iba doplnkový program výrobcov ako Západočeské strojírny - ALBA Hořovice (formovacie stroje), Železářny Žandov (formovacie a čistiarenské stroje), BUZULUK Komárov a Chodov (iné zariadenia zlievárni). Roztrieštenosť prispievala k stagnácii vývoja a výroby.

V druhom období roku 1957 sa výroba zlievárenských zariadení sústredila do pobočného závodu Západočeských strojírny v Rokycanoch. Tento bol dovtedy zameraný len na výrobu čistiarenských strojov a zariadení na úpravu formovacích zmesí. Napriek obmedzeným možnostiam závodu vybavil niektoré zlievárne technologickým zariadením, z ktorých najvýznamnejšia bola dodávka pre Žďárské strojírny a slévárny.

Stabilizácia ťažkého priemyslu vrátane zlievárenských prevádzok v päťdesiatych rokoch a narastajúce nároky na mechanizáciu technologických procesov si vyžiadali sústredenie výroby zlievárenských zariadení do jednej konštrukčnej - technologicky samostatnej organizácie.

Tretie obdobie výroby zlievárenských zariadení začína spustením prevádzky závodu ŠKODA Ostrov. Od 1.10.1963 sa od neho oddeľuje Výskum zlievárenských strojov a zariadení a prechádza do novovzniknutého SVÚM - VSL (Štátny výskumný ústav materiálov - úsek výskumu zlievárenstva) v Brne.

Rad úspešne vyriešených úloh, napr. automatický článok pre úpravu formovacej zmesi, pieskometné linky, pásové otrieskavače, vytíkáacie rošty a pod. ukázal, že pracovné kolektívy závodu ŠKODA Ostrov a SVÚM-VSL sú schopné vyrovnat sa s náročnými úlohami v procese modernizácie zlievárenskej výroby.

Bilancia vybudovaných a rekonštruovaných zlievárni v ČSSR, ku ktorým patria také rozsiahle akcie, ako zlievárne ŠKODA Plzeň, ŠKODA České Budějovice, ČKD Kutná Hora, ŽD Bohumín, TATRA Kopřivnice, VSS Košice, ZPS Gottwaldov, Strojárne Piesok - Hronec a desiatky rozsiahlych investičných akcií realizovaných do zahraničia dokazujú, že Československo ako štát s bohatou zlie-

várenskou tradíciou má dobré perspektívy nielen v oblasti rozvoja a používania zlievárenských technológií, ale aj vo vývoji, modernizácii a automatizácii zlievárenských strojov a zariadení. Vyrábané stroje používajú najnovšie technologické metódy a zohľadňujú hygienu a bezpečnosť práce.

V sedemdesiatych rokoch závod ŠKODA vyrábal asi 250 rôznych typov či rozmerovo rozdielnych strojov a typizovaných zariadení. Inovácia výroby na začiatku osemdesiatych rokov zredukovala výrobný program na 80, z ktorých časť predstavuje koncepčne nové zariadenia. Redukcia na úkor začatia výroby nových moderných strojov súvisela aj s programom špecializácie v rámci medzinárodnej spolupráce s NDR a PLR. Jej cieľom je vytvoriť podmienky pre zabezpečenie vysokej technickej úrovne výrobkov. Tak napr. v prospech NDR boli špecializované formovacie stroje striasacie a lisovacie, vstreľovacie stroje na jadrá všetkých typov a veľkostí a pod. PLR zabezpečuje výrobu niektorých zariadení na úpravy pieskov, na sušenie pieskov, zariadenia skladov, vodné otrieskavače, niektoré typy zlievárenských pecí a pod.

K významným súčasným výrobkom závodu ŠKODA Ostrov patria:

- články úpravne piesku s kyvadlovým miesičom MKY 1000,
- formovacie linky pre rozmer rámov 1000 x 800 mm,
- formovacie linky na samotuhnúce zmesi pre nosnosť 4 a 8 t,
- licenčná bezrámová linka FORMATIC I - systém Bühler,
- vytíkáacie bubny k formovacím linkám,
- rad pásových bubnových otrieskavačov typu TMP pre náplň 10 kN, 20 kN a 40 kN,
- rad závesných otrieskavačov typu TMZ, pre zaťaženie 5 kN, 10 kN, 30 kN, 50 kN a 125 kN.

Odbor, ktorý zabezpečuje k.p. ŠKODA, je komplexný od projektu až po montáž a uvedenie celej zlievárne do prevádzky. Je schopný dodávať jednotlivé stroje a kompletne dodávky ako do malých zlievárení s kapacitou 5000 t.rok⁻¹, tak i do veľkých s kapacitou 50 000 t odliatkov za rok a viac.

Vyrábané a vyvíjané skupiny zariadení sa podľa technologickej príslušnosti rozdeľujú na:

1. Stroje a zariadenia úpravovní pieskov vrátane dopravy formovacích zmesí.
2. Stroje a zariadenia formovní.
3. Stroje a zariadenia na uvoľňovanie odliatkov z foriem a na čistenie odliatkov.
4. Zariadenia taviarní, žihacie a sušiace pece.

Skupiny 1, 2 a 3 vyrába závod ŠKODA Ostrov, pneumatickú dopravu k týmto zariadeniam zabezpečuje ZVVZ Milevsko, n.p. Závod ŠKODA Klatovy vyrába skupinu 4. Elektrické indukčné pece vrátane statických polovodičových generá-

torov (meničov frekvencie) vyrába ZEZ Praha, n.p. Elektrické odporové udržiavače pece pre odlievanie neželezných kovov a nízkofrekvenčné predpecia vyrába jeho pobočka REALISTIC Karlove Vary. K.p. ŠKODA Plzeň vyrába ďalej pneumatické manipulátory s ručným ovládaním typu PMS, PMSP, PMZ a PMZP s nosnosťami 125, 150, 200 a 265 kg so širokým uplatnením v zlievárenských prevádzkach. Ďalšie potrebné zariadenia pre zlievárne, ako elektromagnetické vibračné podávače typu EM a váhy, vyrába TRANSPORTA, n.p. závod Váhy - Úpice. Prístroje na meranie teploty, na snímanie kriviek chladnutia, na kontrolu niektorých vlastností formovacích zmesí a odliatkov, ďalej na reguláciu a ovládanie zlievárenských technologických procesov na báze systému mikropočítača SAPI - 1 a pod. vyrába SVÚM - VSL Brno.

Najvýznamnejším slovenským výrobcom zlievárenských zariadení je VIHORLAT Snina, n.p., ktorého časť výrobného programu predstavuje stroje na odlievanie pod tlakom so studenou a teplou komorou, ďalej automatizované kokilové odlievacie stroje či pracoviská, manipulátory M63-01 až 59 s ručným alebo automatickým ovládaním (M63-01 je určený na automatickú obsluhu tlakových odlievacích strojov), ďalej automatické dávkovacie zariadenia na odlievanie pod tlakom typu DLM 301, 311, manipulátory ošetrovania formy typu OLV 400 a kompletne automatizované technologické pracoviská na odlievanie pod tlakom.

O pokrokovosti a tradícii čs. zlievárenstva v oblasti odlievania pod tlakom svedčí aj príklad stroja na odlievanie pod tlakom so zvislou studenou komorou systému Polák, ktorý bol roku 1930 licenčne vyrobený v Anglicku a pracoval tam do sedemdesiatych rokov. V súčasnosti v zrenovovanom stave predstavuje technickú pamiatku z odboru zlievárenstva v krajine, ktorá je jedna z najbohatších na technickú históriu.

XV. Automatizácia tavebných zariadení a procesov

(Mäsiar)

Taviarenské prevádzky v zlievárňach predstavujú po čistiarenských ďalšie pracovisko so zvýšenou rizikovosťou práce a často i s nepríjemným a zdraviu škodlivým pracovným prostredím. Takýto stav, podobne ako pri čistení a apretácii odliatkov, je zapríčinený aj nízkym stupňom automatizácie vzhľadom na to, že väčšina taviarní v našich podmienkach nepracuje v oblasti vyšších výkonov, t.j. niekoľko desiatok ton taveniny za hodinu, a používa väčšie a premenné množstvo komponentov kovovej vsádzky nebolo doteraz ekonomicky opodstatnené prechádzať od mechanizovaných systémov k automatizovaným. Prudký rozvoj automatizácie v technologických procesoch od začiatku sedemdesiatych rokov, zdokonaľovanie automatizovaných prvkov a prostriedkov a zvyšovanie ich dostupnosti zasahuje dnes aj taviarne. Automatizácia taviarenských prevádzok sa v súčasnosti ubera niekoľkými smermi a je len otázka času, aby z niekoľkých čiastkových automatizovaných procesov v taviarni vznikla plnoautomatizovaná taviareň ovládaná jedným riadiacim počítačom.

Automatizované procesy v taviarni možno rozdeliť na:

1. Výpočet vsádzky, druhovalenie a zavážanie do taviacich agregátov.
2. Automatizácia taviaceho procesu, riadenie taviacich agregátov.
3. Riadenie a kontrola taviaceho procesu z metalurgického hľadiska.

XV.1 VÝPOČET VSÁDZKY, DRUHOVANIE A ZAVÁŽANIE DO TAVIACICH AGREGÁTOV

Automatizácia výpočtu vsádzky, druhovalenia a zavážania vsádzkových surovín do taviacich pecí má najväčšie opodstatnenie pri tavení liatin a ocelí na odliatky. V týchto prípadoch sa vsádzka skladá minimálne zo 4 až 6 komponentov rôzneho charakteru, napr. kovového a nekovového. Vzhľadom na možnosti zlievárne a výsledné zloženie taveniny treba optimalizovať pomer medzi jednotlivými komponentmi vsádzky. Ďalej treba odobrať vyžadovanú hmotnosť jednotlivých komponentov zo zásobníkov a vykonať kontrolu a záznam ich hmotností. Napokon treba v stanovenom čase, hmotností jednotlivých komponentov dopraviť do taviacich zariadení.

Pri odlievaní neželezných kovov zlievárne pretavujú kupované bločky s chemickým zložením odpovedajúcej ČSN danej zliatiny. V takomto prípade sa metalurgický proces neriadi rozhodovaním, ale venuje sa pozornosť správnym teplotám, použitiu krycích a rafinačných solí, dezoxidácií, odplyneniu vo-
dika a prípadnému očkovaniu za účelom zjemnenia štruktúry. Keďže taviace zariadenia neželezných kovov pracujú s malými výkonmi, s jednou alebo dvoma komponentmi vsádzky a s jedným alebo dvoma druhmi taviacich solí, proces si nevynútil taký stupeň automatizácie ako pri tavení liatin alebo ocelí na odliatky.

XV.1.1.1 Výpočet vsádzky

Mikropočítače alebo počítače, ktoré sa používajú na riadenie procesov v taviarni, možno použiť aj v rámci podprogramov na výpočet vsádzky. Základný výpočet vsádzky vypočíta pomery a hmotnosti komponentov, ktoré sa vsádzkujú pred tavením. V procese tavenia sa kvantitatívne určujú momentálne obsahy jednotlivých prvkov. Na základe chemického rozboru môže byť výpočet potrebného pridávania komponentov, napr. ferozliatin, znova úlohou podprogramu. Ovládanie realizácie pridávania ferozliatin, kontrola ich hmotností a zápis môžu byť znova súčasťou riadenia taviaceho procesu. Výpočet vsádzky možno uskutočniť na ľubovoľnom počítači, pretože používa lineárne programovanie a nie je náročný na kapacitu pamäti.

XV.1.1.1.1 Matematická formulácia úlohy výpočtu kovovej vsádzky

Pri výpočte vsádzky musíme poznať nasledujúce základné údaje:

- chemické zloženie vsádzkových surovín,
- smerné chemické zloženie tavby, resp. minimálnu a maximálnu prípustnú hranicu koncentrácie prvkov v tavenine, ktorá bude natavená z navrhovanej vsádzky,
- hodnotu prepálu jednotlivých prvkov (najjednoduchšie je hodnotu prepálu vyjadriť v % a pripočítať k absolútnemu množstvu (koncentracii) prvku v %),
- ceny jednotky vsádzkových surovín, napr. (Kčs.kg⁻¹).

Pri riešení úlohy medzi pomermi jednotlivých vsádzkových surovín možno určiť takú vsádzku, pri ktorej sú minimálne náklady na spotrebované suroviny. Pri riešení použijeme symboly:

m - počet sledovaných chemických prvkov tavenej zliatiny,

n - počet vsádzkových surovín - komponentov, z ktorých potrebujeme zložiť

vsádzku,

- a_{ij} - množstvo jednotiek (percent) i-tého prvku, obsiahnutého v jednotke j-tej vsádzkovej suroviny,
 b_i - obsah (koncentrácia) i-tého prvku v tavenej zliatine,
 x_j - množstvo jednotiek j-tej vsádzkovej suroviny, ktorá sa použije do kovovej vsádzky (x_1, x_2, \dots, x_n) , predstavuje neznáme premenné,
 c_j - cena jednotky j-tej vsádzkovej suroviny.
Celkové množstvo i-tého chemického prvku, ktorý obsahujú všetky vsádzkové suroviny, sa rovná:

$$a_{i1} \cdot x_1 + a_{i2} \cdot x_2 + \dots + a_{in} \cdot x_n = X \cdot b_i$$

kde X je celkový počet jednotiek, z ktorých je celá vsádzka vytvorená, napr. 100.

Ak sa vsádzka skladá z n-tého počtu komponentov, dostaneme celkom n neznámych premenných a m+1 lineárnych rovníc vo forme:

$$a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \dots + a_{1n} \cdot x_n = X \cdot b_1$$

$$a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \dots + a_{2n} \cdot x_n = X \cdot b_2$$

$$a_{31} \cdot x_1 + a_{32} \cdot x_2 + \dots + a_{3n} \cdot x_n = X \cdot b_3$$

.

.

.

$$a_{m1} \cdot x_1 + a_{m2} \cdot x_2 + \dots + a_{mn} \cdot x_n = X \cdot b_m$$

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n = X$$

Riešením matice určíme hodnotu premenných x_1, x_2, \dots, x_n .

Keď sa zostaví program pre výpočet vsádzky na ľubovoľný typ počítača, je výhodné vypočítať nielen vsádzku pre predpísané teoretické zloženie (napr. pre stredné hodnoty udávaného rozpätia podľa ČSN), ale na základe zmeny koncentrácie v oblasti medzi minimálnou a maximálnou hodnotou určiť minimálnu hodnotu funkcie

$$c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + \dots + c_n \cdot x_n = C \cdot X$$

kde C je cena jednotky zmiešanej vsádzky, t.j. taveniny.

Pre určenie minimálnej hodnoty funkcie treba vykonať úpravy, aby úlohu bolo možné riešiť Simplexovou metódou. Je to univerzálna metóda riešenia problémov lineárneho programovania pomocou iterácie, t.j. metódy dochádzajúcej k optimálnemu riešeniu "krok za krokom". Pritom ide o postupné vykonanie operácií:

1. Nájdenie východiskového riešenia, t.j. akéhokoľvek prípustného riešenia, ak také existuje.
2. Zistenie, či toto riešenie je optimálne alebo nie.
3. Ak riešenie nie je optimálne, prechod na lepšie riešenie.
4. Opakovanie operácie 2 atď.

Ak sa ukáže, že úloha má prípustné riešenie, vedie táto metóda po konečnom počte krokov k jednému z týchto dvoch možných výsledkov:

- a k optimálnemu riešeniu,
- b k výsledku, ktorý ukazuje, že úloha nemá konečné optimum.

Dokonalý program by mal uvádzať dva výstupné údaje:

- 1 Hmotnosť jednotlivých vsádzkových surovín v rámci smerného chemického zloženia vyžadovanej taveniny v kg.
- 2 Minimálne náklady na kovovú vsádzku v Kčs.

XV.1.2 Druhovanie vsádzky

Jeden z najefektívnejších spôsobov druhotovania kovovej vsádzky s možnosťou zavážania buď do okovov pre kuplové pece, alebo do zavážacích vozíkov pre elektrické oblúkové pece, alebo priamo do pecí indukčných či plynových, tkvie v používaní bremenového elektromagnetu. Tento je zavesený na háku mostového žeriava. Výhodnejšia je alternatíva, ak medzi hákom žeriava a bremenovým elektromagnetom sú zaraďené váhy (elektronické).

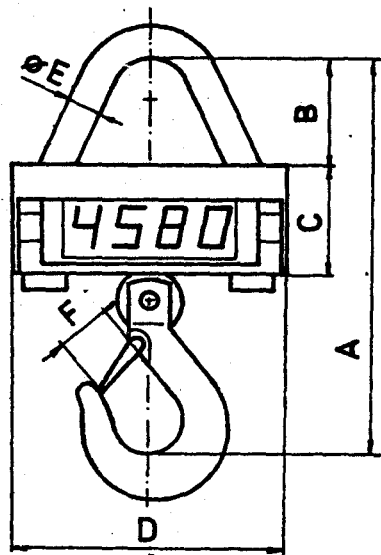
V doterajších koncepciách žeriavnik obsluhoval pojazdy žeriava a zdvíhacie zariadenie s bremenovým elektromagnetom. Ovládacie spínače boli spravidla vybavené spínacími stupňami - reostatom na ovládanie intenzity magnetického poľa a na ovládanie odbudovania. Pri druhotovaní sa vplyvom poklesu napätia na odporoch vyskytovali značné elektrické straty. Nevýhody uvedených zariadení sa v súčasnosti odstraňujú pomocou výkonových tyristorov, ktoré umožňujú bezkontaktnú a bezstratovú jednosmernú reguláciu. Prepojením zdvíhacieho a bremenového elektromagnetu spätnou väzbou s odpovedajúcim zariadením sa umožní automatizácia druhotovania. Pomocou prídavnej elektroniky možno dosiahnuť reguláciu budenia pre kovové materiály s rôznymi magnetickými vlastnosťami. Vyžadovaná hmotnosť druhotovaného komponentu, nastavená prostredníctvom intenzity magnetického poľa bremenového elektromagnetu, sa po nabratí komponentu porovnáva so skutočnou hodnotou na vážiacom zariadení. Záseh obsluhy je obmedzený na možnosť doregulovania hmotnosti pomocou potenciometra. Pri skladaní druhotovaného komponentu, resp. vsádzky odbudovanie prebieha automaticky pomocou vstavanej elektroniky s voliteľnými čas-

sovými konštantami. Pri úplne automatickej prevádzke vážiace zariadenie po uchopení predbežne zvolenej navážky signalizuje ukončenie navažovacieho procesu. Elektronický systém podľa predvoľby reguluje časový priebeh a intenzitu budenia a odbudovania v závislosti od odlišných magnetických vlastností komponentov. Úplne automatické magnetické navažovanie je ďalej prepojené s programovou predvoľbou počtu a druhu zásobníkov s rôznymi vsádzkovými kovovými materiálmi, napr. surové železo, vratný odpad, oceľový šrot. Kompletná vsádzka sa zostaví podľa programu navažovania komponentov v poradí. Hmotnosť každého komponenta sa zaregistruje po ukončení operácie jej váženia. Vytlačí sa súčet hmotností komponentov a nakoniec celková hmotnosť vsádzky.

Elektromagnetické druhowanie má nasledujúce výhody:

- krátkodobým prebudením pri uchopovaní navážky sa dá skrátiť budiaci čas magnetu, a tým sa urýchli uchopenie bremena,
- ovládanie elektromagnetov umožňuje prispôsobovanie magnetickej sily tak, že materiály kusovej hmotnosti vyše 2 kg možno uvoľňovať i jednotlivo, čo je výhodné napr. pri vsádzkovaní do indukčných pecí.

Západonemecká firma EHP zaoberajúca sa výrobou riadiacej techniky ponúka elektronické žeriavové váhy, ktoré sa zavesia na hák žeriavovej mačky a bremeno, resp. elektromagnet sa zavesí na ich hák, obr. XV-1.



Obr. XV-1
Závesné elektronické žeriavové váhy

Váhy sa dodávajú pre rozsahy od 0 do 25 kN až po rozsah od 0 do 500 kN. Ich displej a elektronika je napájaná z akumulátora, ktorý vydrží bez nabitia 24 h. Hodnotu hmotnosti bremena zobrazenú na displeji možno vizuálne odčítať až do vzdialenosti 50 m. K váham sa dodáva ručná vysielacia (diaľkové

ovládanie), ktorou do vzdialenosti 20 m možno váhy vynulovať, alebo nastaviť na nich inú počiatočnú hodnotu ako 0. Ak sa váhy používajú v spojení s bremenovým elektromagnetom tak nezávisle od jeho hmotnosti, možno nastaviť 0. Presnosť váh je $\pm 0,2\%$. Váhy pracujú na princípe presného tlakového snímača s analógovo-číslícovým prevodom pre digitálne zobrazenie. Môžu sa dodávať s ochranou proti vysokým teplotám.

Ďalší spôsob snímania hmotnosti využíva metódy tenzometrie, to znamená, že deformácia elementu súvisí so zmenou jeho elektrického odporu.

Najjednoduchší takýto spôsob snímania hmotnosti zavesenej na háku, vychádza z jeho deformácie v pružnej oblasti. Sila spôsobujúca deformáciu sa registruje pomocou zmeny odporu deformujúcich sa drôtikov tenzometra prilepených k háku.

Na obdobnom princípe sa vyrábajú elektromechanické váhy, ktorých základným prvkom je snímač sily. Tento zastáva funkciu pasívneho meracieho elementu pre zisťovanie tlakových alebo ťahových síl. Merací člen snímača je opatrený odporovými tenzometrami. Pri pôsobení napätia v oblasti pružnej deformácie tenzometre menia svoju dĺžku, a tým aj elektrický odpor. Vyhodnocovacia aparátúra umožňuje odčítanie, registráciu vsádzky a spracovanie nameraných hodnôt v analógovej alebo v digitálnej forme, ako i pripojenie ovládacích prvkov, prípadne zariadenia na spracovanie dát. Váhy po zavesení na žeriav sa dajú použiť okrem druhovania aj pri odlievaní. Dá sa určovať rýchlosť odlievania, okamžitá hmotnosť, resp. zvyšok taveniny v panve. Závod TRANSPORTA Úpice vyrába na tomto princípe: ťahové silové snímače radu TA na zaťaženie od 0,2; 0,5; 2, 5, 10, 20, 50, a 100 kN a tlakové silové snímače radu T na zaťaženie do 0,2; 0,5; 1, 2, 5, 10, 20; 50, 100, 200 a 500 kN. K týmto radom závod dodáva vyhodnocovacie aparátúry VT. Elektromechanické závesné váhy na hák žeriava vyrába do menovitých zaťažení 10, 20 a 50 kN.

Moderné typy elektronických váh od zahraničných výrobcov používajú rozličné snímače ťahu alebo tlaku, ktoré pracujú na princípe tenzometrickom, magnetostrieknom alebo indukčnom.

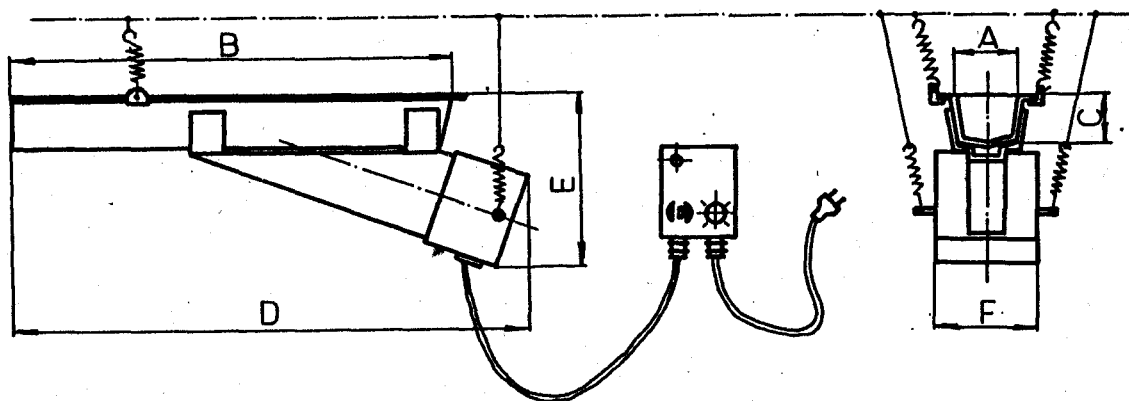
XV.1.3 Zavážanie vsádzky do taviacich agregátov

Pri tavení liatiny v kuplových peciach sa v súčasnosti zavádza kontinuálne zavážanie vsádzky pomocou systému: zásobník - vibračný žlab - kontinuálne váhy - pásový dopravník - vibračný podávač - kuplová pec. Vyššia úroveň systému dokáže automaticky druhovať a zavážať kuplovú pec.

Pri čiastočnej automatizácii operácie zavážania môže sa použiť kombinácia pásový dopravník + vibračný podávač. Na pásový dopravník sa dostáva vsádzkový materiál napr. z násypky (automatických) váh. Pásový dopravník, resp. systém dopravníkov dopraví materiál vsádzky na výškovú úroveň vsádzacieho otvoru. Tu prepadáva do vibračného podávača, ktorý ho dopravuje do šachty pece.

Na druhovanie a zavážanie kovovej vsádzky sa používajú tzv. "ťažké" vibračné podávače. Dávkované množstvo (hmotnosť za čas) možno plynule meniť zmenou parametrov vibrácie (amplitúda, prípadne frekvencia).

V ČSSR sa vyrábajú len "ľahké" vibračné podávače typu EM v závode TRANSPORTA Úpice. Sú vhodné na druhovanie koksu, vápenca a kazívca. Kmitavý pohyb elektromagnetického vibrátora je prenášaný na žlab a materiál. Žlab pod materiálom podkĺza a pri pohybe vpred materiál dopravuje. Tieto pohyby sa periodicky opakujú frekvenciou 50 Hz, takže materiál v žlabe prakticky tečie. Podávač sa skladá z vibrátora, z upínacích ťahadiel, upevnených na gumových tlmičoch, a zo žlabu s kruhovým alebo obdĺžnikovým prierezom. Žlaby bývajú uzavreté alebo otvorené. Sypný uhol materiálu je min. 30° . Vibračné podávače sa vyrábajú až pre max. výkon 100 t prepraveného materiálu za hodinu, obr. XV-2. Vibračný podávač na obrázku sa skladá z podávacieho žlabu, ktorý je držaný nosičom žlabu. Na nosič je priskrutkovaný budič vibrácií, ktorý tvorí elektromagnet na striedavý prúd 220 V, a sústava pružín.



Obr. XV-2
Vibračný podávač

Kombinácia vibračného podávača a kontinuálnych váh, t.j. vážiaceho pásového dopravníka pri automatickom druhovaní alebo zavážaní, umožní kontrolu hmotnosti dodanej vibračným podávačom za určitý čas, prípadne korekciu zmenou parametrov vibrácie vibračného podávača. Kontinuálne váhy pracujú na elektromechanickom princípe. Snímač síl je vložený pod valčekom pásového dopravníka alebo je vstavaný do napínacieho zariadenia dopravníka. Na princípe tenzometrického merania indikuje množstvo materiálu dopravované na páse. Závod TRANSPORTA Úpice vyrába vážiace pásové dopravníky radu

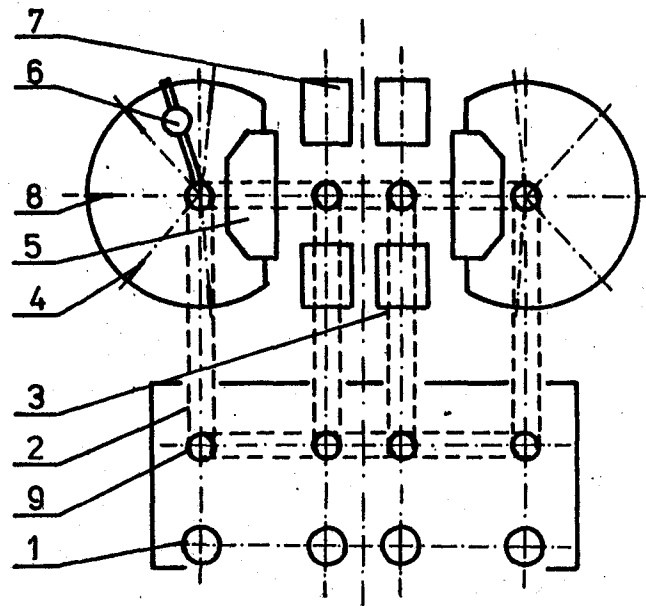
PJI (Elektromechanické pásové jednovalčkové váhy) pre prepravované výkony (ťažie) až 200 kN.h^{-1} pri rýchlosti pásu $0,5$ až 8 m.s^{-1} .

Vibračná technika preniká aj do zlievárni ocelí na odliatky, a to jednak pri druhovaní zo zásobníkov pomocou vibračných žlabov a pri zavážaní do obľukových pecí pomocou vibračných podávačov.

Pri úplnej automatizácii zavážania sa musia pomery komponentov realizovať vo vsádzku za vopred stanovený čas. Už spomenutý systém pre zavážanie kuplových pecí: zásobník - vibračný žlab - kontinuálne váhy - pásový dopravník - vibračný podávač sa dá aplikovať pre automatické druhovanie a zavážanie aj pre iné typy pecí. Naprogramovaná hmotnosť komponentu sa z gravitačného zásobníka dopravuje vibračným žlabom. Dopravovaná hmotnosť závisí od nastavených parametrov vibrácií. Z vibračného žlabu prepadáva na vážiaci pásový dopravník (kontinuálne váhy). Počítač registruje hmotnosť, ktorá ním prechádza za časový úsek. V prípade rozdielu hmotnosti vypočíta korekcie parametrov vibrácií a vydá povel na ich prestavenie (môže ich prestaviť aj obsluha). Z vážiacich pásových dopravníkov sa komponenty vsádzky dostávajú na spoločný pásový dopravník najčastejšie v kombinácii s vibračným podávačom, ktorý dopraví vsádzku až do pece. Zásobníkov s vibračnými žlabmi a vážiacich pásových dopravníkov je spravidla toľko, z koľkých komponentov sa skladá kovová časť vsádzky.

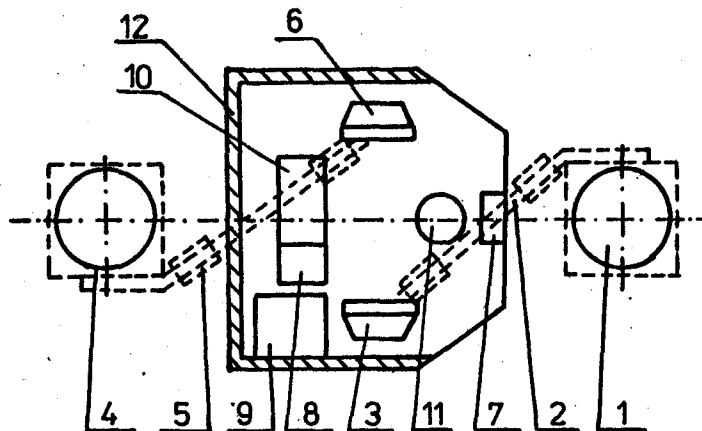
Príkladom automatického druhovania a zavážania, t.j. vsádzkovania kuplových pecí, je zlieváreň sivej liatiny závodu Slévárny ČKD Praha, o.p. Pod strechou šrotového hospodárstva sa pohybuje mostový žeriav so zaveseným elektromagnetom. Za kuplovými pecami si umiestnené dve druhovacie centrá, sú rozdelené na časť výsekov podľa počtu komponentov kovovej vsádzky. Jedno druhovacie centrum obsluhuje dvojicu kuplových pecí, obr. XV-3a. Zo šrotového hospodárstva sa kovové komponenty zavážajú mostovým žeriavom do denných zásobníkov. Nad dennými zásobníkmi sa pohybuje na otočnom ramene druhovací žeriav s elektromagnetom s reguláciou nosnosti. Čelom k denným zásobníkom je miestnosť - velín s panelmi na ovládanie elektromagnetov a pohybu vsádzkových okovov. Uprostred druhovacieho centra je násypka váhy, obr. XV-3b pozícia 1, pod ktorou je zásobník druhovacej váhy s dvojdielnym otváracím dnom. Na zásobníku váhy je pripojené rameno váhy, obr. XV-3b.

Po otvorení zásobníka druhovacej váhy dopadne navážená vsádzka do pripraveného okovu. Naplnený okov odíde po valčekovej trati obr. XV-3a, pozícia 2, a na jeho miesto automaticky príde prázdny okov. Výška úrovne vsádzky v kuplovej peci je strážená rádioizotopovým sledovačom hladiny vsádzky. Len čo klesne výška vsádzky pod danú úroveň, potom na základe informácie izotopového sledovača dvojité závesy výtahu uchopia naplnený okov a vytiahnu ho kolmo nahor ku kychte (k vsádzaciemu otvoru). V hornej úvrati koncový spínač vypne zdvih a zapne pojazd do kuplovej peci. Okov sa začne pohybovať vodorovne do vsádzacieho otvoru kuplovej peci, a okov sa vyprázdni.



Obr. XV-3a

Automatizované druhovalie kuplových pecí - taviareň
 1 - kuplové pece, 2 - valčekové dopravníky, 3 - zásobníky na vápenec,
 4 - denné zásobníky, 5 - riadiace astanovisko, 6 - žeriavová mačka s elek-
 tromagnetom, 7 - zásobníky na koks, 8 - druhovalia váha



Obr. XV-3b

Automatizované druhovalie kuplových pecí - riadiace stanovisko
 1 - zásobník druhovalie váhy na váženie kovovej vsádzky, 2 - rameno váhy,
 3 - stojan s vizuálnym váhovým registrom, 4 - zásobník druhovalie váhy na
 váženie nekovovej vsádzky, 5 - rameno váhy, 6 - stojan s vizuálnym váhovým
 registrom, 7 - jednotka na ovládanie druhovalieho žeriava a elektromagnetu,
 8 - ovládaci pult s registračnou jednotkou ADDO-X, 9 - dierovacia jednotka,
 10 - ovládaci pult prvkov zaväzacieho zariadenia, 11 - sedadlo pracovníka,
 12 - velín.

Nekovová vsádzka je umiestnená nad a medzi druhovalacími centrami, v zásobní-
 koch. Zaväzanie do zásobníkov sa vykonáva mostovým žeriavom z priestoru
 uskladnenia pomocou kontajnerov. Systém zaväzania nekovovej vsádzky do kup-
 lovne je rovnaký ako pri kovovej vsádzke, iba s rozdielom, že váži sa auto-
 maticky.

Na registráciu vsádzkovaného materiálu sa používajú váhy, obr. XV-3b, pozícia 2 a 5, spojené s registračnou jednotkou ADDO-X, inštalovanou závozom TRANSPORTA Úpice a n.p. Kancelárske stroje Praha. Na riadiacom pracovisku - velíne sa volí dvojaký spôsob práce:

1. Z denného zásobníka je kovová vsádzka premiestnená do násypky váhy v druhovacom centre pomocou bremenového elektromagnetu druhovacieho žeriava, ktorý je riadený pracovníkom z riadiaceho miesta vo velíne. V priestore riadiaceho pracoviska je umiestnené vážiace zariadenie s registráciou. K úplnej automatizácii pracoviska chýba schopnosť programovania druhovacieho žeriava z hľadiska výberu komponentov a ich automatického váženia.
2. Nekovové suroviny sa dopravujú zo zásobníkov pomocou vibračných podávačov. Po začatí váženia sa zo zásobníkov vytriasa surovina až do okamihu naváženia vyžadovanej hodnoty. Po automatickom navážení vyžadovanej hmotnosti jednotlivých surovín obsluha vykoná registráciu naváženej množstva stlačením tlačidla s príslušným číslom suroviny. Tým nastáva prenos údajov z váhy do registračnej jednotky ADDO-X, ktorá jednak vytlačí hodnotu na kontrolnú pásku a vydieruje diernu pásku s príslušnými údajmi pre strojové spracovanie. Kontrolná páska slúži obsluhu ako vizuálna kontrola nadierovaných údajov. Do diarovacej jednotky sa zakladá riadiaca karta.

Usporiadanie údajov na diernej páske:

a) Hlavička I	c) Vlastné údaje
12 12 85 dátum deň, mesiac, rok	01 číslo suroviny
2 číslo pece	00125,00 hmotnosť suroviny
1 číslo smeny	+
420 číslo taveného materiálu	:
844 číslo tavby	:
	+
b) Hlavička II	12 číslo suroviny
101 poradie vsádzky	00212,00 hmotnosť suroviny

Suroviny č. 01 až 10 sa vážia na váhe, pozícia 1,2, obr. b, a suroviny č. 11 a 12 na váhe, pozícia 4,5. Suroviny sa číslujú podľa poradia:

01 šrot z kuplovní	07 surovina podľa ČSN 42 2115.44
02 zlomková zliatina	08
03 vratný materiál	09 } variabilné komponenty kovovej vsádzky
04 odpad z tvárnej liatiny	10 }
05 surovina ML	11
06 hematit	12

Ferozliatiny sa budú perspektívne registrovať po zabudovaní malých automatických váh v druhovacích centrách a po ich pripojení k registračnej jednotke.

Dierna páska je osemstopová, hodnoty sú dierované v kóde ICL, možno ich spracovať napr. na počítači ODRA-ICL. Registrácia hmotnosti vsádzkovaných materiálov umožňuje riešiť nasledujúce úlohy:

1. a) Evidencia dennej spotreby vsádzkovaného materiálu do kuplových pecí.
b) Evidencia dekadnej spotreby vsádzkovaného materiálu do kuplových pecí.
c) Evidencia mesačnej spotreby vsádzkovaného materiálu do kuplových pecí.
d) Evidencia ročnej spotreby vsádzkovaného materiálu do kuplových pecí.
2. Evidencia spotreby vsádzkovaného materiálu podľa vyrábanej akosti liatiny.
3. Evidencia a kontrola skutočnej spotreby vsádzkového materiálu s normatívmi.
Po zabezpečení registrácie hmotnosti taveniny v odlievacej panve pomocou závesných elektronických váh bude komplexné zariadenie vykonávať úlohy:
4. Meranie a vyhodnocovanie celkového prepalu pece.
5. Na základe vstupných a výstupných hmotnostných údajov zostrojovať matematický model kuplovej pece.
6. Na základe matematického modelu kuplovej pece bude vykonávať pre jednotlivé akosti liatiny optimalizáciu vsádzky, a to nielen z hľadiska ekonomického, ale aj z hľadiska úspor deficitných materiálov.

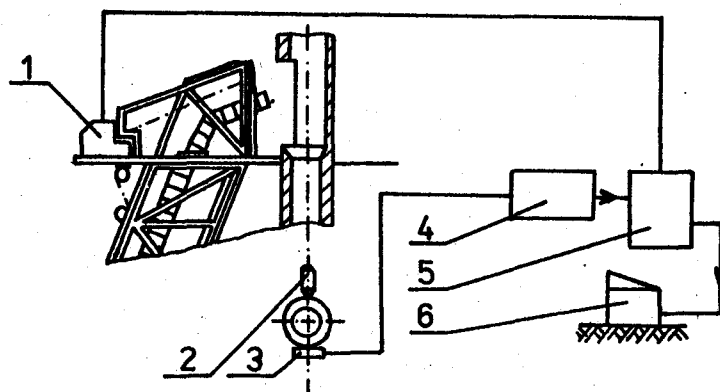
Automatizačný projekt kontinuálne vyhodnocuje závislosť medzi údajmi MTZ (materiálno-technického zabezpečovania) normatívmi spotreby TPV (technickej prípravy výroby) a hmotnosťou finálneho produktu - hrubých odliatkov.

XV.1.3.1 Rádioizotopový sledovač hladiny vsádzky

Jeden z prvkov automatizovaného zavážania vsádzky do kuplovej pece je rádionuclíotopový sledovač hladiny vsádzky. Zaváženie okovov do pece obstaráva šikmý výťah. Len čo úroveň výšky vsádzky v šachte kuplovej pece začloní lúč rádionuclíotopového sledovača, tento technologicky zablokuje pohon zavážacieho výťahu.

Rádionuclíotopový sledovač hladiny vsádzky, obr. XV-4a, je zložený z troch základných jednotiek jednopohového gamarelé IPJ-4, kontajnera s gamažiaričom a z medzičlena. Sledovanie je založené na princípe prežiarenia pracovného priestoru pece vodorovným zväzkom žiarenia z kontajnera žiariča. Zväzok žiarenia prechádza priestorom pece a dopadá na gamarelé IPJ-4. Ak je hladina vsádzky nad úrovňou "žiarič-gamarelé", merací zväzok je značne oslabený. Pri poklese stĺpca vsádzky pod sledovanú úroveň k zoslabeniu žiarenia nedochádza. Na tieto dve rozdielne intenzity žiarenia/reaguje jednopohové gamarelé, ktoré vydáva signál tretiemu článku sledovača - medzi-

členu. Medzičlen spracuje hodnoty získané od gamarelé, vylúči všetky rušivé informácie a vykoná potrebnú technologickú zmenu.

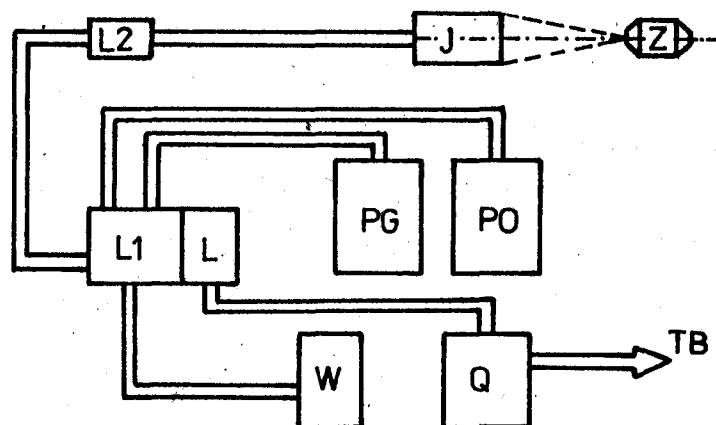


Obr. XV-4a

Rádioizotopný sledovač hladiny vsádzky - rez šachtou kuplovej pece
1 - pohon zavážacieho výtahu, 2 - kontaktný s gamažiarikom, 3 - gamarelé IPJ-4, 4 - medzičlen, 5 - stýkačová skrin, 6 - ovládací pult - signalizácia

Gamarelé je určené pre bezkontaktnú signalizáciu medznej polohy dvoch látok rozdielnej hustoty (vsádzka - ovzdušie). Môže sa použiť na signalizáciu látok s absorpčnou schopnosťou zaručujúcou zmenu intenzity žiarenia v minimálnom pomere 1 : 6, čo pre účely sledovania hladiny vsádzky v peci úplne vyhovuje. Kvantá žiarenia prechádzajúce priestorom pece ionizujú plynovú náplň GM - trubice. V okamihu ionizácie preteká GM - trubicou prúd, ktorý vyvoláva na pracovnom odpore napäťový impulz s amplitúdou napätia vyššie 60 V. Takto vzniknuté impulzy zapnú tyratrón, ktorý zastáva funkciu tvarového obvodu zosilňovača.

Gamažiarik je izotop kobaltu Co - 60 s aktivitou 40 mc. Žiarik je umiestnený v oceľovom kontajneri s oloveným tienením. Ekvivalentná hrúbka olovej steny je 120 mm, čo zaručuje zoslabovací koeficient $K = 900$. Dávková intenzita na povrchu kontajnera má hodnotu 268 mr.h^{-1} . Životnosť žiarika Co -60 je päť rokov.



Obr. XV-4b

Rádioizotopný sledovač hladiny vsádzky - bloková schéma medzičlena
Z - izotopový žiarik, J - gamarelé IPJ-4, W - samočinný vzduchový vypínač PG, PO - časové synchronne relé, Q - pomocné prevodové relé, TB - vývod technolog. blokovania, L, L 1, L 2 - rozvádzače

Medzičlen je zariadenie, ktoré sleduje dva pracovné stavy, obr. XV-4b:

1. "Pec plná". V okamihu naplnenia pece dochádza k zatieneniu meracieho zväzku žiarenia, a tým k zhasnutiu tyratronu. Zhasnutím tyratronu sa uvedie do činnosti časové relé PG, ktoré svojím expozičným časom vylúči signály gamarelé vzniknuté len preletom vsádzky sledovanou hladinou a dá signál pomocnému prevodovému relé Q na technologické blokovanie pohonu výťahu.
2. "Pec pri plnení". Pri poklese hladiny pod úroveň "žiarič - relé" nastáva ožiarenie gamarelé IPJ-4, a tým aj zapnutie tyratronu. Časové synchronné relé PG sa zopne do východiskovej polohy a dá signál časovému synchronnému relé PD, ktoré svojím expozičným časom zaručuje minimálnu výšku hladiny vsádzky v peci. Po uplynutí nastaveného expozičného času dá PD relé signál prevodovému relé Q na zrušenie blokovania pohonu výťahu a zmenu signalizácie v ovládacom centre taviarne.

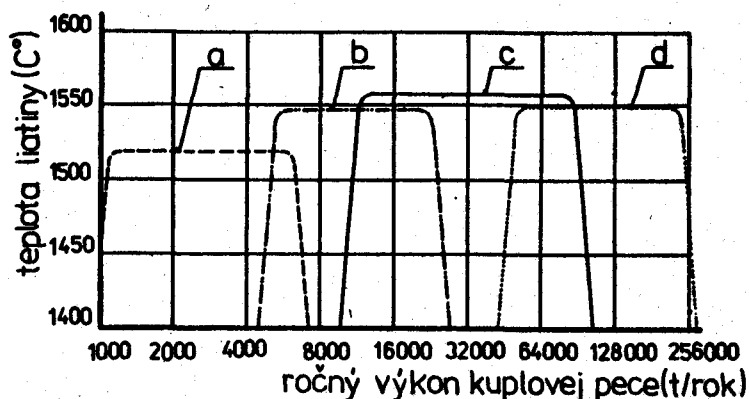
Použitie rádioizotopového sledovača hladiny vsádzky má oproti dosiaľ používaným mechanickým, elektrickým alebo optickým sledovačom výhody predovšetkým pre svoju spoľahlivosť zaručujúcu vyrovnaný a plynulý chod pece.

XV.2 AUTOMATIZÁCIA TAVIACEHO PROCESU, RIADENIE TAVIACICH AGREGÁTOV

Automatizácia taviaceho procesu z hľadiska prevádzky taviaceho agregátu prináša okrem úspory pracovných síl a času najmä úspory energie. Väčšie možnosti v tomto smere dávajú pece elektrické. Kuplová pec, ktorej používanie sa datuje od roku 1790, je doteraz najrozšírenejšia, pretože priemerná výroba sivej liatiny vo svete predstavuje 75 % hmotnosti zo všetkých vyrobených odliatkov. Kuplové pece sa v modernom poňatí zlievárenstva dožili zmien, ktoré vrátane druhotovania a zavážania reprezentujú úplne automatický chod taviarne.

XV.2.1 Kuplová pec

Hospodárnosť rôznych typov kuplových pecí v závislosti od ročného výkonu a od dosiahnutej teploty liatiny znázorňuje obr. XV-5. Oblasť maximálnych teplôt nie je totožná s teplotou liatiny pri odpichu. Oblasť maximálnych a odpichových teplôt majú veľký význam z hľadiska metalurgie liatin.



Obr. XV-5

Hospodárnosť rôznych typov kuplových pecí v závislosti od ročného výkonu a dosiahnutej teploty liatiny

a - kuplovňa s vháňaným studeným vzduchom, b - kuplovňa s vháňaným studeným a sekundárnym vzduchom, c - kuplovňa s vháňaným horúcim vzduchom, d - kuplová pec bez vymurovky

Za moderné prvky súčasných kuplových pecí možno považovať:

- automatické zavážanie vrátane kontroly výšky hladiny a vylúčenia tvorenia nárástov a odmiešavania vsádzkových komponentov,
- používanie dvojkomorových vencových vetrovodov na vháňanie primárneho a sekundárneho vzduchu s definovanými tlakmi,
- používanie "troskového regulátora" ovládaného stlačeným vzduchom, ktorý umožňuje v priebehu taviaceho procesu nastavovať výšku stĺpca trosky, a tým pôsobiť na priebeh metalurgického pochodu,
- používanie vysokovýkonného predhrievača vzduchu, vyhrievaného kychtovým alebo iným ohrievacím médiom, napr. rotačným plazmovým oblúkom (USA),
- dokonalé odsávanie všetkých škodlivých zložiek spalín počas tavenia a zavážania na princípe rozdielu tlakov v kychte a v regulačnom tlakovom systéme odlučovača,
- zaručenie stáleho odlučovania prachu mokrým odlučovačom pri meniacich sa pecných podmienkach automaticky prestaviteľnou Venturiho trubicou,
- automatickú neutralizáciu pri mokrom odlučovaní prachu, ktorá umožňuje používať čistiacu vodu ako obehovú,
- merania teploty objemu vháňaného vzduchu, rozdielu tlakov v regulačnom tlakovom pecnom systéme, podielu CO a pH faktora.

Progresívne riešenie z oblasti tavenia liatin realizovala anglická fy CO-KELESS CUPOLAS Ltd. - kuplovňa s bezkoksovým vykurovaním. Táto pri výrobe vysokoakostných liatin vážne konkuruje elektrickým peciam. Jej prednosti sú:

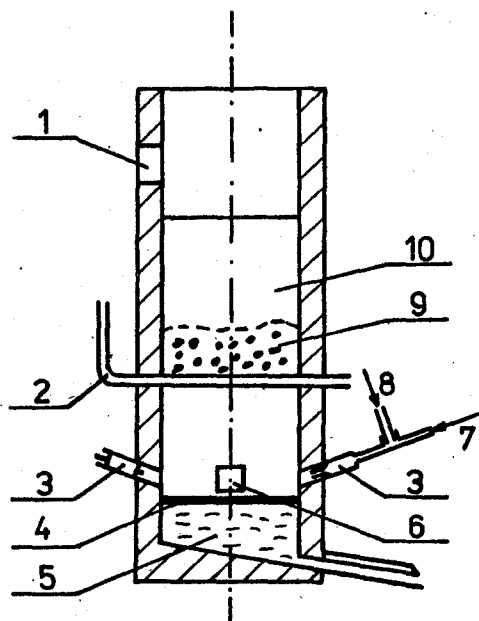
- a) nízke nadobudacie náklady,
- b) ekonomické vykurovanie,
- c) nízky obsah škodlivín a prachu unikajúceho do ovzdušia,

- d) jednoduchá obsluha,
- e) možnosť výroby akostných liatin,
- f) možnosť dlhšieho trvania tavieb.

Z metalurgického hľadiska tieto typy kuplových pecí umožňujú výrobu liatiny s nízkym obsahom uhlíka a síry. Ako nauhličovadlo sa používa drvený petrolkoks, prípadne grafit. Pri príprave taveniny na výrobu tvárnej liatiny odpadá odsirowanie, pretože obsah S sa dá bežne dosiahnuť v rozmedzí 0,02 až 0,03 %. Funkciu koksu zastupujú tri faktory:

1. používané kvapalné alebo plyné palivo,
2. žiaruvzdorné lôžko, na ktorom sú grafitové gule \varnothing 150 mm vo vrstve výšky 450 až 600 mm,
3. nauhličovadlo na doplnenie vyžadovaného množstva uhlíka v tavenine.

Činnosť horákov sa riadi pomocou špeciálnej armatúry. V určitom pomere možno miešať tekuté a plyné palivo. Ak sa pracuje s prebytkom paliva, v hornej časti šachty nastáva dodatočné spaľovanie umožňujúce vyšší predhrev vsádzky. Horúce spaliny z horákov sa vedú cez pásмо tavenia, žiaruvzdorné lôžko a cez vsádzku, obr. XV-6. Vsádzka je intenzívne ohrievaná a tavenie prebieha v priestore bezprostredne nad roštom. Kvapky roztaveného kovu prepadávajú cez rošt a sú ďalej prehrievané na vyššiu teplotu.



Obr. XV-6

Schéma kuplovej pece s bezkoksovým vykurovaním
1 - vsádzací otvor, 2 - rošt z rúrok chladených vodou, 3 - horáky, 4 - troska, 5 - tavenina, 6 - otvor na prífúkavanie grafitového prášku, 7 - prívod paliva, 8 - prívod vzduchu, 9 - žiaruvzdorné lôžko, 10 - kovová vsádzka

Bezkoksová kuplovňa je taká operatívna, že prvú liatinu možno odpichnúť už 15 min po plnom rozbehu horákov. Jednoduchou reguláciou prívodu nauhličovad-

la možno obdržať rôzne akosti liatiny z jednotnej vsádzky. Nižšia spotreba žiaruvzdorného materiálu o $1/3$ sa vysvetľuje vznikom menšieho množstva trosky ako pri koksových kuplových peciach. Teplota taveniny pri odpichu, pri plnom výkone horákov dosahuje až 1470°C .

Teplotný režim koksovej kuplovni je vymedzený rovnicami spaľovania uhlíka s kyslíkom pri danom pretlaku vŕhnaného vzduchu. Pri bezkoksovej kuplovni možno z hľadiska automatizácie a regulácie vykonávať:

- reguláciu procesu spaľovania (tlaky, pomery), a tým i teploty liatiny v určitom rozsahu,
- reguláciu automatického dávkovania a primiešavania uhlíka, kremíka a pod. v práškovej forme do taveniny v nístěji, a tým i zmenu chemického zloženia liatiny v určitom rozsahu.

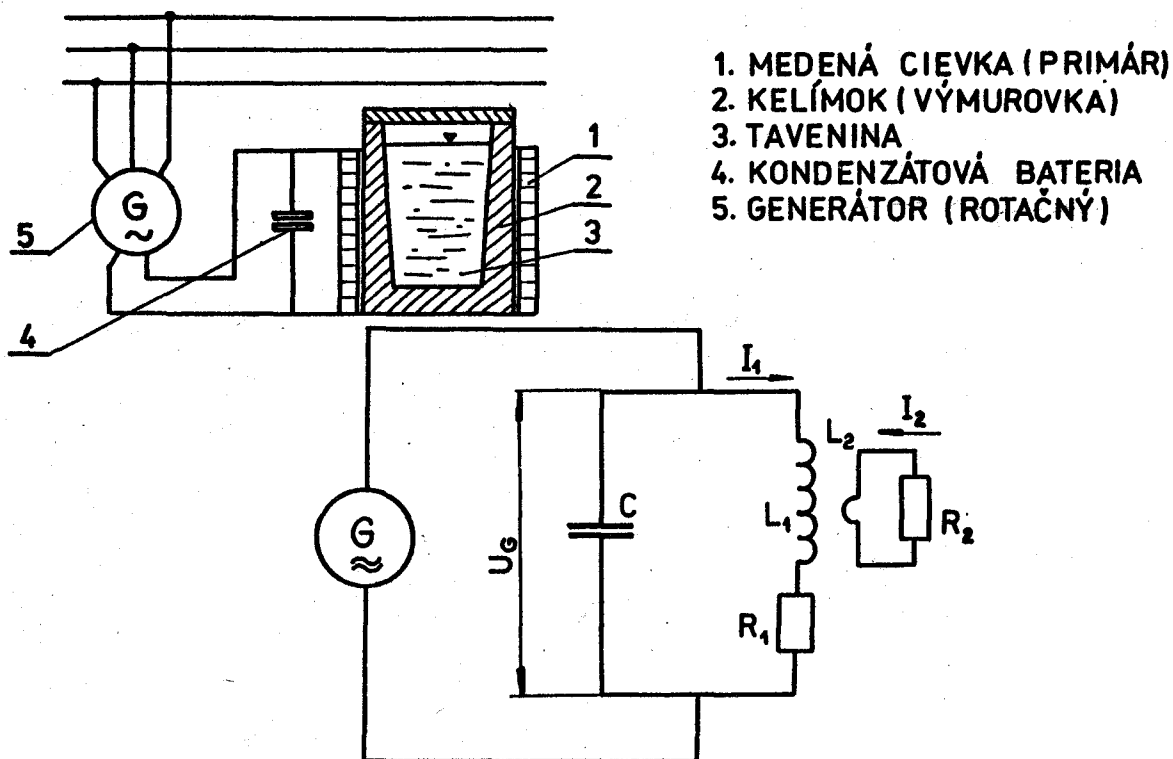
XV.2.2 Elektrické indukčné pece

Základné typové rady indukčných pecí možno rozdeliť na strednofrekvenčné (500 až 10 000 Hz) a na nízkofrekvenčné so sieťovou frekvenciou. Strednofrekvenčné taviace pece sa bežne používajú do objemu pre 1000 kg taveniny Fe. Pre väčšie objemy len pri vyžadovanom veľkom taviacom výkone, alebo keď treba vylievať celý objem pece a opäť zaväzať tuhú vsádzkou prázdnu pec. Pece na sieťovú frekvenciu nepotrebujú menič frekvencie a používajú sa tam, kde treba prehrievať už roztavený kov, napr. ako pece udržiavacie a ako predpecia. S výhodou sa používajú ako taviace pece, keď sa zloženie taveného materiálu príliš nemení (sériová výroba sortimentu odliatkov) a možno ponechávať časť tekutého kovu vždy v peci. Minimálny objem sieťových téglikových pecí odpovedá 1000 kg hmotnosti taveniny Fe.

Strednofrekvenčné pecné zariadenia k.p. ZEZ Praha pre tavenie zliatin Fe sú označené názvom ISTOL, pre ľahké kovy ISTAL a pre farebné kovy ISTCU. Pece na sieťovú frekvenciu sú pre tavenie zliatin Fe označené INTOL, pre ľahké kovy INTAL a pre farebné INTCU.

Pri strednofrekvenčných indukčných peciach indukčná cievka (induktor) a vsádzka v tégliku predstavuje transformátor s jedným závitom nakrátko na sekundárnej strane (tavenina). Vo vzťahu k napájacíemu zdroju ide o záťaž s prevládajúcou induktívnou zložkou. Túto zložku treba kompenzovať kvôli dosiahnutiu najvyššej možnej účinnosti ($\cos\varphi$), čo je riešené pripájaním kondenzátorových batérií. Zmena elektrickej vodivosti vsádzky (odporu), magnetických vlastností a prisadzovanie novej časti vsádzky v priebe-

hu tavy mení indukčnosť obvodu a činný odpor záťaže, obr. XV-7a,b. Maximálny taviaci výkon možno dosiahnuť pri určitom prúde a napätí za predpokladu, že odpovedajúci činný odpor záťaže dosahuje konštantné a optimálne hodnoty.



Obr.XV-7a,b

Strednofrekvenčná indukčná pec bez železného jadra

a) pracovná schéma, b) elektrická schéma

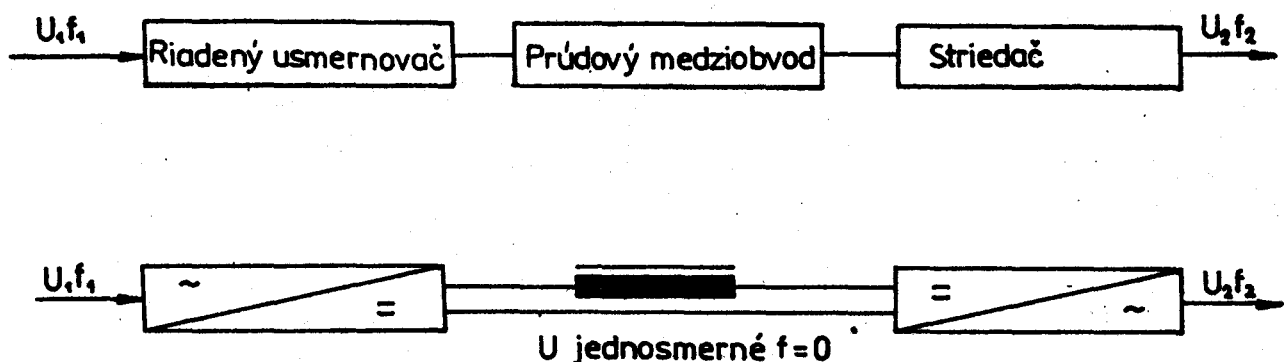
R_1, R_2 - ohmické odpory, I_1 - prúd v primárnom obvode, I_2 - prúd v sekundárnom obvode, C - kapacita kondenzátorovej batérie, L_1 - indukčný odpor primárnej cievky, L_2 - indukčný odpor vsádzky (sekundár), G - rotačný strednofrekvenčný generátor, P_n - nominálny výkon

Doteraz používané typy strednofrekvenčných indukčných pecí sú napájané prostredníctvom rotačných motorgenerátorov (elektromotor a rotačný menič frekvencie). Pri starších typoch radenie kapacitných stupňov kompenzačnej kondenzátorovej batérie vykonáva obsluha ručne na základe porovnávania výchyliek ampérmetrov v kapacitnej a indukčnej časti rezonančného obvodu. Pri novších typoch sa obsluha zjednodušila zavedením automatického spínania kompenzačných stupňov vrátane odbudzovania a znova nabudzovania generátora pomocou voličovej automatiky.

Od roku 1975 dodáva k.p. ZEZ Praha strednofrekvenčné taviace zariadenia vybavené tyristorovými statickými meničmi frekvencie. Tieto prinášajú výhody, z ktorých najdôležitejšie sú zjednodušenie obsluhy, zníženie energetických strát, hlučnosti a majú nižšie nároky na priestor, montáž a chladenie.

Pracovný kmitočet tyristorového meniča automaticky sleduje rezonančný kmitočet obvodu, t.j. cievky pece a kondenzátorovej batérie. Pracovný kmitočet sa počas tavby mení v závislosti od zmien elektrickej vodivosti a magnetických vlastností vsádzky, vyplývajúcich zo zmien jej množstva, zloženia a teploty.

Statický menič frekvencie slúži na zmenu striedavého prúdu a frekvencie $f_1 = 50 \text{ Hz}$ na vyššiu frekvenciu f_2 . Za zdroj vyššej frekvencie je použitý tzv. nepriamy menič, ktorý sa skladá z riadeného usmernovača, prúdového medziobvodu a striedača podľa blokovej schémy, obr. XV-7c.

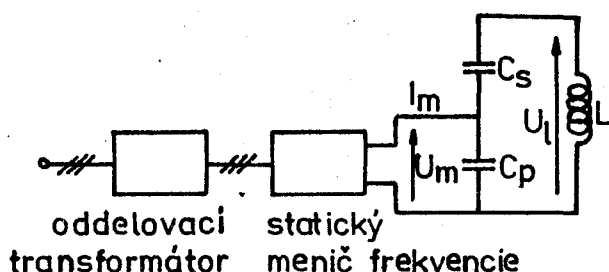


Obr.XV-7c
Bloková schéma statického meniča frekvencie

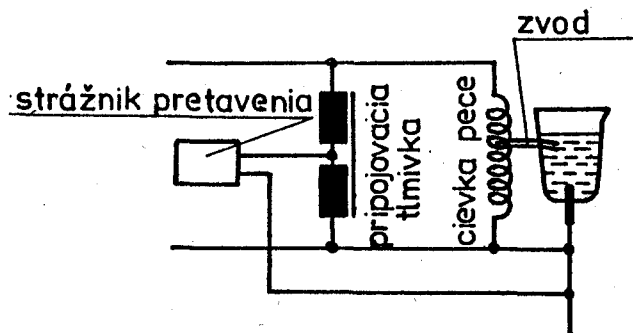
Riadený usmernovač mení striedavé napájacie napätie $3 \times 900 \text{ V}$ na jednosmerné. Riadením usmernovača sa získa premenná hodnota výstupného usmerneného napätia. Jednosmerný prúd prechádza filtračnou tlmičkou inštalovanou v tzv. prúdovom medziobvode, ktorej úlohou je filtrácia striedavej zložky usmernených veličín a oddelenie obidvoch striedavých obvodov: vstupného a výstupného. Riadenie tyristorov osadených v striedači je odvodené od záťaže, takže potom pomer medzi R, L, C záťaže ovplyvňuje výslednú frekvenciu striedača.

Technicky je obťažné riešiť silovú časť statického meniča na vyššie výstupné napätie U_2 . Vyššie napätie je výhodné pre napájanie pecí väčších výkonov vzhľadom na menšie straty v pásovom vedení rezonančného obvodu. Na zvyšovanie výstupného napätia zo statického meniča sa používa sériovo-paralelný obvod, obr. XV-7d. Sériová kapacita C_s sa obvykle volí približne rovnaká ako paralelná kapacita C_p tak, aby napätie U_p na pecnej cievke L (induktor) bolo dvojnásobkom výstupného napätia U_m meniča. Toto zapojenie používajú ZEZ pre výkony vyššie ako 150 kW .

Z hľadiska bezpečnosti práce majú pece inštalovaného strážnika prátavenia vymurovky (téglika) spojeného s meračom zemného zvodu rezonančného obvodu, obr. XV-7e.



Obr.XV-7d
Zvyšovanie napätia na pecnej cievke pomocou sériovo-paralelného rezonančného obvodu

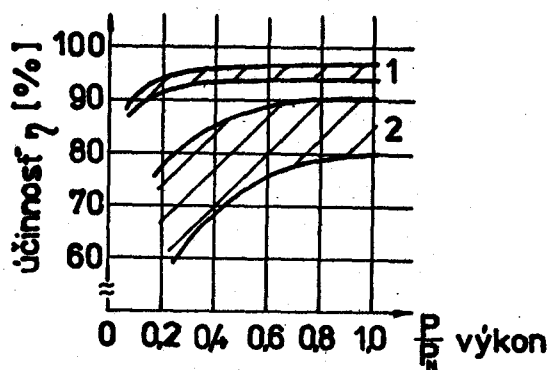


Obr.XV-7e
Pripojenie strážnika proti pretaveniu k pecnej cievke

Ide o jednosmerný zdroj, ktorý je cez tlmivku pripojený na pásnice vedúce prúd do cievky pece, t.j. k rezonančnému obvodu. Prúd zdroja je spracovaný nelineárnym členom a indikovaný meracím prístrojom. Pri prekročení určitej zvýšenej hodnoty zvodu sa okamžite vypínajú silové obvody.

Statické tyristorové meniče majú v porovnaní s rotačnými nasledujúce výhody:

1. úsporu energie až 20 %, skrátenie času tavenia;
2. nižšiu hmotnosť;
3. nižšiu hlučnosť;
4. spotreba pri chode naprázdno je pri tyristorovom meniči nulová, ak pri rotačnom predstavuje 10 % výkonu;
5. pri tyristorovom meniči sa frekvencia plynule mení podľa vsádzky a stavu taveniny v tégliku. Odpadá potreba laditeľnej kondenzátorovej batérie vrátane voličovej automatiky (pri rotačnom meniči je frekvencia konštantná);
6. energetická účinnosť pri menovitej hodnote zaťaženia, obr. XV-7f, je pri tyristorovom meniči o 15 % vyššia. Pri najnižších zaťaženiach sa rozdiel ešte zvyšuje.



Ubr. XV-7f

Závislosť účinnosti pece od výkonu

1 - statický tyristorový menič frekvencie typu ELOMAT, 2 - rotačný menič

K.p. ZEZ bude perspektívne dopĺňať elektrické indukčné pece prevodníkmi najdôležitejších fyzikálnych parametrov. Budú určené na pripojenie ovládacích a meracích obvodov pecí na výpočtovú techniku metalurgických prevádzok.

V tejto súvislosti sa už rieši zariadenie na kontinuálne váženie taveniny (indukčná pec bude ulčená na automatických váhach) s číslícovým displejom a digitálnym výstupom, ktorý bude napojený na centrálny zber dát alebo riadiaci počítač.

Použitie výkonových tyristorov sa uplatňuje aj pri napájaní sieťových nízkofrekvenčných pecí. Pri bezkontaktnom zapínaní výkonových, kompenzačných a symetrizačných stupňov a pre plynulé riadenie výkonu pomocou tzv. pulznej regulácie.

Kombinát VEB LEW Hennigsdorf, monopolný výrobca pecí a automatických odlievacích zariadení v NDR, už na začiatku osemdesiatych rokov vyvinul riadiaci systém pre téglikové indukčné taviace pece ovládané mikropočítačom. Toto umožňuje mimoriadne hospodárnu prevádzku pecí a dovoľuje ušetriť 10 kWh energie na 1 t taveniny.

Moderné indukčné pece pre väčšie objemy s výkonmi 800 až 1200 kW.t⁻¹ používajú riadenie príkonu po roztavení vsádzky, a to najmä v období čakania na chemickú analýzu a pri ohreve na odlievaciu teplotu. Toto umožňuje automaticky a hospodárne riadiť ohrev taveniny a zabrániť prehrievaniu taviieb. Napr. systém fy BROWN BOVERI používa na riadenie taviaceho procesu mikropočítač s analógovými vstupmi. Riadenie procesu vychádza z predpokladu, že dodané množstvo spotrebovanej energie je vo vzťahu s hmotnosťou a druhom vsádzky. Automatické taviace zariadenie má 4 programy a 3 režimy tavenia: natavovanie, prehrievanie, pomalé spúšťanie pece po vymurovaní a program pre výpočet parametrov tavenia na základe známych vstupných údajov. Zariadenie zobrazuje okamžitú spotrebu energie (príkon a výkon pece), teplotu, čas a hmotnosť vsádzky. Uvedené údaje sa pracujú a vytlačia na tlačiarňu. Ide teda o taviaci režim, ktorý je riadený spotrebou energie pre danú hmotnosť a režim natavovania či prehrievania v závislosti od času.

XV.2.3 Elektrické oblúkové pece

Pri elektrických oblúkových peciach treba v priebehu tavby meniť elektrický výkon $U \cdot I$, ktorý je úmerný dĺžke oblúku, a tým aj napätiu na sekundáre. Výkon sa mení zmenou sekundárneho napätia alebo prúdu elektrického oblúka. Pre automatickú reguláciu horenia oblúka vyhovuje impedančná regulácia, ktorá sleduje niekoľko elektrických veličín, obvykle prúd a napätie, resp. pomer napätia k prúdu tak, že sa udržiava konštantná impedancia elektrického oblúka. V priebehu tavby udržiava automatika takú dĺžku oblúka, ktorá spĺňa podmienky konštantnej impedancie. Pri automatickej regulácii má každá elektróda vlastný regulátor, ktorý pozostáva:

- z pohonnej jednotky, ktorá zdvíha a spúšťa elektródy,
- z regulačného zariadenia, ktoré reaguje na zmenu nastaveného režimu pece a zapája pohonnú jednotku.

Jednotlivé fázy tavenia ocele v oblúkovej peci majú svoje špecifické zvláštnosti. Vo fáze natačovania vsádzky oblúk horí veľmi nestabilne. Preskakuje z jedného kusa vyčnievajúcej vsádzky na druhý, ponáranie a vyplavovanie kusov pod oblúkom spôsobuje záse prúdové nárazy a skraty. Takéto prudké zmeny parametrov oblúka vyrovnáva regulačné zariadenie posuvom elektród. Pri natačovaní pracujú pece s najväčším sekundárnym napätím, t.j. s dlhým elektrickým oblúkom. V oxidačnom období je už horenie oblúka stabilnejšie, ale penenie kúpeľa spôsobuje až 20 % prúdové zmeny. V rafinačnom (dezoxidačnom) období sú podmienky horenia do oblúka veľmi dobré a oblúk horí pokojne. Používa sa nižšie sekundárne napätie, t.j. kratší oblúk. V tomto období treba vylúčiť možnosť nahličenia taveniny, ktoré vzniká z prípadných skratov elektród. Požiadavky na automatickú reguláciu oblúkových pecí sú:

1. vysoká citlivosť systému na parametre regulácie ± 2 až 6 %,
2. rýchlosť systému pri odstraňovaní skratov (za 1 až 3 s),
3. plynulá zmena príkonu,
4. automatické zapáľovanie oblúka.

Regulačné systémy sa rozdeľujú podľa toho, ako veľkosť odchýlky ovplyvňuje rýchlosť pohybu elektród, na:

- nedproporcionálne - rýchlosť opravného pohybu nie je úmerná veľkosti odchýlky od nastaveného pracovného režimu, používajú zosilňovače, ktoré len vypínajú a zapínajú pohony;
- proporcionálne - rýchlosť opravného pohybu elektród je úmerná veľkosti odchýlky; pri malej odchýlke pracuje pohonná jednotka s malou a pri veľkej s veľkou rýchlosťou.

Podľa funkcie regulačného zariadenia sa rozoznáva regulácia:

- prerušovaná (impulzná) - pohyb elektródy sa prerušuje dovtedy, kým sa odchýlka nevyrovná;
- plynulá (konštantná) - regulačné zariadenie ovláda plynule rýchlosť pohybu elektródy, bez ohľadu na veľkosť výchylky a nastaveného pracovného režimu práce.

Pri voľbe automatickej regulácie elektród treba uvážiť technicko-ekonomické požiadavky, pretože každý z vyvinutých typov má určité prednosti a nedostatky. Pri vysokej citlivosti a prestavovacej rýchlosti je prevádzka pece ekonomickejšia. Naopak, pri nižšej citlivosti a prestavovacej rýchlosti je regulátor jednoduchší, ale celková prevádzka pece je menej ekonomická.

Regulátory posuvu elektród sa rozdeľujú podľa pohonu na regulátory s elektromechanickým a hydraulickým pohonom. Podľa prvkov regulácie sa rozdeľujú na regulátory s elektromagnetickým, magnetickým, polovodičovým a tyristorovým zosilňovačom.

1. Regulátory s elektromagnetickým vahadlovým relé

Cievky ovládané prúdom alebo napätím oblúka sú na opačných stranách vahadla s kontaktmi. Dôsledkom zmien prúdu alebo napätia cievky vychýľujú vahadlo na jednu alebo druhú stranu a kontakty spínajú prúdový okruh pre reléovú cievku, ktorá ovláda motor na zdvíhanie alebo spúšťanie elektród.

2. Elektrohydraulické regulátory

Pracujú na princípe zmeny prúdu a napätia oblúka. Využívajú rýchloregulátor pracujúci na princípe elektrického Ferrarisovho motorčeka. Jeho rotor sa pootáča, pričom jeho smer a uhol natočenia je daný charakterom $(+\Delta, -\Delta)$. Natočenie je úmerné veľkosti odchýlky prúdu pretekajúceho elektródou a zmene napätia od nastavených pomerov. Pohyb rotora sa prenáša na hydraulicky vyvážený posúvadlový ventil automatickej regulácie $(+-)$, ktorý riadi hydraulickú prestavovaciu jednotku elektródy v oboch smeroch, t.j. nahor a nadol $(+-)$. Elektrohydraulický regulačný systém používaný spoločnosťou BROWN-BOVERI je jeden z najrozšírenejších. Výkonová regulácia transformátora je synchronizovaná s regulačným systémom elektród, takže pri rôznom sekundárnom napätí sa automaticky nastavuje optimálny taviaci výkon pece. Zariadenie je vhodné pre inštaláciu programového riadenia taviaceho procesu.

3. Amplidynové regulátory

Na reguláciu používajú osobitný generátor - amplidyn, ktorého budiace vinutie je napojené na usmernené napätie sekundárneho vinutia pecného transformátora. Odchýlka od stanoveného režimu vyvolá budenie vo vinutí amplidynu a uvedie do činnosti elektromotor pre pohyb elektród.

4. Regulácia rototrolom

Rototrol je v podstate rotujúci magnetický zosilňovač. Princíp je obdobný ako pri amplidynovej regulácii. Usmernené napätia úmerné prúdu a napätia na oblúku sa prevádzajú na diferenciálne zapojenie vinutia rototrolu. Rozdiel napätia na rototrole, vzniknutý zmenou oproti nastavenému elektrickému režimu, vyvolá v budiacom vinutí generátora prúd, ktorý zapojí motor na pohyb elektród.

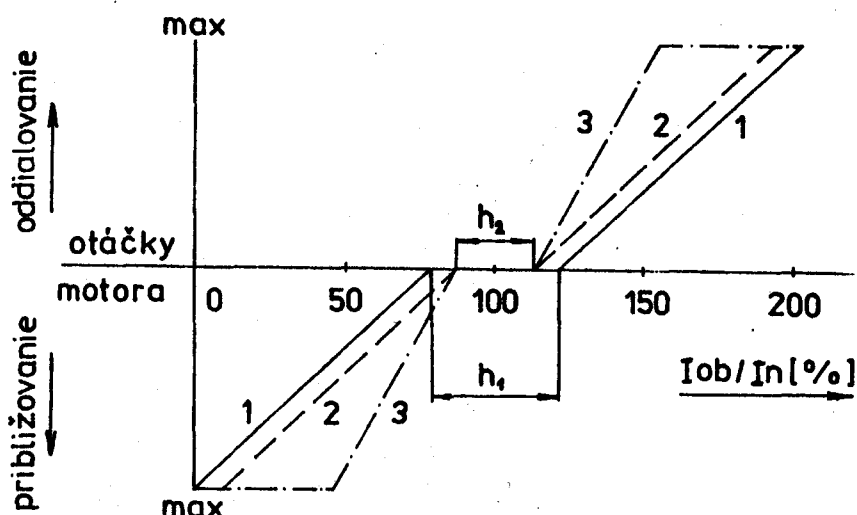
5. Tyristorové regulácia

Je najrýchlejšia a vysokocitlivá. Jej základným regulačným členom je tyristor, ktorý reaguje na zmeny stanoveného režimu a uvádza do činnosti elektromotor na pohyb elektród - servopohon. Je vhodná pre inštaláciu programového taviaceho procesu.

Niektoré čs. zlievárne si pri rekonštrukcii zastaralých oblúkových pecí vyriešili regulácie horenia oblúka svojpomocne. Ako servopohon (motor a jeho regulácia otáčok od- do+) sa použil rad regulátorov ROKE (dnes sa už nevyrábajú) a tyristorové regulátory IRO (ZPA Prešov) s jednosmernými elektromotorami s reguláciou budenia typ SM (MEZ Brno), alebo kompletne jednotky servopohonu typu MEZOMATIC (MEZ Brno). K servopohonom sú použité regulátory oblúka rôznych konštrukcií.

V zlievárni METAZ Týnec nad Sázavou v spolupráci s VÚHŽ (Výskumní ústav hutníctví železa) Dobrá použili sústavu tyristorový regulátor oblúka a servopohon MEZOMATIC. Činnosť regulátora oblúka sa mení v závislosti od statickej charakteristiky oblúka. Vyžadovaná intenzita prúdu oblúka sa nastavuje prepínačom spoločne pre všetky tri fázy. Ďalej je daná možnosť troch rôznych charakteristík, a to vždy pre všetky 3 fázy súčasne, obr. XV-8. Základná charakteristika (ozn. 1) sa vyznačuje zväčšeným pásmom necitlivosti a malou strmostou, je vhodná pre fázu natavovania vsádzky.

Charakteristika ozn. 2 má polovičné pásmo necitlivosti a strmosť ako charakteristika 1. Je vhodná pre pokročilejšiu fázu natavovania a pre oxidačné obdobie, kedy sú už podmienky horenia oblúka vyrovnannejšie. Charakteristika s ozn. 3 má rovnaké pásmo necitlivosti ako charakteristika 2 (h_2), má však väčšiu strmosť a je vhodná najmä v období redukcie, kedy sú už podmienky horenia oblúka priaznivé.



Obr. XV-8

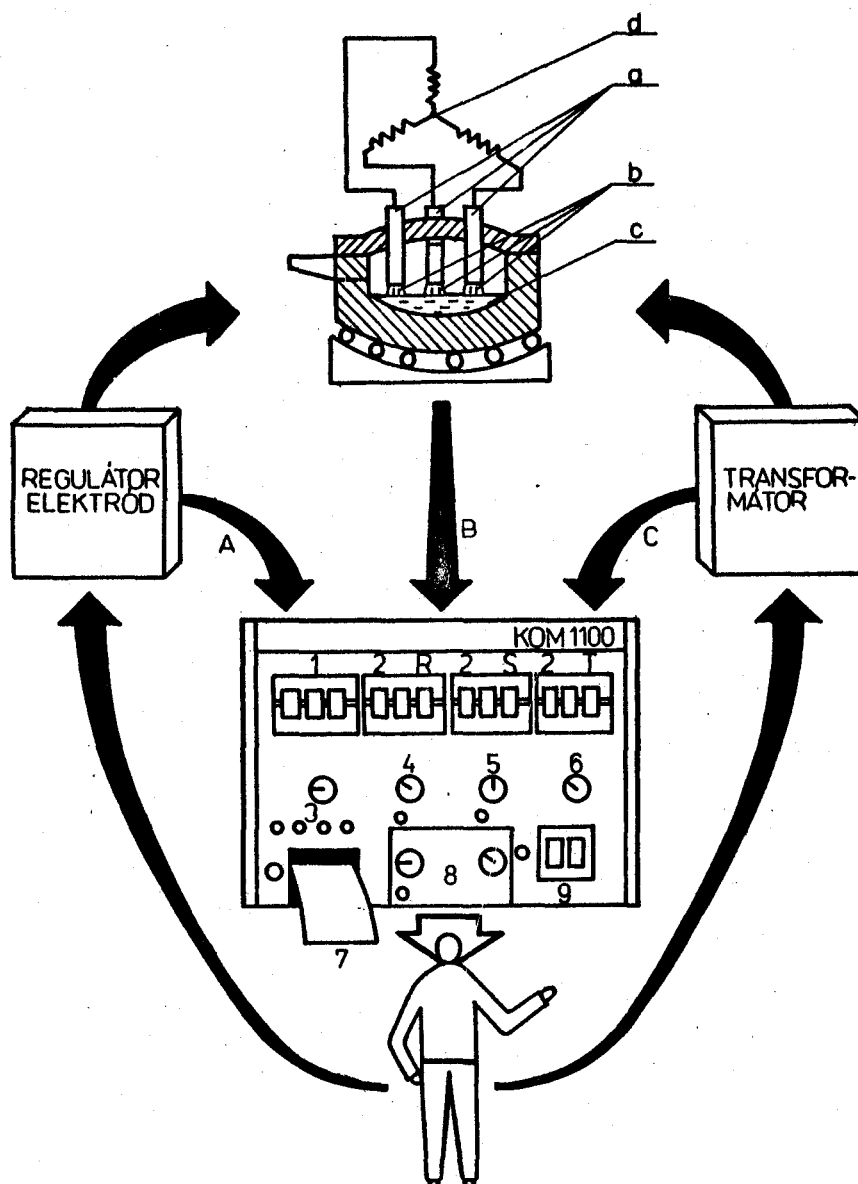
Statická charakteristika proporcionálneho tyristorového regulátora
 I_{ob}/I_n je pomer prúdu oblúka k nominálnemu prúdu

Tyristorový regulátor oblúka poskytuje ďalšie možnosti, napr. pripojenie meracích a vyhodnocovacích prístrojov k jeho regulačným obvodom a pripojenie tlačiarne, ďalej pripojenie celého regulačného a meracieho systému k mikropočítaču, ktorý vyhodnocuje údaje o prevádzke niekoľkých oblúkových pecí alebo k riadiacemu počítaču pre celý systém taviarne, resp. zlievárne.

Západonemecká firma KORF - STAHL AG, ktorá sa zaoberá automatizáciou a používaním výpočtovej techniky v oceliarskych a hutníckych prevádzkach, ponúka univerzálny prístroj KOM 1100 k regulátoru oblúka pre dozor prevádzky elektrických oblúkových pecí. Jeho úlohy uvádzame ďalej:

- pomocou snímaných a registrovaných elektrických údajov spätne pripravuje informácie pre optimálne nastavenie pece,
- kontroluje a stráži nastavené hodnoty hlavných a vedľajších parametrov a výkonu elektrického oblúka prostredníctvom merania a diferenciálnych výpočtov,
- okamžite zaregistruje a zaprotokoluje informácie o odchýlkach od optimálneho nastavenia pece,
- kontroluje reguláciu elektród v rámci celého funkčného elektrického rozsahu,
- protokoluje zvolené parametre dôležité pre prevádzkové skúšky a pre spätné vyšetrovanie chýb,
- tlačí merané a diferenciálne vypočítané hodnoty elektrických údajov pre daný stupeň transformácie,
- udáva zobrazuje a tlačí maximálne a minimálne hodnoty a počíta stredné hodnoty meraných elektrických údajov v sledovaných časových intervaloch,
- automaticky vytlačí protokol o elektrickom priebehu regulácie po každej tavbe.

Schéma systému je na obr. XV-9, technický popis prístroja KOM 1100 :



Obr.XV-9

Popis schémy regulácie elektród s elektronickým dozorom prevádzky elektrickej oblúkovej pece

A - regulácia odchýlky od optimálneho horenia oblúka, t.j. od konštantnej dĺžky oblúka pri danom zapnutom stupni na sekundári transformátora, B-údaje o napätí U, prúde I a výkone P na každej fáze, C-poloha stupňového prepínača sekundára transformátora, 1-digitálne zobrazenie zvoleného meraného, resp. vypočítaného údaju súhrnom pre všetky 3 fázy, 2-digitálne zobrazenie zvoleného meraného, resp. vypočítaného údaja pre každú fázu osobitne, 3-nastavenie tlačiarne: tlačenie údajov zo zvolenej fázy, zo všetkých fáz jednotlivo alebo súhrnom, tlačenie súborného prehľadu údajov zo všetkých fáz, 4-výber z údajov meraných alebo počítaných pre digitálne zobrazenie alebo vytlačenie: U , I , P (činný výkon), P_B jalový výkon, $\cos \varphi$, ΔR (jalový odpor), X (reaktancia), U_L (napätie na indukčnosti) pre všetky 3 fázy, 5-výber z údajov meraných alebo počítaných ako pre 4, ale pre jednu zvolenú fázu, 6-nastavenie merania a zobrazenia za časový údaj: okamžitý skutočný stav, stredná hodnota za 1 min, 10 min, 1 h, 10 h atď., 7-výstup vytlačených cyklických alebo súhrnných protokolov, 8-nastavenie výstupu dvoch analogových signálov z ľubovoľných meraných alebo počítaných údajov U , I , P , P_B , $\cos \varphi$, ΔR , X , U_L buď ako súhrnné hodnoty za všetky fázy, alebo pre zvolenú fázu, a - elektródy oblúkovej pece, b-elektrický oblúk, c - kúpeľ, d - sekundárne vinutie transformátora

Analógové vstupné údaje

Štandardný signál od 0 do 20 mA; U , I , P_w - regulácia odchýlky pre každú fázu.

Číslicové vstupné údaje

nastavenie stupňového prepínača sekundára transformátora, vypínanie a zapínanie pece, signál pre vypúšťanie pece.

Výpočet rozličných údajov

$\cos \varphi$, jalový výkon P_B , prevádzková reaktancia - jalový odpor ΔR , minimálne a maximálne stredné hodnoty jednotlivých veličín.

Tlačenie údajov

vstavaná tlačiareň používa systém termotlače, súčasne zaznamenáva 5 úplných číslicových údajov, zariadenie má ďalej vyvedené na výstup 2 analógové signály, ktoré ho umožňujú pripojiť k riadiacemu počítaču taviarne cez štandardné pripojenie alebo k mikropočítaču pre niekoľko pecí cez analógovo-číslíkový prevodník.

Používanie univerzálneho prístroja KOM 1100 prináša nasledujúce výhody:

- šetrenie vymurovky pecí,
- nepatrné časy prerušovania oblúka,
- šetrenie uhlíkových elektród (znižuje ich opotrebovanie),
- šetrenie energie v dôsledku zvyšovania účinnosti pece,
- exaktné okamžité údaje o stave procesu,
- možnosť riadenia prevádzky pecí elektronickou inteligenciou pri včlenení sa do počítačového systému.

XV.3 RIADENIE A KONTROLA TAVIACEHO PROCESU Z METALURGICKÉHO HĽADISKA

Moderné metódy riadenia prevádzky technologických procesov a vlastností tavenín sú spojené so zavádzaním výpočtovej techniky a zahŕňajú niekoľko základných aspektov:

- riadenie energetických režimov,
- riadenie fyzikálno-chemických reakcií a fyzikálno-metalurgických vlastností,
- využívanie adekvátnej meracej prístrojovej techniky.

Energetický režim, ktorým sa rozumie priebeh privádzaného elektrického príkonu v reálnom čase, nemožno chápať oddelene od postupu metalurgického procesu. Musí byť zostavený nielen so zreteľom na dosiahnutie maximálneho taviaceho výkonu a minimálnej spotreby energie pri roztavovaní vsádzky, ale aj so zreteľom na priebeh tavby, kde spôsob prívodu energie vytvára predpoklady pre zabezpečenie optimálnej teploty pre každú z fyzikálno-chemických reakcií; platí to najmä pri výrobe ocelí na odliatky.

Elektrické oblúkové pece možno riadiť s využitím dynamického modelu, ktorý vychádza z popisu fyzikálnej podstaty uvažovaného deja v závislosti od prenosu energie. Podstata modelu je v tom, že okamžitý stav riadenia sústavy definovaný modelom určuje ďalší postup sústave pre nasledujúci časový úsek. V danom prípade je rozhodujúca voľba optimálnej hodnoty prúdu a napätia a z toho vyplývajúca dĺžka oblúka. Pre každý jednotlivý prípad sa vyčíslí predpokladaná hodnota kritériálnej funkcie a potom je zadaná tá hodnota prúdu a napätia, ktorá zaručuje minimálnu hodnotu funkcie a vo svojich dôsledkoch minimálnu hodnotu: dĺžky natavovania vsádzky, spotreby elektrickej energie, materiálu, vymurovky, elektród a pod. Uvedený systém umožňuje operatívne zvýšiť závažnosť niektorého ukazovateľa v kritériálnej rovnici, napr. náklady na elektródy, a prispôsobiť model konkrétnej situácie k ekonomike prevádzky. Takýto riadiaci systém vyžaduje pomerne výkonný riadiaci počítač, jeho realizácia je efektívnejšia pri oblúkových peciach pre väčšie hmotnosti vsádzky.

Pre menšie oblúkové pece s hmotnosťou vsádzky 6 až 10 t sa v súčasnosti zdá ekonomicky výhodnejšie využiť minipočítače na programové riadenie na základe výsledkov získaných spracovaním vybraných ukazovateľov väčšieho počtu taviacich metódami matematickej štatistiky. Podklady pre štatistické spracovanie možno získať napr. prístrojom KOM 1100. Výsledkom spracovania je opäť kritériálna funkcia a program. Závažnosť jednotlivých ukazovateľov v kritériálnej rovnici možno tiež zvýšiť, systém však nemôže tak pružne reagovať na okamžité zmeny charakteru pochodu ako pri použití riadiaceho počítača.

Výroba liatiny v kuplových a v elektrických indukčných peciach nekladie také vysoké nároky na exaktné riadenie metalurgického režimu ako výroba ocelí v elektrických oblúkových peciach. Pri správnom rozbere a výpočte % vsádzkových surovín sa dá vopred predpokladať výsledné zloženie odliatej liatiny a spotreba energie na jednotku hmotnosti. Najnáročnejší metalurgický režim si vyžaduje materská tavba ocele, t.j. ak východisková surovina je surové železo (oceliarske). Takýto proces sa realizuje v elektrickej oblúkovej peci so zásaditou vymurovkou. Za menej náročný proces sa pokladá pretavovanie ocelí. Po natavení sa oceľ spravidla dezoxiduje a doleguje na vyžadované chemické zloženie. Proces sa môže realizovať v elektrických oblúkových a indukčných peciach s kyslou vymurovkou. Pretavovanie ocelí vyžaduje znalosť chemického zloženia pred konečnou úpravou taveniny. Pri pretavovacom procese možno využívať výpočtovú techniku pri automatizovanom vyhodnocovaní chemického zloženia.

Metalurgický proces tavenia ocelí v oblúkových peciach so zásaditou vymurovkou si vyžaduje znalosť zmien aktivity kyslíka, chemického zloženia a teploty kúpeľa (kúpeľ = roztavený kov + troska). Výpočtovú techniku v ňom možno použiť aj na kontrolu a ovládanie základných metalurgických reakcií. Na základe zmeny aktivity kyslíka, chemického zloženia a teploty možno zostaviť matematický model jednotlivých fyzikálno-chemických reakcií v kúpeli. Oxidačné obdobie tavby sa riadi na základe korelácie medzi obsahom uhlíka a aktivitou kyslíka v tavenine. Pri oxidácii železnou rudou možno uvedené korelácie využiť na včasné ukončenie oxidačného obdobia a zabrániť preoxidovaniu tavenín. Ak sa na oxidáciu využíva plyný kyslík, možno za týchto podmienok spresniť jeho dávkovanie. Pretože aktivita kyslíka patrí medzi veličiny, ktoré majú rozhodujúci vplyv na fyzikálno-chemické reakcie v tavenine, neobíde sa žiadny princíp riadenia bez znalosti tejto veličiny, a teda jej merania. Na základe merania aktivity kyslíka pomocou kyslíkovej sondy je možná termodynamická analýza oxidačných a dezoxidačných reakcií a zostavenie modelu metalurgického pochodu pre príslušné obdobie tavby. Aktivita kyslíka v danom kúpeli sa vzťahuje na teplotu, preto jej meranie je principiálne spojené s meraním teploty kúpeľa. Problémy nevznikajú len s vlastným meraním, ale aj s vyhodnotením signálu kombinovanej sondy alebo termosondy. Často sa ešte používajú spôsoby, pri ktorých je signál zo sondy registrovaný líniovým zapisovačom a odčítaná hodnota sa potom vyhodnocuje pomocou tabuľky alebo minikalkulátora. Takéto spôsoby okrem toho, že sú nepohodlné, sú nevhodné pre využitie na automatické spracovanie údajov a riadenie procesu. V súčasnosti sa prechádza od líniových registračných prístrojov k číslicovým (digitálnym), ktoré okrem možnosti ďalšieho využitia a spracovania získaného signálu umožňujú okamžité odčítanie nameranej hodnoty obsluhou pece.

Široká možnosť uplatnenia kyslíkových sond existuje aj pri riadení dezoxidácie, predovšetkým na zabezpečenie vopred stanoveného obsahu hliníka vo vyrábanej oceli na odliatky.

XV.3.1 Vyhodnocovanie chemického zloženia taveniny

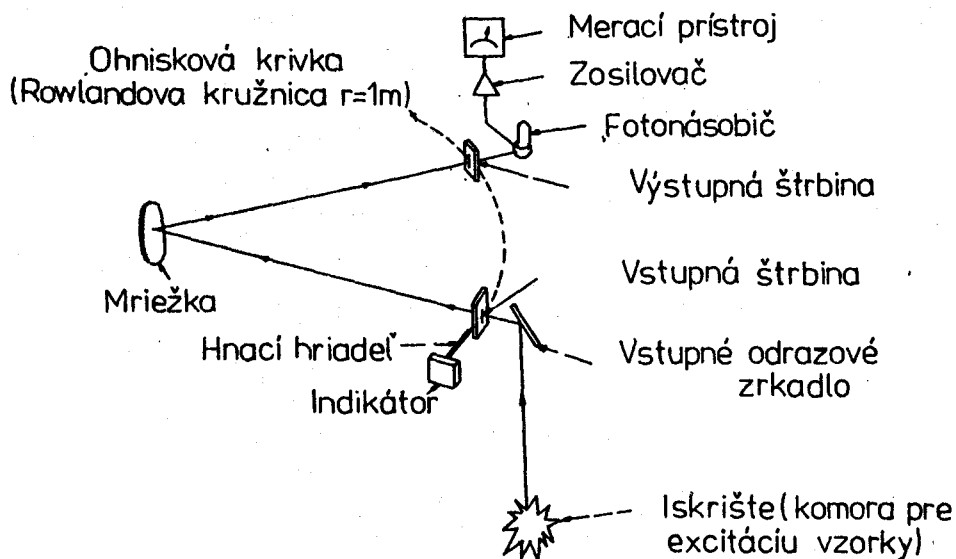
Metalurgický proces pri tavení ocelí si v jednotlivých fázach vyžaduje stanovovať chemické zloženie. Z taveniny sa odoberie kontrolná dávka, ktorá sa nechá stuhnúť v kokilke predpísaného tvaru. Pri klasickej chemickej analýze sa zo stuhnutej vzorky odvrátajú triesky, z ktorých sa chemickou úpravou, spaľovaním a vážením stanovuje percentuálny obsah prvkov. Samotný proces stanovenia % C vyžaduje 5 až 6 min, % Mn alebo % P 12 až 15 min. Stanovenie % Cr alebo % Ni vo vysokoalegovaných oceliach trvá 30 až 40 min.

V priemere od odliatia vzorky do ohlásenia výsledku chemického rozboru uplynie 20 min. V priebehu tohto času musí pec udržiavať taveninu na teplote.

Uvedené nevýhody odstraňuje moderná spektrálna analýza využívajúca fyzikálne metódy založené na princípe elektrického vyhodnotenia intenzity spektrálnej čiary analyzovaného prvku. Podľa princípu sa súčasné automatické spektrometre rozdeľujú na:

- emisné vákuové,
- emisné vzduchové - nevákuové (neumožňujú stanovenie C, P, S),
- röntgenové.

Vzorky pre spektrometrický rozbor sa odlievajú do kokilky predpísaného rozmeru a materiálu (liatina, meď alebo nelegovaná oceľ). Po ochladnutí sa vzorka rozreže na rozbrusovacom stroji na potrebný počet kusov. Rezná plocha sa obrúsi a preleští na dokonale rovnú plochu na rýchlo leštiacom zariadení. Univerzálne rýchlozariadenia na prípravu vzoriek vyrába fa HERZOG.



Obr. XV-10
Schéma emisného mriežkového spektrometra

Zjednodušený funkčný princíp emisného spektrometra vysvetľuje obr. XV-10. Medzi vzorkou a elektródou vzniká v iskrisku výboj a určitý malý podiel analyzovaného prvku sa vyparí. Časť odparených atómov vzorky je uvedených do excitovaného stavu a emituje svetlo. Svetelný lúč dopadá cez vstupné odrazové zrkadlo a cez posuvnú vstupnú štrbinu na konkávnu mriežku. Napr. pri emisnom vákuovom spektrometre fy BAIRD USA má mriežka na dĺžke 1 mm 1440 "čiar". Tam sa svetlo rozkladá na jednotlivé vlnové dĺžky. Každý prítomný prvok je zastúpený určitým počtom spektrálnych čiar rôznej intenzity. Vhodné spektrálne čiary (podľa intenzity a polohy v spektre) sa dostávajú na výstupné štrbiny, kde sú izolované pre konkrétne fotonásobiče. Výstupné

Štrbiny sú situované na ohniskovej krivke; uvedený spektrometer používa polomer Rowlandovej kružnice 1 m a má 198 štrbín. Pre každý analyzovaný prvok sa používa aspoň jedna výstupná štrbina. Vo fotonásobiči sa mení svetelná energia na elektrickú, ktorou sa nabíja kondenzátor. Napätie na kondenzátore je potom mierou koncentrácie analyzovaného prvku. Voľba počtu výstupných štrbín a fotonásobičov má byť v súlade s počtom prvkov, prípadne ich koncentraciami, ktoré zlieváreň vo svojich zliatinách používa. Moderné spektrálne analyzátory majú zabudované rezervné štrbiny, ktoré po úprave umožňujú rozšírenie programu analyzovaných prvkov. Spektrálny analyzátor SPECTROVAC je schopný analyzovať cca 45 prvkov v čase 2 až 4 min. Analýza každej vzorky sa vykonáva dvakrát, aby sa vylúčila v dôsledku nehomogénosti vzorky alebo trhlin na jej povrchu možnosť neobjektívnej analýzy. Príprava vzoriek, rozrezanie, prípadné brúsenie, si vyžaduje čas približne 2 min. Používanie automatických spektrometrov umožňuje čítanie výsledkov pre metalurgickú obsluhu pece po niekoľkých minútach od odberu vzorky z pecného kúpeľa.

Spektrálne analyzátory vybavené počítačovým systémom pre spracovanie nameraných údajov sú schopné vyhodnotiť kompletnú analýzu za 15 s. Automatizovaný systém spektrálneho analyzátora spravidla pozostáva z odčítacieho systému a zo systému spracovania údajov. Odčítací systém spracúva signály, ktoré prichádzajú z fotonásobiča do kondenzátorov a prevádza ich na digitálny tvar. Takéto signály sú ďalej numericky vyhodnocované systémom pre spracovanie údajov. Tento používa minipočítač alebo mikroprocesorový systém. Obe dva sú schopné riadiť činnosť spektrálneho analyzátora (spektrometra) a vyhodnocovať údaje. Minipočítač má však väčší obsah pamäti, čo umožňuje vykonávať špeciálne programy, napr. korekcie ďalšej vsádzky, resp. legúr na základe spektrálnej analýzy, napojenie na centrálny počítač v laboratóriu. Niektoré typy minipočítačov, resp. počítačov k analyzátorom sa dajú využívať ako centrálné počítače pre laboratória, taviarne atď., napr. počítačový systém pre spracovanie údajov typu SCI-16 fy BAIRD. Počítačové systémy v súčasnosti už kontrolujú riadia činnosť spektrometrov a spracúvajú údaje.

Kontrola spektrometra obsahuje tieto operácie:

- preplachovanie stojana argónom,
- prediskrenie,
- integráciu kondenzátorov pre jednotlivé prvky s voliteľnými budiacimi parametrami,
- výber stojana,
- výber budiaceho zdroja,
- bezpečnostný vypínač,
- kontrolu bezpečnostného systému.

Každá z uvedených operácií môže byť voľne programovaná.

Spracovanie údajov pozostáva z nasledujúcich programov:

Výpočet percenta analyzovaných prvkov; základom je vzťah

$$\% = ax^3 + bx^2 + cx + d,$$

kde a, b, c, d sú konštanty, ktoré sa určia pri kalibrácii, a x je pomer intenzít.

Korekcia matrice; používa sa na korekciu pomerov intenzít tak, aby odpovedali skutočným koncentráciám v zliatinách.

Korekcia medziprvkových ovplyvnení; počíta s faktormi a koncentráciou rušivých prvkov, pretože niektoré spektrálne čiary rôznych prvkov sú tak blízko seba, že fotonásobič ich prakticky nemôže rozlíšiť.

Štandardizácia; program vykonáva korekcie, ktoré sú dôležité vzhľadom na zmeny v elektronike a v iných subsystémoch.

Korekcia poradia je potrebná vtedy, ak je v zliatine analyzovaný prvok s veľmi nízkou koncentráciou.

Program pre odiskrenie; používa sa pri určovaní potrebného času odiskrenia pri analýze špeciálnych zliatin.

Diagnosticke programy; automaticky skúšajú správnú funkciu hardwaru (technického vybavenia počítača), ďalej kontrolujú funkciu optiky, fotonásobičov a meracej techniky.

XV.3.1.1 Technicko-ekonomický prínos metód automatickej spektrometrie

Ako príklad na ekonomický prínos možno uviesť bilanciu zo zlievárne ocele na odliatky k.p. SIGMA Slatina - Brno, v ktorej bol inštalovaný počítačom riadený spektrometer zn. ARL 31 000 C. Dosiahla sa tým priemerná mesačná úspora podľa tab. XV-I. Rozhodujúcou položkou je úspora ferozliatin. Rýchlou a presnou analýzou sa dosiahne (napr. pri Cr a Ni), že ich obsahy sa nemusia pohybovať v hornej oblasti rozpätia podľa ČSN. Ročný prínos predstavuje 1 680 000 Kčs. Ak sa porovná s cenou zariadenia, ktorá predstavovala 3 200 000 Kčs, je zrejmé, že ide o mimoriadne výhodnú investíciu.

Priemerná mesačná úspora pri tavení ocele na odliatky

Tabuľka XV-I

1. Úspory ferozliatin	120 000 Kčs
2. Úspory elektrickej energie	15 000 Kčs
3. Úspory žiaruvzdorného materiálu	2 000 Kčs
4. Úspory grafitových elektród	3 000 Kčs
C e l k o m	140 000 Kčs

Technicko-ekonomický prínos možno zhrnúť podľa nasledujúceho:

- a) možnosť presného dodržiavania technologického postupu tavenia,
- b) možnosť sledovania veľkosti prepalu jednotlivých prvkov,
- c) možnosť zníženia koncentračných hladín prvkov v jednotlivých materiáloch,
- d) zníženie výskytu nepodarkových taviel v dôsledku nedodržania chemického zloženia,
- e) výpočet hmotnosti legujúcich prísad pomocou riadiaceho počítača spektrometra pre podmienku dodržania minimálnych nákladov.

Na záver k oblasti používania elektrických oblúkových pecí treba poznamenať, že dnes je z ekonomického hľadiska v čs. zlievárňach vytvorený trend znižovania výroby ocele na odliatky na úkor zvyšovania výroby tvárnej liatiny. Bez nárokov na úpravu prevádzky sa na tavenie tvárnej liatiny používajú oblúkové pece. Základ vsádzky tvoria surové železá oceliarske. Výhoda tavenia tvárnej liatiny v oblúkovej peci so zásaditou vymurovkou je v možnosti zníženia obsahu S rádovo až na stotiny %.

XVI. Automatizácia úpravy a kontroly akosti formovacích zmesí (Mäsiar)

Väzné formovacie zmesi s bentonitom sa v našich zlievárňach najčastejšie upravujú miesia v miesičoch s prerušovaným chodom, a to v kolesových, typu MK, alebo v kyvadlových, typu MKY. Aj keď kyvadlové miesiče dosahujú vyššie výkony, z hľadiska rozmerového obidva typy môžu byť konštruované ako veľkokapacitné s výkonom až 100 t.h^{-1} . Miesiče sú začlenené v úpravárenských celkoch vybavených zásobníkmi a dávkovacími zariadeniami pre objemové alebo hmotnostné odmeriavanie potrebných množstiev nového a vratného piesku, bentonitu, práškových a tekutých prísad. Upravárenský celok je ďalej vybavený dopravným zariadením pre plnenie zásobníkov, dopravným zariadením pre odvod upravenej formovacej zmesi, pomocným zariadením pre chladenie vratného piesku a pod.

Úpravne ako celok majú polo- alebo plnoautomatické riadenie miesiaceho cyklu. Dávky jednotlivých komponentov sú vopred nastavené podľa vyžadovaného zloženia určeného technologickým predpisom. Automatický chod úpravne zabezpečuje výrobu formovacej zmesi s riadeným cyklom miesenia v po sebe nasledujúcich dávkach podľa nastaveného zloženia. Pri vlhčení zmesi na konkrétnu (optimálnu) vlhkosť v cykle miesenia sa od prideľovania vody v pevne nastavenej dávke, ktorá nezohľadňuje počiatočné rozdiely vo vlhkosti formovacieho materiálu, dnes upúšťa. Používajú sa dva moderné spôsoby s možnosťou plnoautomatickej realizácie:

1. Dávkovanie vody podľa vlhkosti a teploty vratného piesku pomocou automatického regulátora vlhkosti na vyžadovanú (optimálnu) relatívnu vlhkosť danú technologickým postupom.
2. Dávkovanie vody do zmesi vratného a nového piesku (formovacieho materiálu) na základe súhrnnej technologickej vlastnosti vyjadrujúcej formovateľnosť formovacej zmesi.

XVI.1 POŽIADAVKY NA ÚPRAVNE FORMOVACÍCH ZMESÍ

Potreba automatického riadenia akosti formovacích zmesí súvisí s vývojom ostatných samostatných procesov pri výrobe odliatkov. Zvýšená výrobnosť

odliatkov sa jednotku času súvisí s prípravou formovacích zmesí na výkonných rýchlomiesiáčoch s krátkymi cyklami miesenia. Zavedením výroby odliatkov na automatických linkách vzniká potreba dodržania nastavenej akosti formovacích zmesí v jej technologických vlastnostiach. Výrobcovia formovacích liniek garantujú za ich výkon len pri dodržaní technologických vlastností zmesí, najmä pevnosti v tlaku za surova (vyjadruje mieru väznosti) v oblasti rozmedzia predpísanej relatívnej vlhkosti. Stála akosť formovacej zmesi zabraňuje výrobe nepodarkových foriem a odliatkov, navyše zabezpečuje rozmerovo presnejšie odliatky s kvalitnými povrchmi.

Úplná automatizácia úpravy formovacích zmesí zabezpečuje aj korekčné zásahy od predvolených hodnôt pre udržanie technologických vlastností na základe ich priebežného merania a vyhodnocovania. Tým sa znížia chyby v akosti formovacích zmesí vyplývajúce zo subjektívnych faktorov obsluhy, alebo z obtiažnosti dodržania technologickej disciplíny, ako je to v mechanizovaných úpravniach. Proces úpravy sa v nich vykonáva bez vzájomného blokovania pri nedodržaní parametrov. Pre zabezpečenie prípravy akostnej formovacej zmesi treba eliminovať dôsledky zmeny technologických vlastností vratných pieskov. Jednoduchšia forma je merať ich relatívnu vlhkosť a dopĺňať vodu na výslednú vyžadovanú vlhkosť po úprave. Zložitejšia forma je dodržiavať výsledné technologické vlastnosti formovacích zmesí na základe vlastností vratných zmesí a korekcií počas úpravy.

XVI.2 AUTOMATIZÁCIA KONTROLY A DÁVKOVANIA VODY NA PRINCÍPE MERANIA VLNKOSTI

V súčasnosti sa používa niekoľko systémov a tomu odpovedajúcich prístrojov na rýchle stanovenie relatívnej vlhkosti budúcej formovacej zmesi pred jej vstupom do miesiäa. Tieto v automatickom cykle po zmeraní vlhkosti (obsahu vody) vyhodnotia rozdiel do vyžadovanej vlhkosti a dávajú signál vo vzťahu k množstvu potrebnej doplnkovej vody, ktorá sa dávkuje do miesiäa. Vyžadovaná vlhkosť formovacej zmesi sa udržiava s presnosťou 0,1 až 0,2 %. Najčastejšie sa používajú v prevádzkach systémy uvedené v nasledujúcom.

1. Meranie vlhkosti formovacej zmesi v závislosti od výkonu elektromotora miesiäa

Metóda vychádza z faktu, že práca vynaložená na miesenie zmesi v miesiäi je krytá momentom pohonového motora, ktorý sa opäť proporcionálne

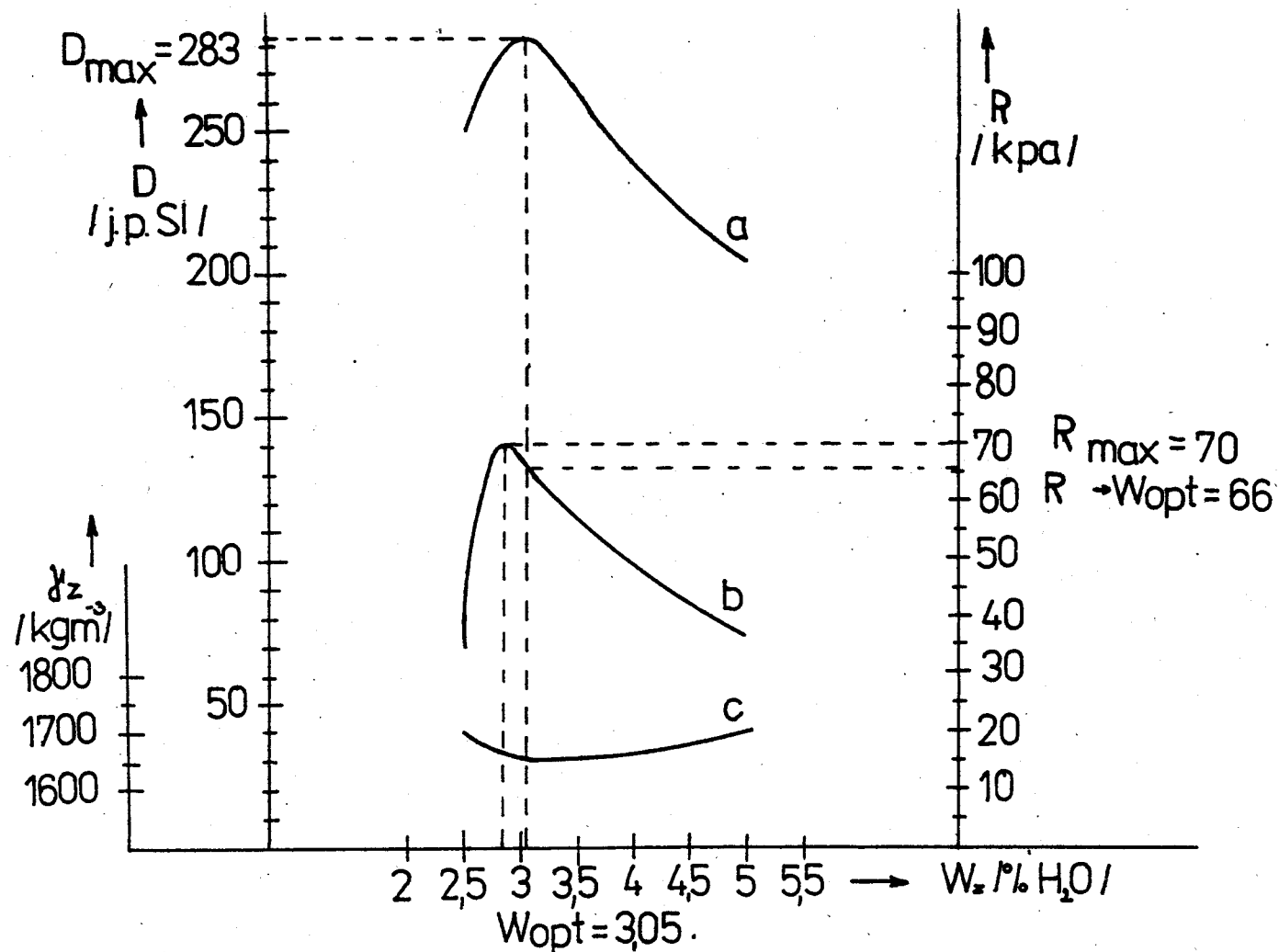
mehí s pretekajúcim prúdom, resp. s činným výkonom. Práca na miesenie súvisí s množstvom pridanej vody a závisí od podmienok a priebehu obalovania zŕn ostriva (kremenného piesku) spojívom. Pri známom priebehu väznosti v závislosti od obsahu vody môžeme okamžitý príkon miesiča porovnávať s väznosťou formovacej zmesi, resp. s jej pevnosťou v tlaku alebo v strihu. Za tohto predpokladu sa môže relatívna vlhkosť a z nej vyplývajúca väznosť a priedušnosť pri danom zložení a skladbe zŕn z hľadiska veľkosti trvale kontrolovať na základe merania prúdu, resp. elektrického príkonu motora miesiča. Meraná hodnota prúdu potom vytvára základný údaj pre automatické riadenie dávkovania vody. Predpoklady na realizáciu tejto najjednoduchšej metódy pre automatické dávkovanie vody sú: konštantný čas miesenia, konštantný kvantitatívny a kvalitatívny pomer komponentov, konštantná hmotnosť dávky v miesiči. Príkon, resp. okamžitý spotrebúvaný prúd elektromotorom miesiča sa musí vyhodnocovať:

- a) v oblasti stúpajúcej väznosti v závislosti od relatívnej vlhkosti,
 - b) v oblasti klesajúcej väznosti v závislosti od relatívnej vlhkosti,
- obr. XVI-1.

2. Meranie a regulácia relatívnej vlhkosti formovacej zmesi neutronovým vlhkomerom

Metóda využíva jav spomaľovania rýchlych neutrónov žiariča, atómovými jadrami vodíka. Meria sa počet spomalených neutrónov vo forme impulzov pomocou scintilačného detektora. Spomalenie neutrónov nastáva po zrážke rýchlych neutrónov vystupujúcich z rádioaktívneho žiariča s atómovými jadrami vodíka. Rýchle neutróny vystupujúce z rádioaktívneho žiariča sa teda zrážajú s atómovými jadrami komponentov formovacej zmesi a sú nimi brzdené. Pomerne malé straty energie spôsobujú zrážky neutrónov s ťažkými jadrami atómov a naopak zrážky s veľmi ľahkými jadrami atómov vodíka spôsobujú vysoké straty energie. Vodík pôsobí ako vysokoaktívna brzdiaca zložka. Počet spomalených neutrónov, resp. registrovaných impulzov je priamo úmerný obsahu vody vo formovacej zmesi, t.j. relatívnej vlhkosti.

Na tomto princípe vyrába n.p. TESLA Liberec merač objemovej vlhkosti NPK 201. Tento prenosný tranzistorový prístroj so spektrometrickým vyhodnotením impulzného signálu a s dekadickým vyhodnotením registrovaných početností má vo svojej sonde zabudovaný neutrónový žiarič $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ (tok $7,5 \cdot 10^4 \text{ n.s}^{-1}$) spolu so scintilačným detektorom. Najpresnejšie výsledky sa získajú meraním vo väčších objemoch (rádovo desiatky až stovky dm^3), ktoré možno vzhľadom na rozptyľované neutróny považovať za nekonečné.

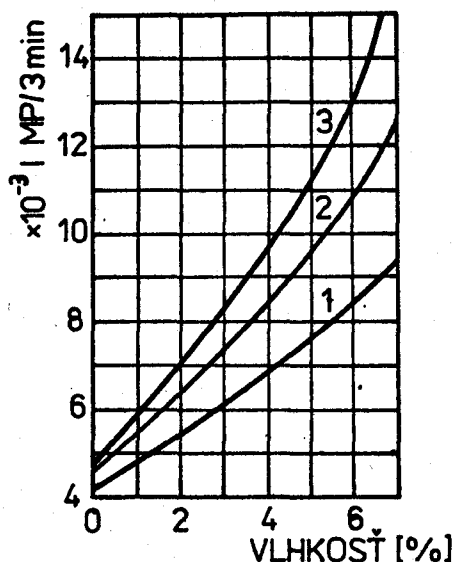


Netriedený zlievárenský piesok s klasifikačným znakom K III-32-C

Obr. XVI-1

Závislosť technologických vlastností štandardnej formovacej zmesi so zložením 93 hm.d. zliev. piesku K III - 32 - C a 7 hm.d. bentonitu 650
a - priebeh priedušnosti, b - priebeh väznosti vyhodnotený podľa pevnosti v tlaku za surova, c - priebeh mernej hmotnosti pred zhutnením

Pre automatizované úpravné vyhovujú vlhkomery s možnosťou merať väčšie objemy, napr. zásobníky vratných pieskov a miesič formovacích zmesí, pre interval 0,5 až 6 % H_2O , s presnosťou 0,1 až 0,2 %. Použitelnosť v rozsahu vyplýva aj z obr. XVI-1. Na obr. XVI-2 sú výsledky merania v redukovaných objemoch 25,35 a 507 dm^3 slúžiace ako kalibračné krivky.



Obr. XVI-2

Kalibračné krivky získané pri meraní vlhkosti kremičitého piesku, neutronovým vlhkomerom v objemoch: 1-25 dm^3 , 2-35 dm^3 a 3-507 dm^3 .

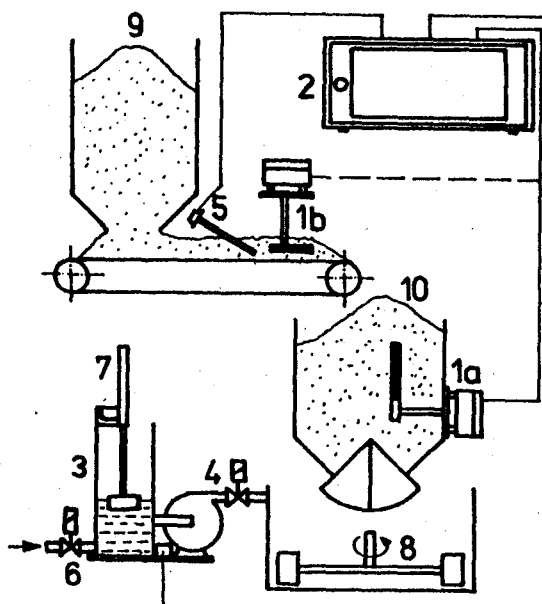
So zmenšovaním objemu klesá i rozlišovacia schopnosť prístroja NPK 201. Napriek tomu možno dosiahnuť presnosť $\pm 0,2$ % aj v najmenšom objeme 25 dm^3 . Použitie prístroja pre kremenné piesky s bentonitom nebolo veľmi úspešné, pretože materiál vykazoval nepravidelnú hrudkovitosť. Použitie pre piesky s organickými spojivami nebude objektívne, pretože spomalenie neutrónov je závislé od celkového obsahu vodíka v analyzovanej zmesi, čo negatívne ovplyvňuje stanovenie % vody. Najvýhodnejšie použitie má čs. neutrónový vlhkomer pri meraní vlhkosti kremenného piesku a formovacej zmesi s vodným sklom (presnosť $\leq 0,2$ %). Nevýhodou je pomerne dlhý čas merania, rádovo v minútach.

3. Regulácia vlhkosti meraním dielektrickej konštanty

Metóda vychádza z princípu, že suchá formovacia zmes a voda majú rozdielne hodnoty dielektrických konštánt. Vratnému piesku, ktorý vytvára "dielektrikum" meracieho kondenzátora pred vstupom do miesiča, odpovedá určitá hodnota dielektrickej konštanty podľa jeho relatívnej vlhkosti. Takto kapacita meracieho kondenzátora súvisí s vlhkosťou piesku, resp. formovacej zmesi. Jej hodnota sa stanovuje porovnávaním dvoch frekvencií, z ktorých jedna je konštantná a druhá sa mení vplyvom zmeny kapacity meracieho kondenzátora, t.j. zmenou vlhkosti. Nevýhodou metódy je,

že vlhkomery si vyžadujú ciachovanie na konkrétne formovacie zmesi podľa použitého druhu ílu (spojiva), pretože íly podľa mineralogického zloženia obsahujú rôzne množstvá viazanej vody.

Ako príklad možno uviesť schému automatického zariadenia na meranie relatívnej vlhkosti vratného piesku a na udržiavanie konštantnej vlhkosti pripravenej formovacej zmesi; výrobok fy BRABENDER MESSTECHNIK, obr.XV-3.



Obr.XVI-3

Schéma regulácie vlhkosti na princípe merania dialektrickej konštanty

1a - tyčový merací kondenzátor, 1b - klzajúci merací kondenzátor, 2 - meracie a vyhodnocovacie zariadenie, 3 - dávkovacia nádobka pre vodu, 4 - čerpadlo a elektromagnetický ovládací vypúšťací ventil, 5 - odporový teplomer, 6 - napúšťací ventil, 7 - plavák s kontaktným spínačom, 8 - kolesový miesič, 9 - zásobník vratného piesku a pásový dopravník, 10 - odmerka váh

V meracom zariadení 2 sa vyhodnotia kapacity meracích kondenzátorov 1a a 1b umiestnených ako sondy vo vratnom piesku. Elektronická jednotka meracieho zariadenia vykoná prevod hodnôt kapacity na relatívnu vlhkosť. Na základe rozdielu nameranej relatívnej vlhkosti vratného piesku a nastavenej hodnoty vyžadovanej relatívnej vlhkosti pripravovanej formovacej zmesi určí elektronická jednotka meracej skriní 2 množstvo doplňkovej vody do miesiča. Vyparovanie vody z piesku sa mení s jeho teplotou, ktorá je snímaná odporovým teplomerom 5. Potom korekciu množstva doplňkovej vody riadi vstavaná teplotná kompenzácia ako súčasť elektronickej jednotky. Elektromagnetický ovládaný napúšťací ventil 6 sa otvorí a voda vteká do dávkovacej nádobky 3. Meranie množstva doplňkovej vody riadi indikačné zariadenie s plavákom 7, ktoré po dosiahnutí hodnoty určenej elektronickou jednotkou uzatvára vstupný ventil 6. Odmeraná dávka nezávisí od tlaku vody a prierezu vstupného potrubia. Rie-

denie miesiča v pracovnom cykle vyšle signál na spustenie čerpadla a na otvorenie elektromagneticky ovládaného výstupného ventilu 4. Impulz na jeho uzavretie a vypnutie čerpadla je odvodený od koncového spínača plaváka 7.

Sondu pracujúcu na dielektrickom princípe používa aj maďarské zariadenie pre stanovenie vlhkosti zlievárenských formovacích zmesí so súčasným automatickým dávkovaním vody typu SANDHYDROMATIK RS - 210/A. Regulácia vlhkosti sa môže súčasne vykonávať v jednom až v troch miesičoch. Do zásobníka formovacej zmesi je vstavaná sonda pre určenie priemernej vlhkosti piesku pred miesením vrátane jeho teploty. Prístroj na základe nameraných hodnôt určí dávku vody potrebnú na dosiahnutie vyžadovanej vlhkosti a zabezpečí jej odmeranie. Prístroj pracuje v rozsahu 0 až 3,5 % relatívnej vlhkosti s presnosťou $\pm 0,2$ %, pri teplotách zmesí od 30 do 70 °C. Zaručuje presnosť merania teploty $\pm 2,5$ °C v intervale 20 až 80 °C.

4. Meranie relatívnej vlhkosti formovacej zmesi pomocou zmeny stratového uhla

Meranie vlhkosti je založené na princípe zmeny stratového uhla v závislosti od vlhkosti piesku. Riadiacim signálom je veľkosť vysokofrekvenčného napätia. Zmena stratového uhla spôsobí zmenu veľkosti parametrov rezonančného obvodu, a tým aj veľkosť nakmitaného vysokofrekvenčného napätia.

Vlhkosť vratnej zmesi je meraná vlhkosťným snímačom. Základom snímača je vysokofrekvenčný oscilátor, v ktorého rezonančnom obvode je kondenzátor s dielektrikom. Dielektrikum je tvorené:

- a) vratným pieskom pred miesičom pri regulátore ARV - 025,
- b) vratným pieskom z miesiča pri regulátore ARV, alebo vzorkou premiešanej formovacej zmesi za sucha pri ARV - 03 K.

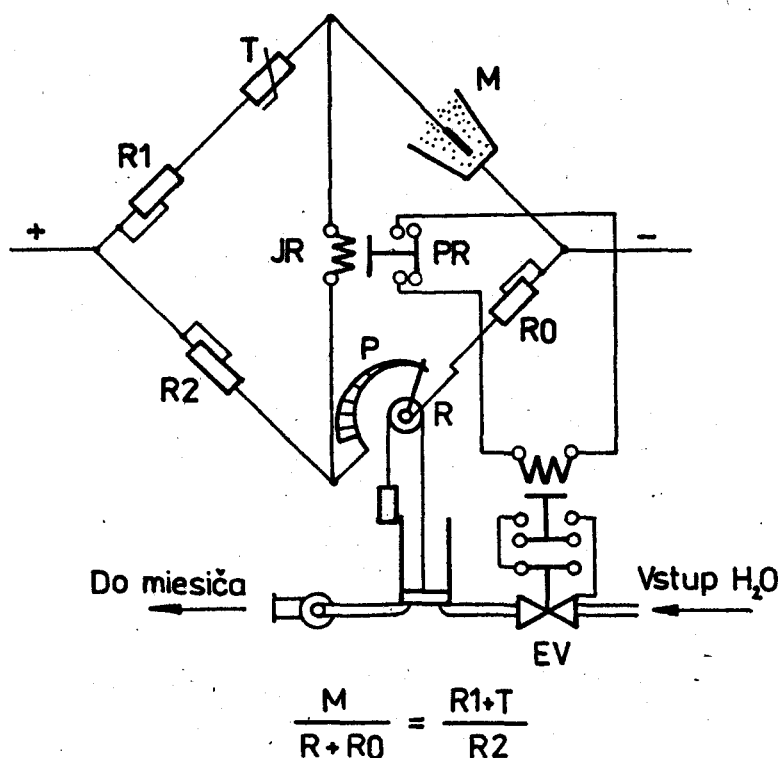
Danej relatívnej vlhkosti suchej formovacej zmesi alebo vratného piesku odpovedá určitá hodnota stratového uhla, ktorá je v závislosti s veľkosťou nakmitaného vysokofrekvenčného napätia na indukčnej záťaži rezonančného obvodu. Hodnoty vysokofrekvenčného napätia, resp. jeho zmeny sa prevádzajú na signál odpovedajúci vlhkosti. Pred prevedením na signál sú korigované na základe údajov teplotného snímača, čím sa kompenzuje úbytok vody odparením, keď do miesiča prichádza nevychladnutý vratný piesok.

Princíp tejto metódy využívajú čs. regulátory vlhkosti typu ARV podľa nasledujúceho:

- A. Typ ARV (aut. reg. vlhkosti) napojený na kyvadlový miesič CVY 710.
- B. Typ ARV-025 napojený na bubnový kontinuálny miesič, dávkovanie vody do miesiča sa vykonáva ovládaním chodu zubového čerpadla.
- C. Typ ARV-03-K napojený na kolesový miesič typu MK 2. Vyžadovaná dávka vody do miesiča je úmerná dĺžke časového rozmedzia signálu, počas ktorého je otvorený elektromagnetický ventil pre prívod vody s konštantným tlakom. Regulátor takto automaticky dávkuje množstvo vody do miesiča podľa vstupnej vlhkosti vratného piesku 1 až 3 % H_2O do jeho max. teploty 75 °C tak, aby vyžadovaná výsledná vlhkosť bola max. do 6 % H_2O . Riadiaca automatika regulátora dovoľuje automatické ovládanie základných operácií miesiča, t.j. čas miesenia za sucha a čas miesiaceho cyklu po dodaní vody, t.j. za mokra.

5. Meranie a regulácia relatívnej vlhkosti pomocou elektrickej vodivosti formovacej zmesi

Na tomto princípe pracujú niektoré zahraničné zariadenia pre automatické dávkovanie vody za účelom udržiavania konštantnej hodnoty vyžadovanej relatívnej vlhkosti upravenej formovacej zmesi. Princíp regulácie tkvie v meraní elektrického odporu vratného piesku v násypke na odmerke váh pred miesičom. Merná elektrická vodivosť je prevrátená hodnota merného elektrického odporu. Meracie zariadenie tvorí jednu vetvu Wheatstonovho mostíka a meranie odporu prebieha medzi elektródou umiestnenou v strede násypky a jej stenou. Druhá vetvu tvorí regulačné zariadenie, t.j. potenciometer, ktorý má tak odstupňovaný odpor, že jeho odporová krivka zodpovedá približne tvaru odporovej krivky vratného piesku. Do stredovej meracej vetvy je zapojené vysokocitlivé relé, ktoré prostredníctvom pomocného relé ovláda elektromagneticky riadený ventil na prívodnom potrubí. Po vyrovnaní odporu vratného piesku s odporom potenciometra, ktorý rastie so zvyšujúcou sa hladinou vody v dávkovacej nádrži, mostík sa dostáva do vyváženého stavu. Meracou vetvou prestáva tiecť prúd, spínacie relé sa rozopne a obvod pomocného relé uzavrie elektromagneticky riadený ventil v prívodnom potrubí. Pred meraním na mostíku plavák leží na dne dávkovacej nádrži a s potenciometrom je spojený prevodom, obr. XVI-4. Na začiatku merania je na potenciometri minimálny odpor a vratný piesok v násypke, pretože je suchý, má veľký odpor. Nevyváženie mostíka zopne spínacie relé, v dôsledku čoho voda plní dávkovacia nádrž. Súčasne sa zdvíha plavák a otáča hriadeľom potenciometra dovtedy, pokým sa jeho odpor nevyrovná s odporom piesku v násypke.



Obr. XVI-4

Regulácia vlhkosti meraním elektrickej vodivosti - odporu
 M - meracie zariadenie, P - potenciometer s premenlivým odporom R,
 R0, R1, R2 - nastavovacie odpory, T - termistor (konpenzuje zvyšovanie
 odporu zmesi so zvyšovaním jej teploty), JR - spínacie relé, PR - po-
 mocné relé, EV - elektromagnetický ventil

6. Meranie a regulácia relatívnej vlhkosti pomocou mikrovlnného meracieho prístroja

Zahraničné zariadenie pracujúce na tomto princípe sa skladá z vysielača a prijímača mikrovln, medzi ktorými je umiestnená definovaná vzorka vratnej formovacej zmesi. Výška útlmu, t.j. rozdiel veľkosti energie vysielanej a prijímanej, je meradlom obsahu vody vo vzorke.

XVI.3 KONTROLA KVALITY FORMOVACÍCH ZMESÍ

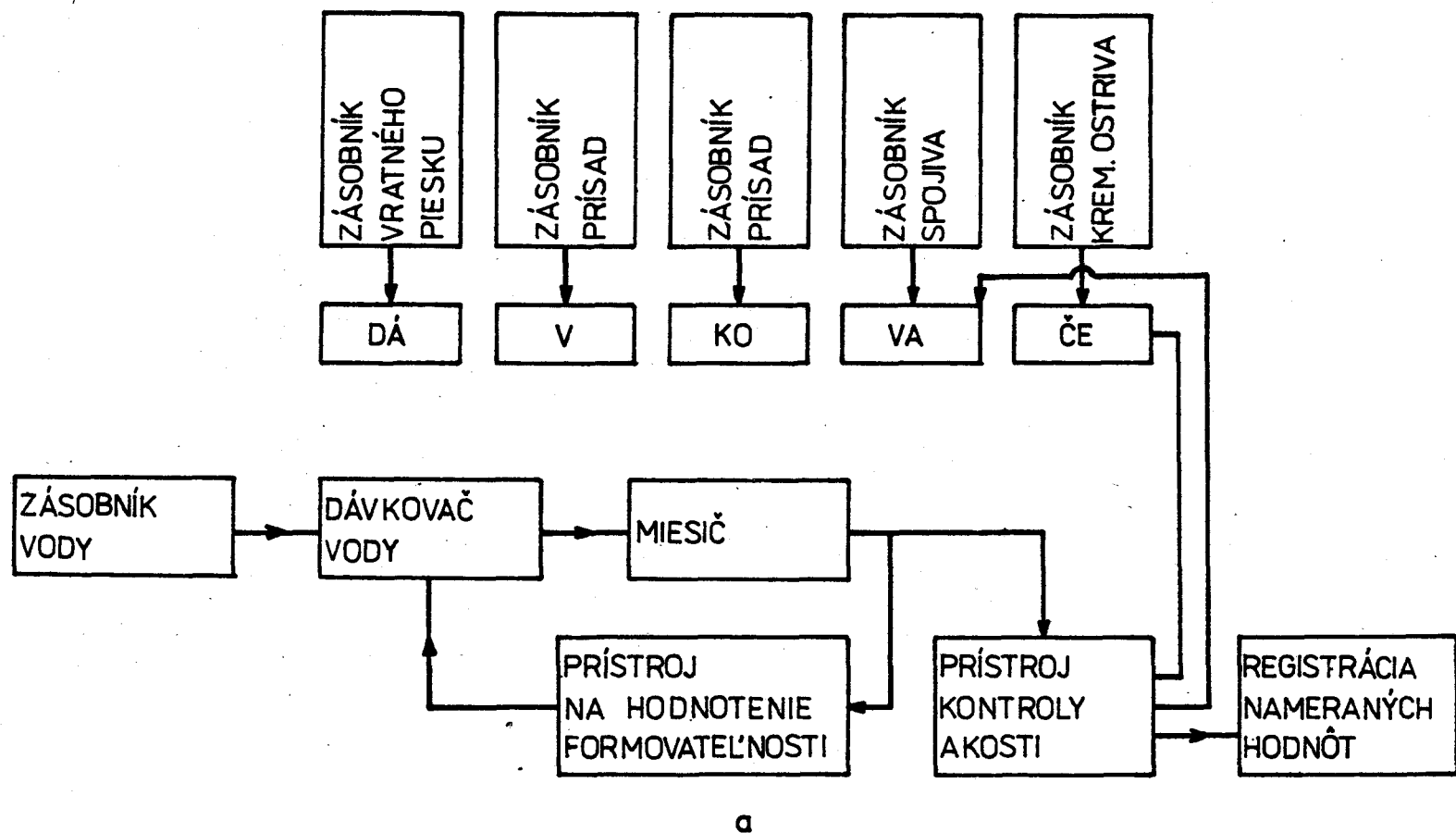
Úsilie po maximálnej automatizácii úpravy formovacích zmesí viedlo viacerých odborníkov na formovacie zmesi vo svete k vytvoreniu prístroja pre automatické skúšanie a vyhodnocovanie technologických vlastností formovacích zmesí, a to nielen s automatickou reguláciou vlhkosti, ale aj s regu-

láciou množstva jej komponentov. Účelom je teda pripravovať formováciu zmes s konštantnými technologickými vlastnosťami, a to aj pri odchýlkach od optimálnej kvality formovacích materiálov, z ktorých sa zmes pripravuje. Potom možnou čiastočnou zmenou: pomeru vratného piesku k novým zložkám zmesi (spojivo + ostrivo), veľkosti častíc, množstva prísad a pod., prístroj dokáže regulovať vlhkosť na základe prioritnej, technologickej vlastnosti tak, aby vlastnosti hotovej formovacej zmesi boli vždy rovnaké. Vlastnosti zmesi musia byť konštantné, najmä pri automatickej výrobe, t.j. pri automatických formovacích linkách vrátane automatickej apretácii odliatkov. Vo väčšine prípadov za prioritnú technologickú vlastnosť sa považuje formovateľnosť, ktorá priamo súvisí s technologickými vlastnosťami formovacích zmesí ako väznosť, ubíjateľnosť a priedušnosť pri daných pomeroch ostriva a spojiva, pri určitej strednej veľkosti ostriva (d_{50}), pri určitej pravidelnosti zrnitosti ostriva ($d_{75} : d_{25}$), pri danej relatívnej vlhkosti a teplote zmesi. Napr. podľa obr. XVI-1 treba dosiahnuť konštantné hodnoty väznosti a priedušnosti aj pri malých zmenách kvality a kvantity komponentov formovacej zmesi, ktoré sa vyskytujú v jej procese prípravy.

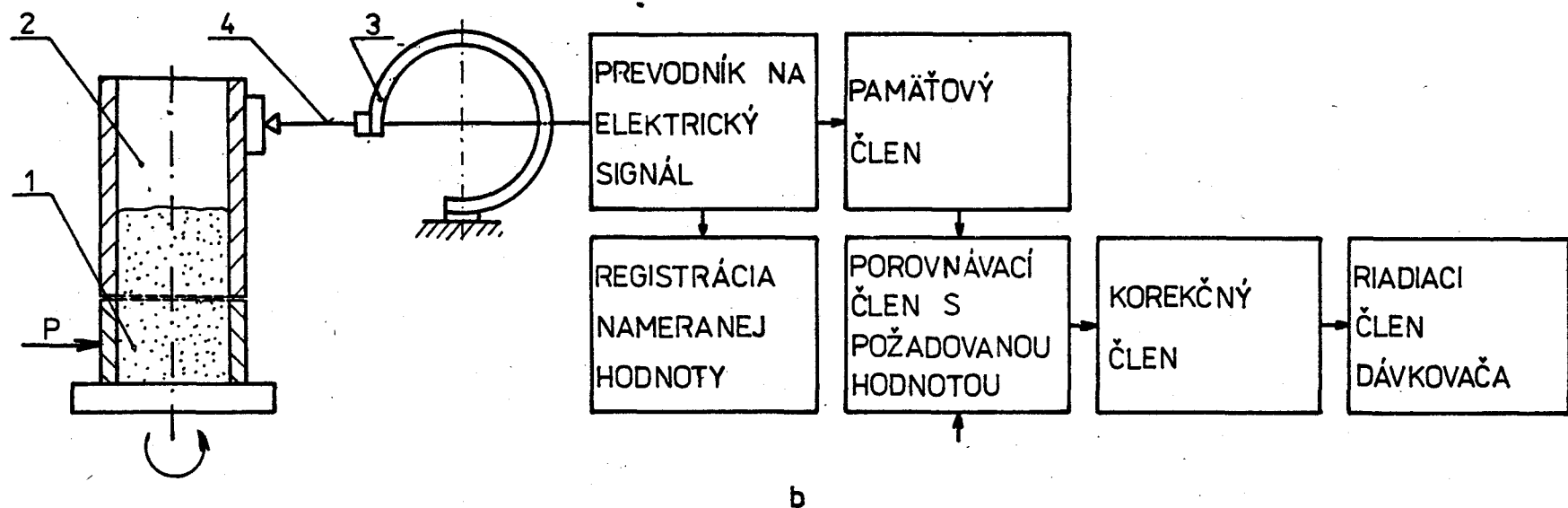
V tejto problematike treba oceniť prácu čs. odborníkov, ktorí nadviazali na tradíciu výroby laboratórnych prístrojov pre zlievárne, v ČSSR. Koncom šesťdesiatych rokov bol vyvinutý vo SVÚM-VSL originálny prístroj typu P 39 na automatickú kontrolu akosti upravenej formovacej zmesi s bentonitom. Prístrojom sa merajú nasledujúce vlastnosti:

- a) väznosť - mierou väznosti je pevnosť v strihu za surova, stanovená na skúšobnom valčeku \varnothing 50 mm,
- b) ubíjateľnosť - prístroj ju používa ako mieru formovateľnosti,
- c) priedušnosť - je schopnosť prepúšťať vzduch cez skúšobný valček pri pretlaku p a za čas t,
- d) relatívna vlhkosť - je stanovená meraním dielektrickej konštanty,
- e) teplota - je snímaná pomocou odporového teplomera v mieste odberu vzorky formovacej zmesi v miesiči.

Schéma úpravy riadenej prístrojom P 39 je na obr. XVI-5a. Použitý miesič môže byť kolesový radu MK alebo kyvadlový radu MKY. Z miesiča sa odoberá vzorka formovacej zmesi, ktorá sa zavádza do zariadenia na hodnotenie formovateľnosti. Z neho vystupuje signál pre naďakovanie vody. Voda sa privádza do dávkovača zo zásobníka, v ktorom je pod stálym tlakom. Na konci cyklu miesenia sa odoberie vzorka formovacej zmesi do prístroja P 39 a namerané hodnoty sa využijú na kontrolu riadenia akosti, a to pri riadení dávky nového kremičitého piesku (ostriva) a bentonitu (spojiva). Ako dávkovače sa použijú závitové dopravníky spojené s váhami. Dávkovacie zariadenia sú vybavené riadiacimi členmi pre možnosť reagovania na signál z prístroja P 39. Na obr. XVI-5b je schéma merania a regulácie dávky bentonitu a nového kremenného ostriva podľa pevnosti za surova meranej v strihu na kruhovom priereze skúšobného valčeka 1 v delenom jadrovníku 2.



Obr. XVI-5a
Automatické riadenie akosti formovacej zmesi prístrojom P-39 - schéma úpravne s automatickou reguláciou akosti bentonitovej formovacej zmesi



Obr.XVI-5b
Automatické riadenie akosti formovacej zmesi prístrojom P-39 - schéma merania a regulácie dávky bentonitu podľa pevnosti strihu za surova meranej na kruhovom priereze skúšobného valčeka
1 - skúšobný valček, 2 - delený jadrovník, 3 - meracia pružina, 4 - snímacia ihla

Obidve časti sú proti sebe uložené otočne okolo spoločného čapu. Zatažovacia sila P pôsobí na spodnú časť jadrovníka 1 a pevnosťou formovacej zmesi unáša hornú časť jadrovníka 2. Táto sa opiera o snímáciu ihlu 4, ktorá je pevne spojená s meracou pružinou 3 v tvare podkovy. Priehyb pružiny je úmerný napätiu v rovine strihu. Napätia a napätie odpovedajúce pevnosti valčeka (vzorky) v strihu pri jeho porušení sú snímané pomocou meracej pružiny, ktorej deformácia je pomocou prevodníka pretransformovaná na elektrický signál. Hodnota maximálneho napätia sa zapisuje pre priebežnú kontrolu namiesených dávok a ďalej sa zaznamenáva do pamäti pre prípad opravy v nasledujúcej dávke. V porovnávacom člene je signál porovnaný s hodnotou vyžadovanou. Odtiaľto prechádza absolútny súčtový signál do korekčného člena, ktorý určuje signál pre riadiaci člen dávkovача a vykonáva spriemerňovanie pre optimálny zásah (ak sa opravy majú vykonať až po niekoľkých namiesených dávkach). Aj napriek tomu, že je merací čas na prístroji P 39 vrátane vytvorenia skúšobného valčeka krátky (20 s), môže sa pevnosť podľa hmeranej hodnoty opraviť až v nasledujúcej dávke. Vyplýva to zo zvláštnosti úpravy bentonitových formovacích zmesí. Väčšina vlastností formovacej zmesi je známa presne až na konci miesenia, t.j. po technologicky potrebnom čase miesenia. Je to dané potrebným časom na rozpracovanie bentonitu s vodou na povrchu kremenných zŕn ostriva. Z hľadiska akosti formovacej zmesi nemožno pridávať bentonit do vlhkej formovacej zmesi kvôli nebezpečenstvu vytvárania zhlukov bentonitu a získania nežiadúcich vlastností formovacej zmesi. Nie sú teda možné opravy v rámci daného cyklu miesenia.

Pri automatickej regulácii akosti bentonitovej formovacej zmesi treba dávkovať vodu podľa formovateľnosti plynulou reguláciou v danej miesenej dávke. Takto sa zabezpečí optimálna použiteľnosť zmesi a predpoklad akostnej formy a akostného odliatku.

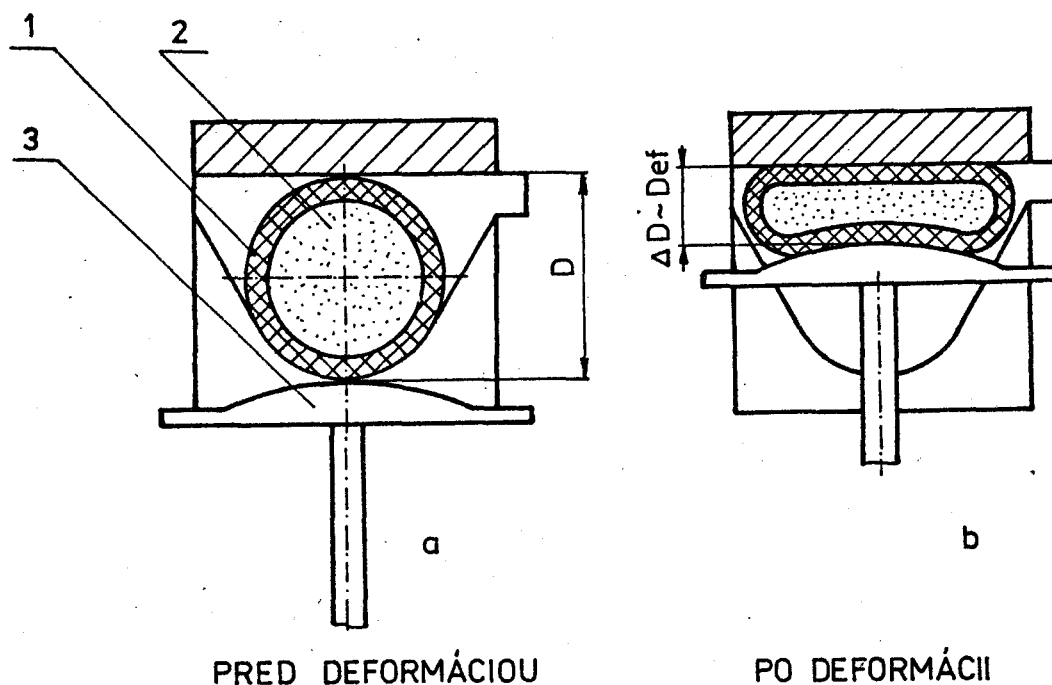
Pri kontrole vyžadovanej, t.j. optimálnej vlhkosti, resp. možnej vlhkosti v jej blízkom okolí možno porovnávať dosiahnuté hodnoty pevnosti a priedušnosti s vyžadovanými hodnotami pre vzorovú používanú zmes podľa technologického postupu. Aby sa dal prístroj P 39 dokonale využiť, treba poznať charakteristiku používanej formovacej zmesi a závislosť zmien kvality a kvantity zložiek formovacej zmesi v predpokladanom prevádzkovom rozsahu od zmeny jej výsledných vlastností.

XVI.3.1 Kontrola kvality formovacích zmesí prístrojom DEFORMET P 40 A

Prístroj pracuje na princípe hodnotenia deformácie, t.j. vyhodnocuje schopnosť voľne sypanej a nakyprenej formovacej zmesi na stláčanie v nízkom pružnom prstenci. Pri deformačnom pohybe krúžku nastáva nielen stláčanie, ale aj vzájomný pohyb zŕn piesku medzi sebou, podobne ako pri strojovom formova-

ní. Mierou deformácie je zmena priemeru pružného prstenca. Veľkosť deformácie je v priamom vzťahu k dosiahnutej vlhkosti danej bentonitovej formovacej zmesi. Ukázalo sa, že deformácia voľne sypanej formovacej zmesi v pružnom prstenci lepšie hodnotí jej schopnosť k formovaniu ako napr. voľná tekutosť alebo ubíjateľnosť. Takto vyvolaná deformácia zmesi sa považuje za technologickú vlastnosť, ktorá vyjadruje schopnosť formovacej zmesi na formovanie a odpovedá jej relatívnej vlhkosti, t.j. stupňu navlhčenia.

Elektricky riadený pneumatický valec prostredníctvom nosníka vykoná konštantnou silou deformáciu pružného prstenca s voľne sypanou a objemovo nadávkovanou formovacou zmesou. Zmes v pružnom krúžku je stlačená nosníkom deformácie oproti pevnému dorazu, obr. XVI-6.



Obr. XVI-6

Zjednodušená schéma merania deformácie prístrojom DEFORMET P 40 A
a) pred deformáciou krúžku (zmesi), b) po deformácii krúžku (zmesi),
1 - pružný krúžok, 2 - voľne sypaná formovacia zmes, 3 - nosník (snímač)
deformácie

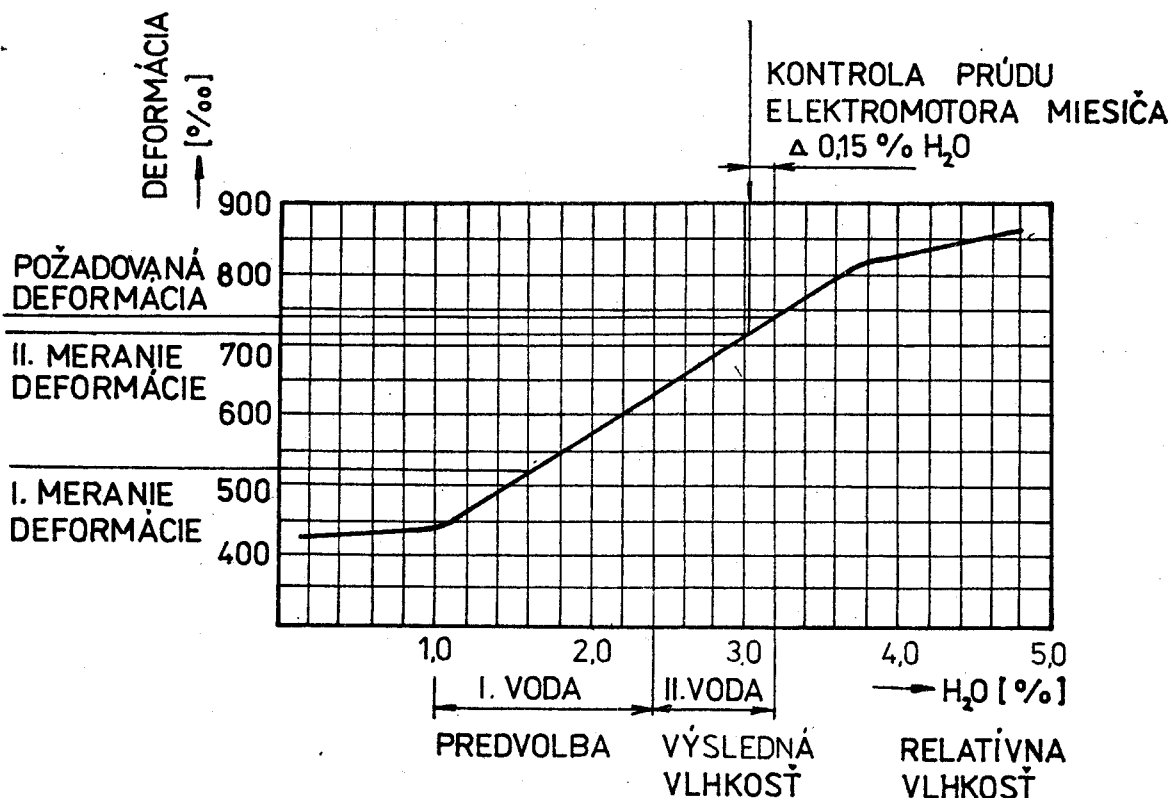
Deformácia sa sníma cez hrebeň, ktorý zabezpečuje prevod medzi prstencom a inkrementálnym snímačom fotoelektrického snímača polohy typu IRC 250. Signál z fotoelektrického snímača sa dostáva cez analógovo-číslícový prevodník v digitálnom tvare do dekodéra a odpovedajúca hodnota deformácie v (%) sa zobrazí na číslícovom displeji. Najväčšie použitie prístroja sa predpokladá v zlievárňach pre sivé liatiny, kde formovacia zmes máva zloženie:

92 až 94,5 hm.d. kremenné ostrivo
 5 až 7 hm.d. bentonit (aktívny) spojivo
 0,5 až 1 hm.d. KUM - kamennouhoľná múčka

100 hm.d. suchej zmesi = 97,0 % formovacej zmesi
 + 3,0 % vody

100,0 % formovacej zmesi relatívnej vlhkosti
 3 % (vody)

Na čiachovacom diagrame prístroja obr. XVI-7a pozorovať zlom v okolí 1 % vlhkosti, čo pre zmes v uvedenom rozmedzí odpovedá začiatku tvorenia tzv. tretej vrstvy vody na bentonite v zmesi a ďalší zlom v okolí vlhkosti 3,7 %, ktorý odpovedá dokončeniu tvorenia 3. vrstvy a začiatku tvorenia 4. vrstvy. Od tohto zlomu je už zmes prevlhčená. Závislosť deformácie od vlhkosti medzi týmito dvoma inflexnými bodmi je približne lineárna. Vplyv rôzneho % prísady bentonitu, kamennouhoľnej múčky, nového piesku a celkového percentuálneho množstva vyplaviteľných látok sa prejavuje posuvom lineárneho intervalu vo vodorovnom smere, pričom smernica úsečky sa prakticky zachováva. Takáto závislosť sa zostavuje pre jeden technologický predpis prípravy formovacej zmesi tak, že sa mení jej relatívna vlhkosť. Pre praktické použitie oblasť optimálnej vlhkosti bentonitových zmesí spadá do lineárneho intervalu. Pre zloženie používaných zmesí si zlievárenská prevádzka skúškami stanoví optimálnu vlhkosť obdobne ako na obr. XVI-1.

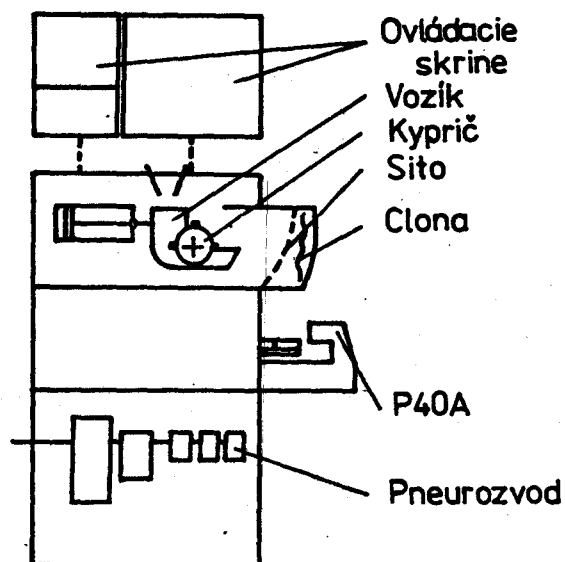


Obr. XVI-7a

Prístroj DEFORMET P 40 AP - čiachovací diagram deformácia - vlhkosť pre danú formováciu zmes

XVI.3.2 Systém kontroly kvality formovacích zmesí s bentonitom prístrojmi DEFORMET P 40 AP a ADV

Prístroj DEFORMET P 40 AP, obr. XVI-7b je skriňového tvaru a skladá sa z popísaného prístroja P 40 A na meranie deformácie formovacej zmesi z kypriča a z dvoch ovládacích skríň.



Obr. XVI-7b

Prístroj DEFORMET P 40 AP - funkčná schéma prístroja DEFORMET P 40 AP

Kyprič je vytvorený z rotujúcich lopatiek, vozíka a sita so stieracím mechanizmom. Posuvný vozík ovládaný pneumatickým valcom je vo východiskovej polohe (obrázok) pripravený na nasypávanie formovacej zmesi. V druhej pracovnej polohe sa posúva pod rotujúce lopatky kypriča, ktoré z neho vymetajú všetkú pripravenú zmes. Táto je metaná cez šikmé sito do pružného vaku, odkiaľ sa dostáva voľným pádom do pripraveného krúžku prístroja P 40 A. Proti zaľepovaniu je sito vybavené pákovým stieracím zariadením, ktorého pohyb je odvodený od pohybu vozíka. Pre stanovenie koncových polôh a na odvodnenie potrebných impulzov sú použité štyri bezdotykové koncové spínače typu BSP 222. Jedna zo skríň elektroovládania je vybavená tlačidlom na spúšťanie cyklu a digitálnymi výstupmi. Umiestňuje sa priamo na prístroji alebo na inom riadiacom mieste v zlievárni až do vzdialenosti 200 m pri diaľkovom ovládaní. Druhá skriňa obsahuje riadiacu a vyhodnocovaciu aparatúru. Možnosti použitia prístroja sú:

- v pieskových laboratóriách s ručným dávkovaním vzorky formovacej zmesi, s priamym ovládaním a odčítaním nameraných hodnôt,
- v úpravovni piesku alebo na ľubovoľnom mieste rozvozu formovacej zmesi s automatickým odberom vzorky (napr. z pásu), s diaľkovým ovládaním, zobrazením a záznamom nameraných hodnôt.

Prístroj vyvinuli a vyrobili vo SVÚM-VSL Brno a je patentovo chránený tromi autorskými osvedčeniami. Na 3. Medzinárodnej zlievárenskej výstave FOND-EX 80 dostal "Zlatú panvu", čo je symbol ocenenia najlepších exponátov.

Pre automatizované zlievárenské prevádzky sa prístroj používa ako súčasť zariadenia pre riadenie kvality formovacích zmesí s automatickým dávkovaním vody do miesiča. Takéto zariadenie sa skladá: zo zariadenia pre automatický odber vzorky formovacej zmesi, z miesiča vrátane zariadenia pre objemové dávkovanie zmesi, z prístroja na meranie deformácie P 40 A, zo snímača na meranie vlhkosti a snímača na meranie teploty vratnej zmesi v násypke váh, z elektrického ovládacieho zariadenia, z elektronického vyhodnocovacieho a riadiaceho zariadenia a zo zariadenia pre automatické dávkovanie vody (ADV). Názov kompletného zariadenia vyrábaného v spolupráci SVÚM-VSL a ŠKODA Ostrov je ADV 990 a je určené na napojenie ku kyvadlovým miesičom typu MKY 710 a MKY 1000.

Po privedení dávky piesku, prísad a I. vody do miesiča sa vykoná homogenizácia kvôli dosiahnutiu rovnomernej vlhkosti v celom objeme zmesi. Do funkcie sa automaticky uvedie zariadenie pre odber vzorky formovacej zmesi z miesiča. Predvoľba dávky I. vody musí zabezpečiť, aby nameraná deformácia % pretínala oblasť lineárnej závislosti (deformácia - % H_2O), obr. XVI-7a. Automatický prístroj P 40 A odmeria I. hodnotu deformácie, očistí sa a pripraví do základnej polohy pre II. meranie deformácie. Odmeraná hodnota I. deformácie je odovzdaná elektronickému vyhodnocovaciemu zariadeniu. Jej hodnota sa zaregistruje v digitálnom tvare, zobrazí sa na displeji a elektronické zariadenie v súlade s grafom deformácia - vlhkosť vydá signál pre dávkovanie II. vody na vyžadovanú hodnotu deformácie, ktorá odpovedá optimálnej vlhkosti. Podľa obr. XVI-1 max. hodnota priedušnosti kulminuje okolo optimálnej vlhkosti, čiže presnosť zariadenia ADV 990 ($\pm 0,2$ % H_2O) hodnotu max. priedušnosti nemôže podstatne ovplyvniť. Prídavok vody vzhľadom na teplotu snímanú snímačom v násypke váh je dávkovaný súčasne s II. vodou prostredníctvom pamäťových obvodov v elektronickom vyhodnocovacom zariadení. Aby nenastalo predávkovanie vody pri vlhkom vratnom piesku alebo pri vypúšťaní suchej zmesi (v prípade poruchy), je k zariadeniu zabudovaný regulátor, ktorý sníma príkon elektromotora miesiča a v prípade zväčšenej odchýlky vydá signál. Po skončení hlavného cyklu miesenia nasleduje kontrolný odber a zmeria sa hodnota II. deformácie upravenej formovacej zmesi. Táto sa na číslicovom displeji vizuálne porovná s technologicky vyžadovanou hodnotou - optimálnou vlhkosťou.

Podľa publikovaných údajov zariadenie ADV 990 prepojené s miesičom MKY 710 pripravujúcim formováciu zmes pre automatický formovací uzol typu AFL, ktorý vyrábala formy pre odlievanie liatinových odliatkov v zlievárni, k.p. SIGMA Hodonín, znamenalo roku 1982 nasledujúci ekonomický prínos:

- A1. nadobúdacia hodnota ADV 990 318 755 Kčs,
- A2. odpisy, daň a údržba zariadenia za rok 1982 58 969 Kčs,
- B1. zníženie podielu nepodarkovosti zapríčineného nesprávnou vlhkosťou
za rok 1982 predstavuje úsporu 192 946 Kčs v porovnaní s rokom 1981,
ak ADV 990 nebolo inštalované,
- B2. zvýšenie výkonu formovacieho uzla zlepšením kvality formovacej zmesi
prinieslo úsporu roku 1982 ... 127 835 Kčs.

Sčítaním úspor B1. a B2.: $192\,946 + 127\,835 = 320\,781$ Kčs/rok dostávame hodnotu, ktorá prevyšuje nadobúdaciú hodnotu ADV. Skutočný prínos dostaneme, ak od celkovej úspory odpočítame náklady na jeho prevádzku, t.j. A2.:
 $320\,781 - 58\,969 = 261\,812$ Kčs/rok. Potom čas úhrady investičných nákladov predstavuje:

$$318\,755 \text{ Kčs/rok} : 261\,812 \text{ Kčs/rok} = 1,22 \text{ roku}$$

Vidíme, že inštalácia zariadenia ADV 990 bola ekonomicky výhodná, pretože okrem automatizácie prevádzky prispieva k znižovaniu nepodarkovosti, čo predstavuje úspory surovín a energie.

Jeho ďalšia prednosť, napr. v porovnaní s prístrojom P 39, je, že regulácia formovateľnosti sa vykoná v jednom cykle miesenia na základe dvoch meraní. Najprv sa údaj o formovateľnosti (Def %) predmeria a vyžadovaná formovateľnosť sa dosiahne II. navlhčením formovacej zmesi o elektronicky vyhodnotené množstvo doplnkovej vody, pri ktorej zmes dosiahne nastavenú hodnotu (Def %).

K známym zahraničným zariadeniam, ktoré regulujú formovateľnosť zmesi, patria systémy:

1. DIETERT (USA). Prístroje pracujú na princípe, že ak je zmes vlhšia v dôsledku súdržnosti častíc, ťažšie prepadá cez rotujúce bubnové sito, alebo ľahšie premostuje pri vibračnom pohybe definované štrbiny. Ak je suchšia, prepadá ľahšie cez sito alebo cez štrbiny.
2. + GF + (Švajčiarsko) regulujú formovateľnosť na základe merania ubíjateľnosti, z hodnoty ktorej je odvodené automatické dávkovanie vody.

XVII. Automatizácia bezrámového formovania (Mäsiar)

Výroba foriem a jadier sa považuje za najcharakteristickejší úsek v zlievarenstve, t.j. v procese výroby odliatkov. Vzhľadom na to, že tento proces výroby je menej náročný na automatizáciu ako napr. tavebné procesy alebo apretácia odliatkov atď., je v súčasnosti z hľadiska automatizácie najviac rozvinutý. Výroba vysokovýkonných formovacích strojov a strojov na výrobu jadier novej generácie by nebola možná bez vývoja ovládacích a riadiacích okruhov či pneumatických, hydraulických alebo elektrických, ktoré zabezpečujú zvládnutie zložitých mechanických pohybov.

Bezrámové formovanie je priama a najproduktívnejšia metóda výroby formy charakteristická tým, že zložitá formovacia linka pre formovanie do rámov sa dá, najmä v prípadoch výroby ľahkých odliatkov z liatin alebo neželezných kovov, nahradiť jedným formovacím automatom na výrobu bezrámových foriem.

Výroba strojov na bezrámové formovanie je známa už z minulého storočia (napr. fa BADISCHE MASCHINENFABRIK). Avšak jej veľký rozmach priniesli šesťdesiate roky 20. stor., keď prišli na trh automaty typu DISAMATIC. V súčasnosti najrýchlejší bezrámový formovací automat z radu DISAMATIC typu 2130 má výkon 420 foriem/h. Napriek tomu sú už dnes známe stroje aj s výkonom 700 foriem/h. Prekonanie hranice 1000 foriem/h. je aktuálne a realizácia takéhoto automatu nastane pravdepodobne prv ako roku 2000, ktorý je prognózou zo sedemdesiatych rokov. Vývoj automatov pre bezrámové formovanie nie je zameraný len na zvyšovanie hodinového výkonu, ale aj na zväčšovanie rozmerov bloku foriem vyše 1 m^3 a hmotnosti odliatkov do kategórie stredne ťažkých, t.j. do 63 kg. Základná charakteristika automatov pre bezrámové formovanie je orientácia deliacej roviny a spôsob zhutňovania formovacej zmesi. Bezrámové formovanie sa presadilo nielen pri vážnych formovacích zmesiach, ale aj pri nevážnych, to znamená vytvrdzujúcich chemickými zmenami spojiva. Do bezrámových foriem sa dnes odlievajú všetky základné typy zliatin vrátane ocelí na odliatky. K prednostiam bezrámového formovania patrí:

1. odpadá obeh rámov, ktorý je náročný na priestor, hmotnosť a manipuláciu, čo znižuje nároky na čas a energiu,
2. linka na automatickú výrobu odliatkov je tvorená kompaktným celkom - automatom,
3. takt výroby bezrámovej formy je spravidla viazaný len na operáciu zkladania jadra alebo automatického odlievania, nie teda na operáciu zhutňovania,

4. pri dodržaní požiadaviek na hospodárnu konštrukciu odliatkov a na technologické a mechanické vlastnosti formovacích zmesí sa ich použité množstvo na 1 t bude pohybovať v reláciách ako pri formovaní do rámov, ktoré má potrebu na výrobu 1 t odliatkov na báze Fe cca 5 t formovacej zmesi a v prípade používania jadier až do 1 t jadrovej zmesi.

Pôvodná metóda výroby bezrámových foriem používala v procese formovania, resp. zhustovania pomocné otváracie rámy. Bola podobná klasickému formovaniu do rámov s rozdielom, že po vyrobení formy sa pomocné polovice rámov odobrali a zostal samonosný pieskový blok formy. Tento spôsob výroby bezrámových foriem sa zachoval dodnes pre kusovú výrobu ťažších odliatkov. Fa TABOR (USA) ponúka na výrobu bezrámových foriem s horizontálnym delením v pomocných otváracích rámoch formovacie stroje s poloautomatickým cyklom so spôsobom zhustovania na báze striasania a lisovania, tab. XVII-1.

Údaje k formovacím strojom na výrobu bezrámových foriem
fy TABOR

Tabuľka XVII-1

Typ stroja	Model 375	Model 376
Rozmery formy:		
dĺžka max.	1000 mm	1300 mm
min.	450 mm	600 mm
šírka max.	600 mm	900 mm
min.	350 mm	450 mm
výška max.	250/250 mm	300/300 mm
lisovacia sila	9000 kg	13 600 kg
výkon	20 f.h ⁻¹	20 f.h ⁻¹

XVII.1 AUTOMATY NA VÝROBU BEZRÁMOVÝCH FORIEM S HORIZONTÁLNOU DELIACOU ROVINOU

Podľa spôsobu zhustovania formovacej zmesi ich možno rozdeliť:

1. Lisovanie za súčasných vibrácií
2. Fúkanie a dolisovanie vyšším merným tlakom ($> 0,5$ až $0,7$ MPa)
3. Vstreľovanie a lisovanie vyšším merným tlakom (cca 1 MPa)

4. Gravitačné plnenie a lisovanie vyšším merným tlakom (max. 1 MPa)
5. Gravitačné plnenie samovoľne tuhúcich zmesí

XVII.1.1 Automaty na výrobu bezrámových foriem zhutňujúce lisovaním za súčasných vibrácií

Koncom šesťdesiatych rokov fa HUNTER (USA) začala s výrobou automatov HMP 10 a HMP 20, ktoré v sedemdesiatych rokoch začala licenčne vyrábať fa UNIVERSAL v NSR ako KFA 10 a KFA 20. Od roku 1973 sa vyrábajú aj v Japonsku. Úspešné presadenie týchto automatov na trhu viedlo k vývoju väčšieho typu a manipulačného príslušenstva. Už na medzinárodnom zlievárenskom veľtrhu GIFA 74 bol vystavený automat KFA 30, vtedy najväčší z typového radu. Postupne sa doplnili automatickými odlievacími a chladiacimi karuselmi UNIVERSAL ROTOMAT 210 a 220. Automaty, tab. XVII-2, používajú rovnaký princíp výroby foriem.

Formovacie automaty na výrobu bezrámových foriem
fy UNIVERSAL/HUNTER

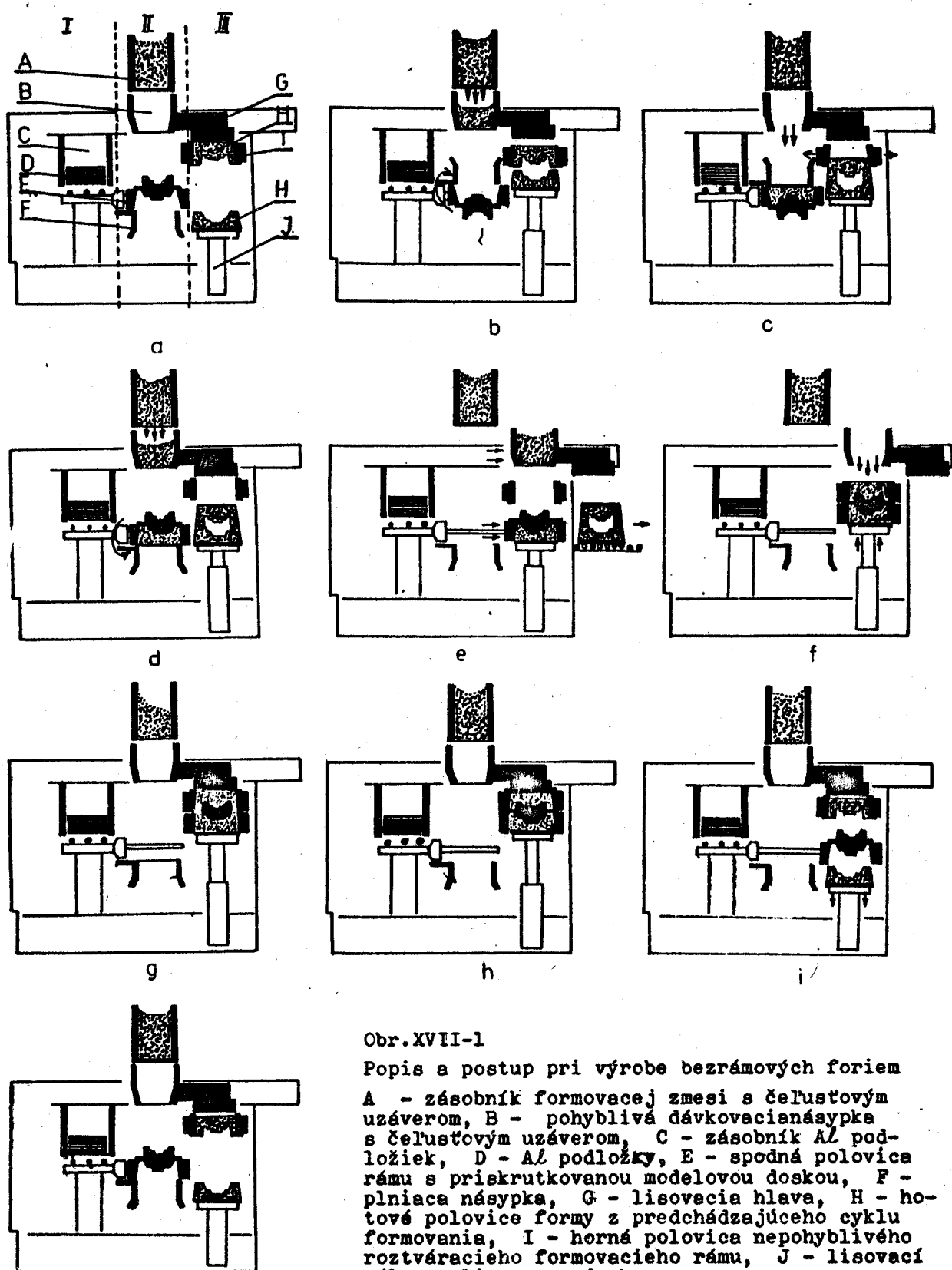
Tabuľka XVII-2

Typ stroja	KFA 10	KFA 20	KFA 30	KFA 32
Rozmery formy dĺžka	483	610	762	812
šírka	356	508	610	762
výška	125/125	205/195	305/280	305/280
variant výšky	-	165/140	215/190	-
lisovací tlak	0,5 MPa	0,575 MPa	0,5 MPa	0,575 MPa
spotreba vzduchu cca	1,5 m ³ .min ⁻¹	1,5 m ³ .min ⁻¹	1,5 m ³ .min ⁻¹	
potreba formova- cej zmesi	8-12 m ³ .h ⁻¹	14-18 m ³ .h ⁻¹	30-38 m ³ .h ⁻¹	
príkon	7,5 kW	16,5 kW	24 kW	24 kW
hmotnosť	3700 kg	5500 kg	9100 kg	10 500 kg
výkon	120-160 f.h ⁻¹	90-120 f.h ⁻¹	70-85 f.h ⁻¹	70-80 f.h ⁻¹

Tento je charakteristický gravitačným plnením obidvoch polovíc formovacích rámov ako súčasti automatu, spoločným lisovaním hornej a spodnej polovice za súčasných vibrácií a vysunutím hotovej bezrámovej formy zo stroja na hliníkovej podložke.

Automaty typu UNIVERSAL používajú tri pracovné stanice. Stanica I je tvorená zásobníkom podložiek a pohybovými mechanizmami modelovej dosky. Stanica II je tvorená zásobníkom formovacej zmesi a stanica III lisovacím valcom. Postup 8 základných úkonov potrebných na výrobu bezrámovej formy je znázornený na obr. XVII-la až h.

- a) Stanica II: spodná polovica formovacieho rámu sa prisunie naspäť do stanice II,
stanica III: forma z predchádzajúceho výrobného cyklu je otvorená, možnosť vloženia jadra (ručne alebo manipulátorom) do jej spodnej polovice,
- b) stanica II: 1 - spodná polovica formovacieho rámu sa otočila a pripravila na plnenie, 2 - otvorením čelustového uzáveru zásobníka sa zaplnila dávkovacia (odmerná) násypka,
stanica III: lisovací valec zdvíha spodnú polovicu formy a vykonáva zloženie formy z predchádzajúceho cyklu,
- c) stanica II: 1 - spodná polovica formy sa gravitačne dávkou naplnila, 2 - podložka zo st. I sa prisunie nad spodnú polovicu formovacieho rámu a zabezpečí sa, súčasne oddelí prebytočný formovací materiál,
stanica III: 1 - rozovretím hornej polovice formovacieho rámu sa dokončí zloženie formy z predchádzajúceho cyklu, 2 - lisovacia doska klesá so zloženou formou,
- d) stanica II: 1 - plnenie pohyblivej dávkovacej násypky cez otvorený čelustový uzáver zásobníka, 2 - naplnená spodná polovica formy sa otočila,
stanica III: zložená forma z predchádzajúceho cyklu je na úrovni výšky dopravníka pripravená na vysunutie zo stroja,
- e) stanica III: 1 - naplnená spodná polovica rámu sa presunie zo st. II do st. III, pritom odtlačí formu z predchádzajúceho cyklu, 2 - naplnená dávkovacia násypka sa presunie zo st. II do st. III nad hornú polovicu formovacieho rámu, ktorá sa medzitým zavrela,
- f) stanica III: 1 - naplnená spodná polovica rámu s obojstrannou modelovou doskou sa prisunie k hornej polovici rámu, 2 - horná polovica rámu sa gravitačne naplní otvorením čelustového uzáveru dávkovacej násypky,
- g) stanica II: prázdna dávkovacia násypka sa prisunula do st. II,
stanica III: 1 - lisovacia hlava sa súčasne prisunula nad hornú polovicu formovacieho rámu, 2 - lisovanie obidvoch polovíc formy za intenzívnych vibrácií,
- h) stanica III: 1 - spúšťanie spodnej polovice formy s modelovou doskou do východiskovej polohy, 2 - ďalším poklesom lisovacej dosky sa oddelila spodná polovica formy od modelovej dosky spojennej so spodným rámom.

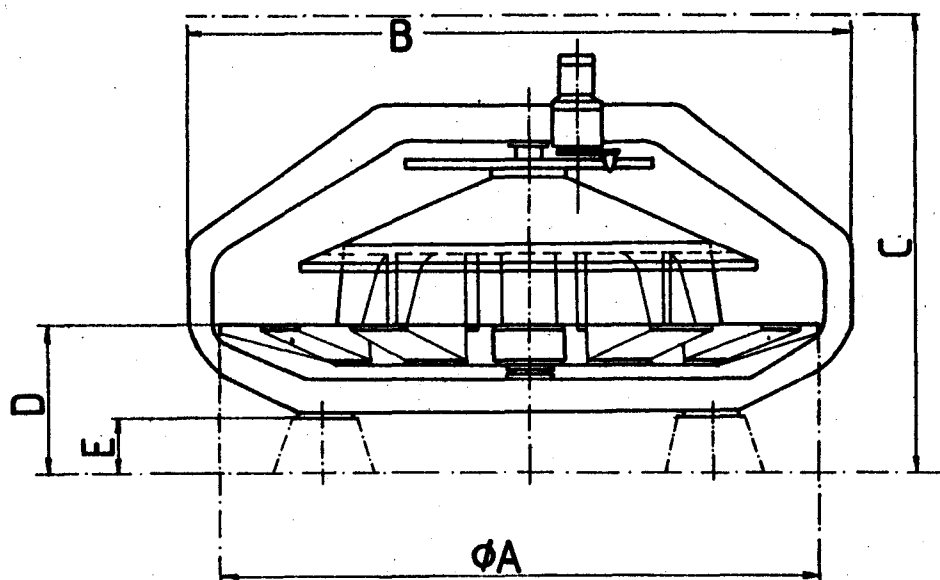


Obr.XVII-1

Popis a postup pri výrobe bezrámových foriem

A - zásobník formovacej zmesi s čelustovým uzáverom, B - pohyblivá dávkovacia násypka s čelustovým uzáverom, C - zásobník Al podložiek, D - Al podložky, E - spodná polovica rámu s priskrutkovanou modelovou doskou, F - plniaca násypka, G - lisovacia hlava, H - hotové polovice formy z predchádzajúceho cyklu formovania, I - horná polovica nepohyblivého roztváracieho formovacieho rámu, J - lisovací valec s lisovacou doskou

Prednosťou automatov je, že majú kompaktné usporiadanie a malé rozmery. Pre možnosť automatizovaného cyklu výroby foriem, odlievania a chladnutia na malej ploche sa vyrába karuselové zariadenie typu ROTOMAT, obr. XVII-2, tab. XVII-3.



Obr.XVII-2
Charakteristické rozmery odlievacích karuselov ROTOMAT

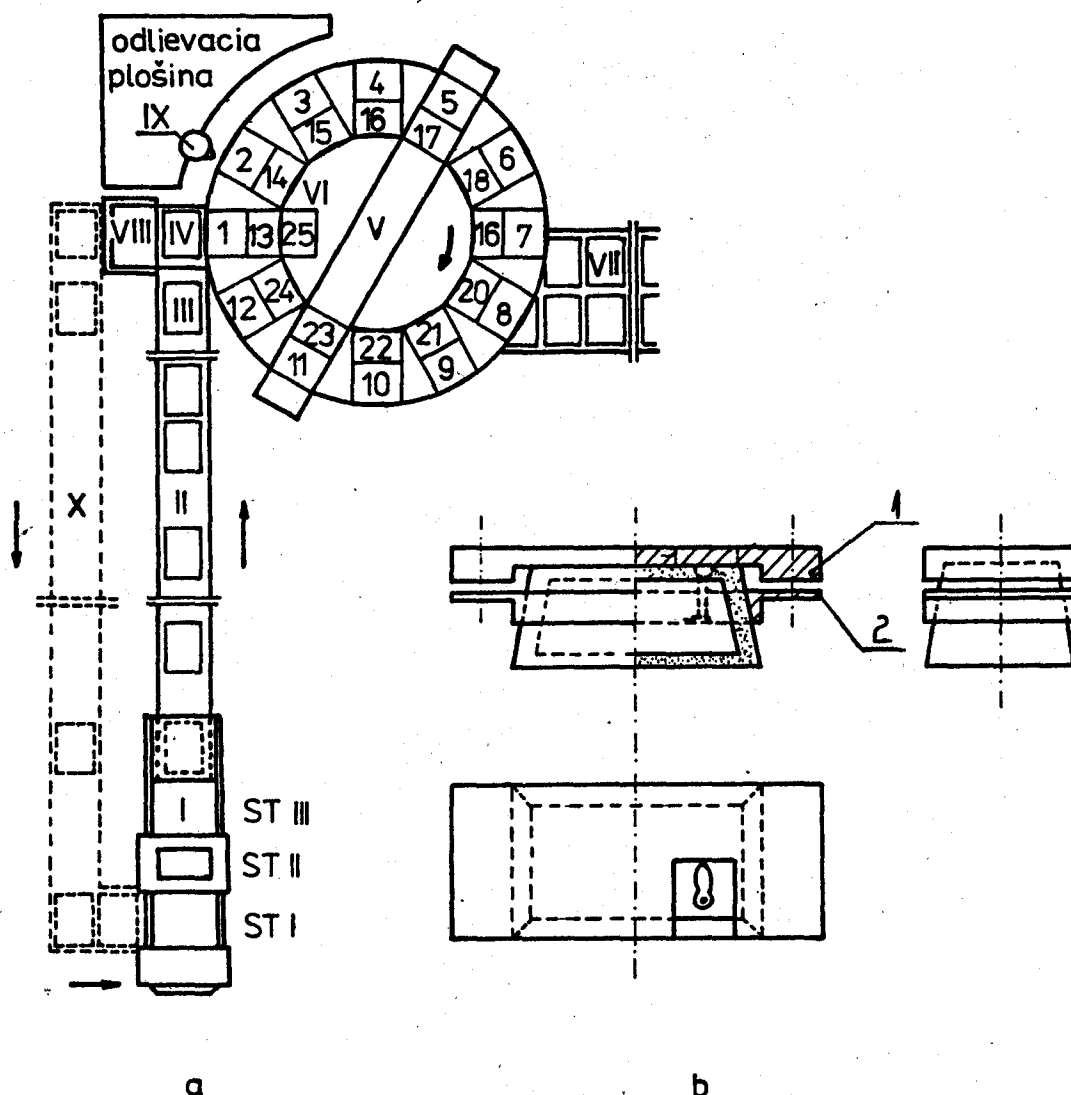
Odlievacie karusely pre automatickú výrobu bezrámových foriem systému fy UNIVERSAL/HUNTER

Tabuľka XVII-3

Typ stroja	ROTOMAT 210	ROTOMAT 220	ROTOMAT 230	ROTOMAT 232
Rozmery stroja [mm]				
A	3455	4600	5100	5850
B	3915	5092	6452	6452
C	2800	3965	4400	1240
D	1112	1116	1240	1240
E	410	410	610	610
príkon	1,1 kW	2,2 kW	4,5 kW	4,5 kW
hmotnosť	12 000 kg	15 000 kg	17 000 kg	18 000 kg

Pootáčajúci sa karusel umožňuje odlievanie a chladnutie foriem v súlade s cyklom ich výroby na formovacom stroji. Jedno z možných usporiadaní pracoviska je schematicky znázornené na obr. XVII-3a. Presúvacie rameno karuselu V v stanici IV presunie formu na stôl karuselu do polohy 1. Pri presúvaní zádržka zadrží podložku a pri spätnom pohybe ramena je táto odsunutá do zariadenia VIII, odkiaľ sa vráti naspäť do zásobníka podložiek vo formo-

vacom stroji I, st. I pomocou šikmého dopravníka. Na otočnom stole sa v polohe 1 nasunie na formu odlievací spevňovací rámik, tzv. "jacket" a závažie, obr. XVII-3b, ktoré sa odobralo z formy v polohe 13, pred jej presunutím do tejto polohy.



Obr. XVII-3

Usporiadanie automatického pracoviska na výrobu bezrámových foriem fy UNIVERSAL/HUNTER

- a) popis pracoviska - I - bezrámový formovací automat KFA, II - gravitačný valčekový dopravník vytvárajúci zásobu hotových foriem, III - poháňaný dopravník, IV - odovzdávacia stanica do odlievacieho karuselu, V - odlievací karusel, ROTOMAT, VI - stanica spúšťania foriem smerom na chladiaci dopravník, VII - chladiaci dopravník, VIII - zberač presúvač podložiek spopod bezrámových foriem, IX - miesto odlievania foriem, X - šikmý dopravník na podložky,
- b) zložená bezrámová forma pred odlievaním - 1 - tvarované závažie, 2 - odlievací spevňovací rámik

Stôl sa v cykle pootočí o 30° a forma v polohe 2 sa odleje buď z mechanickej panvy, alebo odlievacím zariadením IX. Po odliatí forma najprv prechádza polohami chladnutia 3 až 12. Pri jej návrate do polohy 1 sa z nej naraz odoberie závažie so spevňovacím rámkom. Nová forma ju presunie do polohy 13. Tu znova prechádza polohami chladnutia 13 až 24. Pri návrate do polohy 13 ju forma z polohy 1 presunie do polohy 25. Z tejto polohy sa forma pomocou spúšťacieho stola dostáva do úrovne chladiaceho dopravníka VII, ktorý ju dopravuje k vytíkáciemu roštu alebo k chladiacemu a vytíkáciemu bubnu.

Čas chladnutia na karuseli odpovedá putovaniu formy od polohy 3 po 24, t.j. 22 polohám. Pri max. výkone 160 f.h^{-1} , zostáva čas pre chladnutie na karuseli (čas výroby = čas státia v 1 polohe):

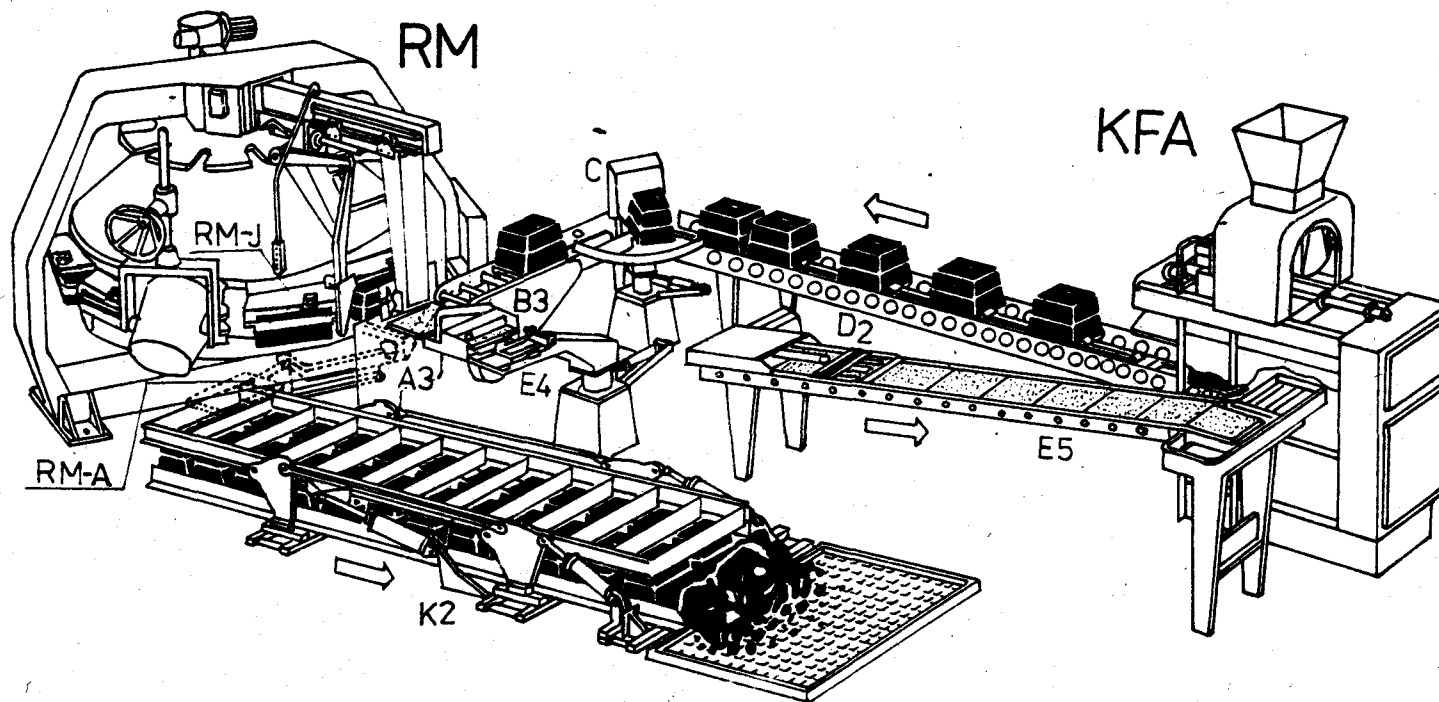
$$3600 \text{ s} : 160 \text{ f} = 22,5 \text{ s/f} \rightarrow 22 \times 22,5 \text{ s/f} = 495 \text{ s/f} = 8 \text{ min a } 15 \text{ s/f},$$

čo je čas nízky, a preto sa ešte spravidla medzi odlievací karusel a vytíkač rošt či bubon zaraďuje pásový chladiaci dopravník ako na obr. XVII-3a. Pri menších výkonoch a formách je možná alternatíva, že z polohy 25 sa forma dostáva priamo na vytíkač rošt. Podobná alternatíva je priestorovo zobrazená na obr. XVII-4. Z polohy 25 sa formy po spustení prekládajú manipulačným zariadením na dvojradový chladiaci dopravník K 2, ktorý ich krokovo posúva na vytriasací rošt.

XVII.1.2 Automaty na výrobu bezrámových foriem zhutňujúce fúkaním a odli- sovaním vyššími mernými tlakmi

V tejto skupine sú polovice formovacích rámov ako častí automatov plnené a predzhustené fúkaním, po ktorom nasleduje dolisovanie.

Predstaviteľmi sú formovacie stroje fy BEARDSLEY & PIPER (USA), ktoré pre európsku oblasť licenčne vyrába švédsko fa WEBAC. Samotná značka strojov MATCH-BLOMATIC, tab. XVII-4, napovedá, že plnia a predzhutujú fúkaním a že pracujú v automatickom režime. Ďalšie ich výhody sú, že produkujú presné formy bez presadenia, pretože formovanie a skladanie sa vykonáva pomocou toho istého vedenia. Ďalej sa vyznačujú jednoduchou výmenou obojstrannej modelovej dosky s medzirámom, tzv. typ MATCH-PLATE. Stroj BSM-2016 pri výmene modelových dosiek 10-krát za smenu a pri zakladaní jadier do spodnej polovice vyrobí až 120 f.h^{-1} . Jej výmena trvá 1,5 až 2 min. Najmodernejší z tohto radu strojov ROTO-MATCH-BLOMATIC RMB-2016 využíva pre metódu výhodu karuselového usporiadania, čím sa jeho výkon prakticky zdvojnásobí. Tak isto používa obojstrannú modelovú dosku a plnenie obidvoch polovic rámu súčasným zafúknutím.



Obr.XVII-4

Variant usporiadania automatického pracoviska na výrobu bezrámových foriem fy UNIVERSAL/
/HUNTER

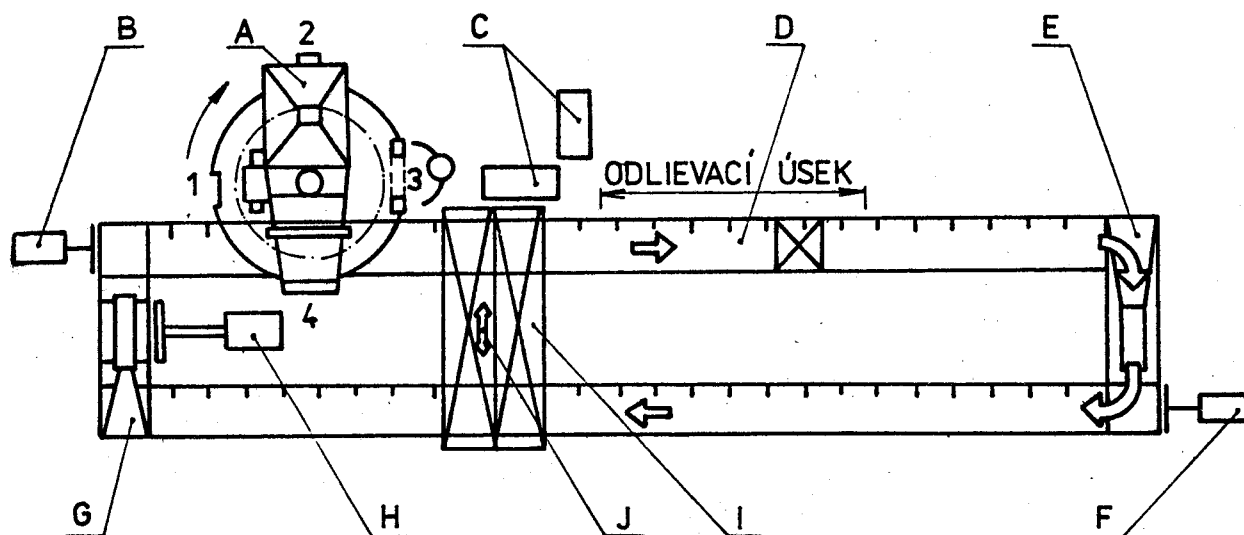
KFA - bezrámový formovací automat KFA 10, D 2 - gravitačný valčekový dopravník, C - 90°
otáčacia stanica, B - 3 pohánaný dopravník, A 3 - odovzdávacia stanica do odlievacieho
karuselu, RM - odlievací karusel UNIVERSAL ROTOMAT 21C, RM-A - stanica spúšťania foriem
k prekladaču (manipulátor), RM-J - zakladanie odlievacích rámkov a závaží, K 2 - dvoj-
radový chladiaci dopravník, E 4 - otočné manipulačné zariadenie na prekladanie Al pod-
ložiek, E 5 - spätný šikmý dopravník Al podložiek

Formovacie stroje MATCH-BLOMATIC na výrobu bezrámových foriem

Tabuľka XVII-4

Typ stroja	BSM 2016	BSM 2620	RMB 2016
Rozmery formy [mm]			
dĺžka	508	660	508
šírka	406	508	406
výška	150/150	250/250	150/150
výkon	180 f.h ⁻¹	120 f.h ⁻¹	300 f.h ⁻¹
min. čas cyklu	20 s	30 s	10 s
hmotnosť [kg]	4600	8500	10 000

Do spodného rámu otvorom v jeho pozdĺžnej (bočnej) strane, do horného otvorom v dolisovacej doske. Stroj je vybavený 4 kompletmi formovacích rámov, ktoré sú umiestnené na štvorramennom karuseli. Jeho pootáčaním z polohy 1, obr. XVII-5, sa prenáša rám hornej a spodnej polovice do formovacieho stroja 2, kde sa vykoná zafúknutie, dolisovanie a rozobratie oboch polovic formy.



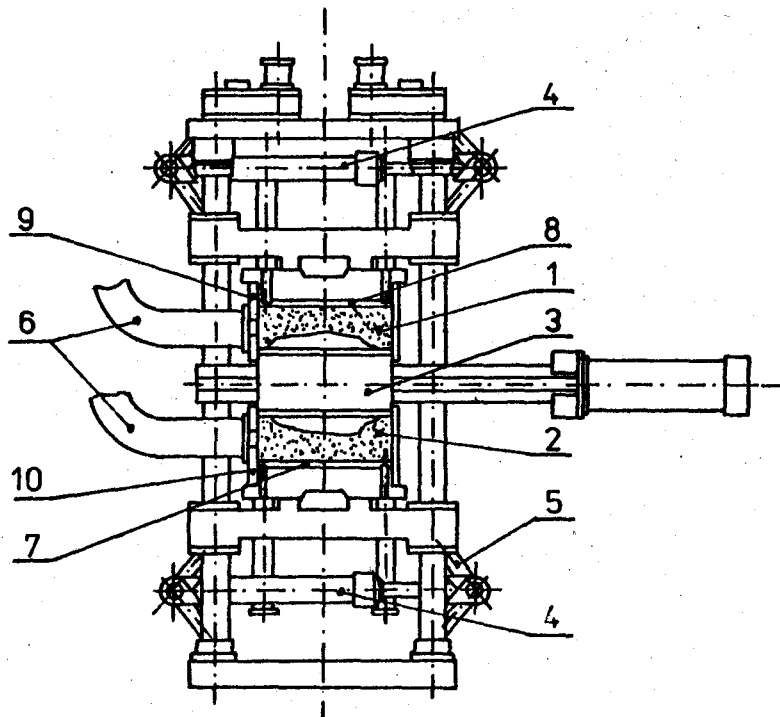
Obr. XVII-5

Automatická linka na výrobu bezrámových foriem CONTINU-MATIC
A - rotačný formovací automat RMB 2016, B - pozdĺžny posunovač (prítlačný),
C - ovládacie skrine, D - odlievacie pole, E - priečny posunovač (prítlačný),
F - pozdĺžny posunovač (prítlačný), G - priečny posunovač (prítlačný),
H - vytlačovač foriem k vytíkáciemu roštu alebo bubnu, I - zariadenie na ukladanie a odber závaží, J - zariadenie na ukladanie a odber spevňovacích rámkov "jacketov"

Pootočením o 90° sú rozobraté rámy s poloformami vynesené z formovacieho stroja a do otvorenej spodnej polovice možno založiť jadrá (poloha 3). Ďalším pootočením ramena karuselu o 90° prichádzajú rámy do skladacej stanice 4, kde sa zložia oboje polovice formy a vysunú z rámov. Pre vytvorenie au-

tomatizovaného pracoviska na výrobu foriem, odlievanie a chladnutie sa dodáva manipulačné zariadenie CONTINU-MATIC, ktoré v súlade s cyklom stroja (10 až 12 s) stupňovito posúva formy. Je univerzálne pre všetky 3 typy formovacích automatov. Používa liatinové transportné dosky s vodiacími drážkami, ktoré sa odvalujú po vodorovných valčekových dráhach. Dosky sa posúvajú krokmi v takte pomocou posúvacieho valca. Odlieva sa manuálne alebo pomocou odlievacieho zariadenia inštalovaného pri valčekovej dráhe. Dĺžka dráhy a výkon je limitovaný časom chladnutia formy. Zariadenie je variabilné, môže mať dva alebo štyri dráhy rôznej dĺžky.

Podobne pracuje aj bezrámový formovací automat LARKINMATIC-3 fy RUBERY OWEN, obr. XVII-6.



Obr. XVII-6

Schéma bezrámového formovacieho automatu LARKINMATIC 3
1 - horná polovica formy, 2 - spodná polovica formy, 3 - medzirámik s obojstrannou modelovou doskou, 4 - hydraulické valce, 5 - Eulerove páky, 6 - časť fúkacieho mechanizmu, 7 - horná dolisovacia doska, 8 - spodná dolisovacia doska, 9 - horná polovica rámu pohyblivá vertikálne, 10 - spodná polovica rámu pohyblivá vertikálne

Používa obojstrannú modelovú dosku so súčasným zafúknutím hornej a spodnej polovice formy cez otvory v dlhších stranách rámov. Pohyb oboidvoch polovic rámov a lisovacích dosiek je odvodený od dvoch horizontálnych hydraulických valcov zapojených do systému kĺbových, tzv. Eulerových pák. Horný hydraulický valec pohybuje pomocou pák hornou polovicou rámu a hornou lisovacou doskou, spodný valec naopak spodnými. Takýto horný a spodný kĺbový mechanizmus je valcami postupne prestavovaný do troch základných polôh: I - prísun polovic rámov k modelovej doske, II - uzavretie polovic rámov pre zafúknutie, III - dolisovanie. Dolisovacia sila progresívne narastá s meniacou sa polohou pák. Výkon automatu je 240 f.h^{-1} .

XVII.1.3 Automaty na výrobu bezrámových foriem zhutňujúce vstreľovaním a dolisovaním vyššími mernými tlakmi

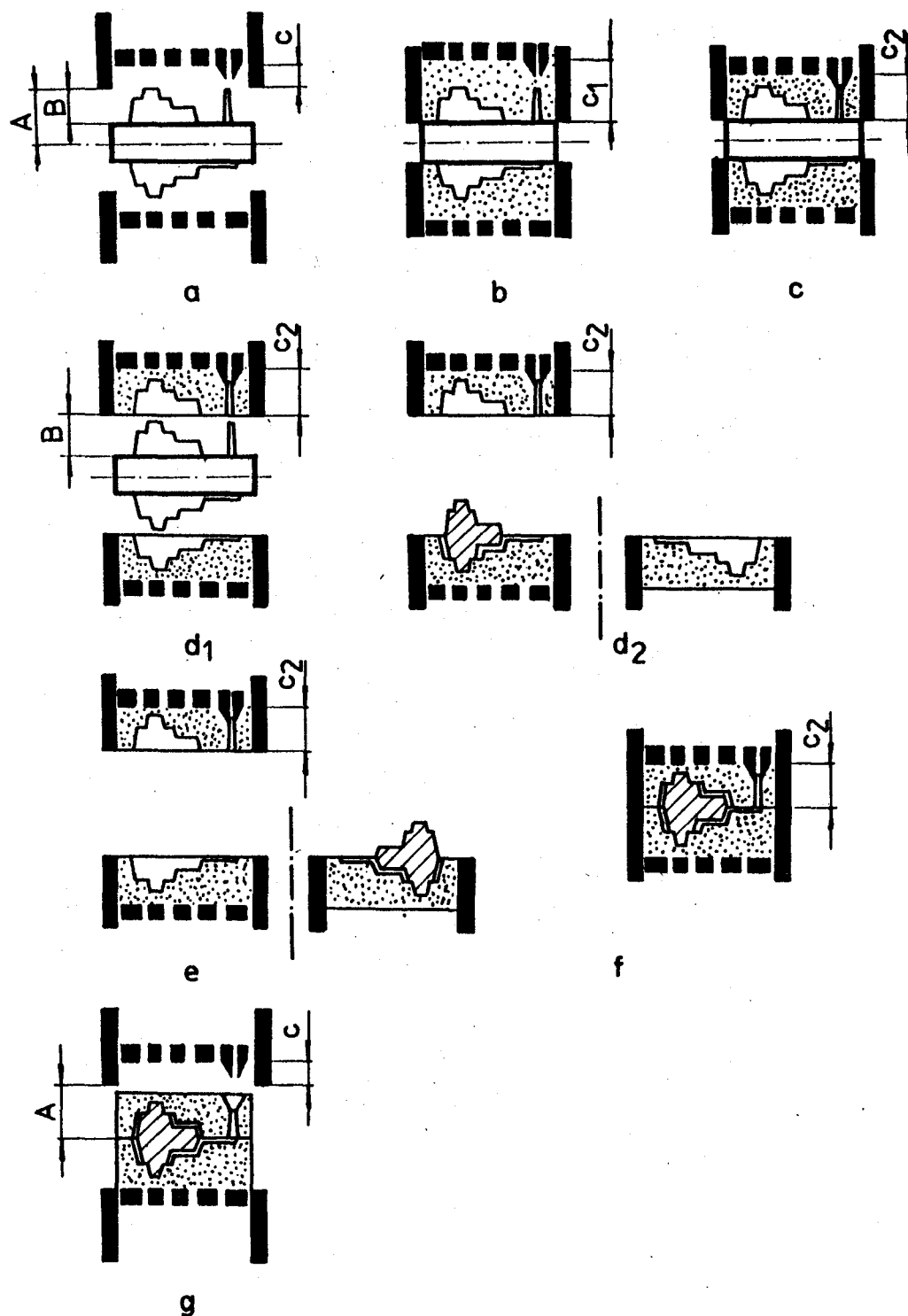
Kombinácia vstreľovania a lisovania, resp. dolisovania je v súčasnosti najefektívnejší spôsob zhutňovania väzných formovacích zmesí. Pre bezrámové formovanie s horizontálnou deliacou plochou ju použila medzi prvými fa BMD ako systém BÜHLER v NSR. V sedemdesiatych rokoch ponúkla 4 typy formovacích automatov FORMATIC, podľa tab. XVII-5. Ich prednosťou je, že umožňujú určitú zmenu výšky formy v súlade s výškou vyrábaných odliatkov a rýchlu výmenu modelových dosiek.

Formovacie automaty na výrobu bezrámových foriem
systémom BÜHLER

Tabuľka XVII-5

Typ stroja	FORMATIC I	FORMATIC Ia	FORMATIC II	FORMATIC 5656
rozmery formy				
dĺžka [mm]	720	820		
šírka [mm]	720	820		
výška [mm]	160-300/ /160-300	230-330/ /230-330	160-320/ /160-320	300-400/ /300-400
výkon	max.150 f.h ⁻¹	max.130 f.h ⁻¹	max.120 f.h ⁻¹	180-360 f.h ⁻¹
stroj je vybavený	dvojpolohovým karuselom			trojpolohovým karuselom

Keďže v čs. zlievárňach sú bezrámové formovacie stroje málo rozšírené, kúpil k.p. Škoda licenciu na výrobu bezrámovej formovacej linky typu FORMATIC I. K základným častiam jej formovacieho automatu patria: horný a spodný formovací rám, horná a spodná vstreľovacia doska, horná a spodná modelová doska, medzičlánok modelovej dosky a otočný stôl. Nad rovinou otočného stola je súsovo usporiadaná horná vstreľovacia komora s lisovacím zariadením a zariadením pre stiahnutie horného rámu z hornej polovice formy, obr. XVII-7. Mechanizmus umožňuje zvislý posuv hornej vstreľovacej dosky a horného rámu. Takýto mechanizmus je súsovo usporiadaný pod rovinou otočného stola (otáča sa okolo zvislej osi) s rozdielom, že spodné formovacie rámy sú dva. Jeden sa súčasne v cykle používa na vstreľovanie a lisovanie spodnej polovice formy, zatiaľ čo druhý sa nachádza v prednej polohe otočného stola zo zaformovanej spodnej polovice formy z predchádzajúceho cyklu, pripravený pre založenie jadra, obr. XVII-7d₂. Horná a spodná vstreľovacia doska sú zhotovené ako masívne kovové dosky, vybavené relatívne úzkymi štrbinami zabezpečujúcimi plnenie formovacej zmesi do priestoru polovic formy kolmo na rovinu modelovej dosky. Takto konštruované vstreľovacie dosky sú v stroji využité ako lisovacie rošty pre nasledujúce lisovanie vysokým



Obr. XVII-7

Postup výroby bezrámovej formy na formovacom stroji FORMATIC I

merným tlakom (lisovací tlak v deliacej rovine v 1 MPa). Kolmý vstup zmesi na modelové dosky pri vstreľovaní zaručuje dokonalé zaplnenie a rovnomerné predzhustenie polovic formy. Riziko zlého zabiehania zmesi do ťažko prístupných dutín sa znižuje na minimum. FORMATIC nie je citlivý na členitosť, tvar

a výšku modelového zariadenia, ako napr. formovacie stroje MATCH-BLOMATIC alebo LARKINMATIC s bočnými fúkacími otvormi.

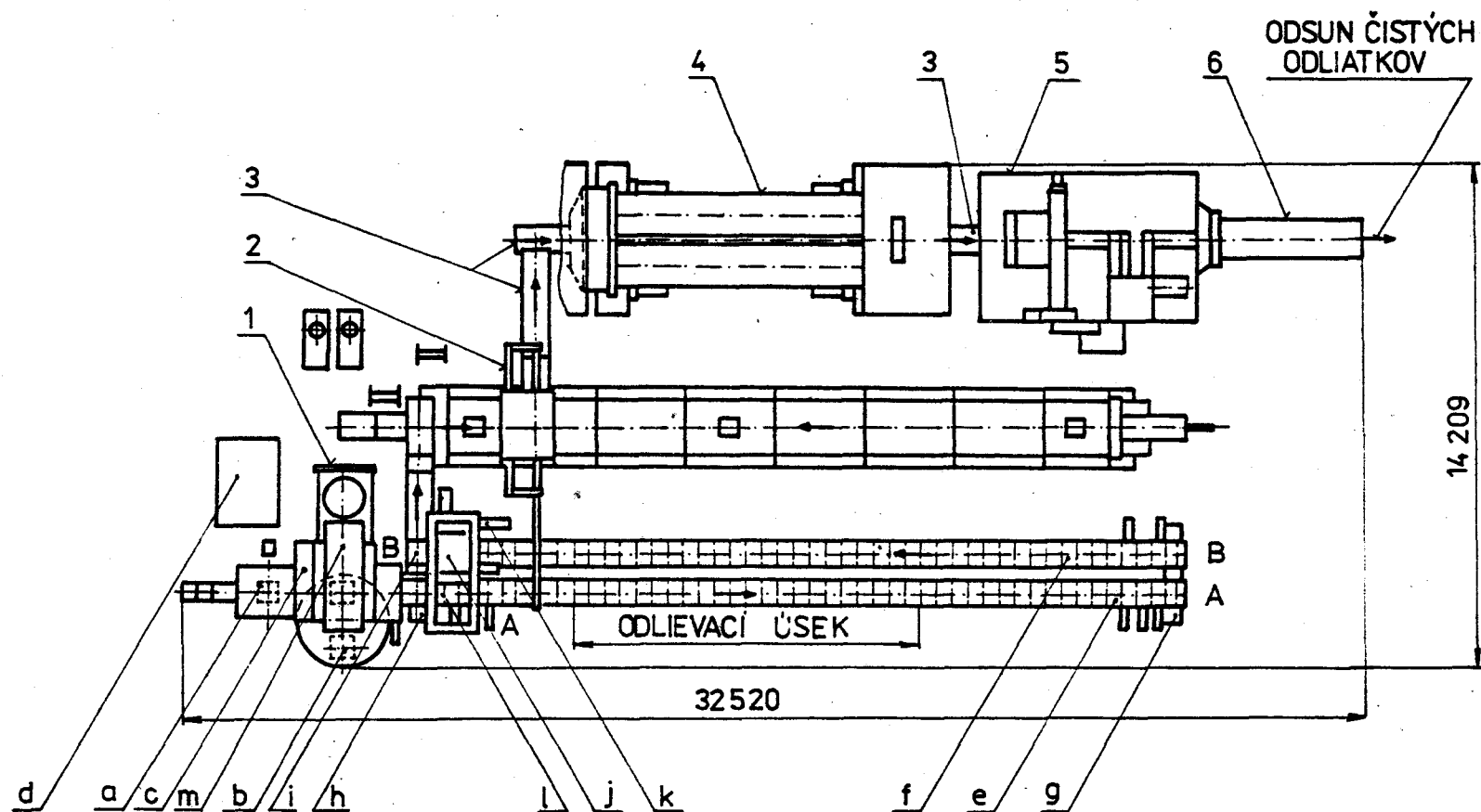
Postup výroby formy v stroji FORMATIC I je zjednodušene rozkreslený na obr. XVII-7, kde jednotlivé fázy predstavujú:

- a) Východiskové postavenie. Horný rám so vstreľovacou doskou sú v hornej okrajovej polohe. Modelové zariadenie je zasunuté do osi vstreľovacieho a lisovacieho zariadenia. Jeho zasúvanie do východiskového postavenia je využité na vytlačenie hotovej formy zo stroja zhotovenej v predchádzajúcom cykle.
- b) Uzavretie priestorov pre vstrelenie hornej a spodnej polovice formy. Horný a spodný rám sa prisunú na modelové zariadenie. Súčasne sa horná a spodná vstreľovacia doska priblíži na nastavenú vzdialenosť. Nasleduje vstrelenie zmesi štrbinami v obidvoch vstreľovacích doskách.
- c) Lisovanie hornej a spodnej polovice formy. Vstrelená formovacia zmes sa v hornom a spodnom ráme zlisuje vstreľovacími doskami.
- d) Oddelenie polovic foriem od modelov - rozoberanie. Horná a spodná lisovacia jednotka skladajúca sa z rámu a vstreľovacej dosky sa spolu so zformovanými polovicami oddialia ako celky od modelového zariadenia (d_1). Nasleduje súčasné vysunutie modelového zariadenia z osi vstreľovacieho a lisovacieho zariadenia a otočenie dvojpolohového stola o 180° okolo zvislej osi. Tým sa práve vyrobená spodná polovica formy otočí pred stroj na pracovisko pre zakladanie jadier (d_2). Na jej miesto príde otočením stola spodná polovica formy so založeným jadrom, resp. jadrami vyrobené v predchádzajúcom cykle.
- e) Zakladanie jadier. Zabezpečuje sa ručne, prípadne manipulátorom.
- f) Zloženie formy. Horná a spodná lisovacia jednotka sa ako celky navzájom priblížia a dosadnú tlmeným pohybom do vzájomného styku. Držia pritom hotové polovice formy.
- g) Stiahnutie formovacích rámov zo zloženej formy. Horný rám je stiahnutý z hornej polovice formy, pričom je táto pridržiavaná vstreľovacou doskou. Rovnakým spôsobom je zabezpečené stiahnutie spodného rámu. Hotová forma uložená na spodnej vstreľovacej doske je pripravená na vysunutie zo stroja čelom medzičlánku modelového zariadenia na nadväzné dopravné zariadenie.

ŠKODA Ostrov licenčne vyrába bezrámovú formovaciu linku, obr. XVII-8, poz. 1, ktorá sa rozdeľuje na tri hlavné celky:

1. formovací stroj FORMATIC I,
2. dopravné zariadenie foriem,
3. manipulačné zariadenie pre závažia.

Linka predstavuje súbor zariadení, ktoré okrem samotnej výroby bezrámových foriem vykonávajú ich zataženie, pohyb odlievacím úsekom, chladiacim úsekom, odoberanie závaží a presunutie formy do nadväzujúceho chladiaceho zariadenia.



Obr.XVII-8

Technologická linka na výrobu odliatkov od operácie formovania do operácie otrieskavania odliatkov

1. bezrámová formovacia linka so strojom FORMATIC I: a - stanica výmeny modelových dosiek- b stanica zakladania jadier, c - zariadenie na odľukovanie a na separačný postrek modelových dosiek, vybavené odsávaním splodín, d - hydraulický agregát pre stroj FORMATIC I,
2. chladiace etážové zariadenie typ CZE; 3 - dopravné vibračné žľaby typu DZV 1,2 x 4 a DZV 0,8 x 3, 4. vytíkač a chladiaci bubon typ VCB 10, 5. otrieskavač metací bubnový typ TMB 32, 6. dopravný žľabový úsek typ DZV na odsun čistých odliatkov

Bezrámová forma so založenými jadrami je vysunutá z FORMATICU, obr. XVII-8, poz. 1, na podložku istenú priečnym presúvačom h v osi dopravníkovej trati A. Podložka s formou postupuje po dopravníkovej trati pod predkladacie zariadenie j, ktoré na formu uloží závažia. Zatažená forma postupuje na odlievací úsek, kde je odliata, a potom k priečnemu presúvaču g. Pracovný cyklus dopravníkovej trate A zabezpečuje diskontinuálny postup radu foriem tak, že jednotlivé formy sú pred odlievacím úsekom vzájomne oddelené pre uľahčenie vloženia závaží. Ďalej sú formy naopak na seba pritláčané regulovateľnou silou. Jej pokles umožňuje oddelenie formy, ktorá sa doviezla do osi presúvača g. Vzájomný prítlak bezrámových foriem zvyšuje ich súdržnosť v smere dopravy, v smere kolmom je ich súdržnosť zabezpečovaná bočnými zovieracími doskami závaží. Toto riešenie zabezpečuje vyššie využitie formovacej zmesi vzhľadom na množstvo kovu vo forme. Mechanizmus priečneho presúvača g podvihne podložku s formou a presunie ju do úrovne dopravníkovej trate B s obdobným pracovným cyklom ako trať A. Odobraté závažie na konci trati B je prekladacím zariadením j dopravené do osi dopravníkovej trati A, kde je pripravené na uloženie na novú nezataženú formu. Počas prekladania závaží zariadenie k očistí jeho funkčné plochy. Forma je nakoniec dopravená do osi priečneho presúvača h, odkiaľ je vysunutá v smere šípky na dochladenie v nadväznom zariadení, poz. 2. Uvoľnená podložka je priečnym presúvačom h dopravená z osi dopravníkovej trate B do osi trate A, kde je pripravená pre nasunutie novej formy.

XVII.1.3.1 Automatizácia bezrámovej formovacej linky FORMATIC I.

V priebehu automatického chodu formovacieho stroja sa v každom cykle vysúva modelové zariadenie z osi vstreľovacieho a lisovacieho zariadenia do polohy pre výmenu modelových dosiek. Pri vysunutí sa vykonáva automatické ofukovanie obidvoch modelových dosiek stlačeným vzduchom. Pri spätnom pohybe modelového zariadenia sa automaticky vykonáva postrek modelových dosiek separačným prostriedkom. Ofukovanie a postrek zabezpečuje zariadenie g, ktoré má aj funkciu odsávacieho krytu. Stanica na ručnú výmenu modelových dosiek a zabezpečuje ľahký prístup a manipuláciu. Pohon jednotlivých mechanizmov formovacieho stroja je zabezpečený dvoma spôsobmi. Uzáver vstreľovacej komory, otočný stôl a posúvanie modelového zariadenia vrátane vysunutia hotovej formy zo stroja sú poháňané prevodovými elektromotormi prostredníctvom klukových mechanizmov. Hlavné mechanizmy zabezpečujúce priamo technologické procesy pri výrobe formy, ako zvislé prestavovanie formovacích rámov, lisovanie, skladanie a sťahovanie formovacích rámov, sú ovládané hydraulickými valcami. Zdrojom tlakového oleja je špeciálny hydraulický agregát fy BOSCH, vybavený viacpiestovými čerpadlami s riadenou excentricitou rotora v závislosti od okamžitého odberu množstva oleja

a na tlaku. Hydraulický agregát v spojení s hydraulikou ovládanou mikroprocesorovým riadením zabezpečuje vysoké úspory elektrickej energie a nízku hladinu hluku. Pohon dopravníkových tratí vykonávajú brzdové elektromotory, pričom každý poháňa určitú sekciu kladkových stolíc s rôznymi prevodovými pomermi prostredníctvom prevodovky a sekundárneho reťazového prevodu. Rozmiestnenie a dĺžka jednotlivých sekcií sú zvolené tak, aby vplyvom rozdielnych obvodových rýchlostí kladiek bolo zabezpečené buď oddelenie, alebo vzájomný prítlak foriem. Prítlačná sila foriem musí byť však menšia ako adhézna sila, ktorá je potrebná na posunutie hornej polovice formy po spodnej v deliacej rovine. Aby bolo možné prítlačnú silu nielen obmedziť, ale aj regulovať podľa potreby, je v každej sekcii medzi elektromotorom a prevodovkou vložená magnetická hysterézná spojka. Plynulým zväčšovaním vzduchovej medzery medzi kotúčmi hysteréznej spojky úmerne klesá prenášaný krútiaci moment, a tým aj obvodová sila na pojazďových kladkách. Aby bol vylúčený voľný, resp. nekontrolovaný dobeh jednotlivých sekcií tratí po vypnutí, hnacie elektromotory sú vybavené dobehovou brzdou. Aby boli eliminované pasívne odpory, sú dopravné trate A a B spádované v smere dopravy.

Závažie je konštruované ako základná doska vyžadovanej hmotnosti určená na uloženie na formu zhora. Aby závažie poskytovalo aj bočnú oporu zaťaženej forme, je základná doska opatrená pákovými mechanizmami nesúcimi výkyvne uložené zovieracie dosky pre bočné zavretie formy. Zovieraciu silu zabezpečuje samosvorný mechanizmus. Výsledkom je, že v smere posuvu sú formy zabezpečené - spevnené vzájomným stykom a v smere kolmom zovieracími doskami závaží. Tým sa dosiahlo využitie formovacej zmesi voči tekutému kovu také ako pri rámových formách.

Menovitú výšku bezrámovej formy možno predvoliť nastavením vyžadovanej výšky hornej a spodnej polovice formy. Napriek tomu skutočná výška vyrobených foriem kolíše okolo menovitej hodnoty vplyvom meniacej sa akosti použitej formovacej zmesi, a teda aj hodnoty jej ubíjateľnosti. To znemožňuje končiť lisovací zdvih vo formovacom stroji vo vopred určenej polohe lisovacej dosky. V prípade vyššej vlhkosti zmesi by sa nedosiahol vyžadovaný stupeň ubitia a naopak pri suchšej zmesi by lisovacia doska vôbec do konečnej polohy neprišla a automatický cyklus by sa prerušil. Impulzy na ukončenie lisovania preto vysielajú tlakové spínače umiestnené v prívodoch tlakového oleja hydraulických lisovacích valcov hornej a spodnej lisovacej dosky okamihu, keď tlak oleja v oboch obvodoch dosiahne menovité hodnoty po dolisovaní oboch polovic formy. Kolísanie výšky vyrobených foriem sa rešpektovalo pri konštrukcii všetkých ďalších mechanizmov formovacej linky, takže ani tam z tohto dôvodu nemôžu vzniknúť poruchy v chode zariadenia.

Na hornej ploche bezrámovej formy je vyformovaná sústava žliabkov v tvare medzikružia, ktorá zachytí nedopatrením preliaty kov pri odlievaní

a zabráni jeho pritavenie k základnej doske závažia. Spodná plocha podložky na dopravu foriem je osadená štyrmi puzdrami na zavedenie manipulačných čapov priečných posúvačov g.h. Ďalej je opatrená dvoma opracovanými pojazdnými lištami. Podložka má na hornej ploche pozdĺžne ryhovanie pre odvod plynov z dna odliatej formy. Pôdorysný rozmer podložky je menší ako na forme. Tým je zabezpečený vzájomný prítlak foriem v smere posuvu a dokonalý styk zovieracích dosiek závažia so spodnou polovicou formy v smere kolmom na posuv. Zovieracie dosky takto môžu prečnievať pod úložnú rovinu podložky.

XVII.1.3.2 Automatizácia technologickej linky na výrobu odliatkov od operácie formovania do operácie otrieskavania odliatkov

Cieľom vývoja v závode ŠKODA Ostrov bolo vytvoriť kompletnú technologickú linku na výrobu odliatkov zo sivej liatiny do hmotnosti 63 kg. Na obr. XVII-8 je znázornená možnosť jej usporiadania, a to pre odliatky, ktoré sú vhodné pre vytĺkanie a čistenie v daných zariadeniach.

Na konci chladiacej trate formovacej linky, obr. XVII-8 poz. 1, je bezrámová forma zbavená závažia a presunutá do náväzného cyklu ďalšieho chladnutia. Predpokladaná teplota liatinových odliatkov je okolo teploty A1. Forma sa posúva chladiacim zariadením CZE etážového typu, poz. 2. Smerom doprava ide forma v spodnom rade tunelového zariadenia a smerom naspäť (doľava) v hornom rade. Z chladiaceho zariadenia je forma presunutá do sústavy vibračného dopravného žlabu typu DZV 1,2 x 4, poz. 3, ktorou sa dopravuje do vytĺkacieho a chladiaceho bubna typu VCB 10, poz. 4. Pre automatizáciu výroby odliatkov je inštalácia vytĺkacieho a chladiaceho bubna za formovacu linku progresívnym riešením. V ňom dochádza ku kumulácii celého radu nevyhnutných technologických operácií: vytĺkanie, separácia formovacej zmesi od odliatkov, chladenie odliatkov, homogenizácia formovacej zmesi a jej rýchle ochladzovanie. Na chladnutie odliatkov sa hojne využíva voda obsiahnutá v zmesi (relatívna vlhkosť), na prípadné dosiahnutie vyššieho účinku sa voda do bubna ešte pridáva. Technické parametre čs. vytĺkacieho a chladiaceho bubna, tab. XVII-6, odpovedajú výkonu, rozmerom bezrámových foriem a hmotnosti odliatkov, ktoré produkuje linka FORMATIC I. Bubon VCB 10 priaznivo obстоjí pri porovnávaní s bubnami fy SLUIS alebo DISA. Bubny SLUIS pracujú na technologických linkách s bezrámovými automatmi typu KFA 10 v SIGMA Olomouc a v SIGMA Ústí n.L.

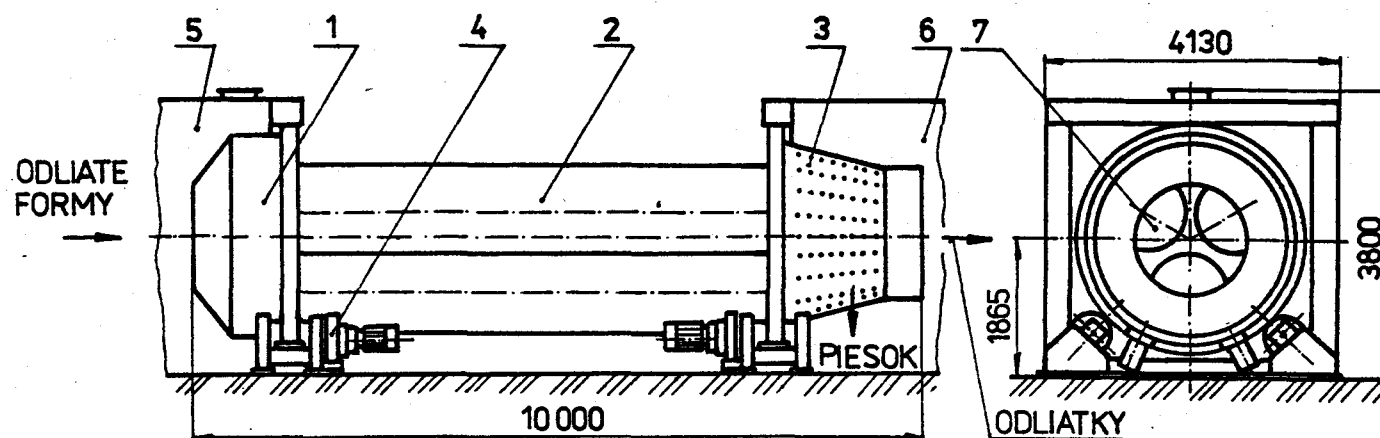
Technické údaje a parametre vytíkáčich a chladiacich bubnov

Tabuľka XVII-6

Výrobca	Typ	Max.hmot. odliatku [kg]	Priem. rotač. časti [mm]	Priem. trub- ky [mm]	Dĺžka bubna [mm]	Výkon [t.h ⁻¹]	Príkon [kW]	Hmot- nosť bubna [t]
ŠKODA	VCB 10	63	3080	1220	10000	72	32	30
SLUIS	SLUIS		cca 3500		cca 18000	80,5		48
Maschi- nenfab- rick Holand- sko	SLUIS		2600		10630	13-22,5		17
DISA	DISACOOI		3000		13430	50		30
Dánsko	2047							

Pohonná jednotka bubna VCB 10, obr. XVII-9, pozostáva z elektromotora s prepínateľnými otáčkami a z prevodovky. Rotujúca časť sa skladá zo vstupného priestoru, zo strednej časti vytvorenej zo zväzku 3 rúrok a z výstupnej dierovanej časti. Vo vstupnom priestore je predná časť každej rúrky zrazená v tvare skrutkovice a je k nej pripojený podávací segment. V zadnej časti rúrok v ich vnútornom priestore sú upravené smerom k obvodu vynášacie segmenty. Výstupná časť je ukončená lištami v tvare skrutkovice.

Funkcia vytíkácieho a chladiaceho bubna je nasledujúca: Odliata forma je dopravená do vstupného priestoru rotujúcej časti, kde sa prevaľovaním rozruší a podávací segment niektoorej z troch rúrok posunie odliatok s časťou formovacej zmesi do rúry. V rúrach sa odliatky s formovacou zmesou spoločne prevaľujú a náplň sa posúva k výstupnej dierovanej časti. Pri prevaľovaní sa rozrušujú hrudy zmesi a horúci odliatok sa ustavične dostáva do styku s vlhkou zmesou, ktorú vysúša. Odparovaním vody a pôsobením prúdu vzduchu sa teplota odliatku znižuje. Formovacia zmes sa účinkom neprestajného presýpania s odliatkami homogenizuje a vo výstupnej dierovanej časti sa oddeľuje od odliatkov. Sklzmi je formovacia zmes usmerňovaná na nadväzné zariadenie, ktoré ju dopravujú do úpravne piesku. Odliatky sa vopred výstupnou dierovanou časťou navalia na vynášacie segmenty, ktoré ich do nej posunú. Vo výstupnej dierovanej časti sa posúvajú pomocou lišt v tvare skrutkovice a z nej vypadávajú na nadväzné zariadenie pre dopravu odliatkov typu DZV 0,8 x 3, obr. XVII-9, poz. 3. Rozdelením náplne bubna v strednej časti do zväzku 3 rúr sa znížil krútiaci moment na otáčanie rotujúcej časti, a teda i spotreba energie. Vplyvom zníženia hmotnosti náplne bubna na 1/3 v rúre sa znížilo i opotrebenie rúr (zníženie súčiny kolmej sily a posuvovej rýchlosti) a zvýšil sa chladiaci účinok, pretože sa zväčšila styčná povrchová plocha náplne.



Obr.XVII-9

Vytíkáč a chladiaci bubon typ VCB 10

- 1 - vstupná časť vytíkáacieho a chladiaceho bubna, 2 - stredná časť, 3 - výstupná časť,
 4 - pohonná jednotka, 5 - odsávací kabína vstupnej časti, 6 - protihluková kabína výstup-
 nej časti, 7 - zväzok 3 rúr priemeru 1220 mm

Naposledné zariadenie v kontinuálnom procese výroby odliatkov je otrieskavač metací bubnový typ TMB 32, obr. XVII-9, poz. 5. Už pri jeho vývoji sa uvažovalo, že z chladiaceho a vytíkáacieho bubna, resp. z iných vytíkáacích zariadení vychádzajú odliatky so zvyškami formovacej zmesi. Preto je otrieskavač v obehovej sústave čistiaceho prostriedku vybavený ako vzduchovou, tak i magnetickou separáciou. Ďalej má riešenú reguláciu rýchlosti postupu odliatkov pracovným priestorom v závislosti od množstva vrhaného čistiaceho prostriedku tak, aby nenastávalo tzv. nedotrieskavanie alebo pretrieskavanie odliatkov.

Funkcia otrieskavača je nasledujúca: Dopravené odliatky do pracovnej časti bubna sú otrieskavané dvoma metacími jednotkami, ktorých metacie kolesá majú zakrivené lopatky. Jednotky sú upevnené na čelnej časti stroja a ich akčný rádius vykryva pracovný priestor bubna, v ktorom sa prevažujú čistené odliatky. Otáčaním bubna a vplyvom vhodného tvarovania obloženia jeho pracovnej časti odliatky postupne prechádzajú do odbrokovacej časti bubna. Odtiaľ postupne vypadávajú na dopravné žlabové úseky typu DZU, obr. XVII-9, poz. 6, k odsunu na ďalšie operácie v čistiarni. Čistiaci prostriedok spolu so zvyškami formovacej zmesi a s malými úlomkami vtokových sústav a pod. prepadávajú otvormi v obložení bubna na spodné vibračné sito, kde sa vykonáva separácia úlomkov a hrudiek, tzv. nadsitné, a čistiaceho prostriedku s preosiadlou formovacou zmesou, tzv. podsitné. Nadsitné je dopravené do zberacej odpadovej palety. Podsitné je závitkovým podávačom posunuté ku vzduchovej a magnetickej separácii, kde je dokonale odlúčená formovacia zmes a znehodnotené (rozdrvené) častice čistiaceho prostriedku od kvalitného čistiaceho prostriedku. Ten potom postupuje elevátorom čistého čistiaceho prostriedku do zásobníka nad metacími kolesami. Odsávaný vzduch zo vzduchovej separácie je s prachovými podielmi privádzaný do expanznej nádoby, odkiaľ sú časti odlúčené od vzduchu odvádzané do zásobníka odlúčených nečistôt. Aby množstvo metaného prostriedku odpovedalo potrebnej intenzite čistenia, je regulované podľa otáčok bubna otrieskavača. Tento má automatickú reguláciu otáčok v troch stupňoch. Najnižšie otáčky sú základné a ich zvyšovanie sa vykonáva automaticky podľa zaťaženia bubna v závislosti od intenzity dávky odliatkov pomocou riadiacich obvodov kontrolujúcich zaťaženie pohonu otáčania bubna. Pri prekročení zaťaženia pohonu bubna pri najvyššom stupni otáčok prevádzka otrieskavača je blokovaná a zastavuje sa prísun odliatkov, aby sa neporušil stroj. Technické parametre bubnového otrieskavača TMB 32 sú uvedené v tab. XVII-7.

Technické parametre bubnového otrieskavača TMB 32

Tabuľka XVII-7

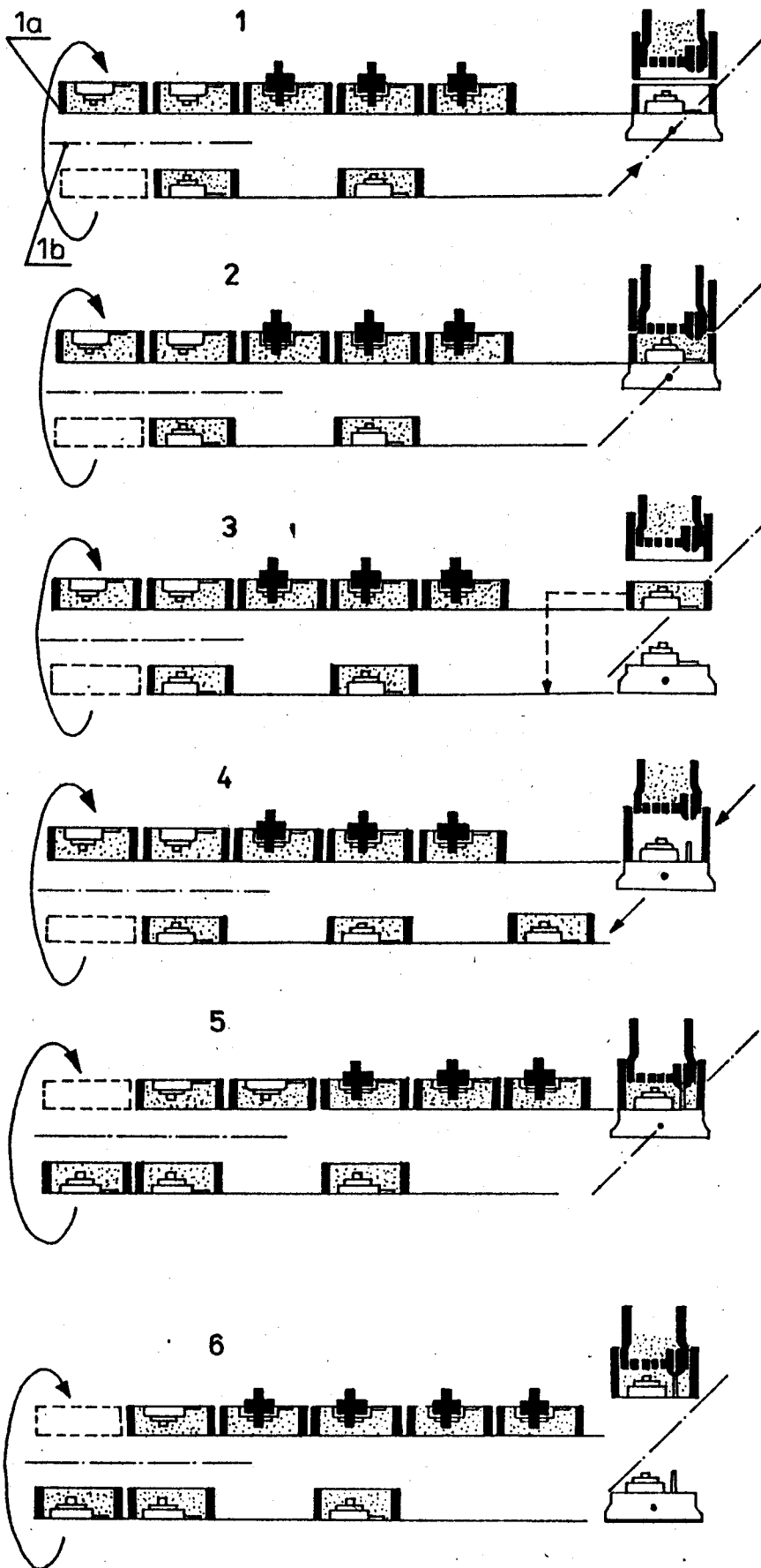
Názov parametrov	Jednotky	Hodnoty
Max. výkon stroja - očistených odliatkov	t.h ⁻¹	10
Max. rozmer odliatku	mm	700
Max. hmotnosť 1 ks odliatku	kg	63
Max. hmotnosť náplne bubna	kg	3200
Max. množstvo formovacej zmesi v % z hmotnosti odliatku	%	10
Veľkosť pracovného priestoru (priemer a dĺžka)	m	2 x 2
Čas priechodu odliatku pracovným priestorom	min	4 - 12
Max. priechodnosť otrieskavacieho čistiacieho prostriedku	kg.min ⁻¹	1200
Náplň otrieskavacieho čistiacieho prostriedku	kg	8000
Max. príkon elektrickej energie	kW	130

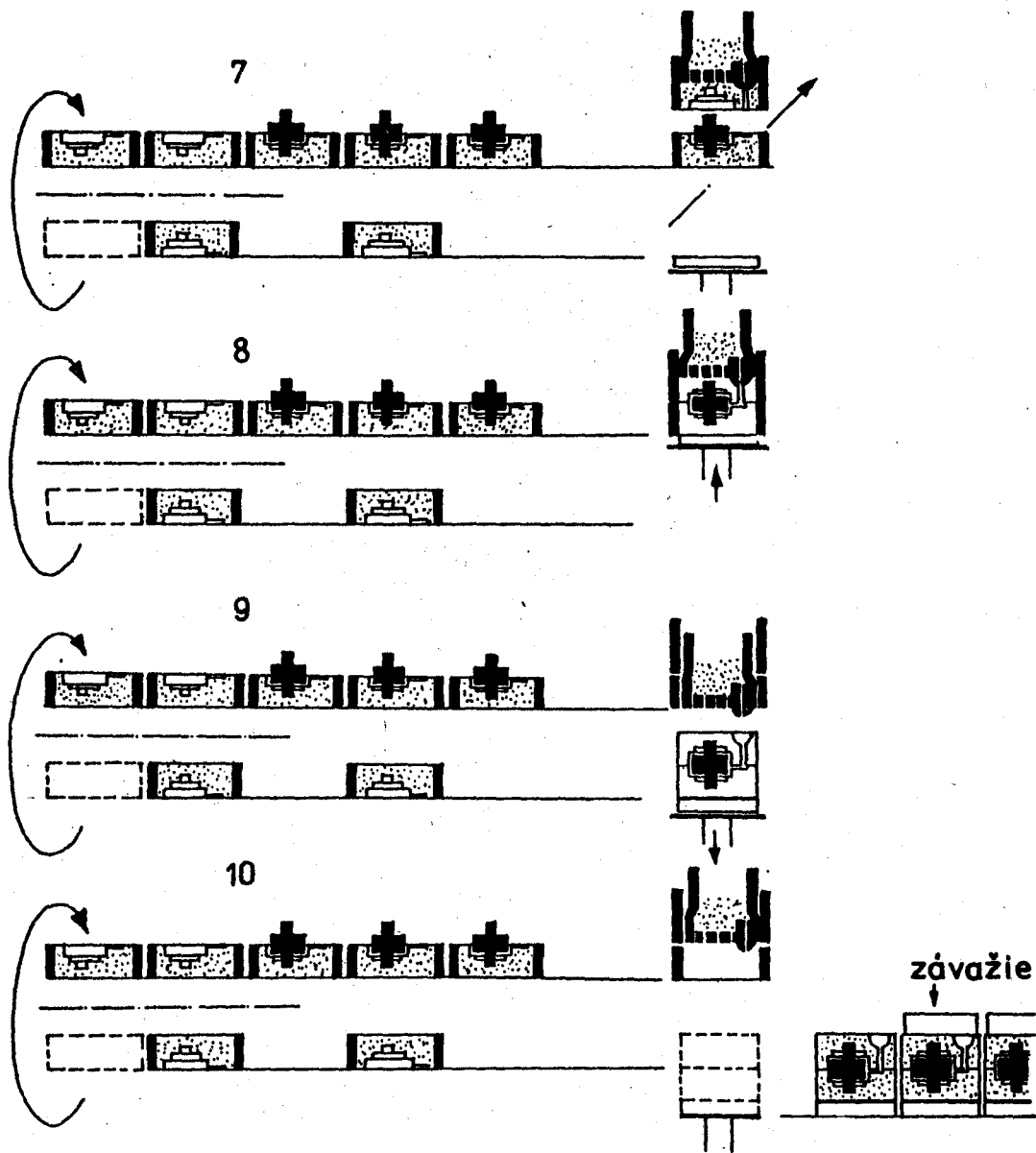
XVII.1.3.3 Automatická bezrámová formovacia linka s automatom K LW 50

Vzhľadom na zjednodušenie konštrukcie, zmenšenie rozmerov, hmotnosti nadobúdajúcich nákladov sa začali vyrábať formovacie automaty s jednou plniacou stanicou spoločnou pre hornú a spodnú polovicu formy. Tým sa ich výkon zníži asi o polovicu, napr. 120 t.h⁻¹, čo vždy vyhovuje podmienkam sériovej výroby.

Fa G. ZIMMERMANN Maschinenfabrik GmbH, NSR vyvinula automatické formovacie linky na výrobu bezrámových foriem s horizontálnou deliacou plochou. Ich základ tvorí automat K LW 50, vyrába formy s rozmermi 750x670x150 až 300/150 až 300 [mm]. Výška hornej a spodnej polovice formy je plynule nastaviteľná v uvedených medziach. Pracuje s lisovacou silou v rozmedzí od 250 do 630 kN, čomu odpovedá plynule nastavovateľný lisovací tlak od 0,5 do 1,25 MPa. Spotreba stlačeného vzduchu tlaku 0,7 MPa predstavuje asi 0,5 m³ na 1 formu. Automat má elektrický príkon 90 kW. Jeho hmotnosť bez hydrauliky a elektroinštalácie je 2800 kg. Na obr. XVII-10a sú znázornené jednotlivé fázy výroby formy:

1. Plniace a zhutňovacie zariadenie je vo východiskovej polohe pre zhotovenie spodnej polovice formy. Spodný rám je usadený na modelovom zariadení pre spodnú polovicu. Vstreľovacia - lisovacia doska je v polohe na vstrelenie formovacej zmesi. Pri výrobe spodnej polovice slúži formovacia komora hornej polovice dosahujúcej na spodný rám ako plniací rámik. Na úseku zakladania jadier sú 4 voľne prístupné spodné polovice.





Obr.XVII-10a
Automatická formovacia linka na výrobu bezrámových foriem s horizontálnym delením - postup výroby bezrámovej formy (1 až 10) na formovacom automate KLV 50

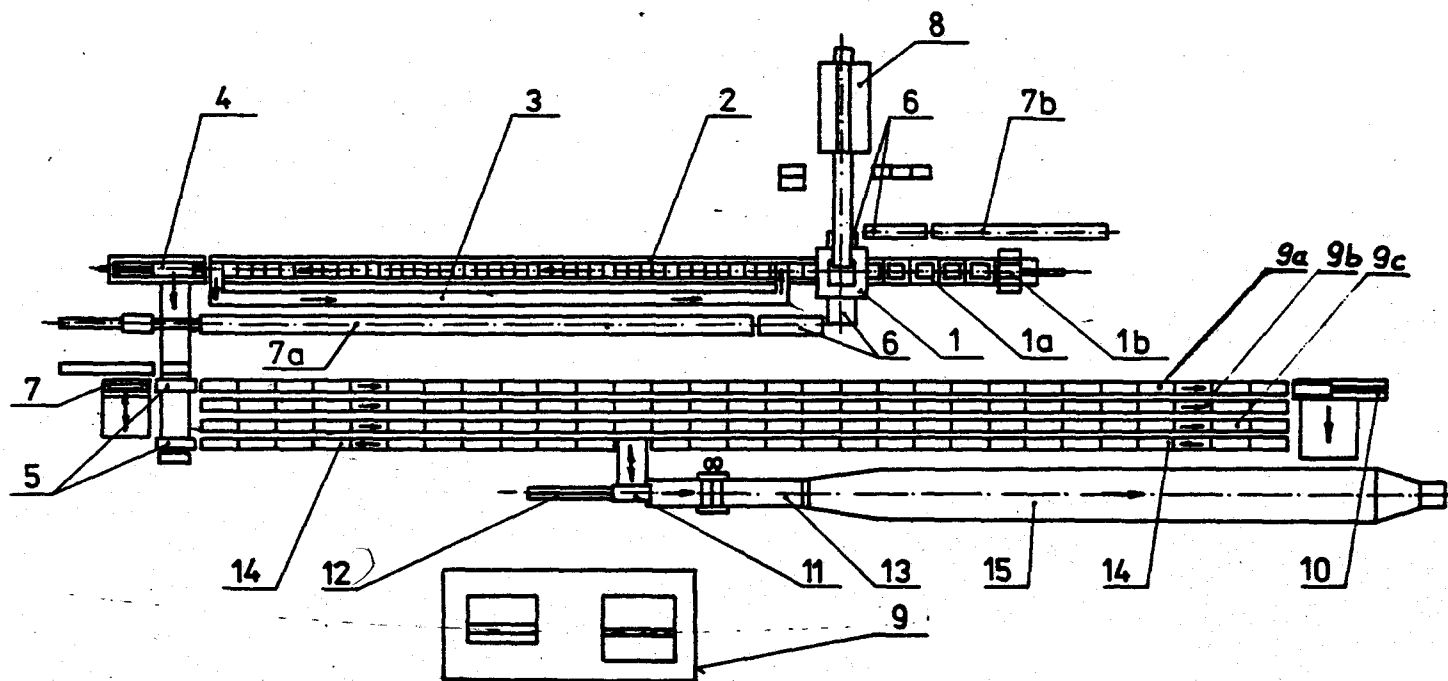
2. Plnenie a predzhustenie vstrelením a konečné zhustenie spodnej polovice hydraulickým dolisovaním zaručuje rovnomernú tvrdosť formy.
3. Oddelenie modelového zariadenia pre spodnú polovicu od formy jeho spustením.

Zdvihnutie vstrel'ovacej lisovacej dosky spoločne s formovacou komorou hornej polovice. Spodná polovica formy, ktorá zostáva v jednom z 8 rá-

mov, vychádza bočne z automatu a uloží sa na spodnú vetvu dopravného systému spodných polovic foriem.

4. Modelové zariadenie pre spodnú polovicu sa odsunulo v smere šípky (kolmo na pohyb foriem) a modelové zariadenie na výrobu hornej polovice sa prisunulo do pracovnej stanice, kde naň dosadla formovacia komora. Vstreľovacia lisovacia doska je vo východiskovej polohe na vstrelenie hornej polovice formy.
5. Plnenie a predzhustenie formovacej komory vstrelením s nasledujúcim dolisovaním. Na spodnej valčekovej trati sa spodné polovice posunuli o 1 krok.
6. Oddelenie modelového zariadenia od hornej polovice spustením a súčasné zdvihnutie hornej polovice formy spolu s formovacou komorou a so vstreľovacou lisovacou doskou.
7. Modelové zariadenie pre hornú polovicu sa odsunulo v smere šípky a obrátená spodná polovica formy v ráme bola z úseku pre zakladanie jadier dopravená späť do pracovnej stanice automatu pod nadvihnutú hornú polovicu. Na obr. vidieť odoberacie zariadenie s podložkou. Ďalšia spodná polovica bola obrátená a dostala sa pritom do úrovne úseku na zakladanie jadier.
8. Formovacia komora s hornou polovicou formy dosadla na spodnú polovicu v ráme a súčasne odoberacie zariadenie zdvihlo podložku tak, aby sa hotová forma mohla prevziať.
9. Zložená forma je vytlačená vstreľovacou lisovacou doskou a je spustená do úrovne dopravného systému pre hotové formy.
10. Bezrámová forma s podložkou je vysunutá a priradená k predchádzajúcim. Pred odlieváním sa formy automaticky zaťažujú.

Podložky sú v smere dopravy o 2 mm dlhšie ako forma. Pri doprave odlievacím úsekom sa formy vzájomne dotýkajú, ale sily potrebné na presun nepôsobia na formu, ale na podložku. Odliata forma sa na konci odlievacej trate presunie zariadením 4, obr. XVII-10b z podložky do chladiacej vane. Uvoľnená podložka sa spustí na valčekovú trať (pod odlievacím dopravníkom 2) a vracia sa späť k formovaciemu automatu. Chladiace vane, každá pre dve odliate formy, sa prostredníctvom dvoch trakčných vozíkov 5 premiestnia oproti niektorej z troch valčekových tratí (9a, 9b, 9c), na ktoré sú "vane" presúvané pojazdným valcom 7. Doprava vaní po valčekových tratiach, na ktorých formy chladnú, sa tiež zabezpečuje valcom 7. Voľbou rôzneho programu využitia chladiacich tratí sa mení čas chladnutia. Na konci chladiacich tratí je vozík 10, ktorým sa "vane" premiestňujú pred vratnú trať 14, na ktorú sú presunuté. Ďalším vozíkom 11 sa premiestňujú pred vytriasaciu mrežu 13, na ktorú sa už formy dopravujú postrkovacím zariadením 12. Odliatky odchádzajú dochladovacím úsekom 15. Prázdne "vane" sa vracajú na trať 14 a ďalej späť pod presúvacie zariadenie 4. Modelové zariadenia sú pripravené na tratiach 7a (na výrobu horných polovic) a 7b (na výrobu spodných polovic). Na ich automatickú výmenu slúžia špeciálne zariadenia 6. Formovací automat je zásobovaný formovacou zmesou zo zásobníka 8.



Obr. XVII-10b

Automatická formovacia linka na výrobu bezrámových foriem s horizontálnym delením - formovacia linka fy G. ZIMMERMANN Maschinfabrik GmbH, NSR

1 - formovací automat KLV 50, 1a - dvojúrovňový dopravný systém pre cirkuláciu spodných rámov (polovic formy), 1b - obracačka hotových spodných polovic, 2 - dopravník (odlievací úsek), 3 - automatické zariadenie na prikľadanie, odoberanie a vracanie závaží, 4 - presúvacie zariadenie, 5 - trakčné vozíky, 6 - automatické zariadenie na výmenu modelových zariadení, 7 - pojazdný presúvaci valec, 7a - dopravná trať na výmenu modelových zariadení, 7b - dopravná trať na výmenu modelových zariadení pre spodné polovice, 8 - zásobník bentonitovej formovacej zmesi, 9 - ovládacia, riadiaca a kontrolná jednotka formov. linky; 9a, 9b, 9c - valčekové trate pre ghladiace vane s formami, 10 - vozík prepájajúci trate 9a, 9b, 9c a 14; 11 - premiestňovací vozík: spätná trať 14 - vytriasacie zariadenie, 12 - postrkovacie zariadenie, 13 - vytriasacie zariadenie, 14 - spätná trať, 15 - dochladzovací úsek

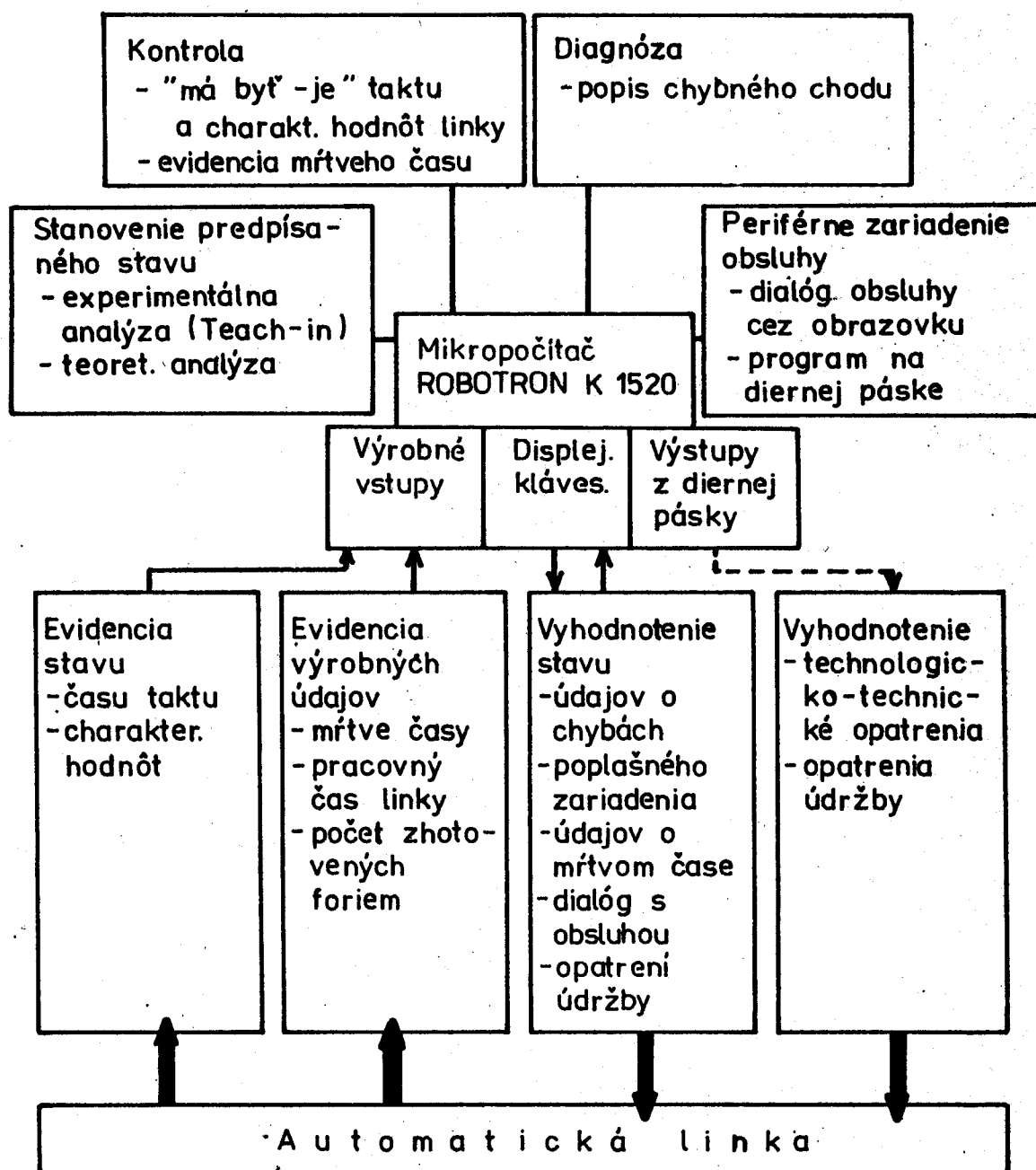
Zmes sa odoberá vynášacím pásom, ktorý je ovládaný sondou v zásobníku vstreľovacieho zariadenia formovacieho automatu.

Aby sa zabezpečil dostatok dobre prístupných miest na zakladanie jadier, je automat vybavený 8 voľnými rámami na výrobu spodných polovic. Čiže 8 cirkulujúcich spodných polovic je vyrobených v predstihu, z čoho v 4 miestach je umožnené vkladanie jadier. Pri max. výkone linky 120 f.h^{-1} je potom celkový čas na zakladanie jadier $4 \times 30 \text{ s} = 120 \text{ s}$. Spodné polovice sa po zaformovaní pohybujú na dopravnom systéme la medzi automatom a obracačkou spodných polovic lb. Linka umožňuje odlievať nielen sivú liatinu, ale až 60 % odliatkov z tvárnej liatiny, ktoré potrebujú dlhší čas na chladnutie vo forme. Minimálny čas na chladnutie je 45 min a maximálny 1 h 45 min. Automatickou predvoľbou postupu foriem na tratiach 9a až c sa pri kombinácii odlievania tvárnej a sivej liatiny dajú časy chladnutia vybraných odliatkov z tvárnej liatiny zvýšiť. Dobrý prístup k pracovnej stanici formovacieho automatu umožňuje umiestňovať k modelovým zariadeniam: chladidlá, exotermické vložky, polystyrénové modely náliatkov atď. Linka je určená pre hmotnosť odliatkov od 3 do 80 kg. Jej odlievací úsek má rozpätie min. 30 foriem, aby prerušenie dodávky taveniny v trvaní 15 min neovplyvnilo výkon linky.

XVII.1.3.4 Automatická bezrámová formovacia linka GISABLOC 35

Kombináciu vstreľovania a lisovania vyšším merným tlakom využíva aj jedna z najmodernejších bezrámových liniek GISABLOC 35 od výrobcu fy GISAG z NDR. Systém formovacieho automatu vyrába bezrámové formy s horizontálnou deliacou rovinou z bentonitových zmesí. Veľkosť foriem je $900 \times 710 \times 160$ až $320/160$ až 320 [mm] a výkon 160 f.h^{-1} . Vstreľovací tlak je 0,1 až 0,3 MPa a lisovací tlak 0,6 až 1 MPa, výrobný takt je 22,5 s. Formovacia linka sa dodáva s automatickým odlievacím zariadením typu INVR 2500, ktoré je programovateľné pre rôzne objemy foriem. S výhodou sa používa pri častej výmene modelových dosiek bez zastavenia chodu stroja. Na výmenu modelových dosiek sa používa manipulátor. Novinkou linky je vybavenie diagnostickým elektronickým zariadením, ktorého princíp vyplýva z obr. XVII-11. Je zostavené na báze mikropočítača ROBOTRON K 1520, ktorý udáva, pripravuje, spracúva a dokumentuje výrobné údaje potrebné na sledovanie porúch a výpadkov automatickej formovacej linky. Ďalej sleduje parametre výroby linky a registra, jej kvantitu dobrých a nepodarkových odliatkov, t.j. kvalitu. Diagnostický elektronický systém je charakterizovaný nasledujúcimi parametrami:

- zber maximálne 64 binárnych signálov na kontrolu taktových časov a maximálne 8 analogických hodnôt na kontrolu teploty (umožňuje ďalšie rozšírenie),



Obr.XVII-11

Schéma diagnostického zariadenia pre automatickú bezrámovú formovacu linku GISABLOC 35

- zisťovanie časových tolerančných medzí prostredníctvom metódy "teach in",
- zisťovanie porúch, to znamená časovej odchýlky presahujúcej tolerančné medze,
- signalizácia, indikácia a vyhodnocovanie porúch pomocou zobrazovacej jednotky (s možnosťou akustickej signalizácie),
- protokolovanie porúch a prestojov časov zariadení podľa jednotlivých príčin prestojov, na želanie pomocou diernej pásky, kazetovej magnetickej pásky alebo termopáskovej tlačiarne,
- vstup príčin časových prestojov pomocou tlačidiel,

- trvalá indikácia stavu zariadení pomocou zobrazovacej jednotky,
- možnosť výberu ľubovoľných registrovaných a agregovaných informácií o zariadení pomocou tlačidiel,
- modulová konštrukcia programového vybavenia pre zabezpečenie možností dopĺňania a začleňovania užívateľských programov,
- možnosť vstupu dodatočných informácií pomocou tlačidiel,
- jednoduchá obsluha tlačidiel pomocou tabuliek na zobrazovacej jednotke a možnosť naladenia orientačného bodu na zobrazovacej jednotke,
- možnosť výberu testovacích programov pre vlastnú diagnózu.

XVII.1.4 Gravitačné plnenie a lisovanie vyšším merným tlakom (max. 1 MPa)

Počet originálnych riešení automatov a liniek na výrobu bezrámových foriem zaznamenal prudký vzrast v sedemdesiatych rokoch; napr. v USA sa zvýšil počet zariadení na výrobu bezrámových foriem od roku 1965 do roku 1977 zo 110 na 1501.

V druhej polovici sedemdesiatych rokov ponúkla aj fa GEORG FISCHER (+GF+ Švajčiarsko) 3 typy automatov na výrobu bezrámových foriem, tab. XVII-8.

Formovacie automaty na výrobu bezrámových foriem systémom +GF+

Tabuľka XVII-8

Údaj	KDFE 8575	KDF 7060	KDF 6050
Veľkosť formy	850 x 750 mm		
Plynule meniteľná výška polovice formy	200 - 300 mm		
Lisovací tlak	max. 1 MPa	max. 1 MPa	max. 1 MPa
Možný čas na zakladanie jadier: - spodná polovica: obidve polohy celkom - horná polovica: obidve polohy celkom	20,5 s		
	18,0 s		
Spotreba formovacej zmesi: - pri výške polovice formy 200 mm - pri výške polovice formy 300 mm	max. 46 t.h ⁻¹		
	max. 70 t.h ⁻¹		
Výkon automatov [f.h ⁻¹]	120	250	280

Automaty typu KDF 7060 a KDF 6050 vyrábajú hornú a spodnú polovicu formy súčasne, čo zabezpečuje vysoké výkony, ale na úkor vyšších nadobúdacích ná-

kladov na automat a vyšších nárokov na zastavaný priestor. Aby firma vyhove-
la požiadavkám súčasných zlievarní, ako napr.:

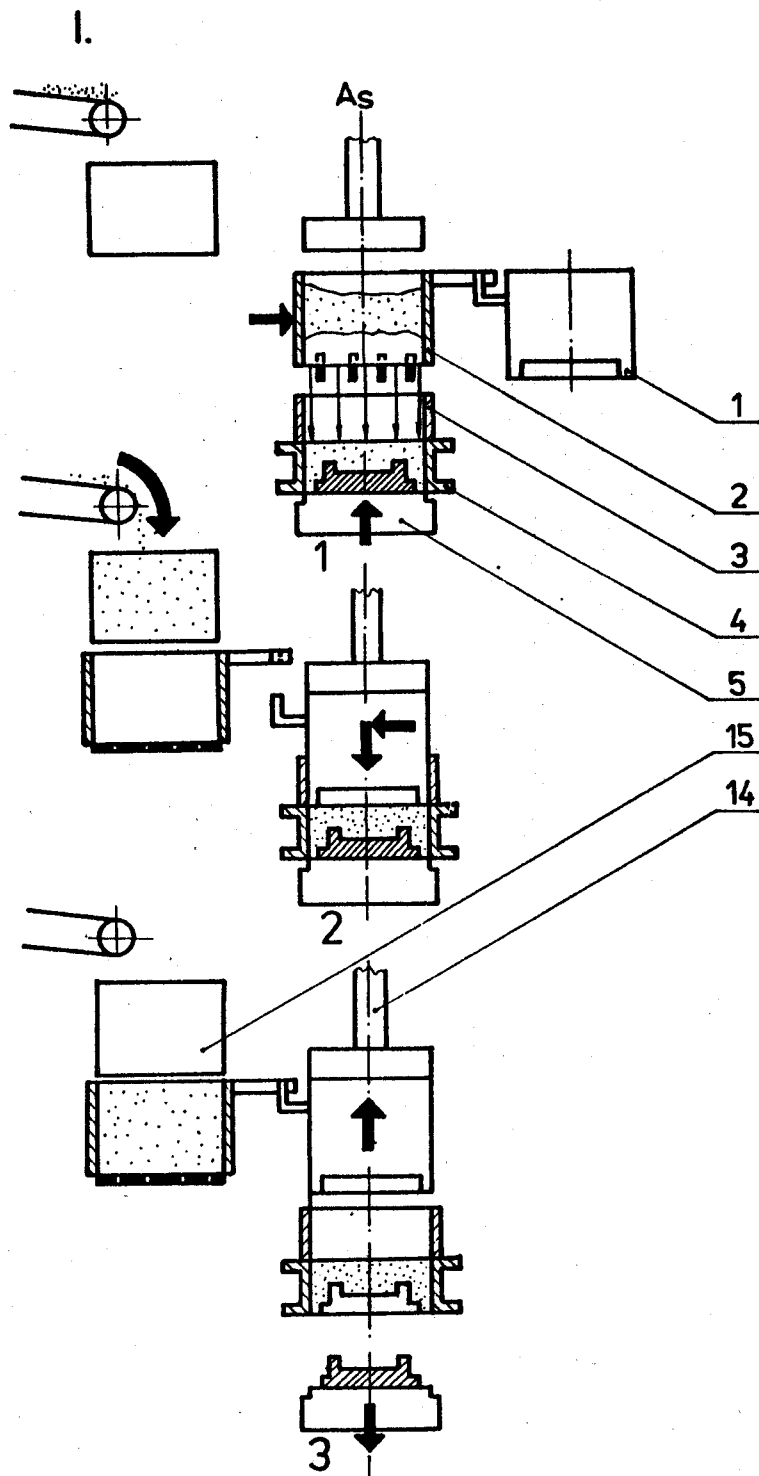
- nadobúdacie a udržiavacie náklady musia byť nízke,
- pružnosť pri plnení výrobného programu musí byť vysoká, a to nielen z hľadiska tvaru odliatkov, ale aj z hľadiska používaných formovacích a tavebných materiálov,
- musí byť zabezpečené bezproblémové zakladanie jadier do spodnej a hornej polovice,
- existujúce modelové dosky musia byť použiteľné len s nepodstatnými zmenami,
- je žiadúca rýchla výmena modelových dosiek, tak, aby bolo možné vyrábať formy pre stredné a menšie série a dokonca i jednotlivé vzorky odliatkov, zlieváreň musí prispôsobiť výrobu vzhľadom na požiadavky zákazníka tak, aby nemusela hotové odliatky skladovať, vyvinula automat KDFE 8575.

Ide o karuselové usporiadanie formovacieho stroja, ktoré je ešte v stanici formovania A, obr. XVII-12 III, doplnené o otočný prípravok - kríž. Vyrába striedavo spodnú a hornú polovicu za sebou v jednej stanici, tým odpadá jedno dávkovacie, plniace a lisovacie zariadenie. Pohyb horných rámov, resp. horných polovic foriem na karuseli je v takte: Av-Bv-Cv-Dvs-Av..., a pohyb spodných je v takte: As-Bs-Cs-Ds-As

Funkcia automatu v polohe formovania vyplýva z obr. XVII-12 I a v polohe skladania a vytlačania z obr. XVII-12 II. Schéma formovacieho zariadenia s karuselovým usporiadaním je na obr. XVII-12 III. Dvojpolohový formovací prípravok, poz. 17, slúži na striedanie modelových dosiek pre spodnú a hornú polovicu formy v takte spodná-horná-spodná-horná

Uvedený postup výroby bezrámovej formy má rezervy v systéme plnenia formovacej zmesi. Naproti tomu používa najmodernejšie konštrukcie a automatizačné prvky, t.j. karuselové usporiadanie, výmenu modelových dosiek pre hornú a spodnú polovicu v takte pomocou otočného prípravku a lisovanie vyšším merným tlakom.

Možno sa domnievať, že najnovšie a najrýchlejšie spôsoby plnenia so súčasným zhutňovaním metódou "impulzného formovania" či už použitím stlačeného vzduchu, expanzie plynov, alebo vákua zasiahnu aj do výroby bezrámových foriem. Urýchlenie procesu plnenia kombináciou impulzného formovania a lisovania by viedlo k zvýšeniu výkonu formovacieho automatu KDFE 8575, avšak na úkor výrobnotechnologického pohodlia. Výkon automatu KDFE 8575 120 f.h⁻¹, vyžaduje odliat formu každých 30 s. Zlievárne, ktoré nepoužívajú najnovšie automatické zariadenia (úpravne pieskov, aut. odlievacie zariadenia atď.) v komplexnom procese výroby odliatkov, môžu napr. skrátenie intervalu odlievania na menej ako 30 s dodržiavať iba extenzívnou formou, čo dnes už nie je efektívne.



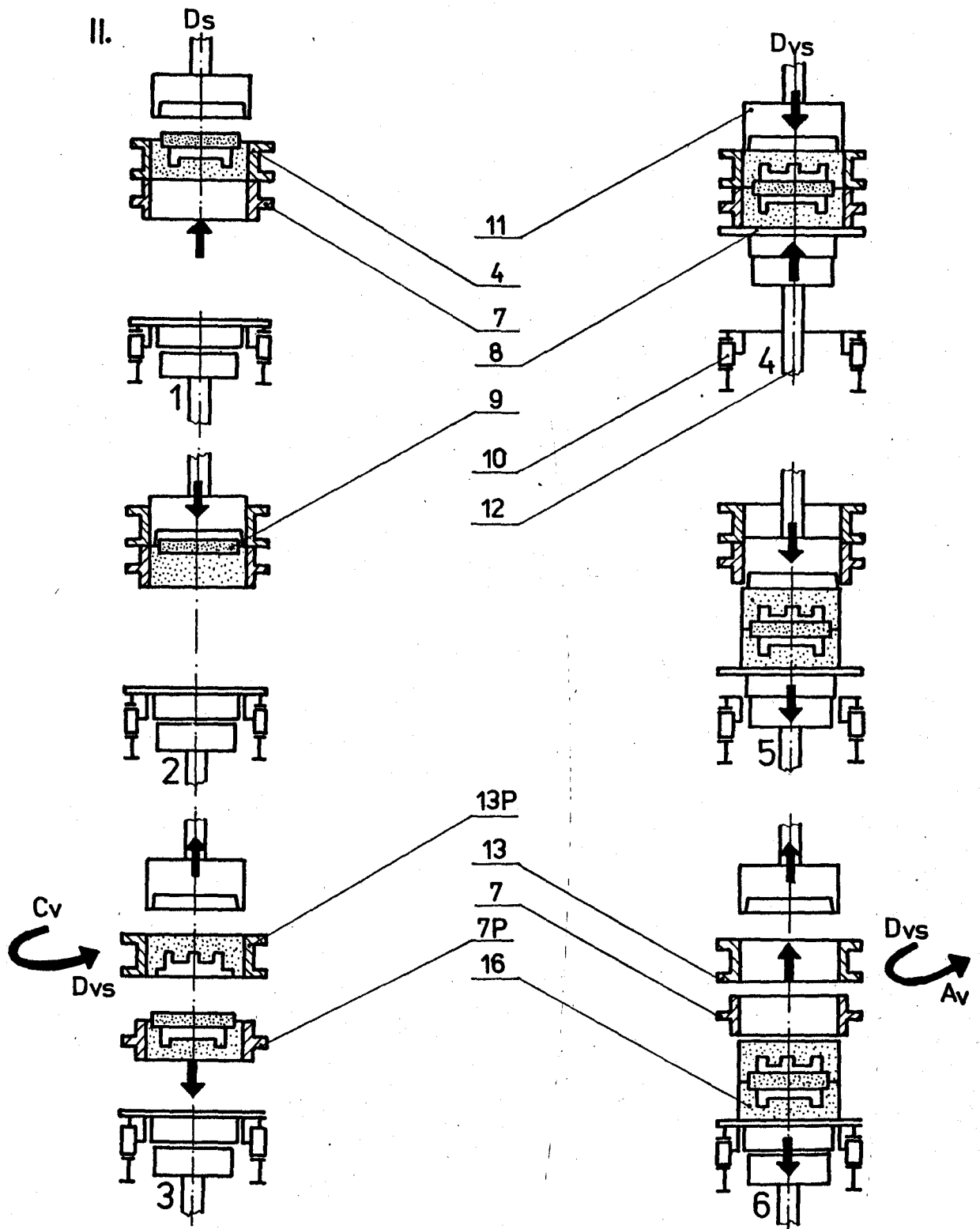
Obr.XVII-12

Pracovný postup výroby bezrámových foriem na automate KDFE - 8575

1 - lisovacia doska pohyblivá, 2 - plniaci zásobník pohyblivý, 3 - plniaci rámik, 4 - spodný rám, 5 - modelová doska na výrobu spodných polovic formy, 6 - modelová doska pre výrobu horných polovic formy, 7 - pretláčací rám, 7P - pretláčací rám preberá v stanici Ds spodné polovice formy, 8 - podložka, 9 - jadro, 10 - vozíková trať, 11 - horné vytlačacie čelo, 12 - dolné zdvíhacie čelo, 13 - horný rám, 13P - horná polovica formy pootočená do stanice Dvs, 14 - lisovací mechanizmus na vyššie merné tlaky, 15 - odmerná nádoba, 16 - hotová forma na podložke, 17 - dvojpolohový otočný prípravok pre modelové dosky, 18 - štvorpolohový karusel

I. Postup výroby spodnej polovice formy v stanici D

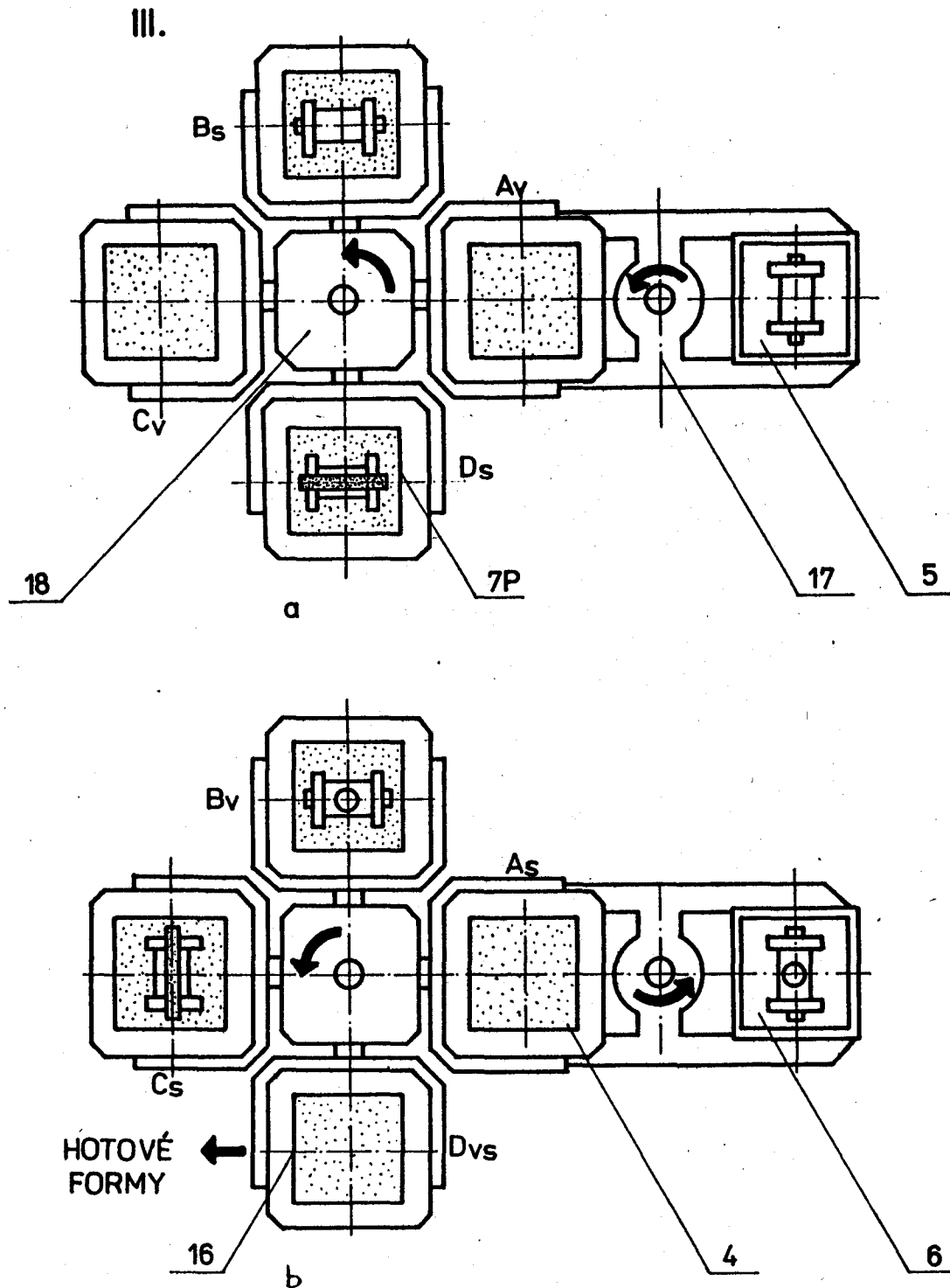
1 - plnenie spodného formovacieho rámu, 2 - zhustovanie lisovaním, 3 - oddeľovanie modelu (modelovej dosky)



Obr.XVII-12 II

Postup skladania a vytlačania formy v stanici D

1 - zdvihnutie pretláčacieho rámu k spodnej polovici formy, 2 - vytlačenie spodnej polovice formy čelom vytlačacieho zariadenia do pretláčacieho rámu, 3 - spustenie pretláčacieho rámu so spodnou polovicou formy, prázdny spodný rám sa pootočil do stanice As, zo stanice Cv prišiel zaformovaný horný rám, poz. 13P, 4 - zloženie formy zdvihnutím pretláčacieho rámu, 5 - vytlačenie zloženej formy vytlačacím čelom, 6 - spustenie hotovej bezrámovej formy na vozíkovú trať



Obr.XVII-12 III

Schéma formovacieho zariadenia

- a) stanice formovacieho automatu v cykle formovania hornej polovice formy
 Av - formovanie hornej polovice formy, Bs - obrátenie spodnej polovice, prvá možnosť zakladania jadra (jadier), Cv - spätné obrátenie hornej polovice, Ds - vytlačenie spodnej polovice do pretlačacieho rámu,
 b) stanice formovacieho automatu v cykle formovania spodnej polovice formy
 As - formovanie spodnej polovice formy, Bv - obrátenie hornej polovice, možnosť zakladania jadier chladidiel, očkovacích prípravkov atď., vrtanie vtokového kanála, Cs - druhá možnosť zakladania jadier, chladidiel atď. do spodnej polovice, Dvs - zloženie hornej a spodnej polovice a vytlačenie bezrámovej formy na vozíkovú trať

Z prehľadu automatov na výrobu bezrámových foriem vyplýva, že zlievárne si doslova môžu na trhu vybrať formovací automat vhodný pre ich sortiment odliatkov a technologicko-výrobné podmienky.

XVII.1.5 Gravitačné plnenie samovoľne tuhúcich zmesí

Zlievárne, ktoré nevyrábajú pre automobilový priemysel a tiež i čs. zlievárne, ktoré nemajú veľkú sériovosť výroby, uprednostňujú formovacie automaty s veľkou flexibilitnou adaptáciou na výrobu rôznych typov a rozmerov odliatkov. Takéto automaty majú menšie výkony, napr. formovací automat KDFE 8575 vyhovuje veľkému počtu zlievární, ktoré produkujú diskkrétne, t.j. rôznorodé odliatky pri častej zmene ich sérií. Doteraz popísané formovacie automaty na výrobu bezrámových foriem vrátane KDFE 8575 používali bentonitové zmesi. Ukázalo sa, že v modernom zlievárenstve sú už vážne bentonitové zmesi prekonané v dôsledku používania chemického vytvrdzovania namiesto mechanického zhutňovania. Flexibilitnosť pre rôzne typy a rozmery odliatkov je vysoká, pretože chemická zmes nie je závislá od jej tvaru, rozmerov, resp. objemu v porovnaní s bentonitovými zmesami pri mechanickom zhutňovaní. Progressivnosť patrí chemicky vytvrdzujúcim zmesiam pri teplotách okolia. Ich spojivové systémy možno rozdeliť takto:

Samovoľne tuhúce zmesi so spojivom na báze derivátov furánovej živice so schopnosťou vytvrdzovania v kyslom prostredí za teploty okolia. Ich spojivový systém sa skladá z furánovej živice a z katalyzátora. Formovacie zmesi pozostávajú zhruba zo 100 hm.d. suchého kremenného piesku (ostriva), z 1,5 až 2,5 hm.d. furánového spojiva a z 0,6 až 1,5 hm.d. katalyzátora. Najprv sa zmieša ostrivo s katalyzátorom a potom sa pridáva spojivo. Rýchlosť samovoľného tvrdnutia závisí predovšetkým od množstva katalyzátora.

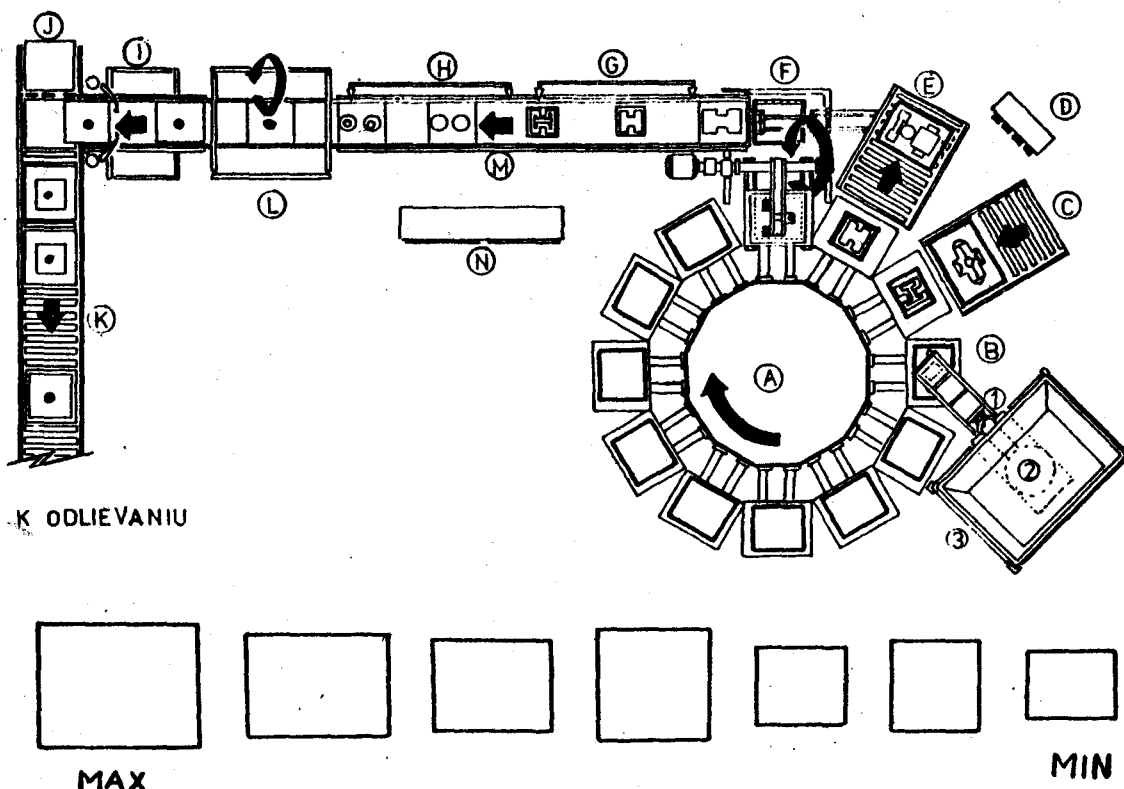
ASHLAND COLD BOX proces používa dvojjložkové tekuté spojivo fenolovú živicu a polyizokyanát v pomere 1 : 1. Zmes sa vytvára tak, že na 100 hm.d. ostriva pripadá 1,8 až 2 hm.d. spojiva a 0,1 hm.d. katalyzátora. Ostrivá obalené tekutým spojivom tvoria zmes, ktorá sa obyčajne vstreľuje do foriem alebo jadrovníkov upravených na prefukovanie vzdušným aerosólom trietylamínu (katalyzátorom) pri pretlaku 0,2 MPa, čím nastáva "okamžité" vytvrdzovanie (do 20 s) za teploty okolia.

Rýchlotvrdnúce zmesi, tzv. FAST COLD proces. Metóda používa fenolické živice v pomere 1,5 až 3 hm.d. so schopnosťou vytvrdzovania v kyslom prostredí za teploty okolia. Katalyzátor je v tekutom stave, používa sa v množstve 1 až 3 hm.d. na 100 hm.d. ostriva. Môže ním byť napr. kyselina p-toluén-

sulfónová alebo etylbenzénsulfónová. So zvyšovaním obsahu spojiva sa zvyšuje pevnosť zmesí a so zvyšovaním obsahu katalyzátora sa zvyšuje pevnosť a rýchlosť vytvrdzovania.

V porovnaní s bentonitovými zmesami formovanými za surova majú samovoľne tuhnúce zmesi vyššiu pevnosť v tlaku a najmä vyššiu pevnosť v ohybe a tvrdosť. Preto sú veľmi vhodné na výrobu bezrámových foriem a jadier. Technická úroveň, automatizácia a programové vybavenie súčasných miešadiel (mixérov) na prípravu samovoľne tuhnúcich zmesí, dovoľuje ich prípravu vo veľkých objemoch na malom priestore a v krátkom čase.

Na posúdenie výhod samovoľne tuhnúcich chemicky viazaných zmesí v súvislosti s výrobou bezrámových foriem možno uviesť ako príklad plnoautomatickú linku systému CELECTA-MOLD fy COMBUSTION ENGINEERING, INC (USA).



Ubr.XVII-13

Automatická linka na bezrámové formovanie, systém CELECTA-MOLD
 1 - mixér na miešanie spojiva s ostrivom a potom s katalyzátorom s výkonom cca 450 kg min⁻¹, 2 - elektrický ohrievač piesku, 3 - vyvýšený násypný zásobník piesku objemu 10 t, A - pootáčací 12-taktný karusel, B - plniaca stanica s vibračným a zarovnávacím zariadením, C - vstupný dopravník pre prísun modelových zariadení na výmenu, D - ovládací a kontrolný panel, E - výstupný dopravník na odvoz použitých modelových zariadení, F - zariadenie na preklápanie polovic formy a ich oddelovanie od modelových zariadení, G - stanica postreku a povrchovej úpravy formy, H - stanica vkladania jadier, I - zariadenie na vysúvanie formy, J - podávač podložiek, K - gravitačný dopravník, L - zariadenie na automatické otáčanie hornej polovice a skladanie formy, M - krokový pásový dopravník, N - diagnostické zariadenie na programovateľnú kontrolu procesu

Linka, obr. XVII-13, používa znova progresívne usporiadanie, a to 12-polo-hový karusel s jednou stanicou plnenia pre spodné a horné polovice. Vstup-ný zásobovací dopravník C dodáva pri každej zmene modelového zariadenia, resp. vonkajšieho rozmeru formy, modelové zariadenie súčasne viazané na formovací rám (polovicu jadrovníka). Prísun modelových zariadení je v takte: spodná polovica - horná polovica atď. Pootočením karuselového sto-la A o 30° príde modelové zariadenie ohraňované rámom do plniacej stanice B pod mixér 1. Tento používa programové dávkovanie zmesi v súlade s potreb-ným objemom zmesi pre konkrétnu polovicu modelového zariadenia a vonkajší rozmer formy. Programové riadenie môže podľa potreby vykonávať zmenu recep-túry zmesi, t.j. pomeru živice a katalyzátora vzhľadom na potrebné techno-logické vlastnosti formovacej zmesi. Ohrievač piesku 2 v podstate udržiava konštantnú teplotu tak, aby pri danom pomere živice a katalyzátora sa dodr-žal konštantný čas vytvrdzovania. Programové riadenie akceptuje dodržiava-nie technologických podmienok pre cyklovú súslednosť plánovaných zmien mo-delových zariadení. Pri výkone linky 100 f.h^{-1} trvá 5,4 min pootáčanie vy-tvrdzujúcej polovice formy do polohy, v ktorej je zariadením F oddelená sa-monosná polovica bezrámovej formy od modelového zariadenia s rámom. Táto je preklopená tak, že jej funkčná dutina (líce) je situovaná hore. Polovi-ca formy je ďalej vysunutá na krokový pásový dopravník M. V stanici G sa vykonáva postrek a povrchová úprava polovic formy. V stanici H je priestor na vkladanie jadier do spodnej polovice. Horná polovica sa v stanici L otá-ča o 180° a skladá sa (uzatvára) spolu so spodnou. Hotová zložená forma je zariadením I vysunutá na podložku gravitačného dopravníka K, na ktorej pu-tuje k odlievaciemu poľu. Odlieva sa minimálne 15 min po naplnení formy sa-movolne vytvrdzujúcou zmesou; vtedy už nadobudla potrebné vlastnosti. K pôvodnému riešeniu formovacieho systému CELECTA-MOLD patrí:

- výkon 100 zložených foriem za hodinu,
- výmena modelových zariadení od jedného po neobmedzený počet v rámci pra-covných cyklov,
- môže vyrábať formy s ľubovoľnými rozmermi od minimálneho $355 \times 460 \times 75/75$ po maximálny $610 \times 760 \times 200/200$ [mm], schematicky znázornené na spodnej čas-ti obr. XVII-13,
- systém môže vyrábať až 6 rozličných foriem (odliatkov) súčasne,
- používa programované plnenie formovacej zmesi pre rôzne veľkosti foriem,
- používa automatické otáčanie horných polovic a ich presné skladanie so spodnými.

K výhodám spojivového systému vytvrdzujúceho za teploty okolia, tzv. systé-mu NO-BAKE (zmesi nevyžadujúce ohrev), patria:

- zníženie spotreby energie a tomu odpovedajúcich nákladov,
- veľká rozmerová presnosť a vyššia akosť povrchu pre všetky odliatky zo železných a neželezných zliatin,
- vyššia úroveň výroby, menšie nároky na zručnosť obsluhy a menej pracov-

- ných hodín,
- zníženie problému znečistenia prostredia a jeho kontroly,
 - významné úspory na nákladoch, súhrnné náklady na výrobu dovoľujú rýchlo vyplatiť počiatočné investície.

XVII.2 AUTOMATY NA VÝROBU BEZRÁMOVÝCH FORIEM S VERTIKÁLNOU DELIACOU ROVINOU

Formovacie automaty tejto skupiny dosahujú najvyššie výkony, sú vhodné pre veľkosériové výroby, to znamená pre nie časté zmeny sortimentu odliatkov. K ich negatívnym charakteristikám patrí, že nie sú vhodné na výrobu odliatkov širokého tvarového sortimentu, a to z hľadiska usporiadania vtokových systémov. Ďalej z hľadiska nekontrolovateľnosti uloženia jadier a z hľadiska použiteľnosti členitých jadier a možností ich uloženia.

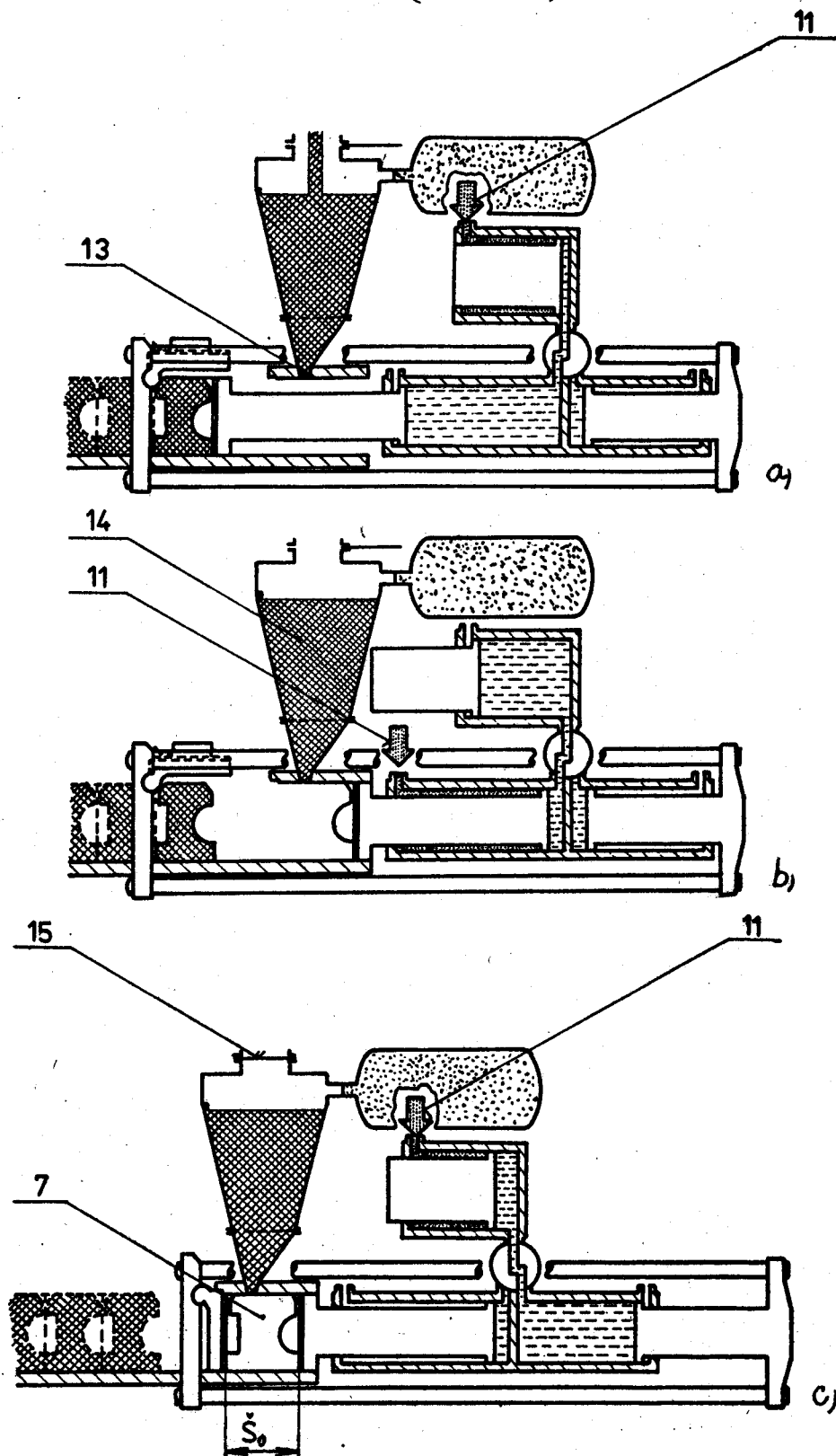
K typickým predstaviteľom tejto koncepcie patria formovacie automaty systému DISAMATIC, ďalej WALLWORK, Automatickeskije línijs "A" atď.

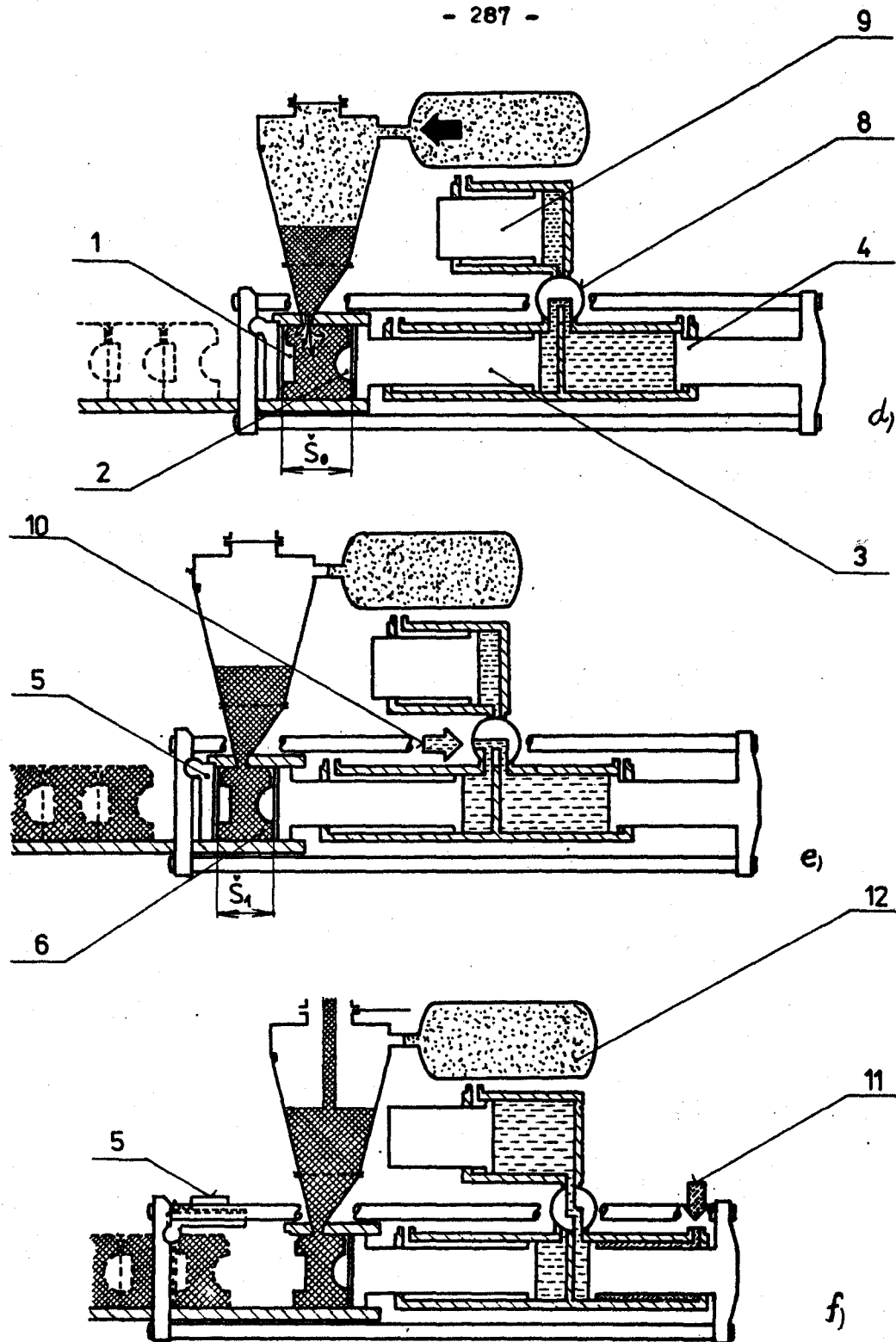
XVII.2.1 Výroba bezrámových foriem na automatoch typu DISAMATIC

Považujú sa za najúspešnejšie zariadenia na výrobu bezrámových foriem. Prvý typ DISAMATIC 2011 bol daný do prevádzky roku 1964. Výrobca, dánska fy DISA - odd. DISAMATIC, odvtedy stroje ustavične vylepšovala po technickej a automatizačnej stránke. Najnovšie typy, napr. DISAMATIC 2070 a DISAMATIC 2130, sú po technickej stránke natoľko vypracované, že výrobca, ktorého ťažisko tvorí výroba meracej a regulačnej techniky a iných elektronických prístrojov, začal vyrábať k automatom automatické odlievacie zariadenia DISAPOUR a chladiace - vytíkáacie bubny (DISACOOŁ). Dodáva kompletne automatické linky na výrobu surových odliatkov s malými nárokmi na priestor. DISAMATIC je jediný z automatov vhodný na výrobu bezrámových foriem pre odliatky zo sivej, tvárnej a temperovanej liatiny, z neželezných kovov a z ocelí na odliatky.

Zhustovanie formovacej zmesi používa dve osvedčené fázy:

1. plnenie a predzhustenie vstreľovaním,
2. dolisovanie vyššímmerným tlakom (cca 2 MPa).





Obr.XVII-14

Postup výroby bezrámovej formy systémom DISAMATIC

1 - ľavá modelová doska, 2 - pravá modelová doska, 3 - ľavý piest ukončený prítlačnou doskou, na ktorej je upevnená pravá modelová doska, 4 - pravý piest prepojený s ľavou (čelnou) modelovou doskou, 5 - čelná výkyvná prítlačná doska, na ktorej je upevnená ľavá modelová doska, 6 - dolisovaná obojstranná polovica formy, 7 - priestorovo uzavretá formovacia komora, 8 - ovládací viaccestný ventil, 9 - pomocný hydraulický systém na reguláciu polôh modelových dosiek, 10 - prívod pracovného tlakového oleja, 11 - prívod pomocného (regulačného) tlakového oleja, 12 - zásobník vzduchu pre vstreľovaciu komoru, 13 - vstreľovacia štrbina, 14 - vstreľovacia komora, 15 - púsúvadlový uzáver vstreľovacej komory

Vstreľuje sa zhora do štvorhrannej formovacej komory uzavretej dvoma vertikálnymi modelovými doskami, z ktorých jedna dolisúva zmes pohybom oproti stojacej (opornej). Schematicky je postup výroby polovice formy zobrazený v šiestich taktoch, obr. XVII-14a až f.

- a) Vstreľovacia komora 14 je prepojená s formovacou komorou 7 cez vstreľovaciu štrbinu 13. Vstreľovacia komora má v hornej časti dopravník, jej plniaci otvor sa uzavrie, keď indikátor hladiny formovacej zmesi signalizuje, že hladina je dostatočná. Pri súčasnom uzavretí vstreľovacej komory sa vstreľí do nej zmes podávacím stlačeným vzduchom zo vzdušníka vstreľovacej komory 12.
- b) Počas procesu zhusťovania je ľavá čelná modelová doska 1 udržiavaná v pevnej polohe pomocou piesta 4 pod dostatočným protitlakom. Pravá lisovacia modelová doska 2 pripevnená k prítlačnej doske sa vtlačí hydraulickým systémom do formovacej komory natoľko, že zmes sa dolisuje na vopred nastavitelnú hodnotu v závislosti od zvoleného lisovacieho tlaku.
- c) Čelná výkyvná modelová doska 1 sa pri súčasných vibráciách odtiahne od formy pomocou regulácie tlaku oleja 11 v pravom prítlačnom valci 4 do polohy paralelnej s formovacou komorou 7. Na princípe ovládania pomocou kulisového mechanizmu sa doska protitlakom pri pohybe smerom doľava dostane do takej polohy, že formovacia komora sa čelne otvorí. Súčasne sa plní vstreľovacia komora.
- d) Pravá lisovacia modelová doska 2 pripevnená k prítlačnej doske vytlačí polovicu formy z komory. Tesne predtým, ako dosiahne polohu predchádzajúcej vytlačenej formy, sa jej rýchlosť zníži natoľko, aby hladko na ňu dosadla. Potom sa séria vyrobených foriem posunie ovládaným pohybom dopredu o šírku (Š₁) jednej polovice formy.
- e) Pri potlačení série foriem dopredu sa zapne vibrátor pripojený k prítlačnej doske a pravá lisovacia modelová doska 2 sa vytiahne z formy. Pomocou vibrácií sa zabezpečuje negatívny tvar obrysu modelu bez poškodenia formy. Pravá lisovacia modelová doska 2 s prítlačnou doskou sa vráti späť do východiskovej polohy vo formovacej polohe 7 pomocou prívodu pomocného (regulačného) tlakového oleja 11, ktorý ovláda ľavý prítlačný piest.
- f) Nakoniec sa čelná výkyvná oporná doska 5, na ktorej je upevnená ľavá modelová doska 1, vráti do vertikálnej polohy a posunie sa späť, čím uzavrie formovaciu komoru. Súčasne sa uzavrie posúvadlový uzáver 15 na plnenie formovacej zmesi na vrchu vstreľovacej komory. Tým sa uzavrel formovací cyklus a automaticky sa začína cyklus výroby nasledujúcej polovice formy. Medzitým je možnosť vkladania jadier do pravej hotovej polovice formy.

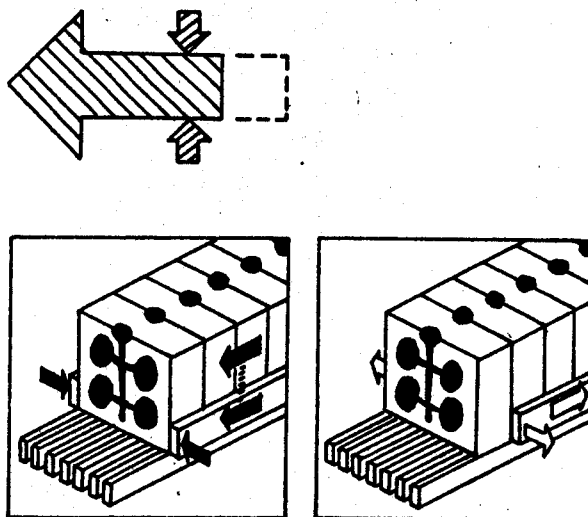
Prehľad niektorých typov formovacích automatov fy DISA je uvedený v tab. XVII-9. V nasledujúcom uvedieme vybrané zariadenia vytvárajúce súčasť formovacích automatov.

Formovacie automaty fy DISA na výrobu bezrámových foriem

Tabuľka XVII-9

Formovací automat	Rozmer formy dĺžka x výška x hrúbka [mm]	Výkon [f.h ⁻¹]	Posuv foriem	Zakladanie jadier	Spôsob riadenia	Iné
DISAMATIC 2011	400x500x120-300/ 120-300	300	Vytlačanie li- sovacou doskou alebo AMC 2042	ručne	mechanicko: -hydraulicky -pneumaticky	už sa nevyrába
DISAMATIC 2013 A B	480x600x120-330/ 120-330 535x650x120-330/120-330	360	Vytlačanie li- sovacou doskou alebo AMC 2042	ručne alebo za- kladačom jadier	mechanicko: -hydraulicky -pneumaticky	už sa nevyrába
DISAMATIC 2013 MK	480x600x120-330/ 120-330	360 pri hrúbke 200/200	AMC 2042	Core Setter 2043 čas zakladania 4 s alebo DISA- CORE 2046	elektronicky	vyrába 2,8-3,9 ton odliatkov za hod.
DISAMATIC 2013 HK 4	480x600x120-330/ 120-330	360	AMC 2053	Core Setter	elektronicky	spotreba zmesi max. 50 t.h ⁻¹
DISAMATIC 2013 LP	480x600x120-330/ 120-330	180	AMC 2053	Core Setter	elektronicky	spotreba zmesi 15-25 t.h ⁻¹
DISAMATIC 2032	775x600x150-400/ 150-400	300	PMC 2063	Core Setter čas zakladania 3s DISACORE	elektronicky	výmena mod.dosiek pomocou vozíka 2060 poloautomaticky
DISAMATIC 2120 A,B,C	600,650x730,775,850x x100-475/100-475	180-210	PMC	Core Setter CBS DISACORE	počítačom	Automatická výmena mod.dosiek za 20- 40 s
DISAMATIC 2130		360-420	PMC	Core Setter CBS DISACORE	počítačom	Automatická výmena za 20-40 s
DISAMATIC 2070 A B	950x700x200-560/ 200-560 800x950x250-635/ 250-635	275 pri hrúbke 200/200	PMC 2072	Core Setter ACF DISACORE	počítačom	Výmena mod.dosiek (automaticky-ACP), manipulátor (ACE) odoberanie odliatkov
DISAMATIC 2110	400x500x100-315/ 100-315	205 pri hrúbke 200/200	Systémom AMC pre dĺžku 6 alebo 12 m	Systémom CSE pra- vostranným alebo ľavostranným	elektronicky alebo počítačom	Automatické polohova- nie a upevnenie mod. dosiek, výmena za 2 min

AMC (Automatic Mold Conveyor) - automatický systém dopravy foriem, obr. XVII-15.

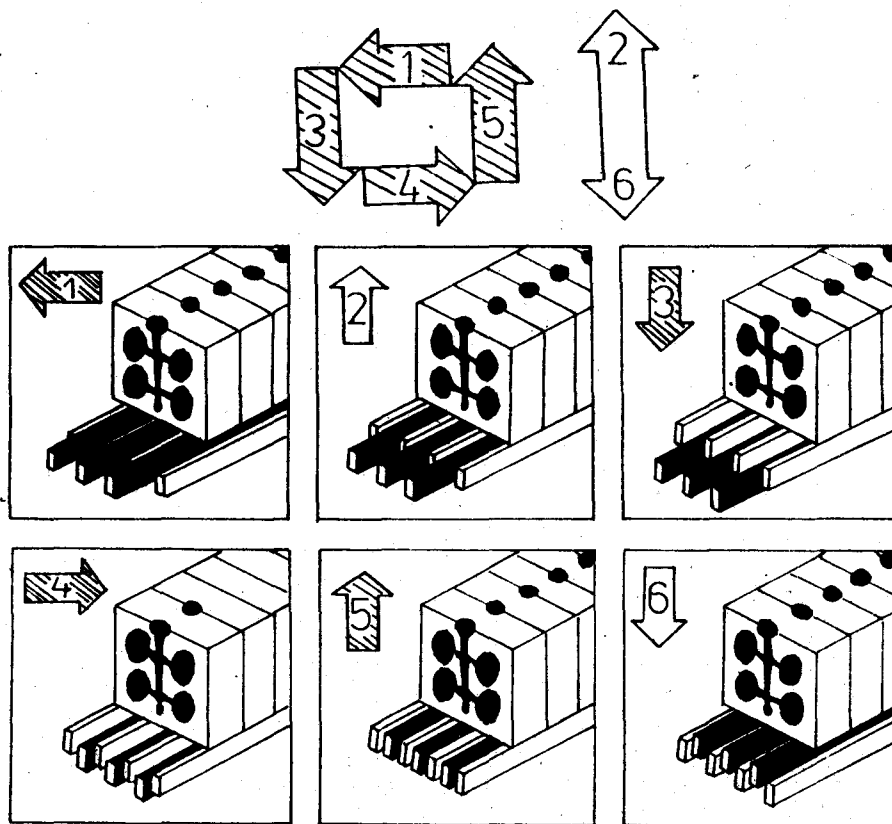


Obr. XVII-15
Automatický systém dopravy formy

Rad foriem sa zovrie z oboch strán priebežnými lištami pôsobením pneumatického mechanizmu. Ďalší pneumatický mechanizmus (piest a valec) pôsobí v smere pohybu foriem. Jeho tlak je nastavený tak, že posuvná sila sa rovná 90 % zo sily potrebnej na prekonanie odporu proti posuvu. Zvyšujúcich 10 % dodá pravá lisovacia doska pri vysunutí vyrobenej polovice formy z komory, čo umožní ľahké posunutie celého radu foriem bez ich namáhania, 10 % výtláčná sila vyhovuje pre uzavretie foriem a pre fixovanie jadier.

PMC (Precision Mold Conveyor) - presný systém dopravy foriem, obr. XVII-16. Používa sa pre väčšie rozmery foriem, je tiež riadený pracovným taktom formovacieho automatu. Dopravný systém sa skladá z dvoch roštov, z ktorých jeden vykonáva pohyb 1-3-4-5, v takte 1 posúva celý rad foriem o jednu polovicu. Druhý rošt vykonáva pohyb len vo zvislom smere 2-6.

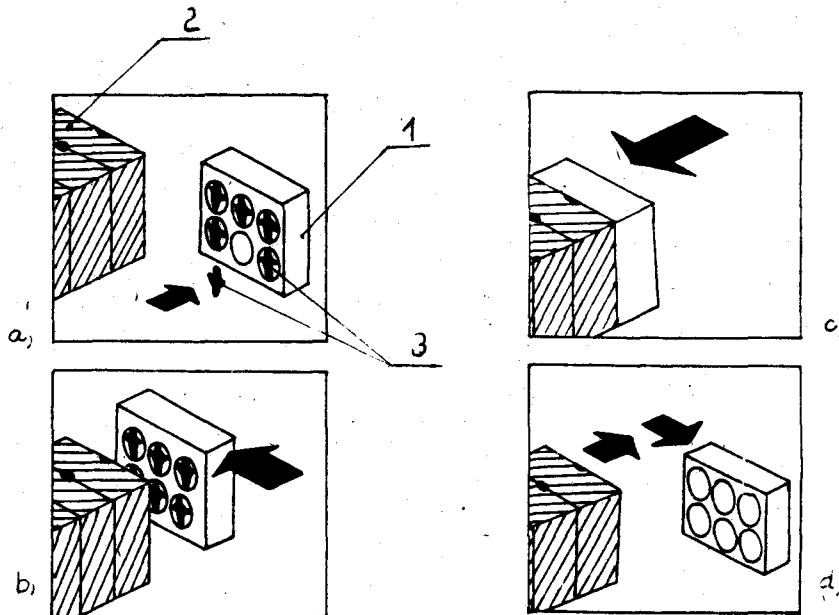
CORE SETTER - poloaautomatický zakladač jadier, obr. XVII-17. Pri použití systému poloaautomatického zakladania jediný pracovník obsluhy a kontroly chodu automatu ručne zakladá jadrá do tvarových dutín v doske zakladača 1. Jadrá sa vyrobili mimo formovacieho automatu. V doske zakladača sú držané prostredníctvom sily vyvolanej podtlakom. Obsluha dáva zakaždým kontrolný signál, že operácia založenia jadier do zakladača je ukončená. Na jeho základe centrálné riadenie automatu v súlade s pracovným cyklom stroja dáva impulz na začatie operácie zakladania. Pri prisunutí dosky zakladača k poslednej polovici formy sa na základe jej dotyku zmení podtlak na pretlak a jadrá sú "zafúknuté" do správnej polohy vo forme. Jadrá mávajú na známkach zachytávacích výstupky upravené tak, aby držali v jednej polovici formy. Nasledujúca hotová polovica uzavrie formu aj so založenými jadrami.



Obr. XVII-16

Presný systém dopravy foriem

1. posuv foriem uložených na pohyblivom rošte (tmavý) v smere šípky,
2. rošt (svetlý) sa zdvihne na úroveň foriem, 3. rošt (tmavý) klesne pod úroveň foriem, 4. rošt (tmavý) sa posunie späť o šírku polovice formy,
5. rošt (tmavý) sa zdvihne na úroveň foriem, 6. rošt (svetlý) klesne pod úroveň do východiskovej polohy



Obr. XVII-17

Cyklus poloautomatického zakladania jadier

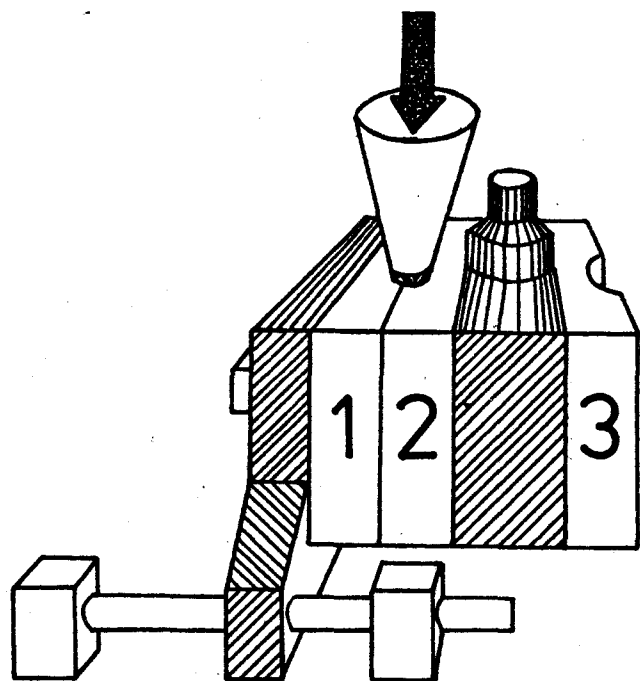
- 1 - doska zakladača, 2 - výstupný rad foriem, 3 - jadrá, a) vkladanie jadier do dosky zakladača, b) priamočiary pohyb dosky zakladača pred rad foriem, c) prisunutie zakladača k naposledy vyrobenej polovici formy, d) návrat zakladača do východiskovej polohy pre opakovanie cyklu

DISACORE - automatický vstreľovací stroj na výrobu jadier. Metóda výroby jadier nazývaná ASHLAND COLD BOX používa rýchlo vytvrdzujúci spojivový systém za studena. Jadrová zmes je vytvorená zo 100 hm.d. kremenného ostriva, z 2 hm.d. dvojzložkového tekutého spojiva (fenolová živica a polyizokyanát 1 : 1). Jej vytvrdenie nastáva pôsobením pár katalyzátora - trietylamínu (0,1 hm.d. na 102 hm.d. jadrovej zmesi). Okamžité vytvrdenie umožnilo vyrábať jadrá v súlade s pracovným taktom DISAMATICU, t.j. 10 s pri výkone 360 f.h^{-1} . Potom automatický vstreľovací stroj, trojdielny jadrovník a zakladač jadier tvoria celok riadený DISAMATICOM, jeho činnosť vyplýva z obr. XVII-18. Tento umožňuje súčasne jedno jadro vyrábať a druhé odovzdávať. Po vstrelení sa jadro prefukuje trietylamínom pomocou nosného plynu CO_2 . Po 1 až 2 s vytvrdenia sa jadro prefúka ešte vzduchom. Na obr. f) jadro drží pomocou podtlaku v doske zakladača 4, ktorý sa odsunie a dotkne sa s poslednou vyrobenou polovicou formy. Dotyk dáva impulz na zmenu podtlaku na pretlak, čím sa jadro odovzdá.

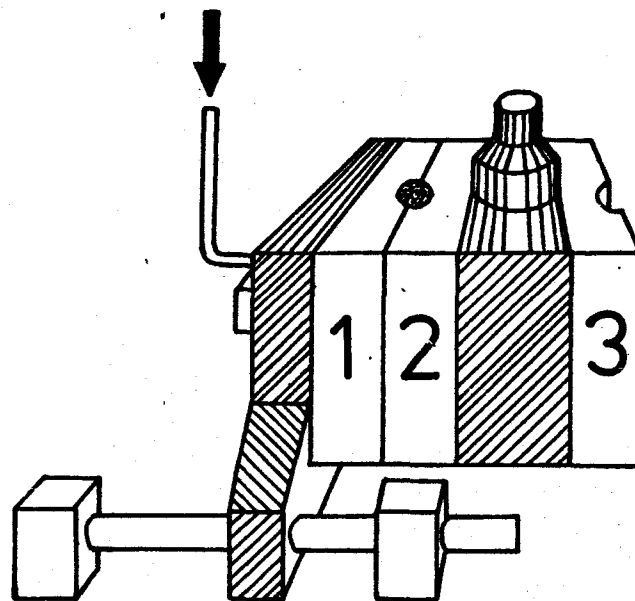
Vozík na výmenu modelových dosiek. Vzhľadom na časovú a fyzickú obťažnosť manipulácie s modelovými doskami hmotnosti vyššej ako 100 kg pre väčšie rozmery foriem bol vyvinutý špeciálny vozík s kolajovým vedením. Umožňuje ľahkú a rýchlu výmenu modelových dosiek, čo znižuje rizikovosť úrazov, obsluhy a poškodenia modelových zariadení. Modelové dosky sú v priebehu výroby foriem vyhrievané. Po založení nových modelových dosiek do záväzacieho vedenia vozíka sa tieto elektricky predhrejú na pracovnú teplotu udržiavanú termostatom. Po príjazde vozíka do polohy kolmej na formováciu kombru sa zavezu predhriate modelové dosky určené na výmenu a zároveň sa odoberú modelové dosky z predchádzajúcej série výroby.

Od radu formovacích automatov 2013 MK 3 bolo mechanicko-pneumaticko-hydraulické ovládanie nahradené elektronickým. Tým sa znížil počet prvkov hydraulického a pneumatického riadenia o 25 %, čo zvýšilo spoľahlivosť prevádzky a znížilo nároky na údržbu. Pri tomto rade automatov (od roku 1974) sa použil nový patentovaný systém vstreľovania formovacej zmesi. Jeho prednosťou je, že rýchlosť formovacej zmesi vstupujúcej do formovacej komory je tým väčšia, čím je formovacia komora (forma) vyššie zaplnená. Dosiahne sa tým rovnomerné predzhustenie zmesi v celom objeme formy pred dolisovaním. Toto vplyva na rovnomernejšie zhustenie po dolisovaní a na priaznivejšie oddelovanie modelových dosiek od polovice formy. Ďalej z dôvodov trenia a opotrebovania je pravá modelová doska, obr. XVII-14 poz. 2, pri pohybe po dne formovacej komory podopieraná vzduchovým vankúšom.

Najnovšie rady automatov, napr. DISAMATIC 2070, sú vybavené počítačom. Tomuto formou programovania možno odovzdať parametre modelového zariadenia (hrúbku modelovej dosky, výšky modelov atď.). Po spracovaní údajov dáva počítač impulzy na automatické nastavenie základných parametrov, t.j. polohy vstreľovacieho otvoru, šírky formovacej komory a dĺžku vstreľovacej operácie. Ďalej vypočíta bezpečný rozstup modelov atď. Počítač ďalej používa



a



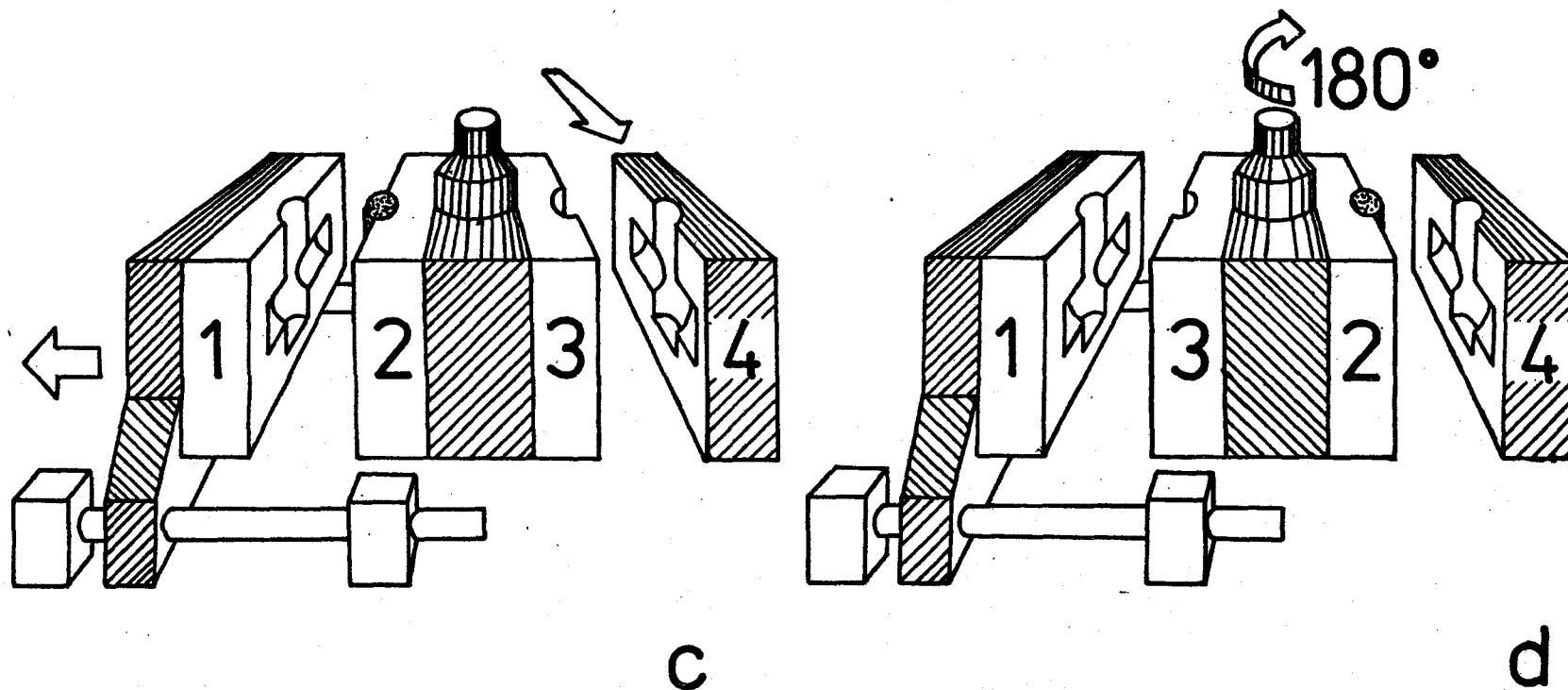
b

Obr. XVII-18

Cyklus automatickej výroby jadra a jeho zakladania

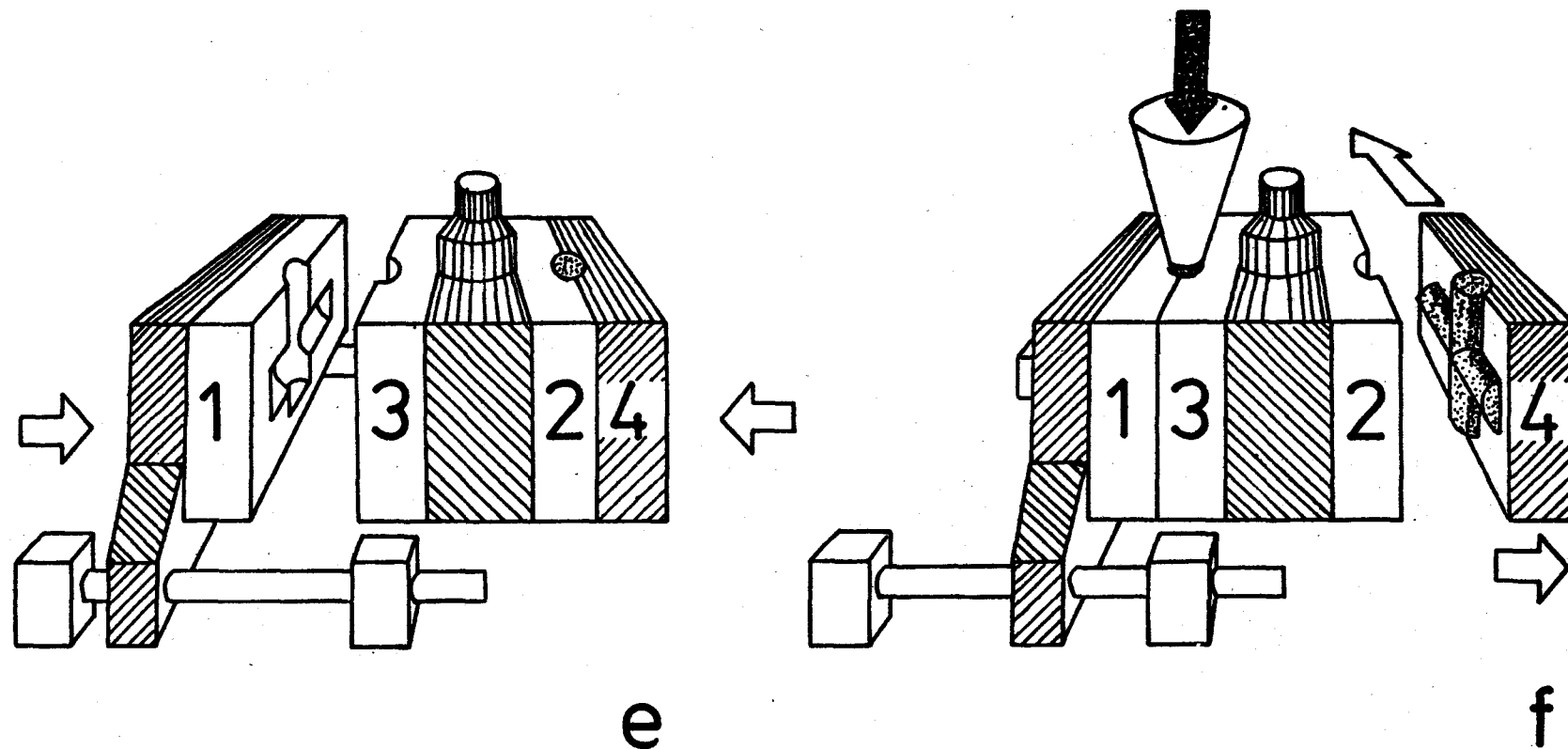
1 - prvá polovica jadrovníka vodorovne pohyblivá, 2,3 - rovnaké druhé polovice jadrovníka otočne uložené

a) zovretie polovic jadrovníka 1 a 2, vstrelenie jadrovej zmesi, b) prefúkanie jadra plynom katalyzátorom



Obr. XVII-18

Cyklus automatickej výroby jadra a jeho zakladania
 1 - prvá polovica jadrovníka vodorovne pohyblivá, 2,3 - rovnaké druhé polovice jadrovníka otočne uložené, 4 - tvarová doska zakladača jadier
 c) otvorenie prvej polovice jadrovníka a prisunutie zakladača, d) otočenie druhých polovic jadrovníka



Obr. XVII-18

Cyklus automatickej výroby jadra a jeho zakladania
 1 - prvá polovica jadrovníka vodorovne pohyblivá, 2,3 - rovnaké druhé polovice jadrovníka otočne uložené, 4 - tvarová doska zakladača jadier
 e) prisunutie dosky zakladača 4 k polovici jadrovníka 2, kde zakladač podtlakom prevezme jadro, f) odsun dosky zakladača, zovretie polovic jadrovníka 1,3 a vstrelenie jadrovej zmesi

na elektronické riadenie hydraulické a pneumatické silové jednotky. Je vybavený aj diagnostickým programom tak, že v prípade poruchy automatu určí príčinu a ohlásí ju vo forme číselného kódu na displeji.

V rámci kompletizácie automatickej formovacej linky na výroby bezrámových foriem ponúka fa DISA ďalšie dve zariadenia:

1. DISACOOOL - chladiaci a vytíkáci bubon. Odliatky sa chladia na princípe odparovania vody z formovacej zmesi. Bubon sa otáča rýchlosťou 3 ot.min⁻¹ a je vhodný pre formy, pri ktorých hmotnostný pomer kovu a zmesi je 1 : 5 až 1 : 10. Z bubna vystupuje jedným prúdom upotrebená formovacia zmes a druhým vystupujú surové odliatky.
2. DISAPOUR - automatické odlievacie zariadenie. Pozostáva z dvoch špeciálnych panví, ktoré sa naplnené striedavo umiestňujú vysokozdvížným vozíkom z dvoch strán na naklápacie zariadenie. Naklápanie panvy sa vykonáva okolo vodorovnej osi, ktorá prechádza hubičkou umiestnenou na jej obvod. Výsledkom takéhoto riešenia je, že odlievacia výška je konštantná. Tvar panvy zase zabezpečuje konštantnú hmotnosť odliateho kovu v závislosti od jej naklopenia za určitý čas. Použitie oboch panví umožňuje nepretržité odlievanie pri pomernej jednoduchosti zariadenia.

Linky DISAMATIC sa používali aj pri odlievaní odliatkov zo zliatin Al. Podľa informácií môžu z hľadiska celkových nákladov na výrobu konkurovať odlievaniu do kovových foriem, aj keď niekedy je potrebný väčší rozsah strojového opracovania odliatkov.

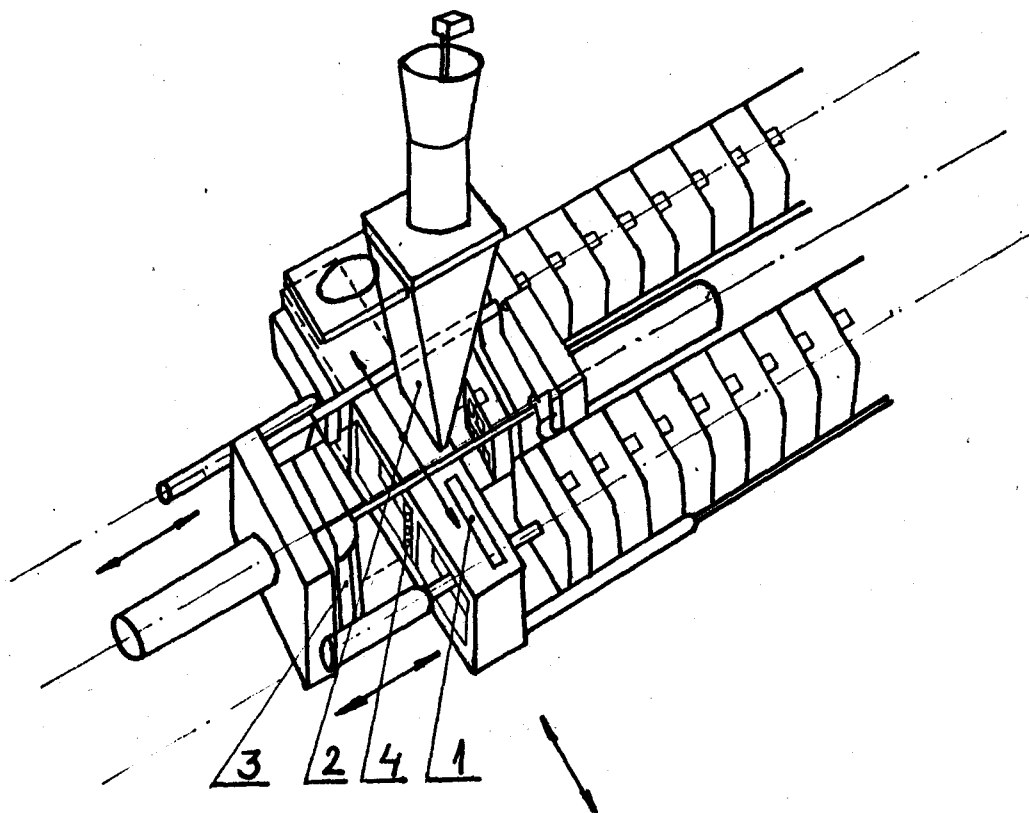
Automatická výroba foriem a ich nasledujúce odlievanie umožňuje vyrábať aj odliatky z tvárnej liatiny so samostatným očkovaním v každej forme, napr. metódou INMOLD. Impulzné dávkovanie komplexného práškového očkovačného do prúdu taveniny z panvy je riadené elektronicky. Očkovač sa vovádza do prúdu taveniny na základe optického snímania jej žiarenia.

Automaty DISAMATIC možno používať aj na série 50 až 100 foriem. Za hospodárnu mieru sa však považuje max. 5 až 6-násobná výmena modelových zariadení za smenu. Čas výmeny pri použití vozíka sa pohybuje v rozmedzí 3 až 5 min.

Automaty DISAMATIC sú spoľahlivé a podľa štatistických údajov prestojie zavinené poruchami ich zariadení sú menšie ako 1 % času chodu.

XVII.2.2 Dvojprúdové automaty na výrobu bezrámových foriem

Anglická fa SIMON-CARVES je konštruktérom a výrobcom rôznych systémov a automatov na výrobu bezrámových foriem pod názvom WALLWORK. K najzaujímavejším patrí variant TTV (Twin Track - dvojičková dráha), obr. XVII-19.



Obr.XVII-19

Dvojprúdové zariadenie s vertikálnou deliacou rovinou, typ TTV
1 - vstreľovací otvor, 2 - vstreľovacia hlava, 3 - lisovacia doska, 4 - posrekovacie zariadenie

Ponúka štyri veľkosti automatov pre rozmery foriem od 635x535x178 až 400/178 až 400 po 1270x1070x241 až 495/241 až 495. Základom automatu sú dve spojené formovacie komory, ktoré sa presúvajú kolmo na smer výstupu foriem. Pri posuve je vždy jedna komora v stredovej polohe pod stabilnou vstreľovacou hlavou v jednej línii s dvoma protiahlymi doskami. Na nich sú pripevnené modelové zariadenia pre ľavú a pravú polovicu. Lisovacie dosky vzájomným priblížením uzavrú formovacia komoru, ktorá sa zaplní zmesou vstrelením. Potom nastáva dolisovanie vyšším merným tlakom. Lisovaciu silu je možné nastavovať po max. hodnotu vyvodzujúcu tlak 3,5 MPa. Po oddelení modelových dosiek komory sa posunú tak, že druhá sa dostáva pod vstreľovaciu hlavu. Vytlačacie zariadenie potom z prvej komory vysunie

formu na dopravník a pritlačí ju na rad už vyrobených foriem. Po navrátení vytlačacieho zariadenia do východiskovej polohy sa celý cyklus opakuje s rozdielom, že druhá komora sa po zaformovaní presunie na opačnú stranu. Druhé vytlačacie zariadenie potom vysunie formu na dopravník, ktorý je rovnobežný s prvým. Takto vystupujú z automatu dva prúdy foriem. Výrobca dodáva k automatu zariadenie na automatické zakladanie, jadier, chladiaci a vytí-
kací bubon. Automat dosahuje až dvojnásobný výkon DISAMATICU. Podľa veľkosti foriem od 300 do 750 f.h⁻¹.

XVII.2.3 Iní výrobcovia bezrámových foriem na automatickej formovacej linke

V ZSSR bola vyvinutá automatická formovacia linka na bezrámové formovanie s vertikálnou deliacou rovinou, typ AŁ 2002. Organizácia MACHINOEXPORT ponúka linky súčasne s predajom licencie na ich systém. Tomuto bol udelený patent v NDR, NSR, Anglicku, USA, Dánsku, Taliansku a v Japonsku. Predmetom systému je karuselové usporiadanie formovacieho automatu, z ktorého sa vytlá-
ča rad foriem. Prináša nasledujúce výhody:

- jednoduchá kontrola formy, v prípade chyby ju možno vyradiť bez zastave-
nia stroja,
- možnosť zakladania jadier v dvoch polohách karuselu,
- vysoký výkon výroby foriem (pracovný takt je 6,7 až 7,5 s).

Linka AŁ 2002 má pri 10 kg hmotnosti odliatkov vo forme ročný výkon 10 000 t odliatkov. Spotreba zmesi je 56 t.h⁻¹. Tlak vzduchu pri vstreľova-
ní je 0,6 MPa. V súčasnosti MACHINOEXPORT ponúka linky na výrobu bezrámo-
vých foriem v štyroch veľkostiach. Parametre dvoch liniek sú uvedené
v tab. XVII-10. Linka typu AŁ 23714 je koncepčne zhodná s typom AŁ 2002.
Používa ale iný druh dopravníka - reťazový - s bočnými oporami a zakladače
jadier, ďalej je doplnená vytíkáčim bubnom.

Efektívnosť koncepcie výroby bezrámových foriem s vertikálnou deliacou ro-
vinou dokazuje aj bulharský automat LEMSMATIK typ LBF-1. Vyrába formy
s rozmermi 480x600x150 až 430/150 až 430 pri výkone 240 f.h⁻¹.

Parametre sovietskych automatických bezrámových formovacích liniek

Tabuľka XVII-10

Parametre linky	Automatická formovacia linka	
	Al 2002	Al 23714
Výkon $[f \cdot h^{-1}]$	300 - 480	300 - 350
Rozmery foriem $[mm]$	600x450x180-300/180-300	800x600x250-400/250-400
Maximálna hmotnosť ko- vu vo forme $[kg]$	25	80
Maximálna hmotnosť odliatku $[kg]$	20	50
Tvar odliatku	s jadrom alebo bez jadra	
Vkladanie jadier	ručne, priamo do formy	ručne, do zakladača ja- dier, automaticky do fer- my, ručne, priamo do formy
Spôsob zhutňovania formovacej zmesi	vstreľovanie a lisovanie	
Dolisovací tlak	do 4 MPa	do 35 MPa
Druh lisovania	obojsstranné	obojsstranné
Spôsob spájania fo- riem	spájanie v smere vodorovnom so zvislou deliacou plochou	
Príkon $[kW]$	130	262
Rozmery linky $[mm]$ dĺžka x šírka x výška	39955x5540x5240	53080x5750x6560
Hmotnosť $[t]$	53,7	94,0

XVIII. Automatizácia formovania do rámov (Másiar)

Automatické formovacie linky pracujú v "takte", to znamená, že všetky čiastkové operácie vo všetkých uzloch musia prebehnúť v jednom časovom úseku. Ak časovú jednotku, napr. hodinu, delíme časom taktu, ich podiel predstavuje teoretický výkon linky, t.j. počet vyrobených foriem za hodinu. K najdlhším operáciám na klasických formovacích strojoch patrí výroba spodnej polovice formy vrátane obracania, plnenia, zhustovania a spätného obracania. Táto operácia sa pri moderných koncepciách delí na čiastkové operácie, ktoré sa vykonávajú na viacerých zariadeniach. Napr. namiesto obracacieho formovacieho stroja sa používajú dve samostatné obracacie zariadenia a jednopohový formovací stroj, ktorý len striasa a lisuje. Moderné formovacie stroje znova rozkladajú operáciu zhustovania zmesi tak, že sú viacpolohové a pracujú s viacerými rámami naraz. Stroj napr. v jednej polohe plní a striasa, v ďalšej lisuje a pod. Vývoj sa ubera k používaniu formovacích strojov s karuselovým usporiadaním, pretože majú najnižší "takt" výroby. Výkon formovacích liniek používajúcich stroje s karuselovým usporiadaním dosahuje až 300 f.h^{-1} , resp. takt 12 s.

Úspora priestoru v zlievárňach a zníženie nákladov na inštaláciu formovacích liniek vedie k používaniu len jedného formovacieho stroja, ktorý súčasne vyrába horné a spodné polovice foriem. Ako najvýhodnejší sa javí formovací stroj karuselového usporiadania min. so 4 pracovnými polohami.

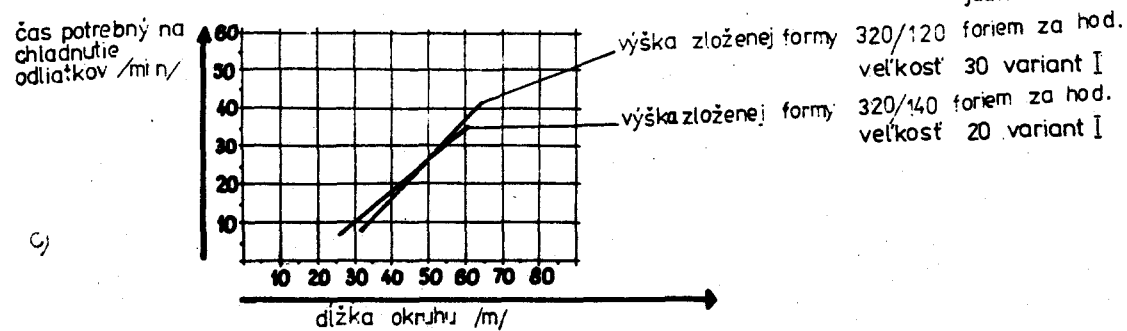
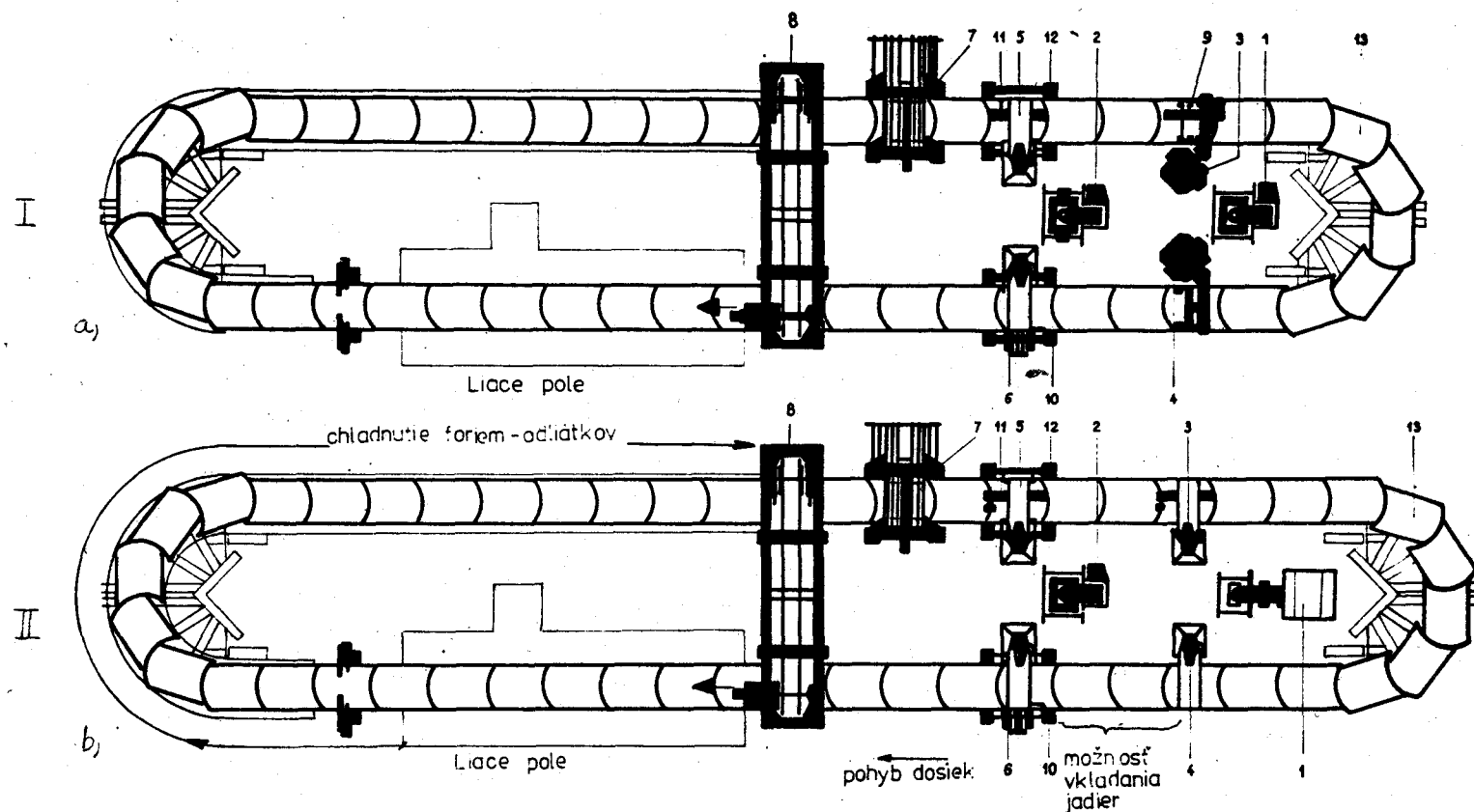
Základ automatickej linky vytvára formovací uzol s jedným alebo dvoma formovacími strojmi. Sekundárnu časť vytvára skupina dopravy foriem a prázdnych rámov. Dopravníky nesúce formy po prejení odlievacím poľom slúžia ako chladiace. V prípade potreby dlhšieho času chladnutia sa predlžuje dráha dopravníka tak, aby "takt" formovacej linky zostal zachovaný. Intenzita chladnutia foriem sa zvýši použitím chladiacich tunelov. Moderné formovacie linky využívajú na chladnutie foriem aj jej vnútorný priestor. Použitie etážových chladiacich dopravníkov ďalej znižuje pôdorysnú plochu liniek. Automatické odlievacie zariadenia sú schopné odlievať formy v "takte" linky.

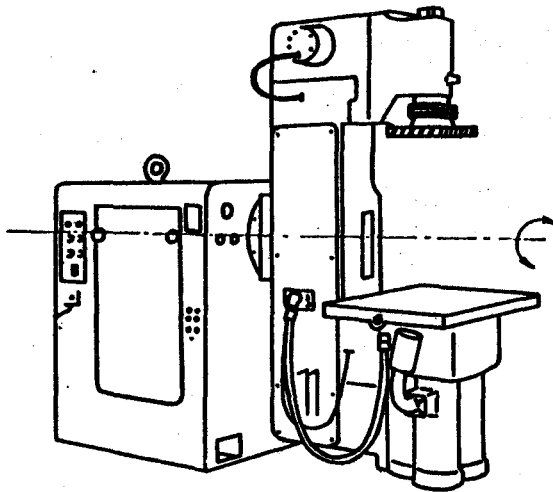
Aj keď činnosť automatických formovacích liniek bude vysvetlená na príkladoch z výrobného združenia GISAG, treba pripomenúť, že SVÚM vyvinul a odovzdal do výroby automatický formovací uzol AFU-SVÚM 108/25 na výrobu foriem pre odliatky zo sivých liatin so zvýšenou presnosťou. Formovací uzol bol pre potreby praxe doplnený: chladiacim tunelom s dvoma traťami a vytíkáčim uzlom VUU 1,6, ďalej kladkovými traťami s krížovými a otočnými stolmi pre zmenu pohybu foriem, čím vlastne vznikla formovacia linka. Kladkové trate v úsekoch mimo chladiaceho tunela sú prekážavé, pneumatickými zaráž-

kami sa formy zastavujú na vopred určených miestach. Celá formovacia linka je osadená bezdotykovými spínačmi zn. TELEMECANIQUE. Linka sa riadi buď automatickými programovými radičmi, alebo pomocou minipočítača JPR 12. Vzhľadom na to, že AFU používa iba jeden formovací automat na výrobu spodných a horných polovic s rozmerom rámov 1000 x 800 x 250/250, má výkon 50 f.h⁻¹. Najprogresívnejším prvkom automatického uzla je automatická výmena modelových dosiek podľa zvoleného programu. Časovo sa výmena modelových dosiek uskutočňuje v takte linky. V prevádzkach, kde je potrebná niekoľkonásobná výmena modelových dosiek za smenu, je ich automatická výmena dnes už nepostrádateľná.

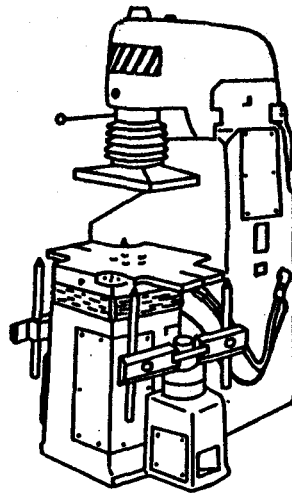
XVIII.1 JEDNODUCHÁ AUTOMATICKÁ FORMOVACIA LINKA GISAG

Východonemecká linka sa používa najmä na výrobu foriem pre liatinové odliatky, obr. XVIII-1. Variant II používa na výrobu spodných polovic foriem obracací formovací stroj, obr. d), na rozdiel od variantu I, kde sa spodné rámy preklápagú o 180° mimo formovacieho stroja. Z vytíkáacieho zariadenia 7 putujú prázdne zložené rámy do zariadenia 11, 12, kde horný je posunutý zariadením 11 do prekladacieho zariadenia 5. Spodný rám putuje k posúvaciemu zariadeniu 9, ktorým sa posunie do prekladacieho zariadenia 3 a po obrátení sa položí na modelovú dosku formovacieho stroja 1. Vo var. I. je formovací stroj 1 taký istý ako 2, obr. e): Vo var. II. je formovací stroj otáčací a zariadenie 3 je len prekladacie. Formovacie stroje plnia zmes do polovic rámov gravitačne dávkami zo zásobníkov nad nimi. Najprv striasajú a potom dolisujú. Hotové polovice foriem sa odoberajú prekladacími zariadeniami 4 a 6. Zariadenie 4 vo var. I. musí obrátiť spodok formy tak, aby sa usadila na vozíčkovom dopravníku deliacou plochou smerom nahor. Pred skladaním centrovacie zariadenie 10 upraví polohu spodného rámu, aby prekladacie zariadenie 6 mohlo zložiť hornú polovicu so spodnou. Zariadenie 8 pred odlieváním prikladá závažia na zložené formy, ktoré po odliatí a ochladnutí opäť odoberá. V zariadení 7 na vytíkanie foriem sa rámy nerozoberajú. Ich objem sa účinkom vibrácií uvoľní a dopadne na vibračný rošt, ktorým použitá zmes prepadá na pásový dopravník vedúci späť do úpravovne pieskov. Odliatky zase putujú po vibračnom rošte a na jeho konci padajú na dopravník, ktorý ich odváža do čistiarne. Vozíčkové dopravníky sa vždy posunú o jednu vzdialenosť naraz, v čase taktu odpovedajúcom výrobe polovice formy na stroji. Nevýhnutný čas chladnutia sa reguluje dĺžkou okruhu vozíčkového dopravníka, ktorý sa nadpája alebo skracuje, a nie časom státia dopravníka, pretože formovacie stroje majú pracovať vždy na plný výkon. Závislosť medzi potrebným časom chladnutia od dĺžky okruhu pre 2 veľkosti formovacích rámov a strojov (20 a 30) je na obr. e). Parametre linky uvádza tab. XVIII-1.





d,



e,

Obr.XVIII-1

Automatická formovacia linka GISAG, typy veľkosti 20 a 30

- a) variant I, b) variant II, c) graf.závislosti potrebného času chladnutia na dĺžke okruhu podľa použitých typov formovacích rámov veľkosti 20 a 30, d) obracací formovací stroj striasací s lisovaním typ FRGPA 20 alebo 30, e) formovací stroj striasací s lisovaním typu FRPA 20 alebo 30

1 - formovací stroj striasací s lisovaním na výrobu spodných polovic vo variante I obr. e ; otáčací formovací stroj striasací s lisovaním na výrobu spodných polovic vo variante II (obr. d); 2 - formovací stroj striasací s lisovaním na výrobu horných polovic (obr. e); 3 - prekladacie zariadenie na odobratie prázdneho spodného rámu, obrátenie a preloženie do formovacieho stroja 1 variant I, prekladacie zariadenie na odobratie prázdneho spodného rámu a polozenie do obracacieho formovacieho stroja vo variante II; 4 - prekladacie zariadenie na odobratie zaformovaného spodného rámu, obrátenie a polozenie na putujúcu podložku, vo variante I, prekladacie zariadenie na odobratie zaformovaného spodného rámu a polozenie na putujúcu podložku, vo variante II; 5 - rozoberacie zariadenie na oddelenie prázdneho horného rámu, 6 - zariadenie na odobratie zaformovaného horného rámu a pre zloženie so spodným, 7 - zariadenie na vytĺkanie foriem bez rozobratia rámov s viabračným roštom, 8 - zariadenie na odoberanie a prikladanie závaží, 9 - posúvacie zariadenie na prázdne spodné rámy do prekladacieho zariadenia 3, 10 - centrovacie zariadenie pre presnú polohu spodnej polovice pri priložení hornej, 11 - posunovacie zariadenie pre horné prázdne rámy do prekladacieho zariadenia 5, 12 - zariadenie na pridržiavanie spodných rámov pri odobraní horných, 13 - putujúce podložky vozíčkový dopravník

Parametre automatických formovacích liniek
výrobného združenia GISAG (NDR)

Tabuľka XVIII-1

Automatická formovacia linka GISAG			
Rozmery rámov [mm]	Veľkosť 20 630x500x125/160/200/250		Veľkosť 30 800x630x125/160/200/250/320
Výkon [f.h ⁻¹]	Variant I 140 Variant II 130	Variant I 120 Variant II 110	
Potrebný čas chladnutia formy [min]	39,4		43,5
Lisovacia sila form. stroja pri pretlaku 0,6 MPa [kp] 0,7 MPa [kp]	FOROMAT 5600 (FRPA 20-1) 6500	FOROMAT 9000 (FRPA-30-1) 10000	
Lisovacia sila [kp] form. stroja pri pretlaku 0,6 MPa [kp]	RETOMAT 8000 (FRPA-20-2)	RETOMAT 12500 (FRPA-30-2)	
Hmotnosť formovacích strojov [kg]	FRPA 20-1 1800 FRPGA 20-2 3000	FRPA 30-1 2900 FRPGA 30-2 4600	
Rozmery form. linky: [mm]			
L ₁ min.	18 000		20 000
L ₁ max.	55 000		54 000
L ₂ min.	21 200		23 920
L ₂ max.	58 200		57 920
B	3 200		3 920
Automatická formovacia linka GISAG "MULTOMATIC 20"			
Rozmery form. rámov [mm]	630x500x125/160/200/250		
Výkon [f.h ⁻¹]	280		
Chladiaci čas [min]	40 (s chladiacim dopravníkom)		
Lisovací tlak [MPa]	≤ 0,8	≤ 1,6	
Typ formovacieho stroja	FYRP 4x20 štvorpolohový karuselový striasací s dolisovaním FYRP 3x20 trojpolohový striasací s dolisovaním	RYP 4x20 štvorpolohový karuselový lisovací vyššími mernými tlakmi FYP 3x20 trojpolohový lisovací vyššími mernými tlakmi	
Rozmery form. linky: min. dĺžka [mm]	52 000		
min. stredná dĺžka [mm]	5 440		
Automatická formovacia linka GISAG "MULTOMATIC 40.2"			
Rozmery form. rámov [mm]	1000x800x300/350		
Výkon [f.h ⁻¹]	180		
Chladiaci čas [min]	67 (s chladiacim dopravníkom)		
Lisovací tlak [MPa]	0,8 - 1,2 plynule nastaviteľný		
Variety zhustovania	Lisovanie vyšším merným tlakom Striasanie a lisovanie vyšším merným tlakom Striasanie a lisovanie vyšším merným tlakom za súčasných vibrácií		

Parametre automatických formovacích liniek
výrobného združenia GISAG NDR - pokračovanie

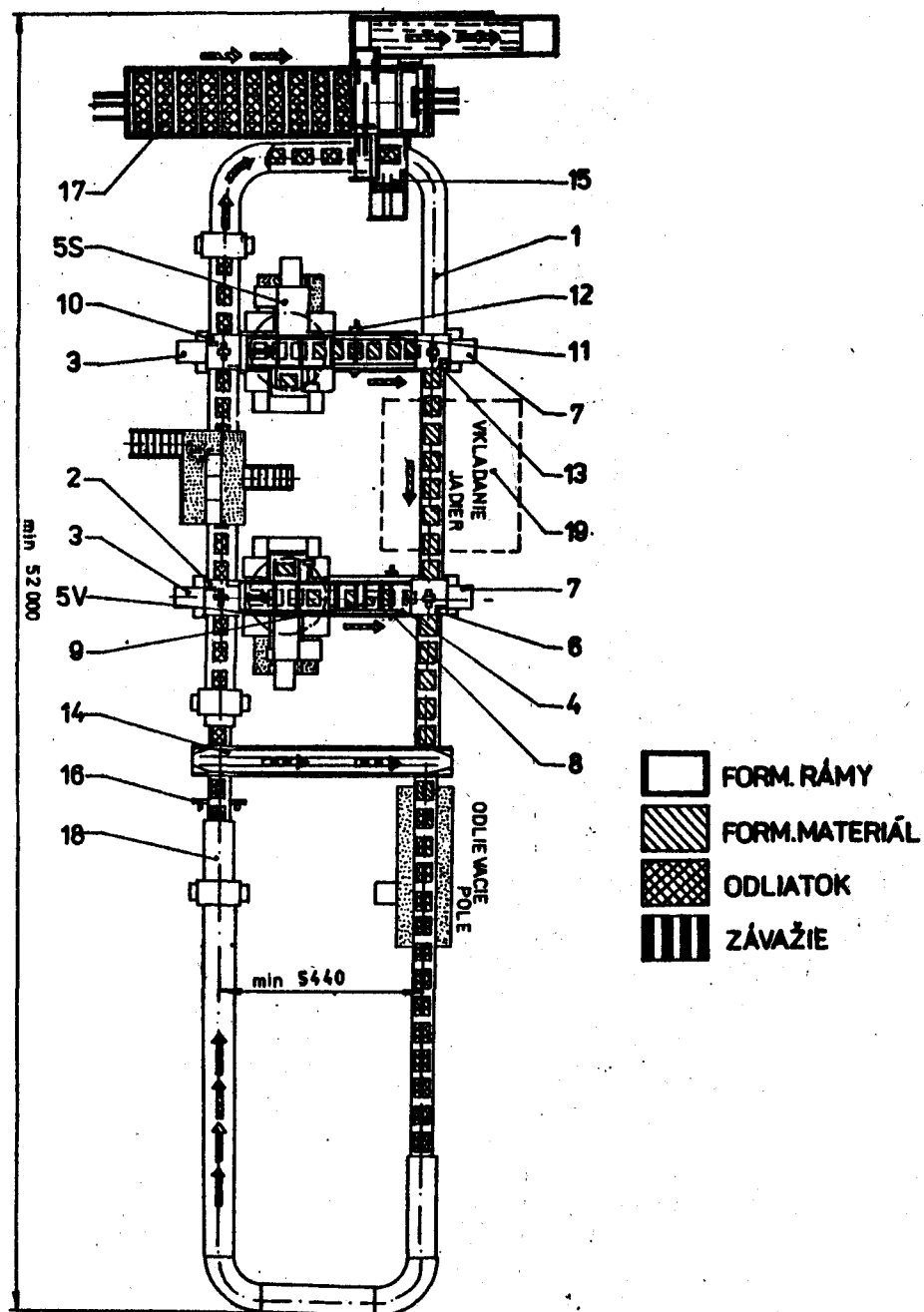
Tabuľka XVIII-1

Automatická formovacia linka GISAG "MULTOMATIC 40.5"	
Rozmery formovacích rámov [mm]	1000x800x200/250/300/350/400
Výkon [f.h ⁻¹]	180
Chladiaci čas [min]	65 (s chladiacim dopravníkom)
Lisovací tlak [MPa]	0,8 - 1,2 plynule nastaviteľný
Varianty zhutňovania	Striasanie a lisovanie vyšším merným tlakom Lisovanie vyšším merným tlakom Striasanie a lisovanie vyšším merným tlakom za súčasných vibrácií

XVIII.2 AUTOMATICKÁ FORMOVACIA LINKA GISAG "MULTOMATIC 20"

Formovacia linka sa používa na výrobu foriem pre odliatky zo sivej, temperovanej a tvárnej liatiny. Pri tejto linke môžu byť inštalované 3 varianty veľkostí formovacích strojov, tab. XVIII-1:

1. Jednopolohové formovacie automaty typu FYRP 20 - striasací s dolisovaním alebo FYP 20 - lisovací s vyššími mernými tlakmi.
 2. Trojpolohové formovacie automaty typu FYR P 3x20 - striasací s dolisovaním alebo FYRP 3x20 - lisovací vyššími mernými tlakmi.
 3. Štvorpolohové formovacie automaty s karuselovým usporiadaním typu: FYRP 4x20 - striasací s dolisovaním alebo FYP 4x20 - lisovací vyššími mernými tlakmi.
1. Jednopolohové formovacie automaty typu FYRP 20 a FYP 20 pracujú v nadväznosti na formovaciu linku obdobne ako FRPA 20 formovacej linky GISAG, časť XVIII.1. Používajú sa aj pre také isté rozmery rámov. Výkon formovacej linky je až 180 f.h⁻¹. Pre väčšie svetlé rozmery rámov pre takéto usporiadanie sa môžu použiť aj formovacie stroje typu UK (na výrobu spodných polovic) a OK (na výrobu horných polovic).
 2. Trojpolohové formovacie automaty pracujú veľmi rýchle a efektívne. Ako sa už spomenulo, základný takt výroby spodnej alebo hornej polovice formy sa dá urýchliť použitím viacpolohového formovacieho automatu. Vývoj moderných ovládacích prvkov automatizácie prudko podporuje trend vývoja viacpolohových formovacích automatov, ktoré zvyšujú výkon formovacích liniek až o 100 %. Čas chladnutia foriem sa dá zväčšiť nielen dĺžkou



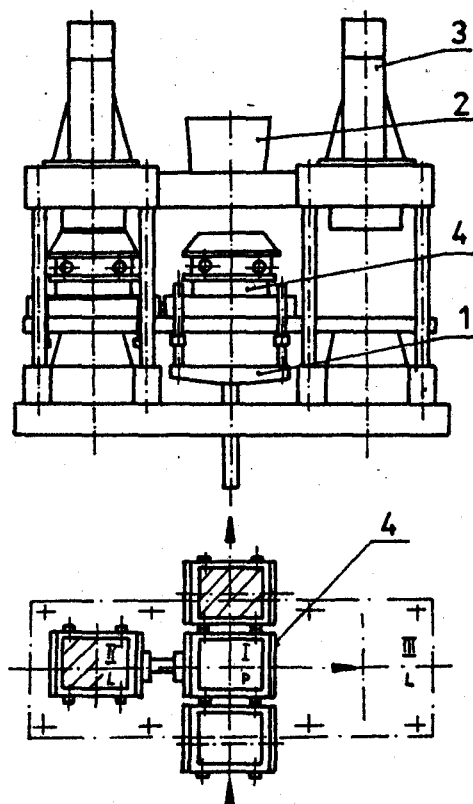
Obr. XVIII-2

Automatická formovacia linka GISAG MULTOMATIC 20 so štvorpolohovými formovacími automatmi

- 1 - vozíkový dopravník, 2 - rozoberacie zariadenie, 3 - posúvacie zariadenie, 4 - valčekový dopravník, 5 - štvorpolohový karuselový formovací automat, V - na výrobu horných polovic foriem, S - na výrobu spodných polovic foriem, 6 - zariadenie na skladanie foriem, 7 - brzdiace zariadenie, 8 - obracacie zariadenie za účelom vizuálnej kontroly líca formy, 9 - zariadenie na frézovanie vtokových systémov, 10 - zdvíhacie zariadenie, 11 - valčekový dopravník, 12 - obracacie zariadenie, 13 - prekladacie a usadzovacie zariadenie, 14 - zariadenie na prekladanie závaží, 15 - postrkávacie a ošetrovacie zariadenie, 16 - kontrolné zariadenie, 17 - prídavný chladiaci dopravník, 18 - chladiaci tunel, 19 - hydraulická centrála

okruhu dopravníkovej trate medzi odlievacím poľom a vytíkačím zariadením, resp. účinkom chladiaceho tunela, ale aj použitím prídavného chladiaceho dopravníka, ako používa linka MULTOMATIC 20, obr. XVIII-2.

Na obr. XVIII-3a je trojpolohový formovací automat FYP 3x20, ktorý zhusťuje väzné zmesi lisovaním vyššími mernými tlakmi, tab. XVIII-1.



Obr.XVIII-3a

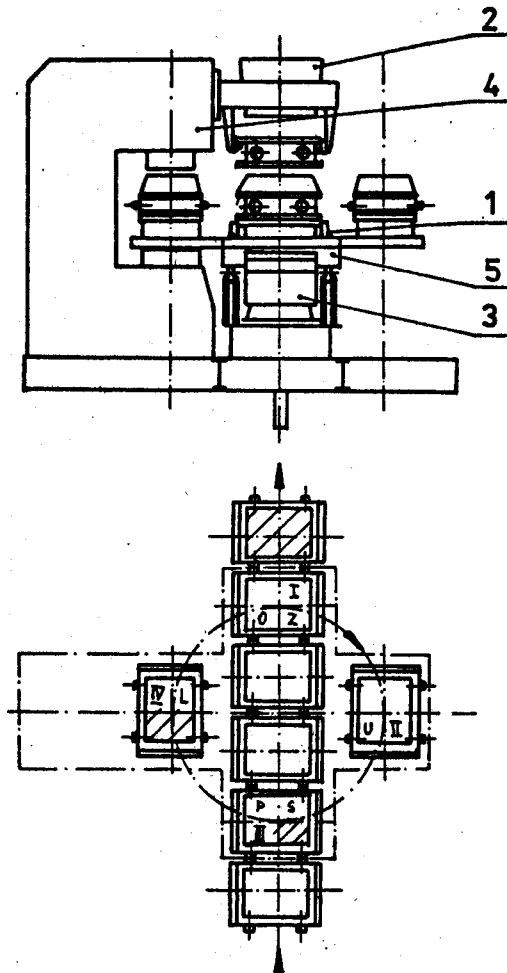
Viacpolohové formovacie automaty pre formováciu linku GISAG MULTOMATIC 20

a) trojpolohový formovací automat FYP 2x20

1 - spúšťacie a oddeľovacie zariadenie, 2 - dávkovacie a plniace zariadenie, 3 - zariadenie na lisovanie vyšším merným tlakom, P - plnenie, L - lisovanie vyšším merným tlakom

Po prisunutí prázdnej polovice formovacieho rámu do stanice I je táto spúšťacím a oddeľovacím zariadením 1 spustená na modelovú dosku. Dávkovacie zariadenie 2 ju gravitačne naplní formovacou zmesou. V stanici II sa súčasne vykonáva lisovanie polovice formy z predchádzajúceho cyklu zariadením 3. Obe rámy sú potom v horizontálnom smere presunuté na vozíku 4. Naplnený rám príde pod lisovacie zariadenie 3 v stanici III a hotová zhustená polovica formy príde zo st. II do st. I. Tu sa zdvihne a oddelí od modelovej dosky prostredníctvom spúšťacieho a oddeľovacieho zariadenia 1. Ďalší prázdny rám vysunie hotovú polovicu formy z automatu.

3. Štvorpolohové karuselové formovacie automaty sú z hľadiska usporiadania a automatizácie koncepčne najmodernejšie. Formovacia linka MULTOMATIC 20 obr. XVIII-2 používa dva takéto automaty: jeden na výrobu spodných polovic formy, poz. 5S, a druhý na výrobu horných polovic, poz. 5V. Prázdne polovice formovacích rámov sa pohybujú v smere šípky kolmo na pozdĺžnu os automatu, obr. XVIII-3b.



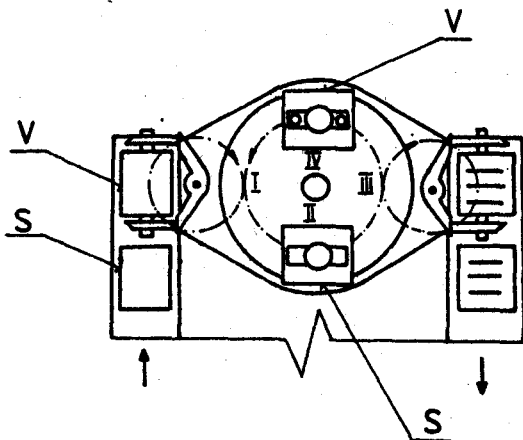
Obr. XVIII-3b

Viacpolohové formovacie automaty pre formováciu linku GISAG MULTOMATIC 20
 b) štvorpolohový karuselový formovací automat FYRP 4x20
 1 - spúšťacie a oddeľovacie zariadenie, 2 - dávkovacie a plniace zariadenie, 3 - striasací stôl, 4 - lisovací stôl na dolisovanie, 5 - kríž karuselu, Z - začlenenie a uloženie polovice formovacieho rámu na modelovú dosku, U - úpravy, P - plnenie, S - striasanie, L - lisovanie

Po zasunutí polovice rámu do st. I je tento spúšťacím a oddeľovacím zariadením 1 uložený na modelovú dosku. V ďalšom takte v st. II možno očistiť a separačne upraviť modelovú dosku. V st. III je polovica rámu gravitačne naplnená odmeranou dávkou zmesi zo zariadenia 2. V tejto stanici formovací automat FYRP 4x20, tab. XVIII-1, vykonáva aj operáciu striasania striasacím stolom 3. V st. IV sa vykoná na automate typu

FYRP 4x20 dolisovanie lisovacím stolom 4 alebo sa vykoná na automate typu FYP 4x20 lisovanie vyšším merným tlakom. V st. I sa oddelí hotová polovica formy od modelovej dosky a nasledujúca prázdna polovica rámu ju vysunie z automatu. Pohyb jednotlivými stanicami sprostredkúva kríž karuselu 5. Usporiadanie s dvoma formovacími automatmi je výhodné pre veľkosériovú výrobu foriem a za predpokladu dokonalej nadväznosti ostatných výrobných zariadení zlievárni na formovacia linku.

Pokrok vo vývoji automatizačných prvkov už umožňuje namiesto dvoch automatov klasická koncepcia (jeden na spodné a druhý na horné polovice) použiť jeden viacpolohový formovací automat, ktorý vyrába spodné a horné polovice. Viacpolohové automaty s karuselovým usporiadením majú na karuselovom stole osobitne upevnenú modelovú dosku pre spodné a osobitne pre horné polovice formy. Napr. štvorpolohový automat v prvej polohe (st. IV) čistí, ošetruje modelovú dosku a umožňuje jej kontrolu. V tejto stanici sa vykonáva výmena modelových dosiek po ukončení série výroby odliatkov. Ako sa u spomenulo automatická výmena modelovej dosky je technicky možná v čase taktu stroja. V nasledujúcom takte sa stôl automatu pootočí o 90° do druhej polohy - stanice I, kde je prekladacím zariadením, pootočením položená prázdna polovica rámu. Dávkovacie zariadenie ju naplní najprv modelovou a potom výplňovou formovacou zmesou. Po naplnení sa vykoná prvé striasanie ešte v tejto stanici. Pri ďalšom pootočení do tretej polohy - st. II sa povrch formy zarovná a lisovaním za súčasného striasania (tzv. šepkajúci spôsob) sa dokončí zhustenie formy. V štvrtej polohe - st. III sa oddelí hotová polovica formy a jej pootočením o 180° sa preloží na valčekový dopravník. Z formovacieho automatu vychádzajú na dopravníku polovice foriem v poradí: spodná polovica - horná polovica ... , ktoré sa v nasledujúcom postupe obracajú a skladajú na zariadeniach linky. Možná schéma takéhoto formovacieho automatu je na obr. XVIII-3c.



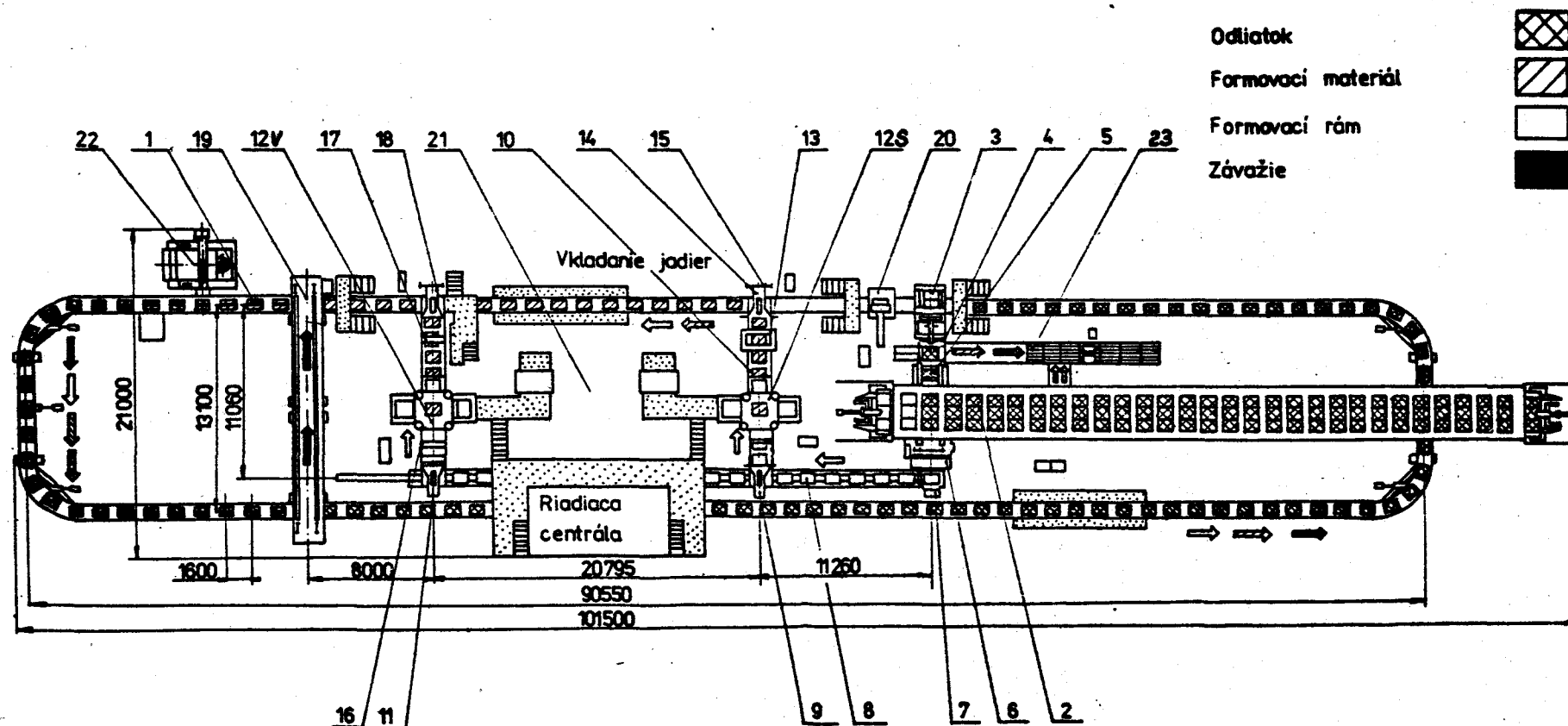
Obr. XVIII-3c

Viacpolohové formovacie automaty pre formovacia linku GISAG MULTOMATIC 20
c) možný princíp práce štvorpolohového karuselového formovacieho automatu na výrobu spodných a horných polovic súčasne

Príklad klasického usporiadania linky MULTOMATIC 20 s dvoma štvorpolohovými karuselovými formovacími automatmi je na obr. XVIII-2. Odliata a vychladnutá forma ležiaca na vozíčkovom dopravníku 1 je v takte linky zasunutá do ro-zoberacieho zariadenia 2, ktoré stiahne hornú polovicu formovacieho rámu z formy tak, že blok formovacieho materiálu s odliatkom zostane sedieť na spodnej polovici formy. Prázdna horná polovica rámu sa pritom zdvihne na úroveň valčkového dopravníka 4. Posúvacie zariadenie 3 ju presunie na valčkový dopravník. Na tomto sa posúva do stanice I štvorpolohového formovacieho automatu 5V (obr. XVIII-3b). Spodná polovica formy s blokom pokračuje k zariadeniu (3,10), do ktorého sa zasunie. Tu sa z nej stiahne spodná polovica rámu, ktorá sa zdvíhacím zariadením 10 zdvihne na úroveň valčkového dopravníka 11. Posúvacie zariadenie 3 ju presunie na valčkový dopravník. Na tomto sa posúva do automatu 5S na výrobu spodných polovic. Od zariadení 3,10 putujú bloky zmesi s odliatkami na vozíčkových dopravníkoch cez dochladzovací tunel po postrkávacie zariadenie 15. Formovacie rámy pre spodnú a hornú polovicu formy sú zasunuté do formovacích automatov 5S, 5V a zaformované popísaným spôsobom podľa obr. XVIII-3b. Hotová spodná polovica formy prechádza obracacím zariadením 12 do prekladacieho zariadenia 13, ktoré ju usadí na vozíčkový dopravník, ktorým prechádza cez priestor pre vkladanie jadier, a to ručne alebo pomocou manipulátora. Horná polovica prechádza k zariadeniu 9 na frézovanie vtokovej jamky (v prípade vtokového kanála). Obracacie zariadenie 8 obracia líce hornej polovice formy (deliacou plochou) smerom nahor za účelom kontroly, resp. úpravy. Zariadenia 6 a 7 centrujú a skladajú hornú polovicu formy ku spodnej. Zariadenie 14 kladie závažia na hotové formy pri ich príchode na odlievacie pole. Odoberá ich po východe foriem z chladiaceho tunela 18. Postrkávacie zariadenie 15 presúva bloky zmesi s odliatkami na prídavný chladiaci dopravníkový systém 17, na ktorom sa dokončuje pomalé chladnutie. Ak je v jednom rade 5 blokov, potom prídavný chladiaci systém má kapacitu 120 foriem, čo pri max. výkone linky 280 f.h^{-1} predĺži čas chladnutia o 25,7 min. Zariadenie 15 zároveň z uzavretého (pásového) dopravníkového systému vytláča bloky s dochladnutými odliatkami na vytriasací rošt. Zmes roštom prepadá a odliatky sa účinkom vibrácií posúvajú po ňom k zbernému zariadeniu.

XVIII.3 AUTOMATICKÁ FORMOVACIA LINKA GISAG MULTOMATIC 40.2

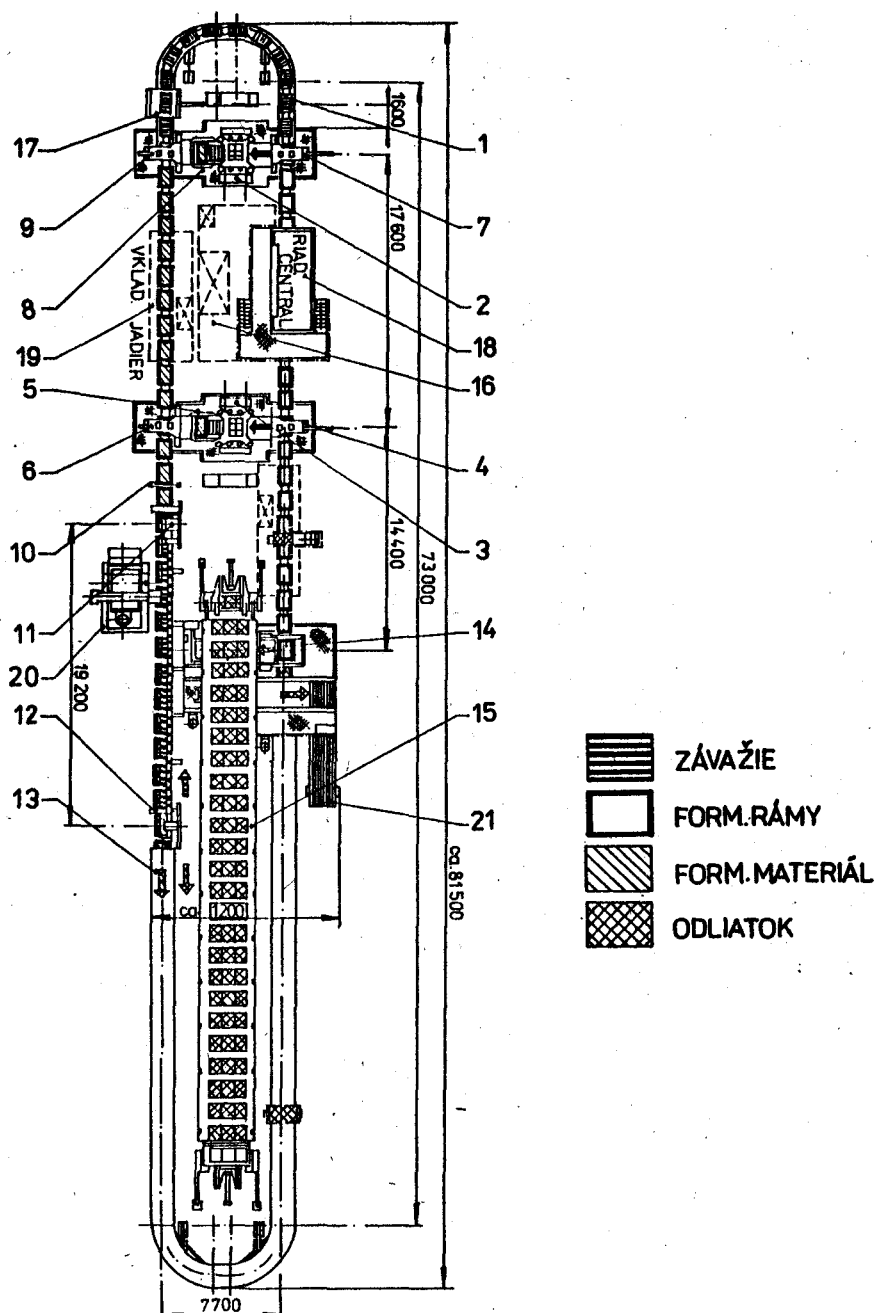
Používa jednopolohové formovacie automaty. Je vhodná na odlievanie odliatkov zo sivej a tvárnej liatiny a tiež z ocelí na odliatky. Chladiaci tunel je nahradený chladiacim pásovým dopravníkom, na ktorom putujú tri bloky s odliatkami, vedľa seba. Predĺženie chladiaceho obehu blokov foriem s odliatkami po koniec chladiaceho dopravníka, obr. XVIII-4 dovoľuje skrátiť vozíčkový dopravník až o 20 %.



Obr. XVIII - 4

Automatická formovacia linka GISAG Multomatic 40.2 s jednopolohovými formovacími automatmi

1- vozíčkový dopravník, 2- chladiaci dopravník, 3- odoberacie a postrkávacie zariadenie, 4 a 10 - valčekové dopravníky, 5- vyprázdňovacie zariadenie, 6, 13, 16 a 17 - obrábacie zariadenia, 7 a 15 - brzdiace zariadenia, 8-krokový dopravník, 9 - rozeberacie a posunovacie zariadenie, 11 - posunovacie zariadenie, 12 - jednopolohevý formovací automat: V- na výrobu horných polovic foriem, S-na výrobu spodných polovic foriem, 14 - prekladacie a usadzovacie zariadenie, 18 - zariadenie na prekladanie závaží, 20 - zariadenie na odnetanie vozíčkového dopravníka, 21 - stanica tlakového oleja pre hydraulické mechanizmy, 22 - automatické odlievacie zariadenie typu INVR 2500, 23 - vytíkač rešt



Obr.XVIII - 5

Automatická formovacia linka GISAG MULTOMATIC 40.5 s jednopolehovými formovacími automatmi

1- vozíčkový dopravník, 2- jednopolehový formovací automat na výrobu spodných polovic foriem /UK/, 3- jednopolehový formovací automat na výrobu horných polovic foriem /OK/, 4- rozoberacie a posunovacie zariadenia, 5- obrabacie zariadenie za účelom kontroly a úpravy hornej polovice formy, 6- zariadenie na skladanie formy s brzdiacim a centrovacím mechanizmom, 7- odoberacie a posunovacie zariadenie, 8- obrabacie zariadenie, 9- usadzovacie zariadenie s brzdiacim mechanizmom, 10- kontrola zloženia a polohy foriem, 11- zariadenie na prekládanie závaží vrátane obehu, 12- prístroj na kontrolu polohy závaží pri ich odoberaní, 13- chladiaci tunel, 14- zariadenie na vytlačovanie blokov zmesi s odliatkami z formovacích rámov, 15- chladiaci pásový dopravník, 16- stanica tlakového oleja pre hydraulické mechanizmy, 17- zariadenie na odmetanie vozíčkového dopravníka, 18- riadiaca centrála automatickej formovacej linky, 19- priestor pre možné vkladanie jadier do spodných polovic, 20- automatické odlievacie zariadenie INVR 2500, 21 - vytíkač rošt

Použitie prídavného krokového dopravníka 8 na prísun prázdnych formovacích rámov umožnilo, že až 3/4 dráhy vozíčkového dopravníka sa využíva na chladnutie odliatych foriem. Obracacie zariadenie 6 otáča po vyprázdnení bloku zložený formovací rám prvýkrát tak, že spodná polovica rámu príde navrch. Zariadením 9 sa odoberie, a tak sa v potrebnej polohe dostáva dopravníkom do formovacieho automatu 12S na výrobu spodných polovic foriem. Horná polovica rámu pred vstupom do formovacieho automatu 12V sa musí obrátiť v zariadení 16. Hotová spodná polovica sa obracia zariadením 13 (obracačka) a zariadením 14 sa usadí na vozíčkový dopravník. Obracačka 17 slúži len na kontrolu zaformovanej hornej polovice, prípadne na technologické úpravy ako kontrola prerazenia vtokového systému, pre spevnenie niektorých častí, pre možnosti izolačného postreku, založenia chladidiel a pod. Obracačka 17 po úpravách obráti formu späť do polohy, v ktorej opustila formovací automat. Zariadenie 18 zloží hornú polovicu so spodnou. Závažia na zataženie foriem pri odlievaní sa zakladajú a odoberajú automaticky. Základné údaje k linke sú uvedené v tab. XVIII-1.

XVIII.4 AUTOMATICKÁ FORMOVACIA LINKA GISAG MULTOMATIC 40.5

Používa jednoplošové formovacie automaty. Je vhodná na odlievanie odliatkov zo sivej a tvárnej liatiny a tiež z oceli na odliatky. Z predloženého výrobného programu združenia GISAG ju možno považovať za efektívnu, aj keď nepoužíva viacplošové automaty. Pre chladnutie foriem používa kombináciu chladiaceho tunela a prídavného chladiaceho (pásového) dopravníka uloženého vo vnútri okruhu. Kombinácia s chladiacim tunelom v porovnaní s linkou MULTOMATIC 40.2 umožnila skrátiť jej dĺžku o 1/5. Výhoda jednoplošových formovacích automatov v porovnaní s viacplošovými fy GISAG je v možnosti rýchlej výmeny modelových dosiek. Táto linka, obr. XVIII-5, tab. XVIII-1, vytláča blok zmesi s odliatkom bez rozobratia rámov zariadením 14. Prázdne zložené rámy sa v takej linky posúvajú k rozoberaciemu zariadeniu 4, ktoré odoberie hornú polovicu rámu a posunie ju do formovacieho automatu 3. Spodnú polovicu rámu odoberá i zdvíha zariadenie 7 a posúva do formovacieho automatu 2 takým pohybom, že rám je pred formovaním obrátený. Obracačka 8 obráti hotovú spodnú polovicu formy o 180° tak, aby ju zariadenie 9 mohlo usadiť na vozíčkový dopravník. Hotové horné polovice formy sa zariadením 5 obracajú o 180° za účelom kontroly a technologických úprav, potom sa znova obrátia do pôvodnej polohy, t.j. tak, aby zariadenie 6 mohlo zložiť hornú polovicu so spodnou polovicou formy. V porovnaní s linkou MULTOMATIC 40.2 sa ušetrí jedno obrábanie. Kým predchádzajúce linky používali priečne zariadenie na odkladanie a prikladanie závaží, táto linka používa ich pozdĺžny protismerný návrat v oblasti odlievacieho poľa. Formovacia linka je va-

riabilná na požiadavky výroby a jej jednotlivé zariadenia majú charakter jednocelových manipulátorov s možnosťou nastavovať pevný program. Chladiaci dopravník je tvorený pásom s miestami pre 3 formy vedľa seba, na chladnutie sa využíva jeho spodná a horná vetva. Vzhľadom na svetlú veľkosť rámov 1000×800 a výkon 180 f.h^{-1} , linka zaberá málo pôdorysného priestoru a treba oceniť i jej malú strednú šírku (7700).

XVIII.5 MODERNÉ PRVKY SÚČASNÝCH AUTOMATICKÝCH FORMOVACÍCH LINIEK

V súčasnosti je vo svete niekoľko desiatok monopolných výrobcov formovacích strojov a zariadení, pričom väčšina z nich dodáva úplne mechanizované alebo automatické formovacie linky. Ich spoločným trendom je univerzálnosť nielen z hľadiska druhov odlievaného kovu, ale aj z hľadiska druhov použitých väzných zmesí. Ďalej flexibilita z hľadiska sortimentu odliatkov, resp. tvarov a veľkostí modelových zariadení. Ďalej možnosť rýchlovej zmeny modelových dosiek takmer bez zníženia výkonu, t.j. počtu vyrobených foriem za časovú jednotku.

K ďalším požiadavkám na modernizáciu formovacích liniek patria:

- znižovanie potrebnej pôdorysnej plochy,
- používanie etážových chladiacich dopravníkov,
- výroba manipulačných zariadení s možnosťou ovládania ich rýchlostí, potrebných síl, tlakov a pod.,
- malé nadobúdacie a prevádzkové náklady.

Z aspektu automatizácie treba dodať, že združenie GISAG vyrába k automatickým formovacím linkám systém k diagnostike zariadení a agregát k riadiacemu a technickému prepojeniu automatických formovacích zariadení s odlievacím zariadením. Diagnostický systém využíva mikropočítač ROBOTRON K 1520, ktorý vykonáva automatický zber informácií s nasledujúcim spracovaním a dokumentáciou dát o technologickom procese za účelom:

- kontroly zariadení na formovanie v prípade porúch a výpadkov,
- kontroly výrobných parametrov zariadení na formovanie, popis systému je uvedený v časti XVII.1.3.4, obr. XVII-11.

Agregát k riadiacemu a technickému prepojeniu automatických formovacích zariadení s odlievacím typu INVR je prídavné zariadenie pre úplne automatickú linku. Jadro prepájacieho agregátu tvorí riadiaca programovateľná pamäť. Vyžadované informácie súvisiace s odlievaním ako číslo modelu, poloha vtoku

a zmena modelov sa automaticky evidujú pri formovaacom automate. S číslom modelu súvisí dávka taveniny a jej registrácia. Informácie postupujú v takte s vozíčkovým dopravníkom k odlievaciemu zariadeniu. Na ľubovoľne volených miestach možno pomocou manuálneho vstupu označovať formy nespôsobilé na odlievanie. Zadané príkazy a získané informácie pre odlievanie sa v závislosti od zvoleného režimu prevádzky spájajú a odovzdávajú ako riadiace informácie na odlievacie zariadenie. Automatická prevádzka sa prerušuje len pri zmene modelu, pričom sa vždy prvá forma pre nový model odlieva ručne.

Praktické využitie prepájacieho agregátu zvyšuje stupeň automatizácie o 20 % v dôsledku integrácie zlievárenských procesov pri výrobe foriem. Agregát umožňuje aj aplikáciu dvoch odlievacích zariadení a pod.

Literatúra

- [1] Forýtek, L.: Automatizace slévárenských strojů, skriptum. Brno, VUT, Praha, SNTL 1973.
- [2] Forýtek, L.: Slévárenské stroje a zařízení, skriptum. Brno, VUT, EBrno, ES VUT 1979.
- [3] Forýtek, L.: Automatizace slévárenských strojů, skriptum. Brno, VUT, Brno, ES VUT 1984.
- [4] Slévárenství. Časopisy ročníky XVI až XXXIV, Brno 1968 až 1986.
- [5] Firemné prospekty.
- [6] Levíček, F., Strámský, K.: Metalurgické vady ocelových odlitků. Praha, SNTL 1984.
- [7] Mäsiar, H.: Technológia I a III, časť Zlievárenstvo, skriptum. Bratislava, ES SVŠT 1981.
- [8] Mäsiar, H., Makovník, J., Zacharda, M.: Technológia I, Návod na cvičenia, skriptum. Bratislava, ES SVŠT 1979.

Obsah

I. SÚČASNÝ STAV ZVÁRANIA, SPÁJKOVANIA A TEPELNÉHO DELENIA (Turňa)	3
II. PROGNOZA ROZVOJA ZVÁRANIA (Turňa)	8
III. ZÁKLADY TEÓRIE AUTOMATIZÁCIE (Ryban)	19
IV. ZVÁRACIE STROJE A ZARIADENIA PRE OBLÚKOVÉ ZVÁRANIE (Ryban) ...	21
V. ZVÁRACIE STROJE A ZARIADENIA PRE ELEKTROTROSKOVÉ ZVÁRANIE (Turňa)	51
VI. ZVÁRACIE STROJE A ZARIADENIA PRE ODPOROVÉ ZVÁRANIE (Ryban, Turňa)	59
VII. ROBOTIZOVANÉ PRACOVISKÁ PRE ZVÁRANIE (Jajcay)	79
VII.1 Funkčné časti robotizovaných pracovísk pre oblúkové a odporové zváranie	80
VII.2 Ciele a trendy robotizácie zvárania	82
VIII. PRIEMYSELNÉ ROBOTY, ZVÁRAČSKÉ VYBAVENIE A POLOHOVADLÁ PRE ROBOTIZOVANÉ PRACOVISKÁ NA ZVÁRANIE (Jajcay)	84
VIII.1 Požiadavky na priemyselné roboty pre zváranie	84
VIII.2 Priemyselné roboty pre zváranie	88
VIII.2.1 Zahraničné priemyselné roboty na zváranie ..	88
VIII.2.2 Československé priemyselné roboty pre zváranie	94
VIII.3 Zváračské vybavenie robotizovaných pracovísk na oblúkové zváranie	102
VIII.3.1 Zdroje zváracieho prúdu a mechanizmy podávania drôtu	102
VIII.3.2 Technologické hlavice	104
VIII.3.3 Jednotky predvoľby a programovania zváracích parametrov	104
VIII.3.4 Jednotka chladenia zváracieho horáka	105
VIII.3.5 Jednotky čistenia zváracieho horáka	106
VIII.3.6 Pripájacie pole	106
VIII.4 Polohovadlá pre robotizované pracoviská	106
VIII.5 Zváračské vybavenie robotizovaných pracovísk na odporové bodové zváranie	111
VIII.5.1 Kliešťové bodové zváračky pre robotizované pracoviská na odporové bodové zváranie	111
VIII.5.2 Riadenie zváracieho procesu pre robotizované pracoviská	113
VIII.5.3 Pripájacie pole	114

IX.	ADAPTIVITA ZVÁRACÍCH STROJOV A ZARIADENÍ (Jajcay)	115
IX.1	Polohová adaptivita oblúkového zvarovania	116
IX.1.1	Snímáče polohy pre oblúkové zvarovanie	118
IX.2	Procesová adaptivita oblúkového zvarovania	122
IX.3	Adaptivita v odporovom bodovom zvaraní [3]	123
IX.3.1	Polohová adaptivita odporového bodového zvarovania	123
IX.3.2	Procesová adaptivita v odporovom bodovom zvaraní	125
IX.3.2.1	Algoritmus riadenia bodového zvarovania AUTOSET-R	128
IX.4	Všeobecné aspekty adaptivity	132
X.	POSTUP PRI NÁVRHU, REALIZÁCIÍ A VYUŽÍVANÍ ROBOTIZOVANÉHO PRACOVISKA (Jajcay)	134
XI.	INTEGROVANÉ VÝROBNÉ ÚSEKY PRE ZVÁRANIE (Ryban)	137
XII.	AUTOMATIZÁCIA ŠPECIÁLNYCH METÓD ZVÁRANIA (Turna)	152
XIII.	ÚVOD DO AUTOMATIZÁCIE ZLIEVÁRENSKÝCH PROCESOV (Mäsiar)	194
XIV.	VÝVOJ ZLIEVÁRENSKÝCH STROJOV A ZARIADENÍ (Mäsiar)	196
XV.	AUTOMATIZÁCIA TAVEBNÝCH ZARIADENÍ A PROCESOV (Mäsiar)	199
XV.1	Výpočet vsádzky, druhotovanie a zavážanie do taviacich agregátov	199
XV.1.1	Výpočet vsádzky	200
XV.1.1.1	Matematická formulácia úlohy výpočtu kovovej vsádzky	200
XV.1.2	Druhotovanie vsádzky	202
XV.1.3	Zavážanie vsádzky do taviacich agregátov... ..	204
XV.1.3.1	Rádioizotopový sledovač hladiny vsádzky	209
XV.2	Automatizácia taviaceho procesu, riadenie taviacich agregátov	211
XV.2.1	Kuplová pec	211
XV.2.2	Elektrické indukčné pece	214
XV.2.3	Elektrické oblúkové pece	219
XV.3	Riadenie a kontrola taviaceho procesu z metalurgického hľadiska	224
XV.3.1	Vyhodnocovanie chemického zloženia taveniny	226
XV.3.1.1	Technicko-ekonomický prínos metódy automatickej spektrometrie..	229
XVI.	AUTOMATIZÁCIA ÚPRAVY A KONTROLY AKOSTI FORMOVACÍCH ZMESÍ (Mäsiar)	231
XVI.1	Požiadavky na úpravne formovacích zmesí	231
XVI.2	Automatizácia kontroly a dávkovania vody na princípe merania vlhkosti	232

XVI.3	Kontrola kvality formovacích zmesí	239
XVI.3.1	Kontrola kvality formovacích zmesí prí- strojom DEFORMET P 40 A	243
XVI.3.2	Systém kontroly kvality formovacích zmesí s bentonitom prístrojmi DEFORMET P 40 AP a ADV	246
XVII.	AUTOMATIZÁCIA BEZRÁMOVÉHO FORMOVANIA (Mäsiar)	249
XVII.1	Automaty na výrobu bezrámových foriem s horizontálnou deliacou čiarou	250
XVII.1.1	Automaty na výrobu bezrámových foriem zhus- ťujúce lisovaním za súčasných vibrácií	251
XVII.1.2	Automaty na výrobu bezrámových foriem zhustu- júce fúkaním a odlisovaním vyššími mernými tlakmi	256
XVII.1.3	Automaty na výrobu bezrámových foriem zhustu- júcich vstreľovaním a dolisovaním vyššími mernými tlakmi	260
XVII.1.3.1	Automatizácia bezrámovej formo- vacej linky FORMATIC I	264
XVII.1.3.2	Automatizácia technologickej lin- ky na výrobu odliatkov od operá- cie formovanie do operácie o- trieskavania odliatkov	266
XVII.1.3.3	Automatická bezrámová formovacia linka s automatom K LW 50	270
XVII.1.4	Gravitačné plnenie a lisovanie vyšším mer- ným tlakom (max. 1 MPa)	277
XVII.1.5	Gravitačné plnenie samovoľne tuhúcich zmesí	282
XVII.2	Automaty na výrobu bezrámových foriem s vertikálnou deliacou rovinou	285
XVII.2.1	Výroba bezrámových foriem na automatoch typu DISAMATIC	285
XVII.2.2	Dvojprúdové automaty na výrobu bezrámových foriem	297
XVII.2.3	Iní výrobcovia bezrámových foriem na automa- tickej formovacej linke	298
XVIII.	AUTOMATIZÁCIA FORMOVANIA DO RÁMOV (Mäsiar)	300
XVIII.1	Jednoduchá automatická formovacia linka GISAG	301
XVIII.2	Automatická formovacia linka GISAG "MULTOMATIC 20" ...	305
XVIII.3	Automatická formovacia linka GISAG "MULTOMATIC 40.2" ..	310
XVIII.4	Automatická formovacia linka GISAG "MULTOMATIC 40.5".	312
XVIII.5	Moderné prvky súčasných automatických formovacích liniek	313

Autori	Doc. Ing. M. Turňa, CSc. - Ing. A. Jajcay, CSc. - Ing. D. Ryban, CSc. Ing. H. Másiar, CSc.
Názov	AUTOMATIZÁCIA ZVÁRACÍCH A ZLIEVARENSKÝCH PROCESOV
Vydanie	I. vydanie
Náklad	200 výtlačkov
Rozsah	318 strán, 109 obrázkov, 28,152 AH, 28,532 VH
Edičné číslo	3643
Číslo povolenia	ČÚKK Š-331/66
Tlač	Edičné stredisko SVŠT v Bratislave
Vytlačené	jún 1988