



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

205016
(11) (B2)

(51) Int. Cl.³
B 23 K 31/06

(22) Přihlášeno 31 12 75
(21) (PV 9104-75)

(40) Zveřejněno 31 07 80

(45) Vydáno 15 12 83

(72) Autor vynálezu SCHNEIDER URBAN AUGUST a ROSENBERGER WILLIBALD RICHARD, PITTSBURGH (Sp. st. a.)
(73) Majitel patentu WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION, PITTSBURGH (Sp. st. a.)

(54) Způsob svařování válcových předmětů kruhového průřezu a zařízení k jeho provádění

1

Vynález se týká způsobu svařování válcových předmětů kruhového průřezu obvodovým svarem a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Nádoby aktivní zóny jaderného reaktoru představují v důsledku své neobvyklé hmotnosti a rozměrů složité svařovací problémy, které se v jiných výrobních operacích nevyskytují. Nádoby aktivní zóny v tlakovodních jaderných reaktorech nesou vnitřní části reaktoru a součásti jádra a jsou nesený horní přírubou na vnitřním okraji nejhořejší části tlakové nádoby reaktoru. Obecně se skládá nádoba aktivní zóny reaktoru ze čtyř jednotlivých součástí, a to z horní prstencové kruhové příruby, z horní válcové nádoby, z dolní válcové nádoby a ze spodní nosné desky, které jsou spolu svařeny. Soustava složená z horní příruby a z horní a dolní válcové nádoby tvoří válcový kus, jehož jeden konec je uzavřen spodní nosnou deskou. Přibližná výška celé soustavy je asi 9 m a vnitřní průměr přibližně 3,5 metrů. Tloušťka dolní a horní válcové části je nepatrně přes 5 cm. Třebaže spodní nosná deska zabírá pouze něco přes 50 cm celkové výšky soustavy, přispívá svou hmotností 27 t značně k celkové hmotnosti, jež je přibližně 73 t.

Oba obvodové svarové spoje, které spoju-

2

jí spodní nosnou desku s dolní válcovou částí a dolní a horní válcovou část, jsou velice důležité a musejí být vysoce kvalitní, aby si válcové nádoby při svařování zachovaly přesné rozměry. Tak například konstrukce vyžaduje, aby podélné smrštění mezi dvěma válcovými kusy nebo podobnými členy leželo v rozmezí tolerancí 0,102 cm, a rovnoběžnost horní příruby vzhledem k nosné desce musí při podélném smrštění ležet v tolerančních mezích 0,05 cm; smrštění na průměru musí být u každého obvodového svaru konstantní po celém obvodu 360 °C svařovací zóny, aby deformace byly minimální a aby koincidence os x a y mezi horní přírubou a nosnou deskou ležela v tolerančním rozmezí 0,05 cm.

V důsledku těchto přísných požadavků se svařování provádějí tak, že válce jsou ve svislé poloze a svařování se provádí ve vodorovné rovině. Kdyby svařovací tolerance byly obvyklé a hmotnostní rozložení mezi jednotlivými součástmi příznivější, bylo by možné použít běžné svařovací praxe, spočívající ve vodorovném natáčení válců pod svařovacím hořákem. V důsledku uvedených rozměrů je však samozřejmé, že taková běžná technika by měla velmi pravděpodobně za následek porušení souososti jednotlivých součástí po dokončeném svaření. Takové deforma-

ce jsou však při konstrukci jaderného reaktoru nepřipustné.

Ke splnění těchto požadavků se dosud svařování provádí tak, že úseky nádoby se svařují na stojato a jeden úsek spočívá na druhém. Při tom se svařování provádí ručně v různých místech podél svarové spáry, jednak aby vznikl kvalitní svar, jehož jakost se zjišťuje rentgenem, a jednak aby se zabránilo smršťení a deformaci. Obvykle je však velice nesnadné, vytvořit svary, které vyhovují jak jakostním, tak rozměrovým požadavkům, poněvadž je velmi obtížné rozložit teplo současně a stejnoměrně kolem každého svařovacího místa. Normálně jsou nezbytné četné opravy, přičemž čas a vynaložené náklady jsou nadměrně vysoké. Místní opravy chybných svarů mají za následek další neúnosné deformace.

Účelem vynálezu je umožnit výrobu vysoce kvalitních svařovaných spojů ve velkých válcových nádobách nebo podobných konstrukčních jednotkách velice přesným, předvídatelným a řízeným způsobem tak, aby deformace svařovaných dílů byly co nejmenší.

Předmětem vynálezu je způsob svařování válcových předmětů kruhového průřezu obvodovým svarem, při němž se podél svarové spáry současně vyrábějí v podstatě identické svary ve velkém počtu jednotlivých paprskově souměrných svařovacích poloh. Podstata vynálezu spočívá v tom, že se svařování reguluje ve smyslu přivádění stejného množství tepla ke svarům v každé ze svařovacích poloh, a v udržení stejného poměru tepelného příkonu k objemu přídavného kovu podél svarové spáry v každé ze svařovacích poloh v jakémkoliv daném okamžiku během pohybu svařovacích poloh vzhledem ke svarové spáře.

Vynález se rovněž týká zařízení k provádění tohoto způsobu, které obsahuje stůl, otočný kolem svislé osy a nesoucí válcový předmět, jehož osa splývá s osou otáčení otočného stolu, a soustavu svařovacích souprav, jejichž elektrody jsou nastavitelné ke svarové spáře ve stěnách válcového předmětu; podle vynálezu jsou svařovací soupravy uloženy na svislém středním sloupu, který prochází otočným stolem uvnitř válcového předmětu a jsou umístěny vedle stěn válcového předmětu a rozmístěny paprskově souměrně.

Způsob podle vynálezu, prováděný v zařízení podle vynálezu, omezuje deformaci vznikající smršťováním tím, že zajišťuje stejný poměr tepelného příkonu k objemu přídavného kovu, naneseného v současném okamžiku do svaru v každé z jednotlivých svařovacích poloh. Parametry, jako je například oblouk, přívod drátu, svařovací proud a rychlost otáčení stolu, se udržují na konstantních hodnotách, aby se zajistilo, že tento poměr je identický v každém svařovacím místě v jakémkoli okamžiku. Vynález umožňuje vyrobit vysoce kvalitní svarové spoje

velkých válcových nádob nebo podobných předmětů velice přesným řízeným a reprodukovatelným způsobem.

Vynález bude vysvětlen v souvislosti s příkladem provedení, znázorněným na výkresech, kde značí

obr. 1 schematický pohled na příkladové svařovací polohy, kterých lze využít podle vynálezu,

obr. 2A nárys horní části svařovacího zařízení,

obr. 2B nárys dolní části svařovacího zařízení z obr. 2A,

obr. 3 půdorys stanice obsluhy na středním sloupu z obr. 2A,

obr. 4 bokorys stanice obsluhy na středním sloupu z obr. 2A,

obr. 5 bokorys sledovacího systému přiřazeného každému svařovacímu ramenu,

obr. 6 půdorys sledovacího systému,

obr. 7 v dílčím řezu nárys sledovacím systémem,

obr. 8 v dílčím řezu půdorys vedení svařovacího vozíku a mechanické zarážky,

obr. 9 půdorys bezpečnostního mechanismu proti pádu svařovacího vozíku,

obr. 10 bokorys bezpečnostního mechanismu z obr. 9 v uvolněné poloze,

obr. 11 anologický pohled na bezpečnostní mechanismus, avšak v zablokované poloze,

obr. 12 pohled na jeden svařovací ovládací panel z obr. 2A,

obr. 13 schéma ovládacího obvodu k programování svařovacího proudu,

obr. 14 schéma obvodu k udržování polohy svařovací elektrody vůči svarové spáře,

obr. 15 schéma obvodu k ovládání svislého a vodorovného pohybu svařovacího ramene,

obr. 16 schéma programovacího obvodu pro přívod horkého přídavného kovu,

obr. 17 schéma zpožďovacích obvodů v programovacím obvodu z obr. 16 a

obr. 18 schéma zapojení polohového servomechanismu sloužícího k zahřívání přídavného kovu.

Při svařování velkých válcových předmětů, např. nádoby aktivní zóny jaderného reaktoru, jsou jednotlivé svařovací polohy 10 (obr. 1) umístěny paprskovitě proti sobě a souměrně kolem osy 12, protínající svislou osu 14 nádoby 16.

Obr. 2A a 2B ukazují horní a dolní část zařízení k provádění způsobu podle vynálezu, které má dva vnější sloupy a jeden odnímatelný vnitřní střední sloup k uložení svařovacích souprav proti sobě o 180 °C uvnitř i vně svařované nádoby. Zařízení obsahuje otočný stůl 18, na němž je soustředně svisle uložena nádoba 16, souosá s otočným stolem 18. Pod středem otočného stolu 18 je uložena pevná podpěrná objímka 20, do které zapadá kuželový vodící čep 22 středního sloupu 24, jenž je tak přesně zajištěn ve svislé poloze. Otočný stůl 18 pro toto použití je dimenzován tak, aby unesl soustředné zatíže-

ní přibližně 180 t, to znamená bodové zatížení 180 t ve statických podmínkách a dynamické zatížení 180 t při soustředném namáhání. Průměr otočného stolu **18** je asi 5 m.

Horní povrch otočného stolu **18** je hladce obroben a je opatřen řadou otvorů k upevnění upínadel **26** (obr. 2B), jež udržují nádobu **16** v soustředné poloze vůči středu otočného stolu **18**.

Na dolní straně otočného stolu **18** je uloženo samostatné patní ložisko **28**. Kruhová dráha na obvodu na dolní straně otočného stolu **18** je rovněž obroušena a nese pomocná ložiska **30** a desky **32** podléhající rychlému opotřebení, jež rovněž slouží jako dráha pro elektricky uzemněná kluzadla **34**. Jak již bylo uvedeno, nosič dolního ložiska je opatřen kuželovou objímkou **20** pro nasazení vodicího čepu **22** středního sloupu **24**. Část objímky **20** vyčnívá pod úroveň země do takové hloubky, aby měl střední sloup **24** dostatečnou stabilitu. K usnadnění vyjímání středního sloupu **24** je v dolní části pod objímkou **20** umístěn hydraulický zdvihák **36** s nosností 90 t. Hydraulický zdvihák **36** je ovládán zvnějšku a slouží k vysunutí vodicího čepu **22** z objímky **20**, když se má střední sloup **24** vysunout.

Pod otočným stolem **18** je uložena soustava uzemněných kluzadel **34**, která jsou zatížena pružinami, mají proudovou zatížitelnost 2000 A doplňují zemnicí elektrický obvod a chrání ložiska proti svařovacímu proudu.

Otočný stůl **18** je uváděn do rotačního pohybu pomocí přesného čelního ozubeného kola **38**, které probíhá po obvodu otočného stolu **18** a zajišťuje hladkou regulovatelnou rotační rychlost, která se dá spojitě nastavovat, například v mezích od 0,0053 do 0,058 ot/min $\pm 2\%$. Ozubené kolo **38** je poháněno motorem **40**, jenž je uložen vedle otočného stolu **18**. Výkon se přenáší z motoru **40** na ozubené kolo **38** přes převodovku **42** (obr. 2B).

Střední sloup **24** je umístěn uvnitř svařované nádoby **16** a zajištěn na dolním konci vodicím čepem **22**, jenž prochází středovým otvorem v otočném stole **18** do objímky **20**. Horní konec středního sloupu **24** je stabilizován pomocnou plošinou **44**, která je podepřena vně obvodu otočného stolu **18**. Horní konec středního sloupu **24** je opatřen kuželovým nástavcem **46** a objímkou, která je souosá s otvorem **96** v pomocné plošině **44**.

Kuželový nástavec **46** na horním konci středního sloupu **24** může také sloužit k nasazení konstrukčního nástavce, kterého se používá při svařování velice dlouhých nádob pro velké jaderné reaktory. Použití odnímatelného nástavce usnadňuje manipulaci se středním sloupem **24**, aniž je třeba používat podstatně delšího pevného sloupu pro svařování velkých jednotek.

Na středním sloupu **24** je uložen můstek **48**, který je svisle pohyblivý a opatřený dvě-

ma svařovacími rameny **50** a nosnou plošinou **52**. Obě svařovací ramena **50** jsou stejná a jsou upravena s přiměřeným přesazením tak, aby svařovací elektrody **54**, umístěné na vodorovných nástavcích každého svařovacího ramene **50**, ležely na společném průměru a souose se svařovacími elektrodami **56** na vnějších sloupech **88**.

Zdvihání nosné plošiny **52** a můstku **47** a vozíku **58** se provádí střídavým brzdovým elektromotorem spojeným s redukčním převodem, přičemž dvě řetězová kola **60**, spojená s motorem, jsou opásána řetězem **62**. Řetěz **62** je jedním koncem připevněn k vozíku **58** a druhým koncem k protizávažím **64**, jež jsou umístěna uvnitř válcové trouby **66** ve středním sloupu **24**.

Vozík **58** je krabicové konstrukce, aby se deformace způsobená krutem snížila na minimum. Na vozíku **58** jsou uloženy soustavy válečků **68** a na středním sloupu **24** jsou upraveny záběrné nástavce **70**, které zajišťují správné nastavení vozíku **58** a svařovacích ramen **50**.

Každé svařovací rameno **50** je tvořeno skříňovou konstrukcí **72** (obr. 3), která je poháněna ozubenou tyčí, připevněnou ke straně svařovacího ramene **50**. Dráha pohybu svařovacího ramene **50** je přibližně 90 centimetrů. Ozubená tyč svařovacího ramene **50** je poháněna přes pastorek střídavým brzdovým elektromotorem, který je přes redukční převod spojen s pastorkem. Hnací mechanismus je upraven tak, že je reverzní. K zajištění nastavení správné polohy je upraveno blokovací ústrojí, které sestává z ozubení zabírajícího s ozubením na svařovacím rameni **50**.

Na středním sloupu **24** je upravena soustava svisle nad sebou umístěných otvorů **74**, jejichž vzdálenost je přibližně 10 cm (obr. 4). Do těchto otvorů **74** zapadá solenoidem ovládaný kolík **76** (obr. 8), který tvoří mechanickou zarážku proti poklesu vozíku **58** při případné poruše řetězu **62** nebo pohonu. Ovládací obvody jsou upraveny tak, že vozík **58** se pohybuje tak dlouho, až kolík **76** západně od jednoho otvoru **74**. Přídavné elektrické zapojení, které bude popsáno v dalším, zabraňuje funkci svařovacího zařízení do té doby, než kolík **76** zapadne do některého otvoru **74**.

Jak ukazují obr. 9, 10 a 11, je upraven bezpečnostní mechanismus **78** proti pádu, což je pružinou zatížený mechanismus, umístěný na každém vozíku **58** a uváděný v činnost poklesem napětí řetězu **62**. Jakmile k tomu dojde, zapadne západka **80** do ozubeného hřebene **82**, přivařeného ve svislé poloze ke střednímu sloupu **24**. Obr. 10 a 11 ukazují bokorys bezpečnostního mechanismu **78** v uvolněné a zablokované poloze a obr. 9 znázorňuje půdorys bezpečnostního mechanismu **78** v uvolněné poloze.

Silové a ovládací kabely **84** (obr. 2A, 2B) jsou připojeny k horní části středního sloupu **24** a vedou dolů k vozíku **58**. Kromě nor-

málních ovládacích kabelů a svařovacích přívodů jsou na každém vozíku **58** vzduchové výpustě a odsávací ventilátor s pružným potrubím, které zajišťují proudění čerstvého vzduchu, aniž vytvářejí průvan, jenž by mohl nepříznivě ovlivnit ochranný plyn ve svařovací zóně. Mimoto je na každé stanici **86** obsluhy (obr. 2A) a v dalším neznázorněném místě v určité vzdálenosti upraveno interkomunikační zařízení, které zajišťuje koordinaci obsluhy během funkce zařízení.

Po obou stranách otočného stolu **18** je uložen vnější sloup **88**. Oba tyto sloupce **88** jsou v podstatě konstrukčně stejné jako střední sloup **24**, pouze s tím rozdílem, že každý má jediné svařovací rameno **50**. Tato ramena **50** leží diametrálně proti sobě na stejné přímce jako svařovací elektrody **54** středního sloupu **24**.

Nosné plošiny **52**, **53** na středním sloupu **24** a na vnějších sloupcích **88** mají vodorovné nástavce **90**, které vyčnívají ke svarové spáře **92**, aby obsluha mohla sledovat svařování z těsné blízkosti.

Obdélníková pomocná plošina **44** spojuje dva svislé nosníky **94**, které leží vně obvodu otočného stolu **18**. Tato pomocná plošina **44** zajišťuje zároveň přístup obsluhy k vozíkům **58**, **59** a slouží k uložení silových a ovládacích elektrických vodičů, které napájí střední sloup **24** a vnější sloupce **88**. Otvor **96** v předním konci pomocné plošiny **44** slouží pro průchod jeřábového lana a nástavce středního sloupu **24**, když je pracovní plošina **44** ve vodorovné poloze. Odnímatelné sekce pomocné plošiny **44** umožňují snadný a bezpečný přístup obsluhy k vozíku **58** na středním sloupu **24**. Pomocná plošina **44** je připojena ke šneku **98** a ke kluzné tyči **100**, takže plošina **44** se může snadno zdvíhat do nejrozličnějších úrovní nezbytných pro svařování nádob **16** různých svislých rozměrů. Pomocná plošina **44** je rovněž výkyvná kolem jedné ze svých opěr, aby se mohla vykynout od středního sloupu **24** při ukládání a vyjímání středního sloupu **24** a nádoby **16**, což se provádí vrátkem hnáným elektromotorem.

Svařovací souprava **102** je připojena ke konci každého svařovacího ramena **50** pomocí adaptéru **106**, přičemž každá svařovací souprava **102** je identická s ostatními, takže všechny soupravy jsou zaměnitelné. K adaptéru **106** je připojeno kluzátko **104** (obr. 2A a 4), které má dráhu pohybu 15 cm a umožňuje jemné svislé nastavení svařovací soupravy **102**. Kluzátko **104** je uváděno do pohybu motorem **108** se šnekem. Když je ovládací ústrojí sledovacího obvodu v poloze pro automatický provoz, provádí se svislé nastavování vnitřních svařovacích elektrod **54** a vnějších svařovacích elektrod **56** vůči svarové spáře **92** pomocí tohoto svislého kluzátka **104**, jak bude popsáno v souvislosti s vysvětlením sledovacího systému.

Sledovací systém (obr. 2A, 3, 4, 5, 6 a 7), který udržuje svislé nastavení svařovacích

elektrod **54**, **56** vůči svarové spáře **92**, sestává z pružinou zatíženého sledovacího ramene **110**, které vyčnívá do strany ze základní desky **107** a dotýká se svarové spáry **92**. Na vnějším konci sledovacího ramene **110** je upravena kulička **112** v držáku, která jede přímo ve svarové spáře **92**. Sledovací rameno **110** je uloženo na základní desce **107** pomocí objímky **114**, která umožňuje vertikální pohyb sledovacího ramene **110** při jeho pohybu ve svarové spáře **92**, která se pohybuje při otáčení otočného stolu **180**. Vertikální pohyb sledovacího ramene **110** je snímán mikropsínači **16**, umístěnými na jeho obou stranách, které převádějí svislý pohyb na elektrický výstupní signál, jenž charakterizuje směr tohoto pohybu. Tento výstupní signál slouží k ovládání motoru **108** se šnekem a tím ke zpětnému přemístění svařovacích elektrod **54**, **56** proti svarové spáře **92**. S výhodou je kulička **112** v držáku umístěna na sledovacím rameni **110** co nejbližší svařovací hlavě, aniž překáží obsluze při vizuální kontrole sváření. Podle vynálezu lze použít zpoždovacího obvodu s malým časovým zpožděním, které odpovídá době, kterou potřebuje svarová spára **92** k proběhnutí vzdálenosti mezi svařovací elektrodou **54**, **56** a kuličkou **112** v držáku na sledovacím rameni **110**; po této době zpoždění se teprve uvede v činnost motor **108** se šnekem, který nastaví zpátky svařovací hlavu do žádané polohy. Tím vznikne uzavřená regulační smyčka, která neustále opravuje polohu svařovací hlavy vzhledem ke svaru.

Ke svislému kluzátku **104** je připevněn oscilátor **118** svařovací hlavy, například oscilátor typu Auto Arc Model 4810C, výrobek firmy Auto Arc-Weld Manufacturing Co., Cleveland, Ohio. V tomto případě oscilátor **118**, který je nejlépe patrný z obr. 4, zajišťuje řízený zdvih do 7,6 cm s nastavitelnou prodlevou na obou koncích, která umožňuje zastavení svařovací elektrody na koncích kmitů na předem stanovenou dobu.

K oscilátoru **118** je připojena řídicí hlava **120** pro regulaci napětí oblouku, například typu Linde Model čís. HWH-3, výrobek firmy Union Carbide Corporation, New York, Linde Division. Řídicí hlava **120** je v tomto případě použita se svařovacím hořákem typu JW-27 Linde. Řídicí hlava **102** k regulaci napětí oblouku se skládá z reverzního krokového motoru, vřetena, recirkulační svíčky a přesného kluzátka. Krokový motor otáčí hřídel vřetene, který zdvihá a spouští recirkulační svíčku. Pohyblivá část kluzátka je spojena přímo s recirkulační svíčkou, takže je zdvihána a spouštěna svíčkou, jež nese svařovací elektrodu. Adaptér nesoucí svařovací elektrodu je připevněn svorníky přímo k pohyblivé části kluzátka. Diferenciální zesilovač, spojený s hlavou **120**, snímá, jak bude vysvětleno v dalším, napětí mezi svařovací elektrodou a obloukem a srovnává toto napětí s předem stanoveným napětím, které udává žádanou délku oblou-

ku mezi elektrodou a svarem. Když skutečně napětí má jinou hodnotu, krokový motor se uvede v činnost a přestaví elektrodu do správné vzdálenosti od svaru. Tím je udržována konstatní délka oblouku během celého svařování.

Svařovací elektroda **54**, **56** tvoří nedílnou součást každé svařovací soupravy **102**. Její těleso nese plynovou čoučku, která zajišťuje stabilní proud ochranného plynu s rozptylem až do 2,54 cm, aby oblast svařování byla dobře viditelná. Elektroda a silový kabel jsou chlazeny vodou, která prochází vnitřními vodními kanály, jež jsou připojeny k pomocné plošině **44** na středním sloupu **24**.

Příváděč **122** horkého svařovacího drátu **130** (obr. 3 a 4) je umístěn v bezprostřední blízkosti každé svařovací elektrody a tvoří zdroj předehřátého přídavného materiálu, který je navinut na cívce **124**. Příváděč **122** sestává tedy z cívky **124** svařovacího drátu **130**, který je poháněn pohonem **126** a je veden kontaktní trubicí **128** ke svarové spáře **92** na nádobě **16** do místa v bezprostřední blízkosti za svařovací elektrodou **54** ve směru pohybu nádoby **16**. Mezi nádobou **16** a kontaktní trubicí **128** je zapojen střídavý zdroj, takže svařovacím drátem **130** prochází střídavý proud, odporově jej zahřívá a teprve zahřátý drát přichází do svarové spáry **92**.

Jak bude zřejmé z následujícího popisu, přívod svařovacího drátu je modifikován podle vynálezu tak, aby bylo možno řídit množství svarového kovu ve svarové spáře podle energie přiváděné do svařovací elektrody.

Kromě toho je intenzita střídavého proudu procházejícího svařovacím drátem **130** řízena v závislosti na rychlosti, jakou se drát **130** ukládá ve svarové spáře **92**.

Rychlost ukládání svařovacího drátu při jednom svařovacím pochodu se podle vynálezu mění programovaným způsobem. Aby se toho dosáhlo, mění se energie přiváděná do svařovací elektrody. Kromě toho lze měnit výkon pohonu **126** pro přívod svařovacího drátu analogickým způsobem, aby bylo možno řídit ukládání přídavného materiálu ve svarové spáře. Pohon **126** přívodu svařovacího drátu pohání tachometr, jehož elektrický výstupní signál udává rychlost ukládání materiálu ve svarové spáře **92**. Výstupní signál tachometru se vede jako zpětná vazba do ovládacího ústrojí přívodu svařovacího drátu, čímž se zajišťuje žádaná rychlost ukládání přídavného materiálu. Programovací obvody pro přivádění svařovacího drátu současně řídí rychlost přivádění svařovacího drátu a velikost topného proudu.

K vozíku **58** na středním sloupu **24** je připevněna nosná plošina **52** a k vozíkům **59** obou vnějších sloupů **88** jsou připojeny plošiny **53**. Nosná konstrukce z úhelníků, vyztužená táhly a napínadly, podpírá mřížoví obou plošin **52** a **53**, na kterém stojí obsluhující osoba. Přídavné sekce na obou ploši-

nách **52**, **53** a napínací kabely umožňují přizpůsobení k různým velikostem svařované nádoby **16**, přičemž k upevnění přídavných sekcí slouží neznázorněné příložky. Tyto přídavné sekce jsou obecně znázorněny vodorovnými nástavci **90** na obr. 3.

Potrubní soustava přivádí vzduch, chladicí vodu, plyn k elektrodě, plyn pro svařování a profukovací plyn do vhodných míst pomocí nezaměnitelných, rychle odpojovatelných tvarovek, uzavíraných na obou koncích. Velikost a materiál potrubí jsou zvoleny tak, aby v dopravovaném médiu docházelo jen k nepatrnému poklesu tlaku a aby potrubí toto médium nepropouštělo. Tak například lze pro plynová potrubí použít jako materiálu nylonu a pro vodní a vzduchová potrubí polyethylenu. Všechny systémy znázorněné na výkresech jsou vhodné pro použití svařovací soupravy ke svařování wolframovou elektrodou v ochranné atmosféře netečného plynu, je však samozřejmé, že podle vynálezu lze použít i jiných svařovacích postupů, které dávají přesné a reprodukovatelné svary.

Každé svařovací rameno **50** je opatřeno ovládacím panelem **132**, přičemž všechny tyto panely jsou identické a zaměnitelné s ostatními panely spojenými s ostatními svařovacími soupravami **102**. Na každém panelu **132** jsou polohově optimálně umístěny ovládače pro jednotlivé svařovací operace, jak ukazuje obr. 12. Pro ty funkce, které nejsou normálně potřebné během skutečné svařovací operace, je upraven druhý ovládací panel **134**, umístěný na každé stanici **86** obsluhy.

Zaměnitelné ovládací panely **132** mají ovládač **136** pro pohyb svařovacího ramene **50** dovnitř, ovládač **138** pro pohyb svařovacího ramene **50** ven, ovládač **140** pro pohyb můstku **48** nahoru, ovládač **142** pro pohyb můstku **48** dolů, ovládač **144** k nastavování výšky svařovací hlavy, ovládač **146** k nastavování svařovací mezery, ovládač **148** k hruběmu a jemnému nastavování proudu pro zahřívání svařovacího drátu, ovládač **150** k nastavování svařovacího stejnosměrného proudu, ovládač **152** k nastavení oscilátoru **118**, ovládač **154** k nastavení přívodu svařovacího drátu, ovládač **156** k nastavování profukovacího plynu, ovládač **158** k automatickému nastavování napětí svařovací hlavy, ovládač **160** pro automatický přívod svařovacího drátu, ovládač **162** k nastavování proudu do svařovací hlavy, ovládač **162** k natáčení otočného stolu **18**, ovládač **166** ke spouštění a zastavování svařování a bezpečnostní spínač **168** k úplnému zastavení celého zařízení. Kromě toho je upraven sdružený kontrolní spínač **170**, který zabráňuje pohyb stanice **86** obsluhy na středním sloupu **24**, pokud není vyslán rozkaz k pohybu do obou stanic **86**. Dále je na ovládacím panelu **132** upraven spínací klíč **172**, který přerušuje logické obvody sdružených kontrolních spínačů a umožňuje pohyb stanice s je-

dinou obsluhou. Kromě ovládačů na ovládacím panelu **132** jsou upraveny ukazatele **174** s přímým číselným údajem, a to ukazatel **176** napětí oblouku, ukazatel **178** rychlosti přívodu svařovacího drátu a ukazatel **180** svařovacího proudu. Ovládače umístěné na druhém ovládacím panelu **134** zahrnují ovládače k nastavování prodlev na pravém a levém konci kmitu oscilátoru, ovládače pro rychlost oscilátoru **118**, pro šířku oscilací, ovládač pro normální rychlost přívodu svařovacího drátu, řízení citlivosti napětí oblouku, dodatečné proudění plynu po zastavení, dále ovládač čerpané vody a ovládač smyslu otáčení otočného stolu **118**.

Obvody, které tvoří součást zařízení podle vynálezu, slouží k počátečnímu zvětšování hloubky svarové vrstvy s časem během daného svařovacího postupu, až se dosáhne pevné, předem stanovené hloubky. Je třeba mít na paměti, že obě svařovací hlavy vytvářejí identické svary v jakémkoli časovém okamžiku v polohách ležících o 180° proti sobě. V okamžiku, kdy svařovací hlava prošla dráhou 180° , lze dát rozkaz, aby se hloubka svaru zmenšovala stejnou rychlostí jako při začátku svařování, až se dosáhne stejné hloubky svaru po celém obvodu spáry. V důsledku toho každý svařovací pochod vytvoří s výhodou určitý stupeň překrytí.

Na obr. 13 je znázorněn příklad elektronického obvodu pro nastavování stejnosměrného svařovacího proudu potřebného pro postupné svařování. Hlavními součástmi tohoto obvodu je zesilovač **200** tvořící integrátor, zesilovač **202** tvořící invertor úrovně napětí a zesilovač **204**, který pracuje jako součtový zesilovač. Všechny zesilovače jsou napájeny ze stejnosměrného zdroje 30 V. Tři ovládače úrovně svaru, a to „začátek“ (**206**), „svařování“ (**208**) a „konečný“ (**210**) jsou použity jako děliče napětí, umožňující žádaný program pro změnu hloubky vrstvy. Tyto ovládače jsou upraveny na panelu obsluhy a jsou normálně nastaveny před začátkem svařování.

Před vytvořením svařovacího oblouku je výstupní napětí zesilovače **200** přibližně 10 Vss, což je dáno průrazným napětím Zenerovy diody **212** a úbytkem napětí na diodě **214**. Výstupní signál zesilovače **200** se vede na vysokou stranu potenciometru **206** a **210**; napětí z běžce potenciometru **206** se vede přes normálně uzavřené kontakty relé **216** a přes odpor **218** na invertující vstup zesilovače **204**. Výstupní signál zesilovače **200** se rovněž vede přes odpor **220** na invertující vstup zesilovače **202**. Stejnosměrný signál $+15$ V, který se přivádí přes nastavovací potenciometr **222** a odpor **224** do invertoru **202**, se algebraicky sčítá nastavením potenciometru **222** s výstupním signálem zesilovače **200**, který je -10 V, takže výstup zesilovače **202** je 0 V.

Výstupní napětí zesilovače **204** je udržováno přes zpětnovazební odpor **226** s hodnotou 150 Ω přes normálně uzavřené

kontakty relé **228** na úrovni nižší než $+1$ Vss. Toto napětí je odpojeno od výstupu obvodu normálně otevřenými kontakty relé **228**.

Zapálením stejnosměrného svařovacího oblouku vznikne signál, který vybudí relé **228**, jež uvolní svěrkový obvod zesilovače **204** a umožní, aby tento zesilovač **204** pracoval jako invertor s jednotkovým ziskem, a současně uzavře cestu mezi výstupem zesilovače **204** a výstupem obvodu. V důsledku toho se inverzní hodnota napětí, zvoleného na běžci potenciometru **206** pro počáteční proud, objeví na výstupu zesilovače **204**, odkud se vede do ovládacího obvodu pro přívod stejnosměrné elektrické energie.

Současně s těmito průběhy přepne relé **228** vstupní signál zesilovače **200** z pevné kladné hodnoty z odporu **230**, který udržoval jeho výstupní napětí na hodnotě -10 Vss, na záporný signál přes potenciometr **232** pro vzrůst proudu a přes spínač **234** s rozsahem 0 až 10 a 0 až 100 s, z potenciometru **236**.

Tato změna polaritý vstupního signálu zesilovače **200** vyvolá začátek integrace z -10 V ss rychlostí danou nastavením shora uvedených obvodových prvků.

Když zesilovač **200** začne integrovat od -10 V do 0, záporný vstup zesilovače **202** se zmenší, čímž začne převažovat vstupní kladný signál, což má za následek, že výstupní signál zesilovače **202** se změní z 0 na -10 V ss současně s tím, že se výstupní signál zesilovače **200** změní z -10 V ss na 0.

Výstupní signál zesilovače **202** se vede na vysokou stranu potenciometru **208** ovládacího svařovací proud a zvolená úroveň napětí se přivádí přes odpor **238** do zesilovače **204**, kde se sčítá se signálem ze zesilovače **200** a odporu **218**. Výsledný výstupní signál představuje kladný výkyv z „počátečního“ proudového nastavení na „svařovací“ proudové nastavení během doby vzestupu.

Když obsluhující osoba chce přejít na fázi zastavení svařování, přepne spínač **166** (obr. 12) do polohy „stop“, čímž se vybudí relé **216**. Relé **216** přepne z běžce potenciometru **206** počátečního proudu na běžec potenciometru **210** „výsledného“ svařovacího proudu a vstupní signál zesilovače **200** z negativního signálu z obvodu pro vzestup na pozitivní signál z obvodu pro sestup. Tato změna polaritý způsobí, že zesilovač **200** začne integrovat od 0 do -10 V ss. Tato změna má na zesilovač **202** vliv, který je opačný než při vzestupu, to znamená, že jeho výstupní signál se změní z -10 V ss na 0. Konečným výsledkem je lineární změna výstupního signálu zesilovače **204**, který se vede do svařovací hlavy, a to z úrovně nastavené potenciometrem **208** svařovacího proudu na úroveň danou potenciometrem **210**, nastavujícím konečný svařovací proud. Jak již bylo uvedeno, je přívod a předebrívání svařovacího kovu programováno podle svařovacího proudu.

Sledovací obvod, který reaguje na polohu sledovacího ramene **210** a opravuje a nastavuje polohu svařovací hlavy vzhledem ke svarové spáře, tvoří rovněž součást stejnosměrných ovládacích obvodů. Jeho hlavními součástmi jsou podle obr. 14 čtyři výkonové diody **240** a relé **242**, **244**. Čtyři výkonové diody **240** tvoří dvoucestný usměrňovač, který usměrňuje střídavé napětí 115 V z vedení **246** na stejnosměrné napětí pro motor, který koriguje nastavení hlavy. Budicí napětí se přivádí do motoru přímo spojitě, zatímco napětí do kotvy se vede přes omezovací odpor **248** s hodnotou 10 ohmů a zatížitelností 10 W a přes reverzní reléový obvod **250**.

Když mikrospínač **116**, uváděné v činnost svislým pohybem sledovacího ramene **110**, zvolí směr pohybu, vybudí se příslušné relé **242** při pohybu nahoru a **244** při pohybu dolů, které přivádí napětí správné polaritě pro tento směr pohybu. Když se pohyb zastaví, přemostí odpor **248** kotvu jako dynamická brzda ke zkrácení volného doběhu motoru. Pohyb sledovacího ramene vyvolá tedy odchylkový signál, který vybudí motor ve správném směru, aby se odchylka snížila na minimum a tím se opravila poloha svařovací hlavy.

Příklad obvodu pro řízení svislého a vodorovného pohybu svařovacího ramene **50** je znázorněn na obr. 15. Aby byl následující popis zcela jasný, budiž předpokládáno, že kontrolní stanice **A** obsluhy na středním sloupu **24** je hlavní a druhá stanice **B** je podružná. Jak již bylo vysvětleno, obvody pro obě stanice jsou identické a před zahájením svislého pohybu musí být vyslán současný rozkaz z obou kontrolních stanic obsluhy na středním sloupu **24**. Je samozřejmé, že kterákoliv ze čtyř kontrolních stanic může sloužit jako hlavní stanice a kterákoli z dalších stanic jako podružná.

K ovládání svislého a vodorovného pohybu svařovacího ramene na sloupech je upraven střídavý zdroj napětí 115 V. Když se stiskne sdružené povolovací tlačítko **170**, napětí 115 V se přivádí na svorku **252** a zpátky ke svorce **254** ve stanici **A**. Tato svorka **254** je připojena k jedné straně všech spínacích bloků **256** pro vodorovný a svislý pohyb. V tomto případě budiž předpokládáno, že byl zvolen směr pohybu nahoru, takže napětí 115 V se přivádí na svorky **258** a **260**.

Svorka **260** je připojena k jednomu konci solenoidu **78**, který slouží k vysouvání blokovacího kolíku **76**, jenž zapadá do otvoru **74** ve středním sloupu **24** a přidržuje svařovací ramena **50** ve zvolené svislé poloze. Druhý konec solenoidu **78** je připojen přes normálně uzavřený obvod **262** koncového spínače ozubeného blokovacího ústrojí, které slouží k zajištění svařovacích ramen ve zvolené poloze, a přes normálně uzavřený kontakt relé **264** ke druhému pólu střídavého zdroje napětí 115 V. To má za následek, že se solenoid **78** vybudí a blokovací kolík

76 se vysune z otvoru **74** a narazí na spínač **270**, jehož kontakty přepne.

Svorka **258** je připojena ke spojům pro pohyb nahoru a dolů na stykači motoru pro svislý pohyb, umístěném na středním sloupu **24**. Spoje pro pohyb nahoru jsou tvořeny normálně otevřenou soustavou kontaktů na zdvihací cívce, která je připojena ke zdroji napětí 115 V. Spoj pro pohyb dolů je tvořen normálně uzavřenou soustavou kontaktů, která je připojena k jedné straně zdvihací cívky. Druhá strana zdvihací cívky je spojena se svorkou **266** přes normálně spojenou se svorkou **266** přes normálně uzavřený omezovací spínač **268** pro pohyb nahoru a přes normálně otevřený omezovací spínač **270** blokovacího kolíku **76**, který není uzavřen, poněvadž kolík **76** byl vysunut z příslušného otvoru **74**, ke druhému pólu zdroje napětí 115 V. Tento obvod vybudí zdvihací cívku motoru pro svislý pohyb, která připojí k tomuto motoru třífázové napětí 440 V, čímž dojde k pohybu nahoru. V tomto okamžiku je strana zdvihací cívky, která je připojena k napětí 115 V, na pohonu svislého pohybu, udržována na tomto napětí přes normálně otevřené kontakty, takže když se jedno nebo obě sdružené povolovací tlačítka a tlačítko pro pohyb nahoru uvolní, pokračuje pohyb nahoru tak dlouho, až je druhá strana zdvihací cívky naprázdno. Dojde k tomu tehdy, když blokovací kolík **76** zapadne do následujícího otvoru **74** nebo když se dosáhne konce dráhy a přepne se spínač **268** označující meze zdvihacího pohybu.

K programování přívodu horkého svařovacího drátu slouží podle obr. 16 obvod s polohovým servomechanismem, který obsahuje jako hlavní složky například operační zesilovač **300**, pracující jako integrátor, zesilovač **302**, pracující jako katodový sledovač, a relé **304**, **306** k přepínání. Ve statickém stavu je výstup zesilovače **300** udržován na hodnotě 0 V v důsledku stejnosměrného vstupního napětí —15 V přes odpor **308** a normálně uzavřených kontaktů relé **304**, které se snaží uvést tento výstupní signál na kladnou hodnotu, čemuž brání spád v propustném směru diody **310**. Poněvadž výstup zesilovače **300** je veden před potenciometrem **312** pro nastavení napětí svařovacího drátu, který udává úroveň na vstupu zesilovače **302**, je výstup zesilovače **302** roven 0 V.

Po začátku svařování, když se svařovací drát přiblíží ke svařovanému předmětu, vybudí se relé **304**, které připojí ke vstupu zesilovače **300** potenciometr **314** doby vzrůstu a potenciometr **316**, který nastaví vstup zesilovače **300** tak, aby integroval do napětí přibližně —10 V ss. Toto stejnosměrné napětí —10 V se přivádí přes potenciometr **312** k nastavování napětí pro zahřívání drátu, žádané napětí se nastaví běžcem tohoto potenciometru **312** a vede do zesilovače **302**. Výstup zesilovače **302** je přesně stejný jako jeho vstup, avšak při podstatně nižší im-

pedanci. Výstup zesilovače **302** se pak vede na vstup neznázorněného polohového servomechanismu. Během svařování lze měnit nastavení potenciometru **312**, který nastavuje napětí pro zahřívání svařovacího drátu, čímž se mění výstupní signál zesilovače **302**, který mění polohu sběrače regulačního transformátoru v napájecím obvodu.

Má-li se postup zastavit, začne fungovat časovač **318** pro zpoždění konce (obr. 17) a vybudí relé **306**. Toto relé přepne vstup zesilovače **300** z obvodu pro vzestup na obvod pro sestup, který obsahuje potenciometr **320** pro sestup a kalibrační potenciometr **322** pro sestup, který vytváří signál nabývající záporných hodnot. Tento signál způsobuje, že zesilovač **300** začne integrovat přibližně od -10 V ss do 0, což vyvolá analogickou změnu výstupu zesilovače **302**, který snižuje signál pro pohon do polohového servomotoru.

Polohový servoregulátor napájený střídavým napětím, který lze použít pro dodávání programovaného elektrického proudu k předehřívání svařovacího materiálu, je znázorněn na obr. 18 a obsahuje jako hlavní složky operační zesilovač **324**, regulátor **326** typu „O“, jenž má nastavitelný zisk od $X = 1$ do $X = 100$, napěťový dělič **328**, oboustranný stejnosměrný můstek **330**, sestávající ze dvou zapalovacích obvodů **332** a čtyř tyristorů **334**, a stejnosměrný motor **362** s tachometrickým dynamem **360**, jenž pohání regulační transformátor **338**, dále potenciometr **340** pro pohon přívodu svařovacího drátu a polohový rozpoznávací potenciometr **342**.

Pro zjednodušení budiž předpokládáno, že regulační transformátor **388** a polohový rozpoznávací potenciometr **342** jsou vzájemně synchronizovány, pokud jde o úhel natáčení, a oba jsou nastaveny na dolní konec ve směru proti pohybu hodinových ruček, takže výstup polohového rozpoznávacího potenciometru **342** je 0. Nepřichází-li přes odpor **344** ovládací signál, je výstupní signál zesilovače **324** nulový, takže nevzniká signál pro pohon motoru **362**.

Jakmile začne svařovací program a přes odpor **344** přijde do zesilovače **324** záporný napájecí signál, zesílí se tento signál v míře dané ziskem zesilovače **324** a objeví se na jeho výstupu jako signál nabývající kladné hodnoty. Tento signál se zavádí do diody **346** pro snímání polarity a přes odpor **348** do zapalovacího obvodu **350**, který připojí tyristory **352**, **354** ke kladnému anodovému napětí a vytvoří kladnou stejnosměrnou složku na straně **356** kotvy polohového servomotoru. Tato kladná stejnosměrná složka způsobí, že motor **362** a tachometrické dynamo **360** se začnou otáčet ve směru šipky **C** a posouvají regulační transformátor **388**, potenciometr **340** pro přívod svařovacího drátu a polohový rozpoznávací potenciometr **342** směrem k jejich koncům odpovídajícím pohybu hodinových ruček. Když se vzrůstající kladné napětí z polohového roz-

poznávacího potenciometru **342** blíží úrovni amplitudy záporného řídicího signálu, blíží se jejich algebraický součet nule. Když se tento odchylkový signál zesílený zesilovačem **342** sníží na nulu, motor **362** nedostává budící signál a zastaví se v této poloze.

Když se záporný ovládací signál, přicházející přes odpor **344**, sníží ručním natočením ovládače **148** pro nastavování napětí k zahřívání svařovacího drátu, který je umístěn na panelu z obr. 12, nebo se automaticky sníží při zastavení svařování, začne převažovat kladné napětí z běžce polohového rozpoznávacího potenciometru **342**, které se zesílí a invertuje k zesilovači **324**, odkud se vede přes diodu **358** snímající polaritu do zapalovacího obvodu **360**. Tento zapalovací obvod **360** otevře tyristory **362**, **364** a vytvoří záporné stejnosměrné napětí na straně kolíku **356** kotvy polohového servomotoru a tachometrického dynamu, jež posune regulační transformátor **338**, potenciometr **340** pro přívod drátu a polohový rozpoznávací potenciometr **342** zpátky na konec odpovídající opačnému pohybu než pohyb hodinových ruček, až je odchylka znovu nulová.

Tachometrické dynamo **360**, které je přímo připojeno ke hřídeli kotvy motoru **362**, vysílá signál opačné polarity, než jaký napájí zesilovač **324**. Tento signál se vede přes nastavovací potenciometr **364**, který je nastaven na optimální polohovou odezvu a umožňuje nepatrné kmitání v nulové poloze. Hlavní funkcí potenciometru **366** je nastavení optimální šířky nulové oblasti.

Když polohový servomechanismus se automaticky zastavuje, prochází normálně záporný signál na odporu **344** přes nulu a pokračuje do hodnoty přibližně $+0,5\text{ V ss}$. To zabraňuje, aby se neobjevilo nad minimální úroveň nulové napětí, takže regulační transformátor **338** se otáčí proti směru hodinových ruček a naráží na pryžový doraz, kde jej odpojí kluzná spojka na tak dlouho, až oblouk zhasne.

V sérii s polohovým rozpoznávacím potenciometrem **342** jsou zapojeny dva nastavovací potenciometry. Potenciometr **368** umožňuje maximální požadované nastavení regulačního transformátoru **338** ve směru pohybu hodinových ruček, když je na odporu **344** maximální ovládací signál. Potenciometr **370** umožňuje nastavení ve směru proti pohybu hodinových ruček při minimálním signálu na odporu **344**.

Zesilovač **372**, který pracuje jako sledovač, mění výstupní napětí z potenciometru **340** na nízkou impedanční úroveň a vede jej zpátky na šasi obvodu.

Servomechanismus pro pohon přívodu svařovacího drátu a jeho logické obvody mohou obsahovat například následující hlavní složky: dva časovače **374** (zpoždění začátku) a **318** (zpoždění zastavení), což jsou obvodové prvky v pevné fázi, dále operační zesilovač **376**, který pracuje jako integrační

a proporcionální regulační předzesilovač, zapalovací obvod **378** a dvoucestný tyristorový můstek **380**. Relé použitá v tomto obvodu jsou následující: relé **382** pro automatický chod, relé **386** pro pokles, relé **386**, udávající, že motor pro přívod drátu je připojen, relé **384** pro posouvání nahoru a ven a relé **388** pro posouvání dolů a dovnitř. Napětí $+24\text{ V ss}$ se přivádí přes sepnutý spínač pro přívod drátu do cívek relé **384**, **388**, **386** ve vhodné době, což umožňuje přívod drátu.

Jakmile vznikne stejnosměrný oblouk na svařované ploše, přijde přes svorku **390** stejnosměrné napětí $+24\text{ V}$ do časovače **374** (obr. 17). To způsobí, že tento časovač **374** zpozdí start na danou dobu, zvolenou tlačítkem **394** pro zpožděný start na kontrolním panelu, přičemž rozmezí tohoto zpoždění je dáno spínačem **392** a je například 0 až 10 nebo 0 až 100 s. Na konci tohoto zpoždění uzavře časovač **374** soustavu svých normálně otevřených kontaktů **396**, čímž se automaticky vybudí oscilátor. Když je spínač **398**, udávající způsob přívodu drátu, v poloze pro automatiku, přivádí se napětí $+24\text{ V ss}$ přes časovač **374** a spínač **398**, který vybudí relé **382**. Relé **382** přivede stejnosměrné napětí $+24\text{ V}$ přes normálně uzavřené kontakty **400** do cívky relé **388**, které přivede toto napětí $+24\text{ V}$ do cívky relé **384** a **386**. Volba relé **384**, **388** a **386** doplní výstupní signál z tyristorového můstku **380** (obr. 16), který se přivádí do kotvy motoru **362**, jenž je tak připraven pro přivádění svařovacího drátu. V tomto okamžiku je posouvací obvod mimo provoz. Druhou funkcí relé **382** je uzavírat obvod **402**, který uvádí v činnost svařovací stykač ve zdroji střídavého proudu. Konečně relé **382** připojí kladný ovládací signál z potenciometru **404** pro posouvací pohyb dolů přes nyní uzavřené kontakty relé **386** a přes odpor **406** na součtovou svorku zesilovače **376**.

Zesilovač **376** dostává ovládací signál, invertuje jej a začíná integrovat do výstupního signálu asi 10 V ss , což je hodnota zajišťovaná Zenerovou diodou **408**. Když výstup zesilovače **376** začne nabývat záporné hodnoty, dioda **410**, zjišťující polaritu, vede tento signál do řídicího vinutí zapalovacího obvodu **378**, který zapálí tyristory **412** a **414** v usměrňovacím můstku **380**. Výstupní signál z tohoto můstku **380** se vede přes odpor **416**, který slouží k omezení vysokých proudových nárazů, do kotvy motoru pro přívod svařovacího drátu. Ke kotvě motoru **362** je připojen tachometrický generátor **360**, který začne vytvářet na potenciometru **418** napětí. Potenciometr **418** rozdělí toto napětí a vysílá žádané napětí přes odpor **420** do zesilovače **376**. Toto napětí má opačnou polaritu než ovládací signál přiváděný přes odpor **406**. Jakmile motor **362** dosáhne rychlosti, při které signál tachometrického dynama **360** na odporu **420** má stejnou hodnotu jako signál na odporu **406**, je algebraický součin

roven nule, takže zesilovač **376** přestane integrovat. Kondenzátor **422** udržuje výstupní signál na úrovni potřebné k tomu, aby motor běžel touto rychlostí.

Kdyby rychlost motoru **362** přesáhla požadovanou hodnotu, invertovaný rozdílový signál na výstupu zesilovače **376** by vyvolal integraci pokračující do kladných hodnot, zapalovací obvod **378** by zapálil tyristory při menším fázovém úhlu a rychlost motoru **362** by se zmenšila o žádanou hodnotu.

Zkoumání zesilovače **376** jako integrálního a proporcionálního servoregulátoru ukazuje, že když motor běží pomaleji, než je žádaný, převažuje ovládací signál, což má za následek zápornější výstup, zapálení tyristorů při větším fázovém úhlu a zvýšení rychlosti. Když naopak motor běží rychleji, než je třeba, převažuje signál tachometrického dynama, což má za následek méně záporný výstup a sníženou rychlost. V důsledku toho pracuje motor v ustáleném stavu při požadované rychlosti, nedochází k chybám amplitud ovládacích a zpětnovazebních signálů a obvod lze označit jako proporcionální servoregulátor, pracující v ustáleném stavu s nulovou odchylkou, typu 1.

V zařízení dochází k automatickému ovládání rychlosti, počínaje napětím 10 V odebraným ze stejnosměrného zdroje $+15\text{ V}$, který slouží k napájení použitelných zesilovačů, a toto napětí se přivádí na konec potenciometru s pěti závity, který ovládá maximální rychlost. Běžec tohoto potenciometru je připojen k hlavnímu panelu a ke konci potenciometru pro přívod rychlosti drátu, jenž je spojen s regulačním transformátorem ve střídavém napětovém zdroji. Druhý konec tohoto potenciometru se vrací k hlavnímu panelu na běžec potenciometru pro ovládání minimální rychlosti. Druhý konec potenciometru pro ovládání minimální rychlosti je připojen k napětí $+$ nebo -15 V ss .

Popsaný obvod tvoří potenciometr pro ovládání rychlosti přívodu drátu, na jehož obou koncích jsou tlumiče. Ovládací signál se odebrá z potenciometru **340** a přivádí do zesilovače **372**, který pracuje jako sledovač. Výstup zesilovače **372** je vyveden na šasi, v němž jsou uloženy obvody pro přívod horkého drátu.

Když je stykač vybuzen a drát se pomalu pohybuje směrem ke svařovanému předmětu danou posunovací rychlostí, proudový snímací obvod **424** (obr. 16) vybudí relé **304**, jakmile dojde k doteku, což uvede polohový servomotor do pohybu nahoru a přepne ovládání rychlosti na potenciometr řídicí rychlost přívodu drátu. Od tohoto okamžiku až do zpomalení je rychlost přívodu drátu podřízena potenciometru pro nastavování napětí horkého drátu, přičemž číselníky potenciometrů „minimum“ a „maximum“ slouží k vyvažování poměru příkonu a rychlosti drátu.

Když se uvede v činnost spínač „stop“, vy-

budí se relé **306**, které přepne polohový servomotor na sestup, a časovač **318** pro zpoždění zastavení začne počítat čas po dobu určenou nastavením potenciometru **426** a spínače **428**, který má rozsahy 0 až 10 a 0 až 100 s (obr. 17). Na konci doby odpovídající zpoždění zastavení se otevřou normálně uzavřené kontakty **400** a odpojí oscilátor, zatímco normálně uzavřené kontakty přeruší přívod napětí + 24 V ss do cívek relé **388** a **386**, čímž se odpojí motor pro přívod drátu od tyristorového můstku **380** a připojí se dynamický brzdící odpor **430** (obr. 18) ke kotvě **368**, čímž se zkrátí doběh.

Na kontrolním panelu každé stanice obsluhy je dvoupolohový páčkový spínač **156** (obr. 12), který po uvedení v činnost současně vybudí solenoidy pro přívod plynu a pro přívod vody pro příslušnou svarovou polohu, nařízenou kontrolní stanicí, a svarovou polohu, která leží přesně proti ní.

K umožnění postupné funkce jednotlivých ovládačů na kontrolním panelu musí být nejprve spínač pro promývací plyn v sepnuté poloze. Toto elektrické propojení znemožňuje poškození celé soustavy, k němuž by mohlo dojít bez proudění plynu. Spínač **164** (obr. 12), který udává polohu start a stop, je dvoupolohový páčkový spínač, umístěný dole uprostřed na každém panelu.

Na můstku **48** uloženém na středním sloupu **24** jsou umístěny dvě vysokofrekvenční výkonové jednotky a na každém z vnějších sloupů **88** jedna jednotka. Každá z těchto jednotek obsahuje reléový snímací obvod, který signalizuje hoření oblouku. Vysokofrekvenční energie začne procházet, když je přepnut svařovací spínač **166**, umístěný uprostřed dole na kontrolním panelu, vybuzen. Tento spínač **166** může být přepnut teprve po vybuzení prvků ovládačích přívod plynu a otáčení. Vysokofrekvenční kmity procházejí až do vytvoření oblouku, kdy oblouk probíhá trvale mezi svařovací elektrodou a svarovou spárou a je udržován stejnosměrným svařovacím proudem.

Ovládač **162** stejnosměrného svařovacího proudu (obr. 12) je umístěn vpravo dole na zaměnitelném kontrolním panelu a ve stacionárním panelu, který je přiřazen každé svařovací soupravě. Tři nastavení proudu, a to „počáteční“, „svařovací“ a „výsledný“, se nastavují před začátkem svařování na stacionárním kontrolním panelu. Ovládače udávající vzetupnou a sestupnou rychlost jsou kalibrovány v sekundách, přičemž vzetupná rychlost je počet sekund, během kterých se přejde lineárně z počátečního proudu na svařovací proud. Na šasi ve stacionárním kontrolním panelu je páčkový přepínač, který nastavuje rozsah časovačů pro vzrůst a sestup buď na 0 až 10 s, nebo 0 až 100 s. Sestup lze navodit ručně tím, že se spínač **166** pro začátek svařování přepne do polohy „stop“. K předčasnému zhasnutí oblouku se stiskne bezpečnostní tlačítko **168**, což

je velké tlačítko dole vpravo na zaměnitelném panelu.

Jak již bylo uvedeno, na každém oscilátoru na soupravě svařovací hlavy jsou upraveny regulační hlavy **120** napětí oblouku, které řídí vzdálenost mezi elektrodou a svarovou spárou. Stejnosměrný číslicový voltmetr **176** (obr. 12) ukazuje skutečné napětí oblouku nebo předem nastavené referenční napětí pro regulaci napětí oblouku v závislosti na poloze páčkového spínače **146**, který je uprostřed vlevo na zaměnitelném kontrolním panelu obsluhy. Spínač citlivosti napětí oblouku, umístěný na stacionárním kontrolním panelu, nastavuje časovač pro zpoždění regulační hlavy, který zpožďuje začátek regulačního účinku působícího na napětí po začátku oblouku a udržuje regulační hlavu v pevné poloze po tuto dobu. Tuto dobu je nutno určit pokusně, aby byla vhodná pro pracovní podmínky a vyhovovala všem požadavkům. V příkladu provedení podle vynálezu je maximální doba 10 s.

Číselník **176** nastavuje referenční napětí pro řízení napětí oblouku, když spínač voltmetru je v referenční poloze, přičemž napětí se nastavuje podle údaje voltmetru. Když je spínač nastaven na polohu oblouku, ukazuje voltmetr skutečné napětí oblouku během určité doby svařovacího cyklu. Je zřejmé, že obě napětí budou stejná, když spínač pro automatický provoz a odpojení regulační hlavy na stacionárním kontrolním panelu je nastaven do polohy automatika a když regulace pracuje správně. Regulace neprobíhá, když je spínač nastaven do polohy vypnuto. Pohyb hlavy lze regulovat spínačem pro pohyb hlavy ven a dovnitř.

Obvody v regulátoru napětí oblouku tvoří modul, který je instalován v panelu obsluhy. Tento modul obsahuje stabilní diferenciální zesilovač s vysokým ziskem, který zesiluje odchylkový signál vznikající rozdílem mezi předem stanoveným referenčním napětím a napětím svařovací oblouku. I malá napětí odchylky, například 0,01 V, způsobí, že do krokového motoru regulační hlavy **120** je vyslán střídavý impuls, který slouží k opravě odchylky nastavením délky oblouku. Každý impuls způsobí, že regulační hlava posune svařovací elektrodu o 0,00318 cm, ve směru, který závisí na znaménku odchylkového signálu. Korekce odchylky se provádí v krokovém motoru rychlostí asi 60 impulsů za sekundu ve zvoleném příkladu provedení.

Sledovací soustava je ovládána třípolohovým páčkovým spínačem, který má polohu automatika, vypnuto a ruční ovládání. V poloze pro ruční ovládání je spínač zapojen tak, že umožňuje předběžné nastavení svařovací hlavy. V poloze pro automatiku udržují mikrospínače ve sledovací hlavě konstantní nastavení svařovací hlavy vzhledem ke spáře.

Ovládací obvody oscilátoru jsou rozděleny mezi zaměnitelný kontrolní panel a stacio-

nární kontrolní panel. Spínače ovládající šířku kmitů, pravý svar, levý svar, ruční ovládání, odpojení a automatiku jsou umístěny na stacionárním panelu, zatímco spínač **152**, který omezuje pohyb oscilátoru na jednu stranu pevné polohy, je umístěn na zaměnitelném kontrolním panelu. V poloze automatika na stacionárním kontrolním panelu jsou obvody upraveny tak, že kmitů začínají na konci doby zpoždění spuštění přívodu svařovacího drátu.

Regulátory přívodu horkého drátu obsahují střídavé servomotory, připojené ke střídavému napájecímu napětí a ovládané dvousměrným tyristorovým systémem **334**, který byl popsán v souvislosti s obr. 18. Servoovládače **154** jsou umístěny na zaměnitelném kontrolním panelu obsluhy pod ovládačem rychlosti přívodu drátu. Aby mohl fungovat systém pro přívod drátu, musí být spínač pro automatický přívod drátu a pro vypnutí přívodu drátu v poloze automatika. Když je tento spínač v poloze vypnuto, lze drát přivádět pouze tehdy, uvede-li se v činnost posouvací spínač do polohy nahoru nebo dolů. Posouvací rychlost je dána spínačem přívodu drátu na zaměnitelném kontrolním panelu. Když je spínač v poloze pro automatiku, začne ovládač zpoždění spuštění drátu počítat od okamžiku, kdy vznikne svařovací oblouk. Na konci této předem stanovené doby se začne drát přivádět posouvací rychlostí. Když se svařovací drát dotkne roztaženého kovu, začne střídavé napětí předehřívající drát vzrůstat z minima na předem stanovenou hodnotu po dobu, která je nastavena na ovládači **148** doby vzrůstu. Současně se začátkem poklesu stejnosměrného proudu začne klesat střídavé napětí na minimum po dobu nastavenou ovládačem doby poklesu. Rovněž současně začne počítat časovač pro zpoždění zastavení drátu.

Svislý pohyb vozíků **58**, **59** se spouští tlačítka **149** a **142** nahoře na zaměnitelném panelu podle obr. 12. Má-li se pohybovat vozík **58** na středním sloupu **24** a jsou dvě obsluhující osoby a sdružený spínač **172** je ve sdružené poloze, jeden obsluhující musí stisknout sdružené povolovací tlačítko **170**, ležící vedle spínacího klíče na kontrolním panelu, zatímco druhá obsluhující osoba zvolí směr pohybu dříve, než pohyb může začít. Je-li na středním sloupu **24** jenom jedna obsluhující osoba, musí být povolovací spínač **172** ve stanici bez obsluhy vypnut. Jakmile začne pohyb v jednom směru, drží obsluha příslušný knoflík ve stisknuté poloze tak dlouho, až se má pohyb zastavit. Když obsluha uvolní tlačítko, pokračuje pohyb tak dlouho, až kolík **78** zatížený pružinou (obr. 8) zapadne do následujícího otvoru **74** na sloupu **24**. K nastavení svařovací hlavy vůči spáře se pak musí použít jemného nastavení svislého kluzátka **104** (obr. 4).

Svislý pohyb na vnějších sloupech **88** se provádí jednoduše tím, že se stiskne příslušné tlačítko. Sdružená povolovací tlačítka

jsou zbytečná, poněvadž pohyb na každém vnějším sloupu **88** je nezávislý. Je ovšem samozřejmé, že svislý pohyb na vnějších sloupech může být koordinován stejným způsobem, jaký byl popsán pro střední sloup **24**.

Vodorovný pohyb svařovacích ramen **59** na středním sloupu **24** se provádí stejným způsobem jako svislý pohyb, s tím rozdílem, že se stisknou tlačítka **136** a **138** (obr. 12). Vodorovný pohyb na vnějších sloupech **88** se provádí stejným způsobem.

Aby se zajistilo, že předběžné kroky pro svařování probíhají ve správném pořadí a aby nedocházelo při začátku svařování k defektům, obsahuje soustava logické obvody, které vyžadují, aby specifické úkony, jež se musejí provést, byly provedeny ve správném sledu dřív, než se vybudí svařovací hlava. Logický sled vyžaduje, aby byly provedeny následující kroky v uvedeném pořadí dřív, než začne svařování:

1. Hlavní přívod energie musí být zapnut.
2. Musí se ověřit, že blokovací kolík vozíku, který nastavuje svařovací ramena na hlavním sloupu, je zasunut do otvoru.
3. Je otevřen přívod plynu.
4. Rotační stůl je uveden do pohybu.
5. Je zajištěno buzení vysokofrekvenčního spínače.

V tomto okamžiku soustava v připravené poloze a žárovka **182** na kontrolním panelu obsluhy (obr. 12) se rozsvítí. Spínač **172**, který je ovládán klíčem a který tvoří sdružený povolovací spínač na protilehlé stanici, se pak natočí do polohy zapnuto. Soustava je nyní připravena ke svařování jednou hlavou. Spínač **166** (obr. 12), který spouští svařování, se v tomto okamžiku vybudí a přitáhne stykač ve zdroji stejnosměrného proudu, čímž vznikne oblouk. Tím se rozsvítí sdružená žárovka na protilehlé stanici.

Následující sled začne automaticky, jakmile byly předchozí kroky provedeny ve správném sledu:

1. Vybudí se obvod pro zpoždění přívodu drátu.
2. Uvede se v činnost regulační hlava pro automatické řízení napětí.
3. Začne vzrůst stejnosměrného proudu.
4. Začne přívod svařovacího drátu.
5. Spustí se kmitavý pohyb.
6. Začne regulace napětí oblouku.

Podle volby obsluhy se konec svařování spouští tím, že se spínač **166** pro začátek a konec svařování přepne do polohy stop, načež probíhají automaticky následující pochody:

1. Začne pokles stejnosměrného proudu.
2. Začne pokles napětí pro zahřívání drátu.
3. Začne zpoždění zastavení drátu.
4. Odpojí se zdroj střídavého napětí.
5. Odpojí se oscilátor.

Obsluha potom může stisknout bezpečnostní tlačítko **168**, čímž je zajištěno, že oblouk je zhasnut, že ustalo otáčení rotačního

stolu, že je odpojen přívod plynu a že ostatní části soustavy jsou bez proudu.

Když svařování začíná s dvěma svařovacími hlavami, to znamená s dvěma hlavami pracujícími současně, provádějí se v obou stanicích obsluhy ověření polohy blokovacího kolíku, připojení přívodu plynu, otáčení rotačního stolu a vybuzení vysoké frekvence. Když jsou obě stanice v poloze „připraveno“, jeden z obou obsluhujících může spu-

stit svařování svým spínačem pro začátek svařování.

Je zřejmé, že uvedený logický systém může být realizován sériovým zapojením součinných hradel. Každé následující hradlo v sériovém zapojení dostává vstupní signál z předchozího hradla, jakmile byl proveden příslušný krok. Tím způsobem je zajištěn správný sled jednotlivých operací, což zaručuje reprodukovatelnost a dokonalost každého svaru.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob svařování válcových předmětů kruhového průřezu obvodovým svarem, při němž se podél svarové spáry současně vyrábějí v podstatě identické svary ve velkém počtu jednotlivých paprskově souměrných svařovacích ploch, vyznačený tím, že se svařování reguluje ve smyslu přivádění stejného množství tepla ke svarům v každé ze svařovacích poloh a udržení stejného poměru tepelného příkonu k objemu přídavného kovu podél svarové spáry v každé ze svařovacích poloh v jakémkoliv daném okamžiku během pohybu svařovacích poloh vzhledem ke svarové spáře.

2. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že svařovací polohy se pohybují vzhledem ke svarové spáře konstantní rychlostí a na začátku svařování se hloubka svarové vrstvy ve svarové spáře zvětšuje konstantní rychlostí do dosažení předem stanovené hloubky, která se pak udržuje stejná ve všech svařovacích polohách až do dosažení začátku sousední svařovací polohy, načež se hloubka svarové vrstvy zmenšuje konstantní rychlostí až do bodu, kde bylo dosaženo předem stanovené hloubky sousední svařovací polohou k vytvoření stejné hloubky svaru podél spáry.

3. Způsob podle bodu 2, vyznačený tím, že materiál tvořící svarovou vrstvu se zahřívá před zavedením do svarové spáry a množství tepla dodaného tomuto materiálu před svařováním se automaticky reguluje v závislosti na hloubce svaru.

4. Způsob podle bodu 3, vyznačený tím, že rychlost přívodu přídavného kovu do svarové spáry se automaticky a programově měnitelně reguluje k nastavení množství přídavného kovu přiváděného do místa svařování a množství energie přiváděné ke svařovací elektrodě se mění v závislosti na rychlosti přívodu kovu do svarové spáry.

5. Způsob podle bodu 4, vyznačený tím, že přídavný kov se před zavedením do svaru odporově zahřívá řízeným způsobem regulací elektrického proudu sloužícího k odporovému zahřívání kovu vzhledem k rychlosti přívodu kovu do svarové spáry podle předem stanovené závislosti.

6. Způsob podle bodu 5, vyznačený tím, že přídavný kov se odporově zahřívá přímým

vedením střídavého proudu přídavným kovem.

7. Zařízení k provádění způsobu podle bodů 1 až 6, obsahující stůl otočný kolem svislé osy a nesoucí válcový předmět, jehož osa splývá s osou otáčení otočného stolu, a soustavu svařovacích souprav, jejichž elektrody jsou nastavitelné ke svarové spáře ve stěnách válcového předmětu, vyznačené tím, že svařovací soupravy (102) jsou uloženy na svislém středním sloupu (24), který prochází otočným stolem (18) uvnitř válcového předmětu (16), a jsou umístěny vedle stěn válcového předmětu (16) a rozmístěny paprskovitě souměrně.

8. Zařízení podle bodu 7, vyznačené tím, že střední sloup (24) má na dolním konci kuželový vodící čep (22) zapadající do stacionární dutiny podpěrné objímky (20), umístěné pod středem otočného stolu (18), přičemž v dutině objímky (20) je pod vodícím čepem (22) středního sloupu (24) uložen zdvihák (36) ke zdvihání středního sloupu (24).

9. Zařízení podle bodu 7 nebo 8, vyznačené tím, že svařovací soupravy (102) jsou nesené stavěcími svařovacími rameny (50), která bočně vystupují ze středního sloupu (24) a jsou ovladatelná příkazem ve smyslu vytahování nebo zatahování, přičemž svařovacím soupravám (102) jsou přiřazeny ovládací panely (132), nesené středním sloupem (24) a připojené ke svařovacím ramenům (50).

10. Zařízení podle bodu 9, vyznačené tím, že obsahuje hnací motory (108) k nastavování ovládacích panelů (132) a svařovacích ramen (50) ve svislém směru podél osy středního sloupu (24).

11. Zařízení podle bodu 10, vyznačené tím, že obsahuje oscilátory (118) pro svislý kmitavý pohyb svařovacích souprav (102) na jejich vodorovné svařovací dráze a k přerušování kmitavého pohybu svařovacích souprav (102) na koncích kmitů na předem stanovenou dobu.

12. Zařízení podle jednoho z bodů 9 až 11, vyznačené tím, že na každém svařovacím ramenu (50) je umístěn sledovací systém k ohmatávání svarové spáry (92), sestávající z opěrné objímky (114) se sledovacím rame-

nem (110), opatřeným hmatací kuličkou (112) a svisle pohyblivým podle změn svislé polohy svarové spáry (92), a z mikrospínačů (116) pro snímání svislého pohybu sledovacího ramene (110), spojených přes zpožďovací obvod s hnacím motorem (108) k nastavení svařovacího ramene (50) svařovací soupravy (102).

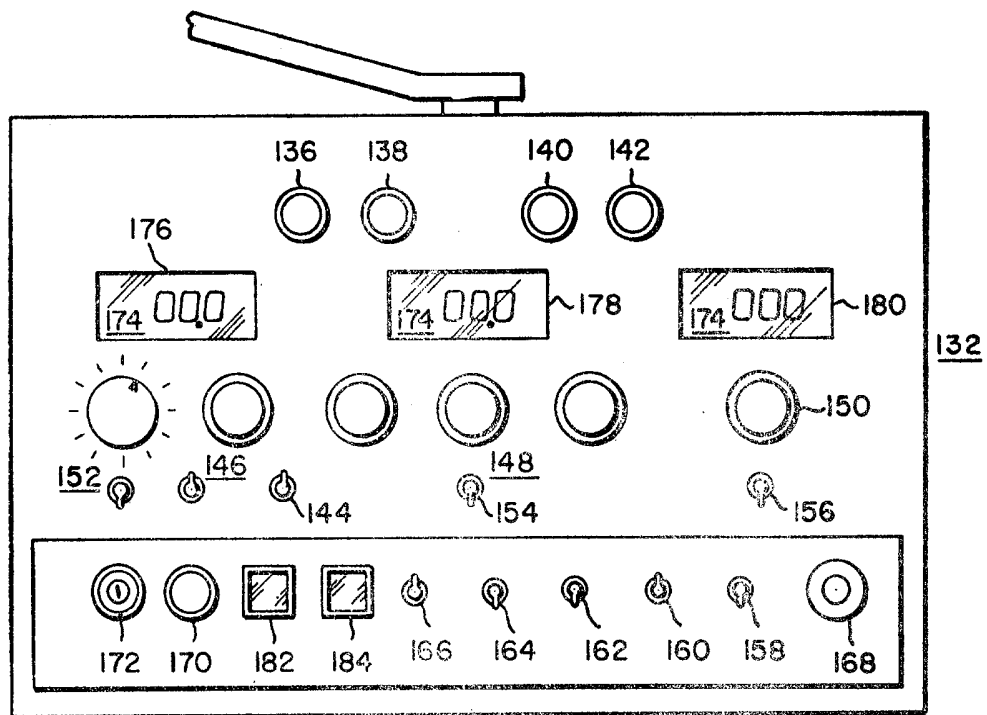
13. Zařízení podle jednoho z bodů 7 až 12, vyznačené tím, že v každé svařovací soupravě (102) je v řídicí hlavě (120) pro elektrické napájecí svařovací elektrody (54) zapojen diferenční zesilovač k měření napětí v mezeře mezi svařovací elektrodou (54) a místem svařování a pro srovnávání napětí s předem nastavenou hodnotou a krokový motor k přestavování svařovací elektrody (54).

14. Zařízení podle jednoho z bodů 7 až 12, vyznačené tím, že každá svařovací souprava (120) je opatřena ústrojím k automatické regulaci příváděče (122) svařovacího drátu (130) k proměnnému nastavování množství svařovacího drátu (130), příváděného do místa svařování, podle předem daného programu závislého na příkonu svařovací elektrody (54).

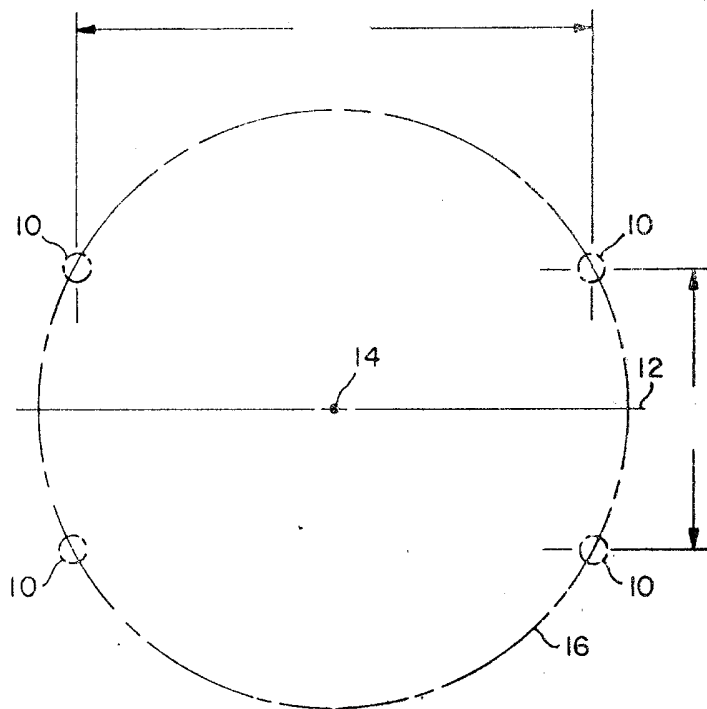
15. Zařízení podle bodu 14, vyznačené tím, že obsahuje kontaktní trubku (128) k přivádění elektrické energie ke svařovacímu drátu (130) před jeho přivedením do svarové spáry (92) a regulátor k proměnné regulaci topného proudu podle rychlosti přívodu svařovacího drátu (130) do svarové spáry (92).

12 listů výkresů

205016

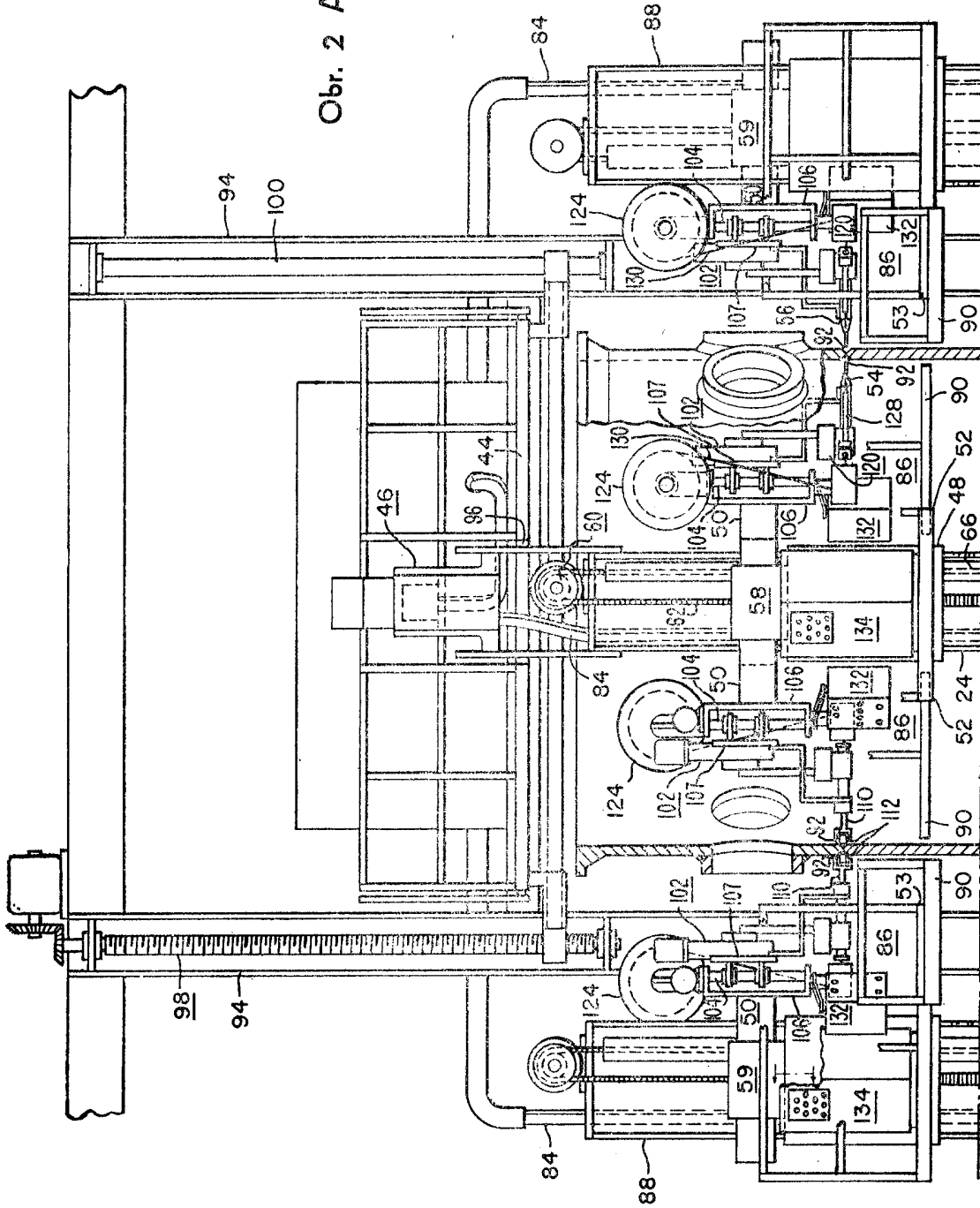


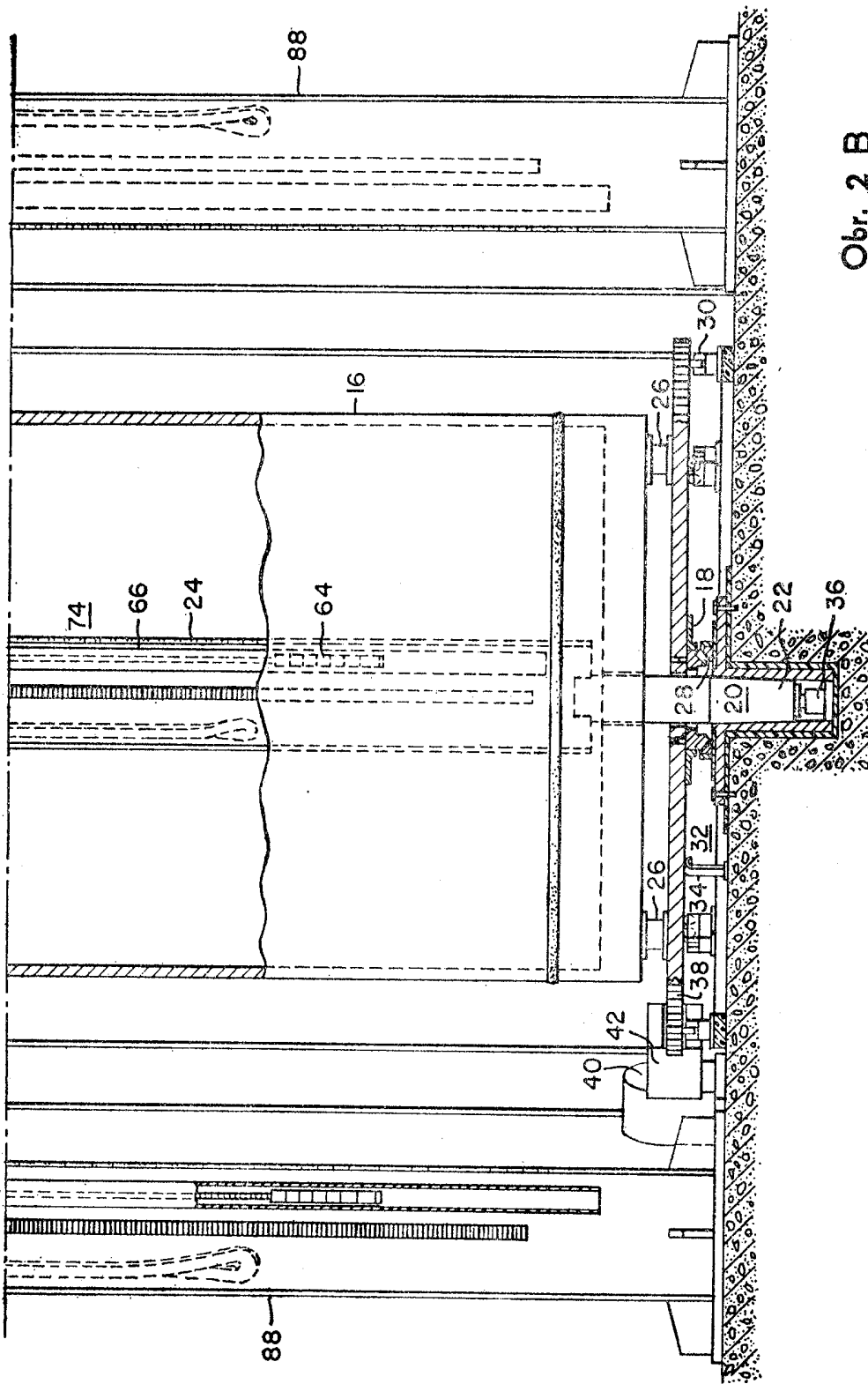
Обр. 12



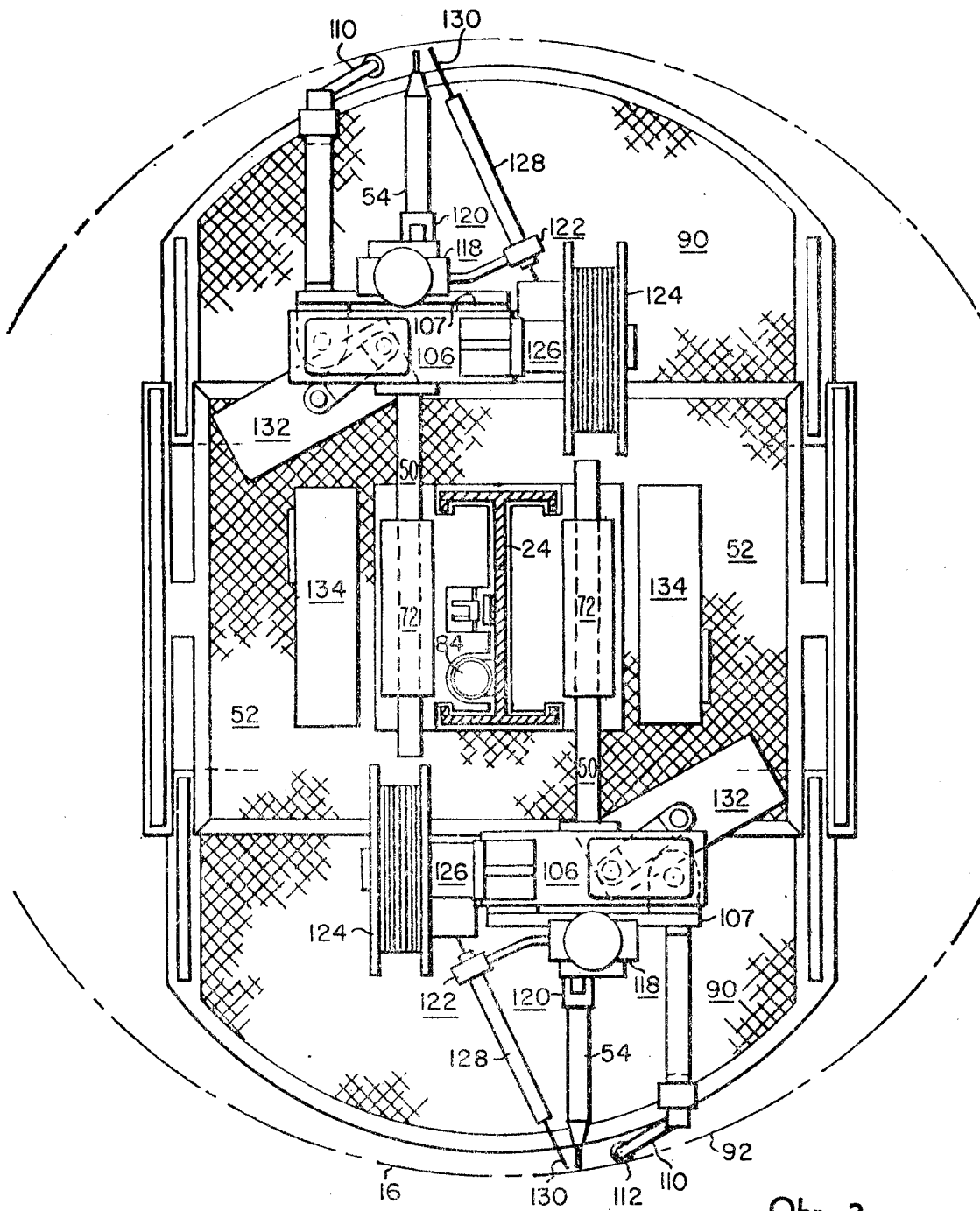
Обр. 1

Obr. 2 A

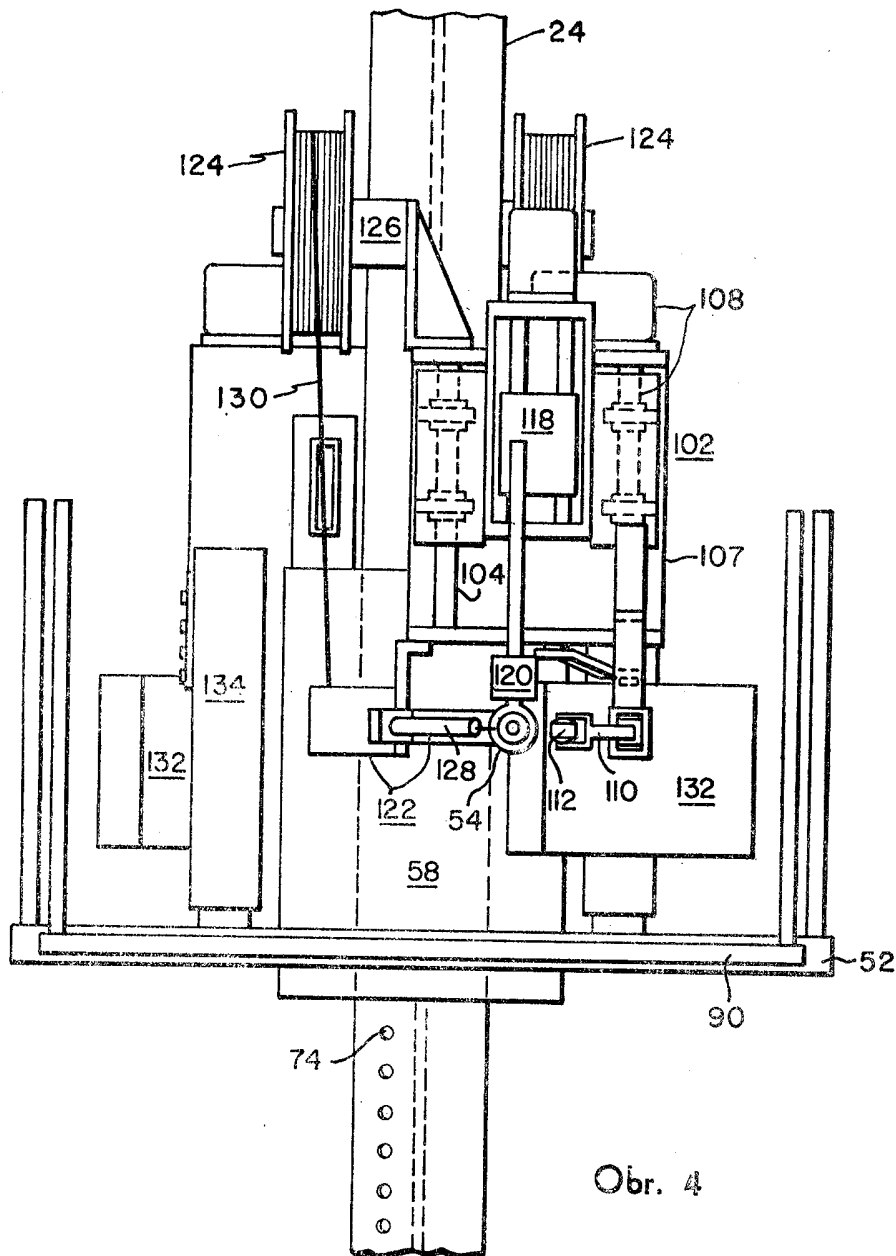


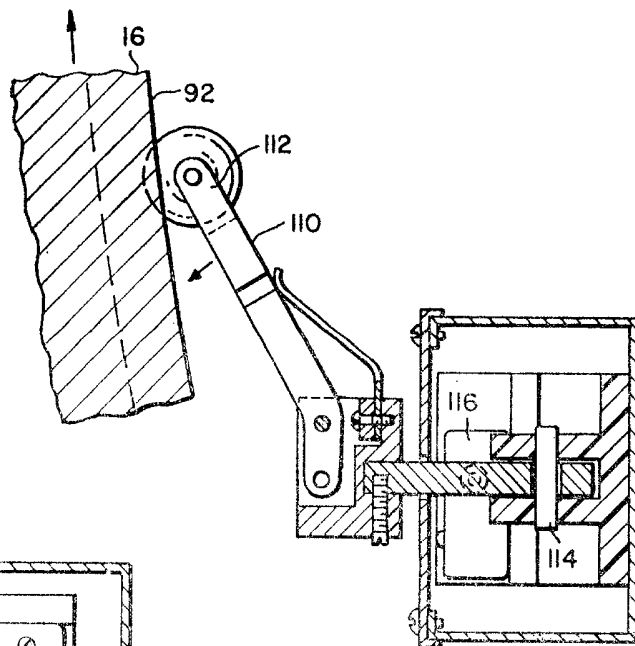


Obr. 2 B

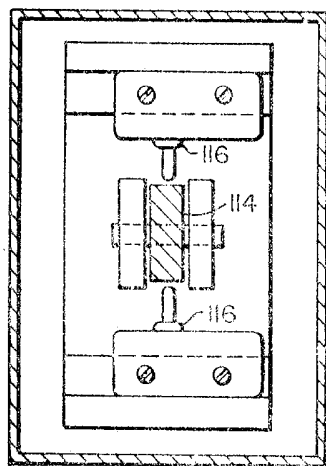


Obr. 3

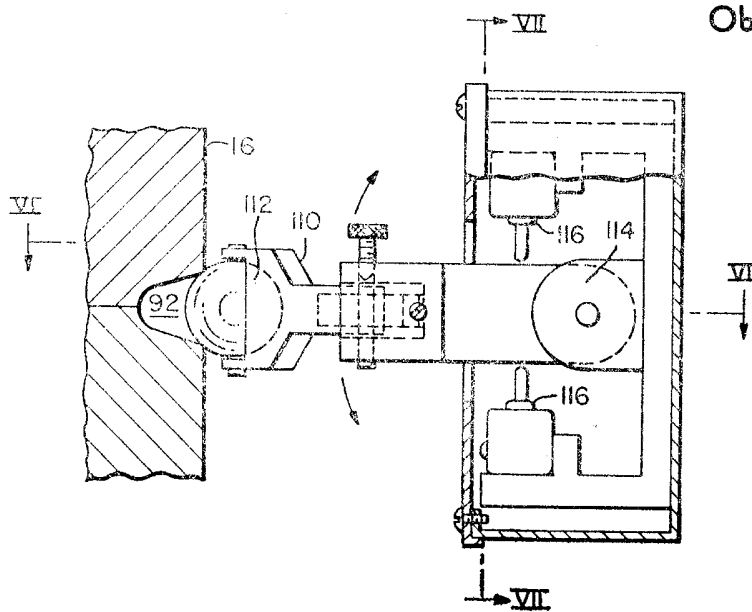




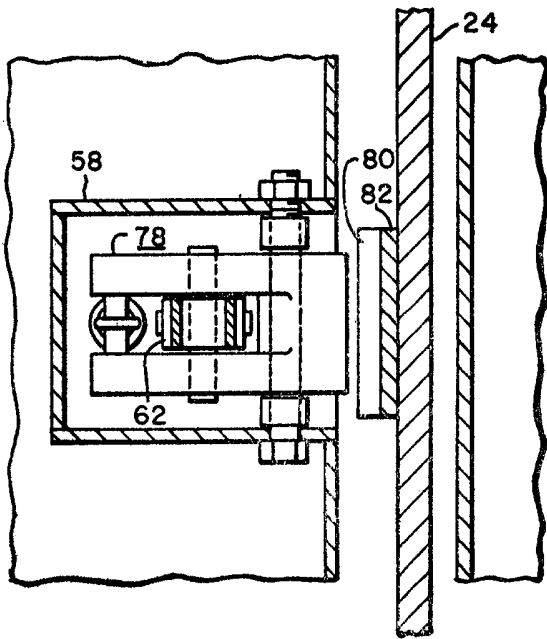
Obr. 6



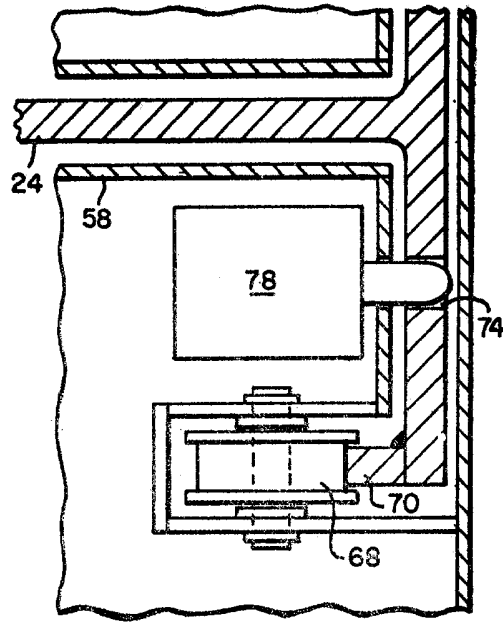
Obr. 7



Obr. 5



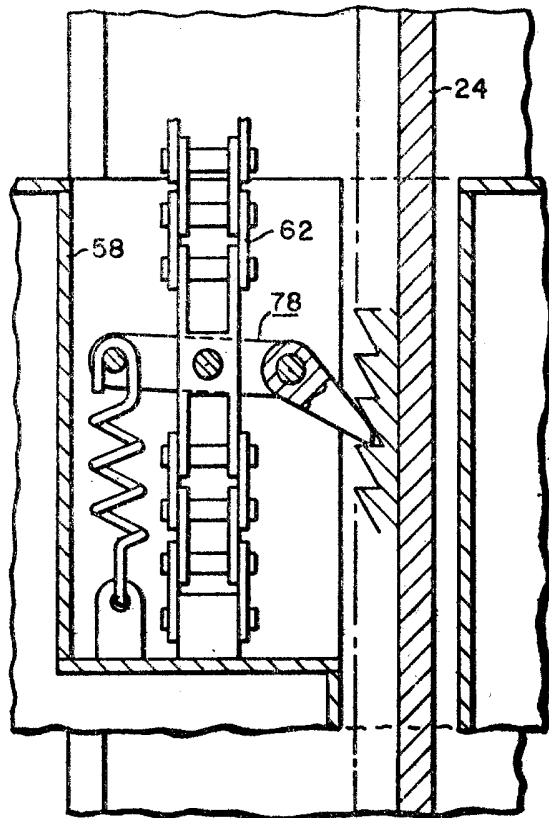
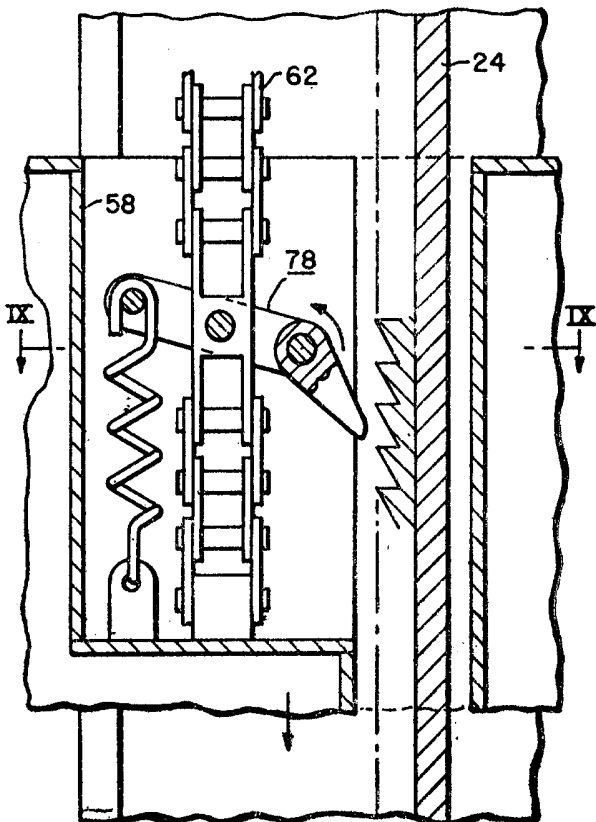
Obr. 9

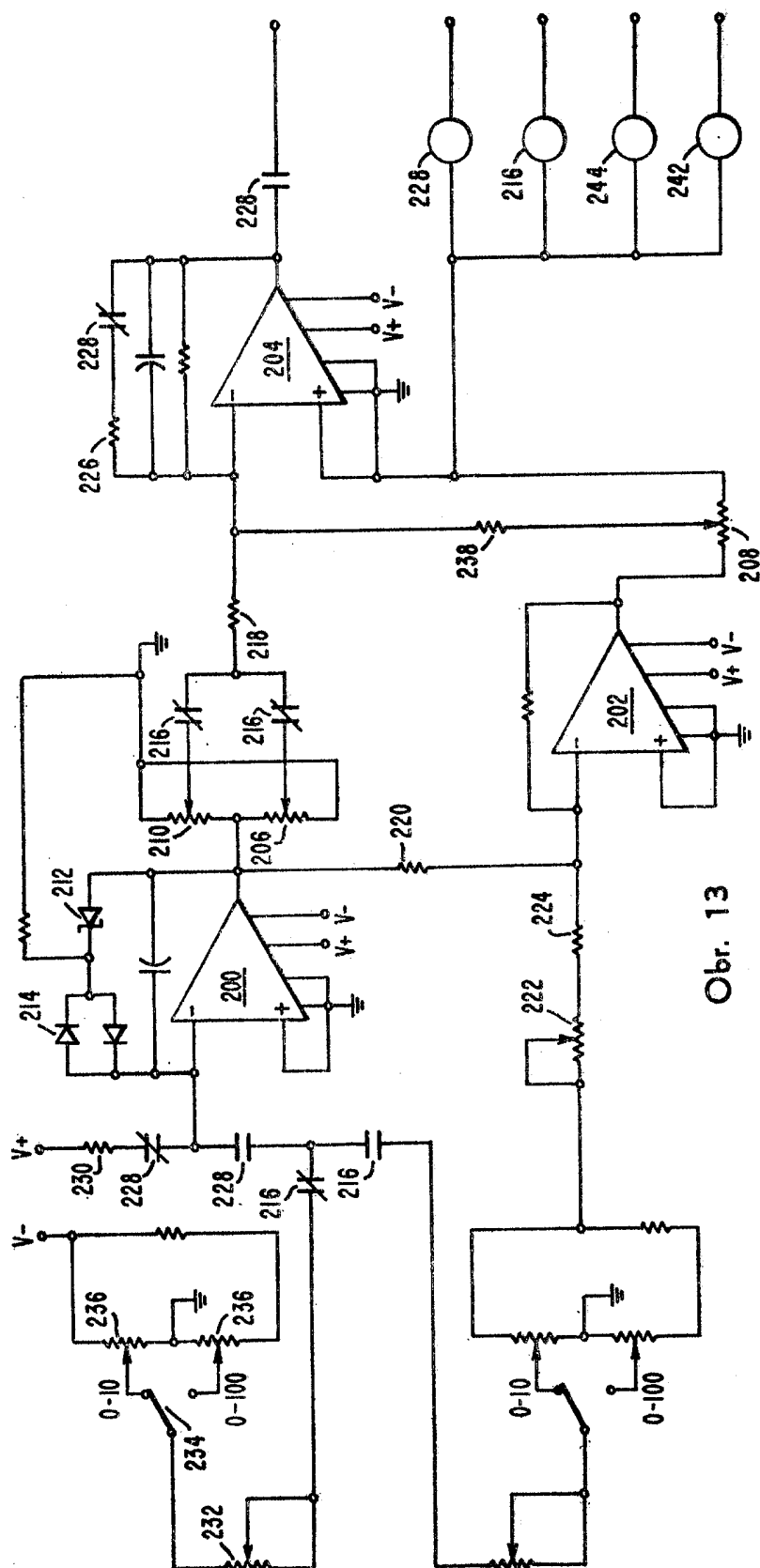


Obr. 8

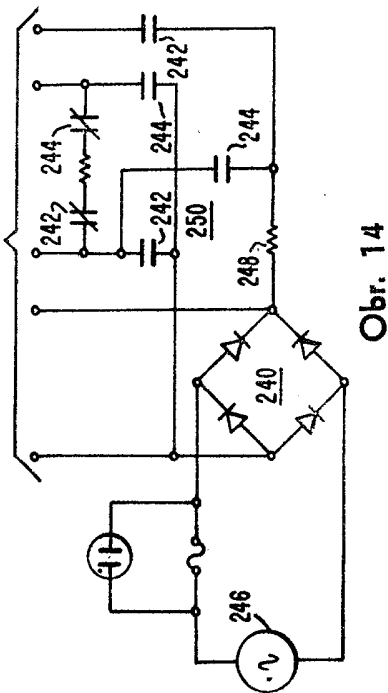
Obr. 10

Obr. 11

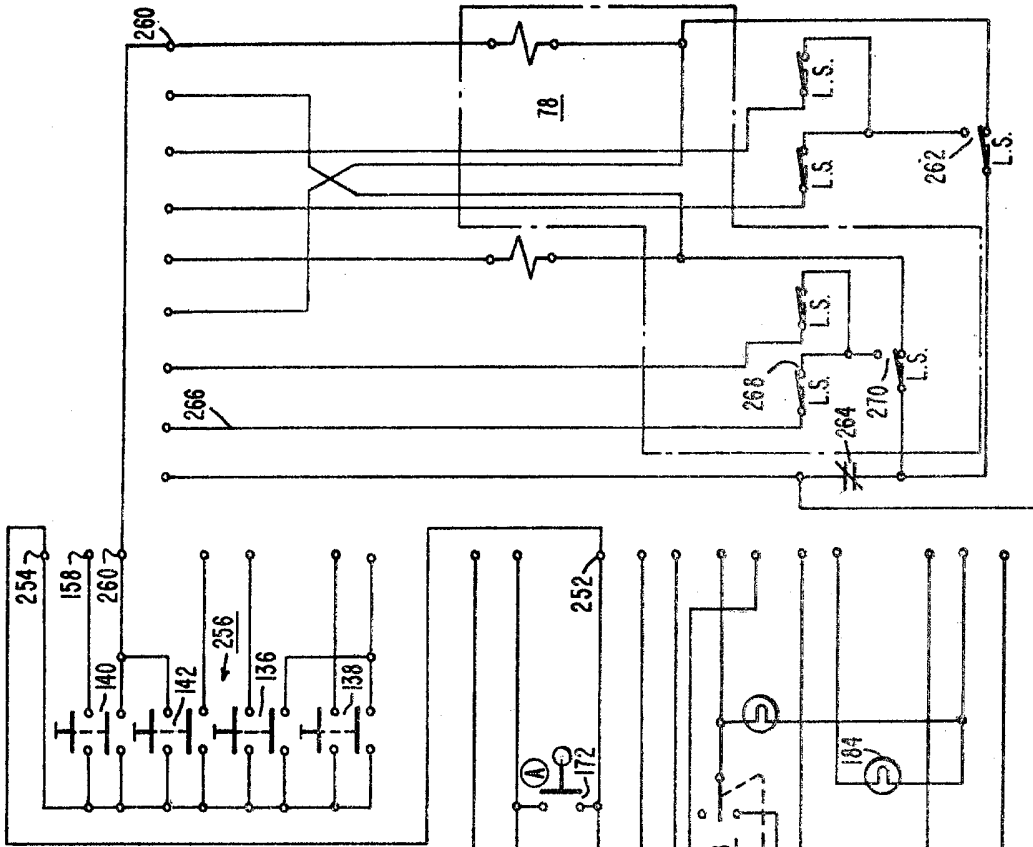




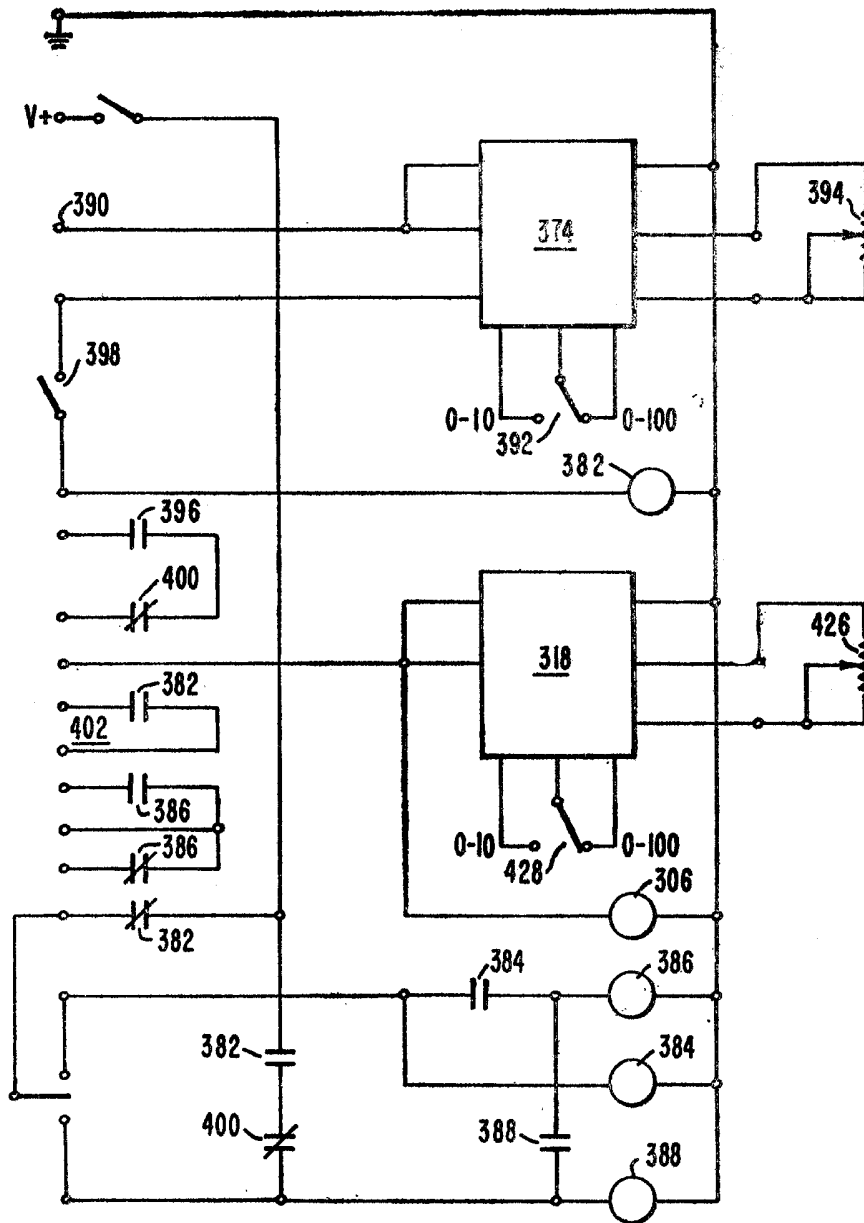
Obr. 13



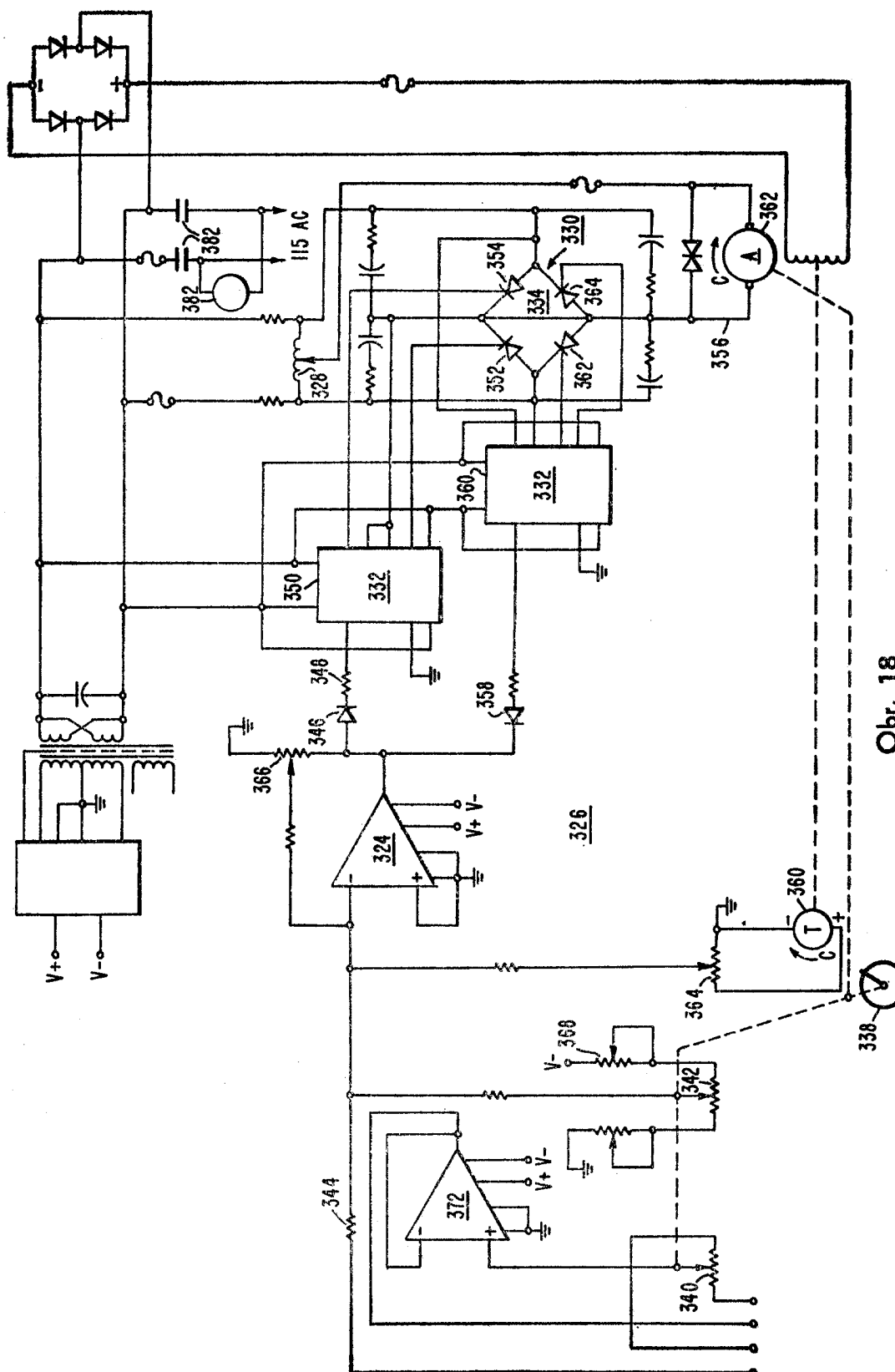
Obr. 14



Obr. 15



Obr. 17



Ob. 18