



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

200 613

(11)

(B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 30 03 77
(21) PV 2096-77

(51) Int. Cl.³ B 23 K 9/16

(40) Zveřejněno 31 01 80
(45) Vydáno 30 04 83

(75)

Autor vynálezu

JEROŠKIN NIKOLAJ ANDREJEVIČ, IVANNIKOV ALFRED VASILJEVIČ,
MATVĚJEV VJAČESLAV NIKOLAJEVIČ, LENINGRAD a
SERGIJENKO ANATOLIJ IVANOVIČ, MOSKVA (SSSR)

(54)

Způsob svařování obloukem v ochranném plynu pro svařování tlustých plechů
odtávací elektrodou

I

Vynález se týká způsobu svařování obloukem v ochranném plynu pro svařování tlustých plechů odtávací elektrodou.

Vynálezu je možno použít při výrobě svařovacích konstrukcí z tlustých plechů a nezelezných kovů.

Jedním ze závažných problémů vyskytujících se při výrobě svařovaných konstrukcí z tlustých plechů nebo nezelezných kovů je kontrakce průřezu svarového švu a s tím související odběr množství materiálu, který má být odstraněn při přípravě styčné spáry, jakož i množství svarového kovu, které má být naneseno do styčné spáry.

Je znám svařovací postup tlustých plechů s použitím styčné spáry tvaru V. Při použití tohoto svařovacího postupu se hrany desek (plechů, pásů) opracují, například na třískovém obráběcím stroji, po celé délce svarových hran na úhel sklonu α (až do 30°) vůči kolmicím vztyčeným vůči povrchu desky. Dvě takto připravené desky jsou pak ve speciálním přípravku nebo rámu sestaveny na doraz, přičemž jejich svarové hrany leží vůči sobě tak, že vytvářejí styčnou spáru ve tvaru V, jejíž celkový úhel je $\alpha + \alpha = 2\alpha$. Do takto připravené styčné spáry je pak zavedena svařovací elektroda, při čemž je jako takové použito například odtahovacího kovového drátu.

Elektrické napětí je ze zdroje svařovacího proudu do svařovaných desek zaváděno přes jejich nosný rám a do odtavovací elektrody přes přívodní hlavici proudu, jíž prochází elektroda. Svařovací oblouk se zapálí stykem elektrody se svařovanými deskami. Svařovací postup probíhá tak, že elektroda je vedena podélně v uvedené styčné spáře. Svarové hrany desek se přitom odtavují současně s elektrodou, čímž se do styčné spáry vevadí vrstva svarového kovu o výšce 4 až 5 mm. Při velkých tloušťkách desek se jejich svarový spoj provádí ve více svařovacích tazích, při nichž je styčná spára postupně vyplňována svarovým kovem ve více svarových vrstvách až na celou tloušťku desky. Po každém svařovacím tahu se svařovací postup přerušuje, přívodní hlavice proudu do elektrody se zvedne do výšky odpovídající další vrstvě nanášeného svarového kovu, načež je při nanášení další vrstvy svarového kovu na již položenou vrstvu udržována konstantní vzdálenost mezi koncem odtavovací elektrody, na němž vzniká svařovací oblouk, a spodním lícem přívodní hlavice proudu. Tato vzdálenost je označována jako upínací délka elektrody.

Tento známý způsob svařování je vhodný pro svařování desek menší a střední tloušťky. Se zvětšováním tloušťky svařovaných částí se však průřez svarového spoje značně zvětšuje.

Platí tu totiž zákonitost, že množství materiálu, které je nutno odebrat při úpravě styčné spáry, a množství svarového kovu (Q), které je pak nutno do styčné spáry nanést, jsou přímo úměrná čtvrti tloušťky (h) svařovaných desek, jelikož tato množství jsou dána vztahem $Q = h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha$, v němž je tloušťka desky (h) ve druhé mocnině.

Dále je znám způsob svařování tlustých plechů s použitím styčné spáry tvaru X. Při použití tohoto způsobu svařování se svařované desky opracují po celé délce svých svarových hran oboustranně do jejich poloviční tloušťky pod úhlem α (až do 30°) vůči kolmici vztyčené vůči povrchu desky. Dvě takto připravené desky jsou pak ve speciálním přípravku nebo rámu sestaveny na doraz tak, aby jejich svarové hrany ležely vůči sobě tak, že vytvářejí styčnou spáru ve tvaru X, jejíž celkový úhel je na každé straně roven $\alpha + \alpha = 2\alpha$. Svaření desek se pak provádí postupně z obou stran. Způsob svařování na každé straně je při tom stejný jako při svařování desek se styčnou spárou tvaru V. Množství materiálu, které je nutno odebrat při úpravě styčné spáry, jakož i množství svarového kovu, které je pak nutno do této styčné spáry nanést, jsou v tomto případě poloviční než při použití styčné spáry tvaru V. Tento způsob svařování je tedy vhodnější pro svařování tlustých desek. Je však možno použít ho pouze v případě, že jsou přístupné obě strany svařované součásti.

Je také znám způsob svařování s použitím styčné spáry tvaru U, s úhlem svarové hrany v rozmezí 10 až 15° . Při použití tohoto způsobu svařování se svařované desky opracují po celé délce svých svarových hran pod úhlem α (do 15°) vůči kolmici vztyčené vůči povrchu desky, přičemž u kořene svarové hrany se obvykle provede oblý přechod s poloměrem zaoblení asi 5 mm. Dvě takto připravené desky jsou pak ve speciálním přípravku nebo rámu sestaveny na doraz tak, aby jejich svarové hrany ležely vůči sobě tak, že vytvářejí styčnou spáru ve tvaru U, jejíž celkový úhel je roven $\alpha + \alpha = 2\alpha$ (do 30°) a jejíž kořen vykazuje oblý

přechod s poloměrem zaoblení asi 5 mm. Způsob svařování v této styčné spáře tvaru U je pak stejný jako při svařování desek se styčnou spárou tvaru V.

Množství materiálu, které je nutno odebrat při úpravě svarových hran, a množství svarového kovu, které je pak třeba do této styčné spáry nanést, je v tomto případě menší než v případě styčných spár tvaru V nebo X. Avšak z důvodu složitějšího tvaru styčné spáry je zde způsob úpravy svarových hran náročnější a vyplňování styčné spáry svarovým kovem při svařování činí potíže zavádění elektrody do této styčné spáry.

Dále je také znám způsob svařování do tak zvané úzké styčné spáry s úhlem svarových hran $\alpha = 0^\circ$. Při použití tohoto způsobu svařování se svařované desky opracují po celé délce svých svarových hran průběžně pod úhlem $\alpha = 90^\circ$ vůči povrchu desky. Dvě takto připravené desky jsou pak ve speciálním přípravku nebo rámu sestaveny proti sobě tak, aby jejich svarové hrany ponechávaly mezi sebou průběžnou mezeru o určité šířce, závislé na tloušťce svařovaných desek. Tak například při svařování desek o tloušťce 100 mm je šířka této mezery - styčné spáry - rovna 13 mm. Svařování v této styčné spáře probíhá pak stejným způsobem jako při svařování desek s úpravou svarových hran pro styčnou spáru tvaru V.

Při uplatnění tohoto způsobu svařování je množství materiálu, které je nutno odebrat při úpravě svarových hran, a množství svarového kovu, které je pak třeba do takto upravené styčné spáry nanést, v porovnání s popsányými styčnými spárami tvaru V, U a X nejmenší. Toto množství se při zvětšování tloušťky svařovaných desek nezvyšuje v takové míře, protože je dáno vztahem $Q = h \cdot b$, v němž je tloušťka svařovaných desek (h) v první mocnině (a nikoliv v druhé mocnině jako u všech tří předcházejících případů); šířka styčné spáry (b) má při tom konstantní rozměr, který se se zvětšováním tloušťky svařovaných desek mění pouze nepatrně.

Nevýhodou tohoto posledně popsaného způsobu svařování je však to, že je zvláště složitý z hlediska svého provádění, jelikož jednotlivé svarové vrstvy jsou zde na rozdíl od předcházejících způsobů svařování kladeny do prostoru vymezeného třemi povrchovými plochami, přičemž při použití více svařovacích tahů musí být každá jednotlivá svarová vrstva položena ta, aby vázala na všechny tři plochy.

Na rozdíl od předcházejících způsobů svařování jsou zde tudíž kladeny vyšší požadavky na přesnost reprodukce proměnných svařovacích veličin - to jest hodnoty svařovacího proudu, napětí ve svařovacím oblouku, rychlosti svařování a rychlosti podávání svařovací elektrody. Kromě toho je nutné udržovat konstantní upínací délku svařovací elektrody přesněji než u předcházejících svařovacích postupů do styčných spár tvaru V, X a U, u nichž jsou jednotlivé svarové vrstvy kladeny vzájemně nezávisle. Svařovací napětí (U_s) je totiž dáno součtem dvou složek: poklesu napětí v upínací délce svařovací elektrody (U_e), to jest v části elektrody ležící mezi hlavicí pro přívod proudu a vlastním svařovacím obloukem, a poklesu napětí ve svařovacím oblouku (U_o). Je tedy celkové svařovací napětí $U_s = U_e + U_o$ závislé na upínací délce elektrody, pročež je nutno upínací délku elektrody udržovat konstantní,

aby U_0 při $U = \text{konst.}$ zůstalo také zachováno konstantní, to jest aby byly jednotlivé svarové vrstvy kladeny za stejných podmínek.

Z uvedeného důvodu má tento způsob svařování dále tu nevýhodu, že zvedání hlavice pro přívod svařovacího proudu - vynucené nutností udržování konstantní upínací délky elektrody - po každém svařovacím tahu má za následek neproduktivní časové ztráty a že svařovací stroj musí být opatřen mechanismem pro vertikální pohyb hlavice pro přívod proudu, což jej činí komplikovaným, zejména v případě požadavku na automatizaci tohoto způsobu svařování.

Záměrem tohoto vynálezu je odstranění uvedených nedostatků. Úkolem vynálezu je tedy vyvinutí způsobu svařování obloukem tlustých plechů ve více svařovacích tazích s odtavovací elektrodou v úzké styčné spáře, který by umožnil provádění vysoce produktivního svařovacího procesu, přičemž v průběhu vícevrstvého vyplňování styčné spáry svarovým kovem při přechodu z jedné svarové vrstvy na druhou není nutná korekce výškového nastavení hlavice pro přívod svařovacího proudu.

Daný úkol je vyřešen způsobem svařování obloukem v ochranném plynu pro svařování tlustých plechů odtavovací elektrodou v úzké styčné spáře ve více svařovacích tazích, u něhož je původní délka upnutí odtavovací elektrody nastavena na větší, než je hloubka styčné spáry, a přičemž je hlavice pro přívod svařovacího proudu, již prochází odtavovací elektroda, umístěna nad svarovým spojem podle vynálezu, jehož podstatou je, že svařování je prováděno s délkou upnutí odtavovací elektrody zmenšující se po každém svařovacím tahu a s neproměnlivým výškovým nastavením hlavice pro přívod svařovacího proudu, přičemž jsou vždy po určitém zmenšení délky upnutí odtavovací elektrody postupně snižovány napětí svařovacího proudu, podávací rychlost odtavovací elektrody a svařovací rychlost.

Způsob svařování podle vynálezu umožňuje zjednodušení svařovacího procesu, jakož i při něm použitých svařovacích strojů, protože průběh svařování je regulován a nastavován pouze změnou elektrických parametrů, jejichž kontrola a automatizace jsou možné poměrně jednoduchými elektronickými systémy, a protože tu odpadá nutnost regulace svařovacího postupu v závislosti na délce upnutí odtavovací elektrody - zejména kontroly a automatického udržování konstantní délky upnutí odtavovací elektrody, což je v průběhu svařování s více svařovacími tahy poměrně obtížné.

V dalším textu je tento vynález blíže osvětlen popisem příkladu provedení, s odvoláním na vyobrazení, znázorňující na obr. 1 výchozí polohu hlavice pro přívod svařovacího proudu do odtavovací elektrody a hran styčné spáry při vevařování první (spodní) svarové vrstvy; obr. 2 tutéž vzájemnou polohu hlavice pro přívod svařovacího proudu do odtavovací elektrody vůči hranám styčné spáry v době, kdy je styčná spára již z poloviny vyplněna svarovým kovem; obr. 3 tutéž vzájemnou polohu hlavice pro přívod svařovacího proudu do odtavovací elektrody vůči hranám styčné spáry v průběhu provádění posledního svařovacího tahu, to jest kladení horní svarové vrstvy.

Způsob svařování obloukem ve více svařovacích tazích spočívá v tom, že svarové hrany

desek 1 (obr. 1) se opracují průběžně po celé své délce a tloušťce v úhlu 90° vůči povrchu desky 1. Dvě takto upravené desky 1 se pak ve zvláštním přípravku nebo rámu vzájemně složí tak, aby mezi jejich hranami, vytvářejícími styčnou spáru, zůstala určitá mezera, jejíž šířka je odvislá od tloušťky svařovaných desek 1. Tak například při tloušťce svařovaných desek 1 = 100 mm je šířka této mezery - styčné spáry = 13 mm. Pro pohodlné vevaření první svarové vrstvy a zapálení svařovacího oblouku se použije například podložky 2, vyrobené z oceli nebo mědi a chlazené. Nad svařovanými deskami 1 je umístěna hlavice pro přívod svařovacího proudu 3, již prochází odtavovací elektroda 4. Do takto utvářené styčné spáry b se zavede odtavovací elektroda 4, tvořená například odtavovacím kovovým drátem. Výchozí délka upnutí 1, elektrody se stanoví alespoň o 10 mm větší, než je hloubka úzké styčné spáry. Vlastní svařování probíhá pak v atmosféře ochranného plynu.

Z neznázorněného zdroje svařovacího proudu je svařovací proud pod určitým napětím přiváděn do svařovaných desek 1 jejich upínacím rámem a do odtavovací elektrody 4 hlavicí pro přívod svařovacího proudu 3, již odtavovací elektroda 4 prochází. Svařovací oblouk se zapálí stykem odtavovací elektrody 4 s podložkou 2. Vlastní svařování pak probíhá tak, že odtavovací elektroda 4 se pohybuje podélně ve styčné spáře b. Svarové hrany desek 1 se při tom odtavují a společně s odtaveným kovem z odtavovací elektrody 4 je vytvářena svarová vrstva o tloušťce 4 až 5 mm.

Při větších tloušťkách svařovaných desek 1 probíhá svařování ve více svařovacích tazích, přičemž je každou další svarovou vrstvou vyplněna celá šířka styčné spáry b a celá výška mezery - styčné spáry mezi svařovanými deskami 1 - je vyplněna postupným položením více svarových vrstev.

Způsob svařování obloukem do úzké styčné spáry ve více svařovacích tazích podle vynálezu probíhá kontinuálně až do vyplnění celého průřezu styčné spáry svarovým kovem. Pokud je prováděn uzavřený svarový šev, například obvodový šev válcového tělesa, svařování probíhá nepřetržitě stále stejným směrem. Pokud není svarový šev uzavřený, například podélný šev válcového tělesa, pak se po každém svařovacím tahu směr posuvu svařovacího zařízení obrátí, aniž je při tom přerušeno nanášení svarového kovu do styčné spáry.

Uplatnění způsobu svařování podle tohoto vynálezu nevylučuje možnost přerušovaného svařování s přerušením po položení libovolného počtu svarových vrstev, pokud je další vyplňování styčné spáry svarovým kovem tímto svařovacím postupem z jakýchkoliv důvodů, například technologických, nežádoucí nebo nemožné. I v takovém případě není nutné při obnovení svařovacího postupu nové nastavení svařovacího stroje na správnou délku upnutí odtavovací elektrody.

Souběžně s postupným vyplňováním šterbinové styčné spáry svarovým kovem a se současně postupně se zmenšující délkou upnutí ($l_1 - l_2 - l_3$) odtavovací elektrody 4 (obr. 1, 2, 3) je napětí ve svařovacím oblouku udržováno konstantní snižováním napětí svařovacího proudu, přiváděného do hlavice pro přívod svařovacího proudu 3, buď po každém svařovacím tahu,

nebo po provedení 2 až 6 svařovacích tahů - podle požadované přesnosti vedení provozu v průběhu svařování.

Nutnost dodržení uvedené podmínky konstantního napětí vyplývá z této skutečnosti: svařovací napětí (U) je součtem dvou složek - poklesu napětí v délce upnutí odtavovací elektrody 4 (U_e) a poklesu napětí ve svařovacím oblouku (U_o), to jest celkové svařovací napětí $U_s = U_e + U_o$.

Při svařování s udržováním konstantní délky upnutí odtavovací elektrody 4 (U_e) a poklesu napětí ve svařovacím oblouku (U_o), tj. celkové svařovací napětí $U_s = U_e + U_o$.

Při svařování s udržováním konstantní délky upnutí odtavovací elektrody je také udržováno konstantní celkové svařovací napětí U_s . Při svařování s uplatněním tohoto vynálezu se však délka upnutí odtavovací elektrody 4 po každém svařovacím tahu zkrátí, což by při $U = \text{konst}$ mělo za následek postupné zvyšování napěťové složky U_o - to jest zvyšování napětí ve svařovacím oblouku. To by mělo za následek zvětšování délky svařovacího oblouku a tím změnu tvaru svarových vrstev, vyvolávání nadměrného závaru na vymezovacích plochách styčné spáry svařovaných desek 1 a tím vznik zmetků. V případě snižování napěťové složky U_e , to jest snižování napětí v délce upnutí svařovací elektrody, je možno složku U_o - to jest napětí ve svařovacím oblouku - udržet konstantní pouze za předpokladu, že se snižuje celkové svařovací napětí U_s .

Toto snižování svařovacího napětí U_s se provádí bez přerušování svařování.

Stejným způsobem se postupuje s regulací rychlosti podávání odtavovací elektrody 4 , to jest postupně se snižuje, jelikož stupeň ohřevu odtavovací elektrody 4 Jouleovým teplem se snižuje úměrně se zkracováním délky upnutí odtavovací elektrody 4 , k němuž dochází při zvyšování počtu položených svarových vrstev, což má při I_s (svařovací proud) = konst za následek pokles rychlosti tavení. Snižování rychlosti podávání odtavovací elektrody 4 se rovněž provádí bez přerušování svařování.

Stejně tak se postupně snižuje svařovací rychlost, aby bylo zajištěno vyplnění celé šířky b styčné spáry svarovým kovem a udržení stejné výšky svarové vrstvy.

Pro názornost je uvedeno několik příkladů provedení způsobu svařování podle vynálezu:

Příklad 1: Svařování v úzké styčné spáře desek o tloušťce 50 mm. Jako odtavovací elektroda se použije ocelový drát $\varnothing$ 3 mm, jako ochranný plyn směs Ar-CO₂ v poměru 1 : 1.

Původní délka upnutí odtavovací elektrody 4 = 70 mm.

Z podmínek pro stabilní hoření svařovacího oblouku a pro vytváření svarové vrstvy v úzké styčné spáře vyplývá hodnota svařovacího proudu I_s = 550 až 600 A, svařovací napětí U_s = 38 až 40 V, rychlost podávání odtavovací elektrody V_p = 300 až 360 m/h, svařovací rychlost V_s = 35 až 45 m/h, počet svařovacích tahů = 10 až 12. Spotřeba směsi ochranného plynu = 1200 až 14 l/h.

Počáteční svařovací napětí $U_s = 40$ V. Po provedení 4. svařovacího tahu se svařovací napětí sníží na $U_s = 39$ V a provedení 8. svařovacího tahu na $U_s = 38$ V. Po každém svařovacím tahu se rychlost podávání odtahovací elektrody 4 (ocelového drátu) V_p sníží tak, aby hodnota proudu I_s ležela v rozmezí požadovaném danými svařovacími parametry. Současně se také příslušně sníží svařovací rychlost V_s .

Prověřením makro-výbrusů takto provedených svarových spojů byly zjištěny dobré utváření a jakost svarového švu, bez trhlin, pórů a struskových vměstků.

Příklad 2: Svařování v úzké styčné spáře desek 1 z plechů o tloušťce 100 mm. Jako odtahovací elektrody se použije ocelového drátu $\varnothing 4$ mm, jako ochranného plynu směsi Ar- CO_2 v poměru 1 : 1.

Počáteční délka upnutí odtahovací elektrody = 130 mm.

Z podmínek pro stabilní hoření svařovacího oblouku a pro vytváření svarové vrstvy v úzké styčné spáře vyplývá hodnota svařovacího proudu $I_s = 650$ A, svařovací napětí $U_s = 35$ až 38 V, rychlost podávání odtahovací elektrody $V_p = 100$ až 120 m/h, rychlost svařování $V_s = 30$ až 35 m/h, počet svařovacích tahů = 20 až 23. Spotřeba směsi ochranného plynu = 1400 až 1800 l/h.

Počáteční svařovací napětí $U_s = 38$ V. Po provedení 6. svařovacího tahu se svařovací napětí sníží na $U_s = 37$ V, po provedení 12. svařovacího tahu na $U_s = 36$ V a po provedení 18. svařovacího tahu $U_s = 35$ V. Po skončení každého svařovacího tahu se rychlost podávání svařovací elektrody 4 (svařovacího drátu) V_p sníží tak, aby hodnota proudu I_s ležela v rozmezí daném svařovacími parametry. Příslušně se také sníží svařovací rychlost V_s .

Prověřením makro-výbrusů takto provedených svarových spojů byly zjištěny dobré utváření a jakost svarového švu, bez trhlin, pórů a struskových vměstků.

Příklad 3: Svařování v úzké styčné spáře desek 1 z plechů o tloušťce 30 mm. Jako odtahovací elektrody se použije ocelového drátu $\varnothing 2$ mm, jako ochranného plynu směsi Ar- CO_2 v poměru 1 : 1.

Počáteční délka upnutí odtahovací elektrody = 40 mm.

Z podmínek pro stabilní hoření svařovacího oblouku a pro vytváření svarové vrstvy v úzké styčné spáře vyplývá hodnota svařovacího proudu $I_s = 360$ až 380 A, svařovací napětí $U_s = 27$ až 30 V, rychlost podávání odtahovací elektrody $V_p = 360$ až 450 m/h, rychlost svařování $V_s = 30$ až 40 m/h, počet svařovacích tahů = 10 až 11. Spotřeba ochranného plynu = 900 až 1200 l/h.

Počáteční svařovací napětí $U_s = 30$ V. Po provedení 4. svařovacího tahu se svařovací napětí sníží na $U_s = 28$ V, po provedení 8. svařovacího tahu na $U_s = 27$ V. Po každém svařovacím tahu se rychlost podávání odtahovací elektrody 4 (ocelového drátu) sníží tak, aby hodnota svařovacího proudu I_s ležela v rozmezí daném svařovacími parametry. Příslušně se

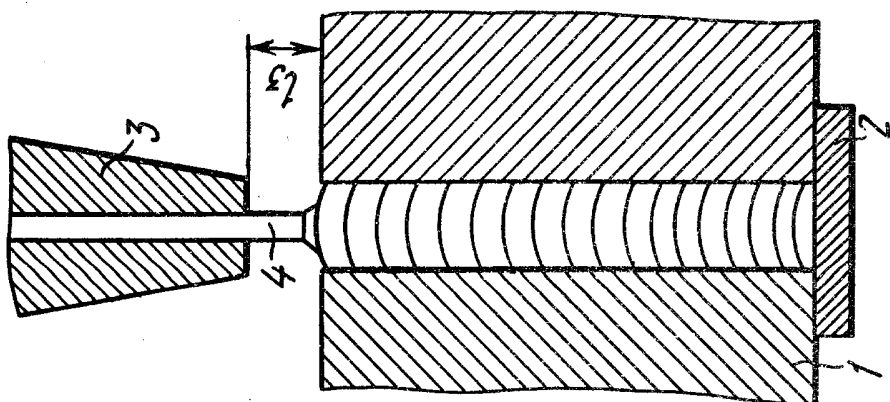
také sníží svařovací rychlost V_s .

Prověřením nakro-výbrusů takto provedených svarových spojů byly zjištěny dobré utváření a jakost svarového švu, bez trhlin, pórů a struskových vměstků.

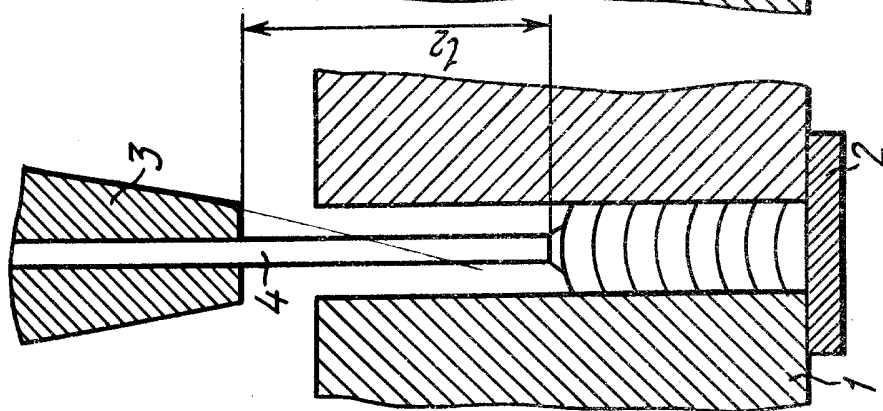
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Způsob svařování obloukem v ochranném plynu pro svařování tlustých plechů odtavovací elektrodou v úzké styčné spáře ve více svařovacích tazích, u něhož je původní délka upnutí odtavovací elektrody nastavena delší, než je hloubka styčné spáry, zatímco hlavice pro přívod svařovacího proudu, již prochází odtavovací elektroda, je umístěna nad svarovým spojem, vyznačující se tím, že svařování je prováděno se zmenšující se délkou upnutí odtavovací elektrody a s neproměnlivým výškovým nastavením hlavice pro přívod svařovacího proudu, přičemž jsou vždy při tomto zmenšení délky upnutí odtavovací elektrody postupně snižovány hodnoty svařovacího proudu přiváděného do hlavice pro přívod proudu, podávací rychlost odtavovací elektrody a svařovací rychlost.

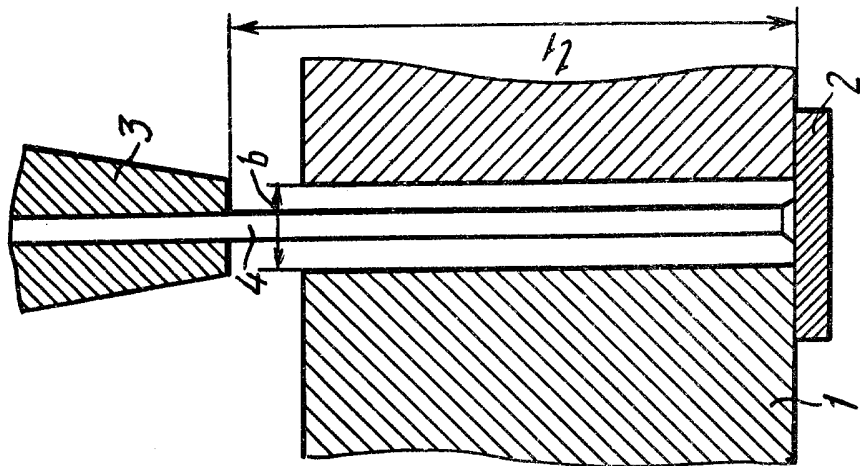
3 výkresy



OBR. 1



S. Я80



OBR. 3