



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

204664

(11)

(B₁)

[21] [PV 3208-79]

[22] Přihlášeno 10 05 79

[51] Int. Cl.³
B 23 K 35/04

[32] [31] [33] Právo přednosti od 11 05 78
[2607701 a 2607702] Svaz sovětských
socialistických republik

[40] Zveřejněno 31 07 80

[45] Vydáno

[75]

Autor vynálezu

BOLOTNIKOV ARKADIJ LEONIDoviČ,
BYCHOVSKIJ DAVID GRIGORJEviČ,
KISELEV VIKTOR NIKOLAJEviČ,
ROSSOMACHO JAKOV VULFOviČ a
MEDVEDEV ALEXANDR JAKOVLEviČ, LENINGRAD (SSSR)

(54) Neodtavná elektroda k plazmovému svařování a způsob její výroby

Vynález se týká zařízení k plazmovému zpracování kovů, a to neodtavné elektrody k plazmovému svařování kovů v prostředí kyslíčnicku uhličitého nebo ve směsi na bázi kyslíčnicku uhličitého.

Tato neodtavná elektroda k plazmovému svařování v prostředí kyslíčnicku uhličitého nebo ve směsi na bázi kyslíčnicku uhličitého může být s úspěchem použita k plazmovému svařování nízkouhlíkových a nízkolegovaných ocelí.

Proto, aby plazmové svařování v prostředí kyslíčnicku uhličitého nebo ve směsi na bázi kyslíčnicku uhličitého mohlo konkurovat dalším známým způsobům svařování, ako například svařování odtavnou elektrodou pod práškem nebo svařování odtavnou elektrodou v prostředí kyslíčnicku uhličitého nebo ve směsi na bázi kyslíčnicku uhličitého, je nutné, aby neodtavné elektrody k plazmovému svařování v prostředí kyslíčnicku uhličitého nebo ve směsi na bázi kyslíčnicku uhličitého zaručovaly příslušnou životnost pro průmyslové použití při hodnotách obloukových proudů přes 400 A.

Tak například při svařování nízkouhlíkových a nízkolegovaných ocelí bez zkosení an musí pro dosažení rychlosti plazmoho svařování, v prostředí kyslíčnicku uhličitého nebo ve směsi na bázi kyslíčnicku uhličitého, rovné nebo převyšující rychlost svařování známými způsoby neodtavné elektrody pro plazmové svařování zaručovat ži-

vočnost příslušnou pro průmyslová použití, při hodnotách obloukových proudů od 400 do 1000 A.

Je známa neodtavná elektroda pro plazmové opracování v chemicky aktivních plynech tvořících plazmu, počítaje v to i kyslíčnick uhličitý, tvořená měděným držákem chlazeným kapalinou a aktivní vložkou ze zirkonu, která je s držákem metalurgicky spojena, viz. např. pat. spis Sp. st. am. č. 3 198 932.

Při práci s touto neodtavnou elektrodou v prostředí kyslíčnicku uhličitého aktivní vložka ze zirkonu chemicky reaguje s aktivními částicemi plynu tvořícího plazmu, s uhlíkem a kyslíkem. Na celém pracovním povrchu aktivní vložky se tvoří povlak, tvořený sloučeninou zirkonu s uhlíkem a kyslíkem, který bude dále uváděn jako zirkoniumozikarbidová vrstva. Zirkoniumozikarbidová vrstva má vyšší tepelnou stálost a vyšší emisní schopnosti než kovový zinek. Touto neodtavnou elektrodou bylo možno použít v zařízeních pro plazmové řezání a plazmové svařování při hodnotách obloukových proudů do 300 A.

Při plazmovém zpracování v prostředí kyslíčnicku uhličitého při hodnotách obloukových proudů nad 300 A je životnost takovýchto elektrod pro průmyslová použití nepřijatelná. To prakticky vylučuje použití těchto elektrod pro plazmové svařování nízkouhlíkových a nízkolegovaných ocelí

o tloušťce vyšší než 6 mm v prostředí kysličníku uhlíčitěho nebo ve směsích na bázi kysličníku uhlíčitěho.

Je rovněž známa neodtavná elektroda pro plazmové opracování kovů v chemicky aktivních prostředích tvořících plazmu a obsahujících kyslík, dusík a/nebo uhlík.

Tyto neodtavné elektrody sestávají z držáku z mědi a z jejích slitin a z aktivní vložky z hafnia, viz pat. spis Sp. st. am. č. 3 592 699.

Při práci s touto neodtavnou elektrodou v prostředí kysličníku uhlíčitěho aktivní vložka z hafnia chemicky reaguje s aktivními částicemi plynu tvořícího plazmu, s uhlíkem a kyslíkem. Na celém pracovním povrchu aktivní vložky se tvoří hafniumoxikarbidová vrstva, která má vyšší tepelnou stálost a vyšší emisní schopnosti než zirkoniumoxikarbidová vrstva.

Životnost takovýchto neodtavných elektrod dovoluje jejich použití při plazmovém opracování v prostředí kysličníku uhlíčitěho až do hodnot obloukových proudů 400 A a je vyšší ve srovnání s životností elektrod, které mají aktivní vložku ze zirkonu.

Avšak pro hodnoty obloukových proudů nad 400 A nelze tyto elektrody rovněž použít, neboť zde vzrůstá rychlost eroze těchto elektrod.

Neodtavnou elektrodu s aktivní vložkou z hafnia nelze tedy použít pro plazmové svařování nízkouhlíkových a nízkolegovaných ocelí o tloušťce větší než 6 mm v prostředí kysličníku uhlíčitěho nebo ve směsích na bázi kysličníku uhlíčitěho.

Je známa také katoda pro elektrické obloukové svařování v chemicky aktivních prostředích, sestávající z měděného držáku a z aktivní vložky, která je provedena z hafnia s legujícími přísadami různých kovů a/nebo jejich kysličníků.

Tato katoda vykazuje nižší rychlost eroze ve srovnání s elektrodou s aktivní vložkou z čistého hafnia, a to pouze při přerušovaném hoření elektrického oblouku. Při všech způsobech provozu dovoluje však životnost takovéto katody její použití při plazmovém opracování v prostředí kysličníku uhlíčitěho při hodnotách obloukového proudu do 400 A.

Katodu s aktivní vložkou z hafnia s legujícími přísadami nelze tedy použít pro plazmové svařování nízkouhlíkových a nízkolegovaných ocelí o tloušťce přes 6 mm v prostředí kysličníku uhlíčitěho nebo ve směsích na bázi kysličníku uhlíčitěho.

Výše popsaná elektroda podle pat. spisu Sp. st. am. č. 3 198 932 je vyráběna tak, že se aktivní vložka ze zirkonu, předem chemicky opracovaná, vloží do měděného držáku a držák i aktivní vložka se současně zahřejí pro vytvoření pevného metalurgického spojení mezi aktivní vložkou a měděným držákem.

Další shora uvedené elektrody se zhotovují mechanickým upevněním aktivní vložky do měděného držáku, například nalisováním za studena nebo jinými podobnými způsoby.

U všech shora popsaných elektrod vzniká oxikarbidová vrstva odpovídající materiálu aktivní vložky při hoření elektrického oblouku v prostředí kysličníku uhlíčitěho.

Účelem vynálezu je odstranit shora uvedené nevýhody.

Úkolem vynálezu je vytvořit neodtavnou elektrodu k plazmovému svařování kovů a vyvinout způsob její výroby, přičemž aktivní vložka je vytvořena a zpracována tak, že zaručuje možnost jejího použití při hodnotách obloukových proudů nad 400 A, s životností přijatelnou pro průmyslová použití, přičemž svařování nízkouhlíkových a nízkolegovaných ocelí bez zkosení okrajů může probíhat rychlostí stejnou nebo větší, než je svařovací rychlost známých způsobů.

Tento úkol řeší neodtavná elektroda k plazmovému svařování v prostředí kysličníku uhlíčitěho nebo ve směsích na bázi kysličníku uhlíčitěho, která sestává z držáku z mědi nebo z jejích slitin, v němž je upevněna aktivní vložka z hafnia, opatřená na povrchu hafniumoxikarbidovou vrstvou podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že aktivní vložka je opatřena také grafitovou vrstvou, nanesenou na hafniumoxikarbidové vrstvě.

Nanesení grafitové vrstvy, která tvoří účinný povrch aktivní vložky, na hafniumoxikarbidové vrstvě, zaručuje snížení tepelného toku, dopadajícího na neodtavnou elektrodu a zvýšení tepelné stálosti a emisních schopností neodtavné elektrody.

Je výhodné, když množství grafitu v grafitové vrstvě nanesené na hafniumoxikarbidové vrstvě je určeno výškou a průměrem aktivní vložky, a to z následujícího poměru:

$$h = \{0,25 - 0,75\} d, \text{ kde značí}$$

h = výšku aktivní vložky,
 d = průměr aktivní vložky.

Ke zvýšení životnosti neodtavné elektrody, což je spojeno s vytvořením grafitové vrstvy na velké části a v nejlepším případě na celém povrchu hafniumoxikarbidové vrstvy a s neustálým zachováním této vytvořené grafitové vrstvy při práci neodtavné elektrody při pracovních proudech elektrického oblouku, je nutno zajistit i intenzivnější a rovnoměrnější ochlazování aktivní vložky.

K zajištění těchto podmínek se navrhuje volit geometrické parametry aktivní vložky, tj. šířku a výšku, tak, že výška je menší než průměr.

Zkouškami bylo zjištěno, že při výšce aktivní vložky pod 0,25 jejího průměru, tzn. při nejintenzivnějším ochlazování aktivní vložky, není neodtavná elektroda schopna provozu. To je spojeno s tím, že při pod-

chlazení materiálu emisního povrchu vzniká kontrakce katodového ohniska, elektrický oblouk se stává prostorově nestabilním a dochází k rychlému zničení neodtavné elektrody. Při výšce aktivní vložky přes 0,75 jejího průměru se narušují podmínky minimálního radikálního gradientu teplot na hafniumoxikarbidové vrstvě natolik, že vytvoření grafitové vrstvy a její neustálé udržení není možné, což také přispívá k rychlému zničení neodtavné elektrody.

Vytčený úkol je řešen také tím, že při způsobu výroby neodtavné elektrody k plazmovému svařování, který sestává ze spojení držáku z mědi nebo z jejích slitin s aktivní vložkou z hafnia podle vynálezu, se v podstatě držák z mědi nebo z jejích slitin připojí na záporný pól zdroje proudu, neodtavná elektroda se ponoří do prostředí kyslíčnicku uhličitého, pomocná elektroda je připojena na kladný pól zdroje proudu za vytvoření elektrického oblouku mezi oběma elektrodami, přičemž se nejprve vytvoří na povrchu aktivní vložky hafniumoxikarbidová vrstva při hodnotě proudu elektrického oblouku až 0,2 I a potom se proud elektrického oblouku zvyšuje od 0,2 I až do I s rychlostí max $40 \text{ A} \cdot \text{s}^{-1}$ za vytvoření grafitové vrstvy na dříve vytvořené hafniumoxikarbidové vrstvě, přičemž I značí celkový proud neodtavné elektrody.

Doba tvoření hafniumoxikarbidové vrstvy při zapalování elektrického oblouku činí asi 0,05 až 0,5 s. K pokrytí celého povrchu aktivní vložky hafniumoxikarbidovou vrstvou je postačující udržovat proud elektrického oblouku na hodnotě 0,2 I celkového pracovního proudu I neodtavné elektrody.

K počátečnímu vytvoření hafniumoxikarbidové vrstvy je postačující udržet v počáteční fázi hoření elektrického oblouku hodnotu proudu na výši 0,2 I celkového pracovního proudu I, zatímco k dalšímu tvoření grafitové vrstvy na účinném povrchu hafniumoxikarbidové vrstvy je nutné postupně zvyšovat proud elektrického oblouku od 0,2 I až na celkový pracovní proud I, a to rychlostí max. $40 \text{ A} \cdot \text{s}^{-1}$.

Když začíná postupné zvyšování proudu I elektrického oblouku nad hodnotou 0,2 I s rychlostí větší než $40 \text{ A} \cdot \text{s}^{-1}$, dochází k přehřátí účinného povrchu hafniumoxikarbidové vrstvy a k silnému narušení radiálního rozdělení teploty, což vylučuje vytvoření grafitové vrstvy.

Vynález je dále blíže popsán na praktických příkladech provedení, které jsou znázorněny na přiložených výkresech, na nichž lačí:

obr. 1 — řez neodtavnou elektrodou podle vynálezu,

obr. 2 — pohled ve směru šipky A z obr. 1,

obr. 3 — další příklad provedení neodtavné elektrody, pohled ve směru šipky A z obr. 1,

obr. 4 — schematické znázornění způsobu výroby neodtavné elektrody podle vynálezu,

obr. 5 — diagram závislosti hodnot proudu elektrického oblouku na čase při výrobě neodtavné elektrody podle vynálezu.

Při práci s neodtavnou elektrodou, obsahující držák a aktivní vložku, dochází k erozi aktivní vložky, vzniká kráter a celková životnost je vyčerpána při vyhoření aktivní vložky do celé její hloubky. Zkoušky ukázaly, že při práci neodtavných elektrod v prostředí kyslíčnicku uhličitého nebo ve směsích na bázi kyslíčnicku uhličitého při hodnotách proudu elektrického oblouku převyšujících 400 A se rychlost eroze aktivní vložky silně zvyšuje. Příčina tak rychlého vyhoření neodtavné elektrody v prostředí kyslíčnicku uhličitého nebo ve směsích na bázi kyslíčnicku uhličitého je spojena s tím, že při práci neodtavné elektrody v souvislosti s erozí aktivní vložky a ponořením elektrického oblouku do tvořícího se kráteru se zvyšuje tepelný tok a dochází k prudkému zničení elektrody.

Pouze nepatrný počet neodtavných elektrod, asi 10 % z celkového počtu zkoušených elektrod, při zvýšení proudu elektrického oblouku nad 400 A pracoval stabilně v prostředí kyslíčnicku uhličitého nebo ve směsích na bázi kyslíčnicku uhličitého i po několik hodin. Rozbor účinného povrchu aktivní hafniové vložky ukázal, že hafniumoxikarbidová vrstva na povrchu aktivních vložek všech stabilně pracujících neodtavných elektrod je pokryta grafitovou vrstvou a hafniumoxikarbidová vrstva na povrchu aktivních vložek všech neodtavných elektrod, které vykazují zvýšenou rychlost eroze, nemá grafitový povlak.

Takto byla stanovena jednoznačná závislost mezi zvýšenou stálostí neodtavné elektrody v prostředí kyslíčnicku uhličitého nebo ve směsích na bázi kyslíčnicku uhličitého při hodnotách proudu elektrického oblouku nad 400 A a nanesením grafitové vrstvy na účinný povrch hafniumoxikarbidové vrstvy, pokrývající účinný povrch aktivní hafniové vložky.

Zkoušky ukázaly, že čím větší část povrchu hafniumoxikarbidové vrstvy je pokryta grafitovou vrstvou, tím větší je životnost neodtavné elektrody v prostředí kyslíčnicku uhličitého nebo ve směsích na bázi kyslíčnicku uhličitého a že vytváření grafitové vrstvy na hafniumoxikarbidové vrstvě probíhá vždy od okrajových částí účinného povrchu směrem ke středu, tzn. na místech povrchu hafniumoxikarbidové vrstvy, které mají nejnížší pracovní teplotu.

Grafitová vrstva vzniká na povrchu hafniumoxikarbidové vrstvy v důsledku vzájemného působení oxikarbidu hafnia a kyslíčnicku uhlíkatého, který se tvoří při tepelném rozkladu kyslíčnicku uhličitého v části

sloupce elektrického oblouku přiléhající ke katodě.

Hlavní zvláštností tohoto vzájemného působení je úzký teplotní interval, ve kterém probíhá tvoření grafitu a který činí ne více než 500 °C. Tím lze vysvětlit experimentálně pozorované tvoření grafitové vrstvy v okrajové zóně povrchu hafniumoxikarbidové vrstvy, kde je pracovní teplota vrstvy z jedné strany minimální a z druhé strany vykazuje malý radiální gradient.

Další podstatná zvláštnost vzájemného působení hafniumoxikarbidu a kysličníku uhelnatého spočívá v tom, že probíhá při vysoké absolutní úrovni teploty, přes 2 500 °C.

Při takových teplotách může grafitová vrstva zabezpečovat hlavní část proudu elektrického oblouku na účet proudu termoelektronové emise, což vede ke zvýšení životnosti neodtavné elektrody, která je pozorována při zvětšení části účinné plochy hafniumoxikarbidové vrstvy pokryté grafitovou vrstvou.

Experimentální zkoušky závislosti životnosti neodtavné elektrody na ploše hafniumoxikarbidové vrstvy pokryté grafitovou vrstvou ukázaly, že ačkoliv se maximální životnosti neodtavné elektrody dosáhne při pokrytí celého povrchu hafniumoxikarbidové vrstvy, je zaručena životnost neodtavné elektrody k plazmovému svařování v prostředí kysličníku uhlíčitýho pro průmyslová použití při hodnotách obloukových proudů nad 400 A i tehdy, když grafitová vrstva je při navrhované geometrii aktivní vložky při práci s neodtavnou elektrodou nanášena minimálně na 0,25 plochy celkové účinné plochy hafniumoxikarbidové vrstvy a je tam zachována bez porušení.

V závislosti na výše uvedeném byla vytvořena neodtavná elektroda k plazmovému svařování v prostředí kysličníku uhlíčitýho nebo ve směsích na bázi kysličníku uhlíčitýho, která obsahuje držák 1, obr. 1, zhotovený z mědi nebo z jejích slitin, v němž je upevněna aktivní vložka 2 z hafnia. Na vnější ploše aktivní vložky 2 je hafniumoxikarbidová vrstva 3.

Na hafniumoxikarbidové vrstvě 3 je nanášena grafitová vrstva 4.

Nanášení grafitové vrstvy 4 na hafniumoxikarbidovou vrstvu 3 zaručuje vysokou stálost neodtavné elektrody při plazmovém svařování v prostředí kysličníku uhlíčitýho nebo ve směsích na bázi kysličníku uhlíčitýho při použití neodtavné elektrody podle vynálezu jako katody při plazmovém hoření elektrického oblouku. Vyšší účinek spočívá v tom, že spojení hafniumoxikarbidové vrstvy 3 s grafitovou vrstvou 4 na emisním povrchu aktivní vložky 2 z hafnia umožňuje získat neodtavnou elektrodu s minimální výstupní prací elektronů. Snížení výstupní elektronové práce při daném proudu elektrického oblouku dovoluje získat nižší pra-

covní teplotu na povrchu neodtavné elektrody, což snižuje tepelný tok působící na neodtavnou elektrodu.

Výsledkem je snížení termické eroze aktivní vložky 2 a zvýšení životnosti neodtavné elektrody.

Na obr. 2, kde je znázorněna neodtavná elektroda ze strany svého pracovního povrchu, pokrývá grafitová vrstva 4 hafniumoxikarbidovou vrstvu 3 částečně. Přitom bylo stanoveno, že grafitová vrstva 4 musí pokrývat hafniumoxikarbidovou vrstvu 3 od hranice styku hafniumoxikarbidové vrstvy 3 s držákem 1 k ose neodtavné elektrody.

Zkouškami bylo stanoveno, že pro zajištění provozních vlastností neodtavné elektrody při proudech vyšších než 400 A je postačující, aby grafitová vrstva 4 pokrývala hafniumoxikarbidovou vrstvu 3 na 0,25 části jejího povrchu.

Snížení tepelného toku zvyšuje tepelnou stálost neodtavné elektrody, tzn. zmenšuje erosi aktivní vložky 2.

Na obr. 3 grafitová vrstva 4 zcela pokrývá hafniumoxikarbidovou vrstvu 3. V tomto případě jsou získány nejlepší provozní vlastnosti neodtavné elektrody, které dovolují provádět plazmové svařování v prostředí kysličníku uhlíčitýho při hodnotách proudu elektrického oblouku do 1000 A.

Dále jsou uvedeny příklady neodtavné elektrody podle vynálezu a příklady zkoušek neodtavné elektrody při plazmovém svařování nízkouhlíkových a nízkolegovaných ocelí v prostředí kysličníku uhlíčitýho nebo ve směsích na bázi kysličníku uhlíčitýho.

Příklad 1

V neodtavné elektrodě, která obsahuje měděný držák 1 s průměrem 20 mm a aktivní hafniovou vložku 2 s průměrem 3,6 mm, byla na povrchu aktivní vložky 2 vytvořena hafniumoxikarbidová vrstva 3, na jejímž celém účinném povrchu byla vytvořena grafitová vrstva 4.

Výška aktivní vložky 2 činila 0,9 mm.

Neodtavná elektroda se zkoušela v plazmovém hořáku s průměrem 11 mm v průběhu plazmového svařování za následujících podmínek:

Materiál svařovaných desek — nízkolegovaná ocel

Ploušťka svařovaných desek — 18 + 18 mm

Plyn tvořící plazmu — CO₂

Proud elektrického oblouku — 1000 A

Spotřeba plynu tvořícího plazmu — 400 l/h

Desky byly svařeny ve spodní poloze bez zkosení okrajů s průběžným závarem jedním průchodem s rychlostí 30 m/h. Životnost neodtavné elektrody, jakož i celková doba hoření elektrického oblouku při svařování činila 1 hodinu.

Příklad 2

V neodtavné elektrodě, která obsahuje měděný držák s průměrem 20 mm a aktivní hafniovou vložku s průměrem 3 mm, byla na povrchu aktivní vložky vytvořena hafniumoxikarbidová vrstva. Na 0,75 povrchu hafniumoxikarbidové vrstvy byla vytvořena grafitová vrstva. Výška aktivní vložky činila 1,5 mm.

Neodtavná elektroda se zkoušela v plazmovém hořáku s průměrem 8 mm v průběhu plazmového svařování za následujících podmínek:

Materiál svařovaných desek — nízkouhlíková ocel

Tloušťka svařovaných desek — 12 + 12 mm

Plyn tvořící plazmu — Směs z 90 % CO_2 + 10 % O_2

Proud elektrického oblouku — 750 A

Spotřeba plynu tvořícího plazmu — 800 l/h

Desky byly svařeny ve spodní poloze bez zkosení okrajů s průběžným závarem jedním průchodem s rychlostí 50 m/h. Životnost neodtavné elektrody, jakož i celková doba hoření elektrického oblouku při svařování činila 1,7 hodiny.

Příklad 3

V neodtavné elektrodě, která obsahuje měděný držák s průměrem 16 mm a aktivní vložku z hafnia s průměrem 2,6 mm, byla na povrchu aktivní vložky vytvořena hafniumoxikarbidová vrstva. Na 0,25 povrchu hafniumoxikarbidové vrstvy byla vytvořena grafitová vrstva. Výška aktivní vložky činila 1,9 mm.

Neodtavná elektroda se zkoušela v plazmovém hořáku s průměrem 8 mm v průběhu plazmového svařování za následujících podmínek:

Materiál svařovaných desek — nízkolegovaná ocel

Tloušťka svařovaných desek — 6 + 6 mm

Plyn tvořící plazmu — CO_2

Proud elektrického oblouku — 450 A

Spotřeba plynu tvořícího plazmu — 300 l/h

Desky byly svařeny ve spodní poloze bez zkosení okrajů s průběžným závarem jedním průchodem s rychlostí 50 m/h. Životnost neodtavné elektrody, jakož i celková doba hoření elektrického oblouku při svařování činila 7 hodin.

Příklad 4

V neodtavné elektrodě, která obsahuje měděný držák s průměrem 20 mm a aktivní hafniovou vložku s průměrem 3 mm, byla na povrchu aktivní vložky vytvořena hafniumoxikarbidová vrstva. Na 0,85 povrchu hafniumoxikarbidové vrstvy byla vytvořena grafitová vrstva. Výška aktivní vložky činila 1,2 mm.

Neodtavná elektroda se zkoušela v plazmovém hořáku s průměrem 9 mm v průběhu

plazmového svařování za následujících podmínek:

Materiál svařovaných desek — nízkolegovaná ocel

Tloušťka svařovaných desek — 8 + 8 mm

Plyn tvořící plazmu — CO_2

Proud elektrického oblouku — 800 A

Spotřeba plynu tvořícího plazmu — 1000 l/h

Desky byly svařeny ve spodní poloze bez zkosení okrajů s průběžným závarem jedním průchodem s rychlostí 80 m/h. Životnost neodtavné elektrody, jakož i celková doba hoření elektrického oblouku při svařování činila 2,1 hodiny.

K získání grafitové vrstvy na hafniumoxikarbidové vrstvě a k rovnovážnému udržení tohoto povlaku během práce s neodtavnou elektrodou při plazmovém svařování v prostředí kyslíčnicku uhlíčitého nebo ve směsích na bázi kyslíčnicku uhlíčitého je nutné, aby byla grafitová vrstva na hafniumoxikarbidovou vrstvu nanášena předem, tzn. před použitím neodtavné elektrody k plazmovému svařování.

Zkouškami bylo zjištěno, že zaručeně příznivý vliv grafitové vrstvy na hafniumoxikarbidové vrstvě může být získán pouze zpracováním neodtavné elektrody pomocí elektrického oblouku hořícího v prostředí kyslíčnicku uhlíčitého, pro kterýžto oblouk je zpracovávána neodtavná elektroda katodou, tzn. elektrodou připojenou k zápornému pólu zdroje proudu elektrického oblouku. Důkazem toho jsou provedené zkoušky, při kterých neodtavná elektroda, zpracovávána elektrickým obloukem, byla připojena ke kladnému pólu zdroje proudu elektrického oblouku, tzn. byla anodou. Ve všech případech bez výjimky se při takovémto zapojení nevytvořila na účinném povrchu aktivní vložky žádná grafitová vrstva a došlo k rychlému zničení elektrody.

Bylo rovněž zjištěno, že při zpracování neodtavné elektrody — katody elektrickým obloukem, hořícím v prostředí kyslíčnicku uhlíčitého, dochází k vytvoření hafniumoxikarbidové vrstvy na účinném povrchu aktivní vložky prakticky v okamžiku po zapálení elektrického oblouku.

Mohou-li se podmínky vytváření hafniumoxikarbidové vrstvy, tj. proud elektrického oblouku a doba hoření elektrického oblouku, pohybovat v širokých mezích, jak ukázaly zkoušky, pak podmínky vytváření grafitové vrstvy na hafniumoxikarbidové vrstvě jsou přísně určeny.

To vyplývá z nutnosti dodržet na účinném povrchu hafniumoxikarbidové vrstvy zcela určitou teplotu a radiální teplotní gradient, při kterých dochází k vytvoření grafitového povlaku.

Srovnáním výsledků zkoušek a tepelně fyzikálních vlastností hafniumoxikarbidové vrstvy, aktivní vložky z hafnia a měděného držáku bylo zjištěno, že pro vytvoření

výše uvedených podmínek k získání grafitové vrstvy je nutno, kromě určeného připojení zpracovávané elektrody do proudového okruhu zdroje proudu elektrického oblouku, dodržet také určitou rychlost zvyšování proudu elektrického oblouku.

Zařízení k provádění způsobu výroby neodtavné elektrody obsahuje zdroj stejnosměrného proudu 5, obr. 4, jehož záporný pól je připojen na držák 1 neodtavné elektrody a kladný pól na pomocnou elektrodu 6. Držák 1 s aktivní hafniovou vložkou 2 je uspořádán v komoře 7, opatřené přívodem 8 kyslíčnicku uhličitého a výpustí 9 kyslíčnicku uhličitého.

Neodtavná elektroda, sestávající z měděného držáku 1 s hafniovou aktivní vložkou 2, která byla do něho předem zalisována, je umístěna do komory 7 a připojena na záporný pól zdroje stejnosměrného proudu 5. Do komory 7 je vpuštěn kyslíčnick uhličitý. Potom je zapálen elektrický oblouk 10 mezi aktivní hafniovou vložkou 2 a pomocnou elektrodou 6, připojenou předem na kladný pól zdroje stejnosměrného proudu 5. V diagramu znázorněném na obr. 5 je znázorněna křivka udávající závislost hodnoty proudu I elektrického oblouku na čase; přitom je na svislou osu nanášena hodnota proudu I elektrického oblouku 10 a na podélnou osu doba τ k vytvoření neodtavné elektrody.

Z rozboru křivky je zřejmé, že po zapálení elektrického oblouku 10 v průběhu $\tau \leq 0,5$ s, při hodnotě proudu I elektrického oblouku 10, která je max. 0,2 I, je na emisním povrchu aktivní hafniové vložky 2 vytvořena hafniumoxikarbidová vrstva 3, která pokrývá celý emisní povrch hafniové aktivní vložky 2. Aniž je hoření elektrického oblouku přerušeno, je potom proud I elektrického oblouku 10 zvýšen na celkový pracovní proud I neodtavné elektrody, a to rychlostí 40 A/s za vytvoření grafitové vrstvy 4 na hafniumoxikarbidové vrstvě 3. Potom je elektrický oblouk vypnut. Když přitom celková doba hoření obnáší $\tau_1 < \tau < \tau_2$, pokrývá grafitová vrstva 4 hafniumoxikarbidovou vrstvu 3 jen částečně, ale nejméně z 0,25 jejího povrchu.

$$\text{Když } \tau \geq \tau_2 = \frac{I}{40 \frac{A}{s}},$$

příčemž I je celkový pracovní proud neodtavné elektrody, pokrývá grafitová vrstva 4 zcela hafniumoxikarbidovou vrstvu 3.

Způsob výroby neodtavné elektrody podle vynálezu k plazmovému svařování v prostředí kyslíčnicku uhličitého nebo ve směsích na bázi kyslíčnicku uhličitého umožňuje v průběhu jednoho cyklu hoření elektrického oblouku nanést na aktivní vložku hafniumoxikarbidovou vrstvu a na ni grafitovou vrstvu.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Neodtavná elektroda k plazmovému svařování v prostředí kyslíčnicku uhličitého nebo ve směsích na bázi kyslíčnicku uhličitého, která obsahuje držák z mědi nebo jejích slitin, v němž je upevněna aktivní vložka z hafnia, opatřená na svém povrchu hafniumoxikarbidu, vyznačená tím, že aktivní vložka (2) je opatřena také grafitovou vrstvou (4), která je nanášena na hafniumoxikarbidovou vrstvu (3).
2. Neodtavná elektroda podle bodu 1, vyznačená tím, že množství grafitu v grafitové vrstvě (4), nanášené na hafniumoxikarbidové vrstvě (3), je dáno výškou a průměrem aktivní vložky (2), a to z následujícího poměru:

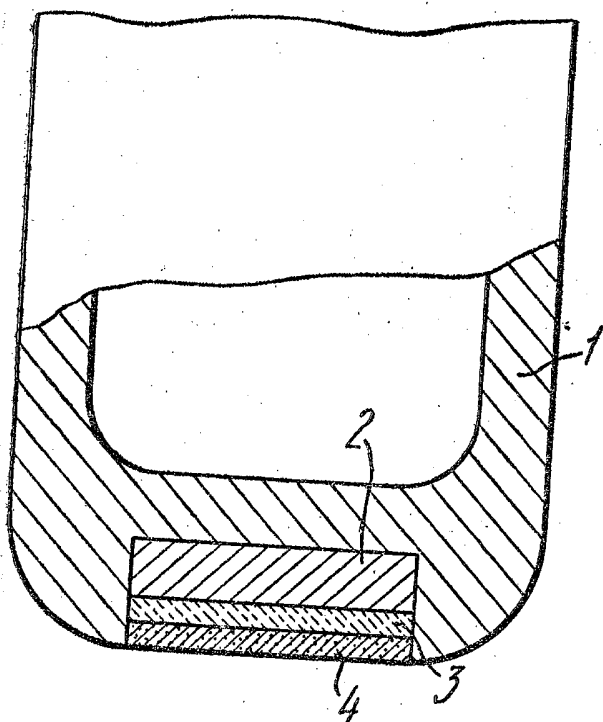
$$h = (0,25 - 0,75) d, \text{ kde značí}$$

h — výšku aktivní vložky (2),

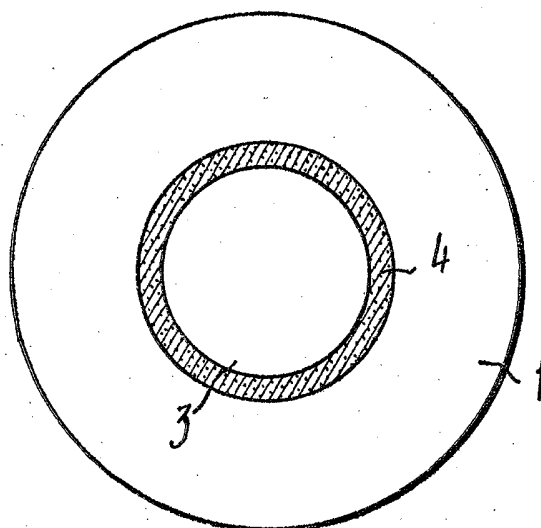
d — průměr aktivní vložky (2).

3. Způsob výroby neodtavné elektrody podle bodu 1, spojením držáku z mědi nebo z jejích slitin s aktivní vložkou z hafnia, vyznačený tím, že se držák (1) připojí na záporný pól zdroje proudu (5), neodtavná elektroda se ponoří do prostředí kyslíčnicku uhličitého, pomocná elektroda (6) se připojí na kladný pól zdroje proudu (5) za vytvoření elektrického oblouku (10) mezi oběma elektrodami, přičemž se nejprve vytvoří na povrchu aktivní vložky (2) hafniumoxikarbidová vrstva (3) při hodnotě proudu elektrického oblouku (10) až 0,2 I a potom se proud elektrického oblouku (10) zvyšuje od 0,2 I až do I s rychlostí maximálně 40 A.s⁻¹ za vytvoření grafitové vrstvy (4) na dříve vytvořené hafniumoxikarbidové vrstvě (3), přičemž I značí celkový pracovní proud neodtavné elektrody.

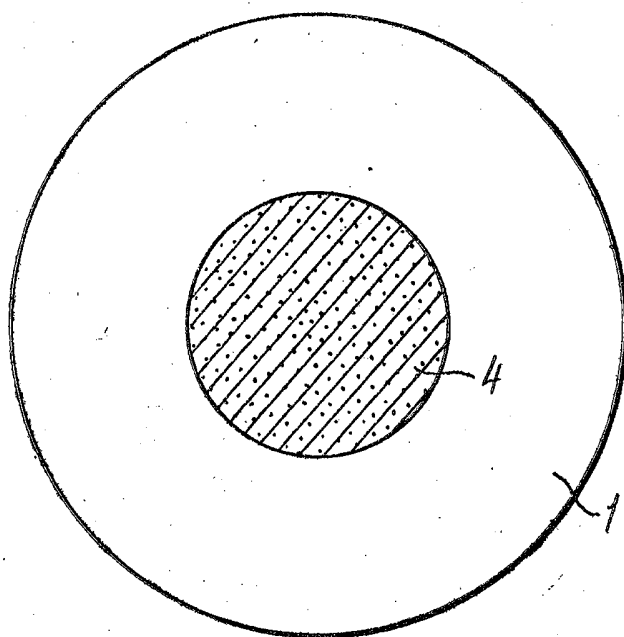
5 výkresů



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

