



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

265 451

(11) (B1)

{13}

(51) Int. Cl.⁴

B 05 B 5/08

(22) Přihlášeno 24 04 85

(21) PV 2993-85

(40) Zveřejněno 10 02 89

(45) vydáno 15 12 89

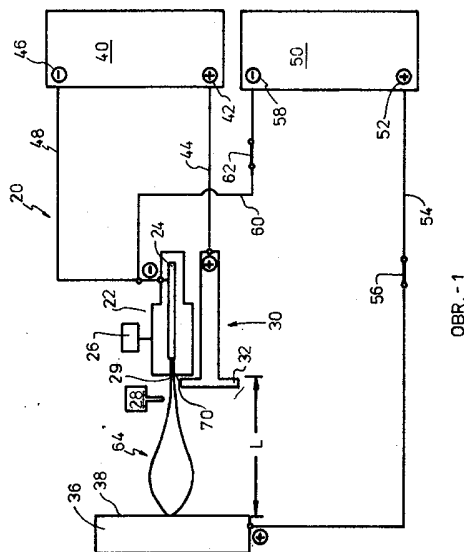
(75)

Autor vynálezu

ZVĚŘINA KAREL ing., PRAHA, SCHNACKEL JAY F., PLYMOUTH, MICHIGAN (US)

(54) Zapojení pro vytváření semitransferovaného oblouku

(57) Řešení se týká oblasti plazmové techniky a řeší plazmové stříkání povrchových vrstev na elektricky vodivý podložní materiál kapalinou stabilizovaným plazmovým generátorem. Jde o vytvoření semitransferovaného oblouku mezi jednou z elektrod plazmového generátoru a podložním materiálem a ovládání hustoty, teploty a rozměrů proudu plazmatu a teploty a reaktivity povrchu podložního materiálu změnami jeho potenciálu. Na katodu kapalinou stabilizovaného plazmového generátoru je připojen záporný pól prvního stejnosměrného zdroje a na anodu kladný pól prvního stejnosměrného zdroje. Druhý stejnosměrný zdroj je zapojen mezi katodu plazmového generátoru a podložní materiál přes spínač. Řešení je možno využít zejména v oblasti povrchové ochrany.



Vynález se týká zapojení pro vytváření semitransferovaného oblouku u kapalinou stabilizovaných plazmových generátorů, určených zejména pro nanášení povrchových ochranných vrstev.

Pro vytváření povrchových ochranných vrstev se užívají jak plynem stabilizované, tak kapalinou stabilizované plazmové generátory. U známých kapalinou stabilizovaných plazmových generátorů elektrický oblouk hoří mezi tyčovou katodou a okrajem rotační anody. Proud plazmatu se pak vyfukuje směrem k zpracovávanému materiálu nezávisle na elektrickém oblouku. Stabilizační kapalina, zejména voda, přiváděná do stabilizační komory plazmového generátoru obklopuje elektrický oblouk a její vrstva disociuje a je uvedena do plazmatického stavu. Plazma pak tryskou proudí ven ze stabilizační komory. Do proudu plazmatu se v oblasti anody nebo za ní vnáší práškový nástřikový materiál, taví se, popřípadě se uvádí do plynného nebo plazmatického stavu podle energie porudu plazmatu a vlastností nástřikového materiálu.

Proud plazmatu vycházející z trysky má pouze omezenou délku. Nabité částice v proudu plazmatu za anodou rekombinují, čímž se uvolňuje tepelná energie. Toto uvolňování tepelné energie dává proudu plazmatu velmi vysokou teplotu. U konce porudu plazmatu nabité částice rekombinují do různých sloučenin. Tyto sloučeniny jsou pak nanášeny na zpracovávaný podložní materiál a vytvářejí na něm povlak složený z těchto sloučenin.

U známých kapalinou stabilizovaných plazmových generátorů pro plazmové stříkání, jestliže se podložní materiál nalézá v oblasti kam již nedosahuje proud plazmatu, je v oblasti zpracovávaného povrchu koncentrace nabitých částic prakticky nulová. Za těchto podmínek povrch podložního materiálu není chemicky aktivní nebo zůsobilý chemicky reagovat se složkami nástřiku, které byly před nanesením na povrch rekombinovány. Výsledkem pak je vytvoření vazby fyzikálního typu mezi podložním materiálem a povlakem.

V některých případech fyzikální vazba povlaku k podložnímu materiálu postačuje. Je však mnoho nástřikových aplikací, kdy je žádoucí vytvořit povlak chemicky vázaný k podložnímu materiálu.

Je zřejmé, že teplota podložního materiálu a teplota nástřikového materiálu nanášeného na podložní materiál jsou dva základní parametry, které musí být zvažovány při snaze o vytvoření chemické vazby. Vznik chemické vazby je pravděpodobnější, když je část nástřikového materiálu při povrchu podložního materiálu ionizována. Tendence povrchu podložního materiálu chemicky reagovat s nástřikovým materiálem se zvyšuje v souladu se zvyšováním teploty. Je proto žádoucí vytvořit semitransferovaný kapalinou stabilizovaný plazmový generátor, kde se teplota povrchu podložního materiálu zvyšuje na teplotu při níž má povrch schopnost chemicky reagovat s nástřikovým materiálem.

Jiným parametrem, který musí být uvažován, je rychlost, jíž jsou částice nástřikového materiálu nanášeny na povrch podložního materiálu. Známé kapalinou stabilizované plazmové generátory pracují tak, že se nástřikový materiál nanáší na podložní materiál rychlostí dostačující k tomu, aby se vytvořila vazba mezi podložním materiálem a povlakem. Jde ovšem o vazbu fyzikálního typu. Pokud je žádoucí vytvořit vazbu chemického typu, bude žádoucí zvýšit rychlost nanášení nástřikového materiálu na podložní materiál nad rychlost dosažitelnou těmito známými kapalinou stabilizovanými plazmovými generátory.

U některých aplikací je žádoucí vytvořit v nástřiku různé sloučeniny, jako například oxidy, karbidy a nitridy. Přímé vnášení práškového karbidového nebo podobného materiálu do proudu plazmatu může způsobovat obtíže. Proto je v některých případech žádoucí, aby stabilizační kapalina byla takového chemického složení, aby obsahovala nezbytné komponenty pro tvorbu požadovaných sloučenin, jako kyslíkové, uhlíkové nebo dusíkové atomy nutné pro tvorbu oxidů, karbidů a nitridů. Stejně však, jestliže teplota povrchu podložního materiálu není dostatečně vysoká a rychlost proudu plazmatu není dostatečně vysoká, nedochází k optimální tvorbě příslušných sloučenin. Proto je žádoucí vytvořit kapalinou stabilizovaný plazmový generátor se semitransferovaným obloukem, umožňujícím dosažení provozních parametrů pro

optimální tvorbu sloučenin v povlaku, například oxidů, nitridů a karbidů, kde nejméně část sloučeniny vytvářejících složek, jako atomy, volné elektrony a ionty jsou složkami stabilizační kapaliny.

V některých nástřikových aplikacích je žádoucí, aby některé sloučeniny byly vytvářeny v povlaku, ze složek obsažených v materiálu anody plazmového generátoru. Jinými slovy, anoda může obsahovat materiály jako železo, měď, hliník nebo grafit, pokud je žádoucí aby některý z těchto materiálů tvořil složku povlaku. Pro tyto účely je vhodný kapalinou stabilizovaný plazmový generátor se semitransferovaným obloukem, jehož provozní parametry zajistí optimální vytváření sloučenin v povlaku, kde jednotlivé složky těchto sloučenin, jako atomy, volné elektrony a ionty jsou obsaženy v anodě.

V určitých aplikacích bude žádoucí vytvořit povlak na podložním materiálu obsahující nestechiometrické sloučeniny nebo sloučeniny, které jsou chemicky přechodné v chemických reakcích probíhajících za konstantní teploty. Změnami teploty chemické reakce může být ovládána příprava přechodné sloučeniny. I pro tento účel je vhodný kapalinou stabilizovaný plazmový generátor, umožňující ovládat nebo měnit teplotu povrchu podložního materiálu.

V některých nástřikových aplikacích bude žádoucí, aby povrch podložního materiálu snadno reagoval s nástřikovým materiálem. To bude zvláště, jestliže povrch bude zbaven elektronů a zůstanou na něm nabitě ionty. Tyto ionty pak budou snadno reagovat s nástřikovým materiálem. Pro tento účel je velmi vhodné vytvořit takový kapalinou stabilizovaný plazmový generátor nebo takové jeho zapojení, které by umožnilo migraci elektronů z povrchu podložního materiálu.

Souhrně tedy lze konstatovat, že hlavním nedostatkem známých způsobů plazmového nanášení povrchových vrstev na podložní materiály respektive známých, k tomu účelu používaných zařízení je základní princip jejich činnosti založený na vytváření fyzikální vazby nástřikového materiálu s podložním materiálem. Známa zařízení pak neumožňují řízení reaktivity podložního materiálu zejména vhodnou regulací teploty a rozměrů dostatečně hustého proudu plazmatu v průběhu nanášení nástřikového materiálu.

Uvedené nedostatky odstraňuje zapojení pro vytváření semitransferovaného oblouku podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že se vytvoří proud plazmatu směřující k podložnímu materiálu. Délka proudu plazmatu vytvářeného vstřikováním vody do oblouku hořícího mezi katodou a anodou se může měnit změnami potenciálu mezi podložním materiálem a jednou z elektrod plazmového generátoru. Kapalinou stabilizovaný plazmový generátor má na katodu připojen záporný pól prvního stejnosměrného zdroje a na anodu kladný pól prvního stejnosměrného zdroje. Druhý stejnosměrný zdroj je zapojen mezi katodu plazmového generátoru a podložní materiál přes spínač. Do proudu plazmatu se může vnášet nástřikový materiál.

Výhoda zapojení podle vynálezu spočívá v tom, že vytváření vazeb fyzikálního i chemického typu je možno v průběhu nanášení nástřikového materiálu na podložku libovolně němit.

Příklady provedení vynálezu jsou znázorněny na přiloženém vyobrazení, kde obr. 1 představuje schéma uspořádání a zapojení podle vynálezu, na obr. 2 je schéma zapojení s kladným pólem přídavného elektrického zdroje připojeným na podložní materiál a záporným pólem přídavného elektrického zdroje spojeným s tyčovou katodou, na obr. 3 je schéma zapojení s kladným pólem přídavného zdroje spojeným s katodou a záporným pólem přídavného zdroje připojeným na podložní materiál, na obr. 4 je schéma zapojení s kladným pólem přídavného zdroje připojeným k podložnímu materiálu a záporným pólem přídavného zdroje spojeným s anodou, na obr. 5 je schéma zapojení s kladným pólem přídavného zdroje spojeným s anodou a záporným pólem přídavného zdroje připojeným k podložnímu materiálu, na obr. 6 je schematicky znázorněn detail zařízení podle obr. 1 zobrazující dráhu proudu plazmatu při přítomnosti kladného potenciálu na podložním materiálu a při nulovém potenciálu podložního materiálu, na obr. 7 je schéma varianty zapojení podle vynálezu při zapojení podle obr. 5 a na obr. 8 je schéma další varianty zapojení podle vynálezu s jedním stejnosměrným zdrojem.

Jak je patrné z obr. 1, zařízení 20 podle vynálezu obsahuje plazmový generátor s tělesem 22 generátoru obsahujícím tyčovou katodu 24. K tělesu 22 generátoru je připojen zdroj 26 stabilizační kapaliny, zejména vody, alkoholu nebo pikolinu. Uspořádání plazmového generátoru dále obsahuje zařízení 30 rotační anody s vlastní rotační anodou 32. Směrem po proudu plazmatu je za anodou 32 umístěn zdroj 28 stříkajícího materiálu, zejména v práškové formě, který tak může být podáván do proudu plazmatu. Ve vhodné vzdálenosti od tělesa 22 generátoru je umístěn podložní materiál 36 tak, že jeho povrch 38 se nachází ve vzdálenosti L od trysky 29 generátoru. První stejnosměrný zdroj 40 má kladnou svorku 42 připojenou vedením 44 k anodovému zařízení 30 a zápornou svorku 46 připojenou vedením 48 k tyčové katodě 24. uspořádání plazmového generátoru dále obsahuje druhý stejnosměrný zdroj 50 jehož kladná svorka 52 je vedením 54 přes spínač 56 připojena na podložní materiál 36 a jehož záporná svorka 58 je vedením 60 přes spínač 62 spojena s tyčovou katodou 24. Jak bude dále uvedeno, mohou být pro kapalinou stabilizovaný plazmový generátor se semitransferovaným obloukem použity různé varianty elektrického zapojení. Z obr. 1 je ještě patrný proud plazmatu 64.

Funkce zapojení podle obr. 1 je následující. Pokud jde o vlastní kapalinou stabilizovaný plazmový generátor.

Napětí svorky 52 druhého elektrického zdroje 50 je obecně větší než napětí svorky 42 prvního elektrického zdroje 40, například při napětí druhého zdroje 50, 800 V a prvního zdroje 40, 500 V. Druhý přídavný elektrický zdroj je výhodně regulovatelný, jak napětově, například v rozmezí mezi 300 V až 800 V, tak proudově, například v rozmezí 50 A až 300 A. Zabezpečením možnosti změn elektrických parametrů zařízení lze ovládat koncentraci nabitých částic u povrchu podložního materiálu i teplotu podložního materiálu, což je význačným přínosem vynálezu.

Na obr. 6 jsou zobrazeny spínač 56 a 62 z obr. 1 jak v otevřené, tak v uzavřené poloze. Když jsou spínače 56 a 62 otevřeny, kapalinou stabilizovaný plazmový generátor pracuje jako generátor s netransferovaným obloukem. Když je na katodu 24 a anodu 32 přiveden stejnosměrný elektrický proud, vznikne mezi nimi elektrický oblouk 70. Do komory tělesa 22 generátoru je přiváděna stabilizační kapalina vytvářející zde vír, jehož se oblouk 70 dotýká. Vlivem velkého množství energie dodávané do kapaliny tak nastává její disociace do plazmatického stavu, na ionty a volné elektrony. Stupeň disociace závisí na množství energie dodávané elektrickým obloukem 70.

Plazma vychází tryskou 29 pod velkým tlakem jako proud plazmatu. Jak je patrné z obr. 6, tento proud plazmatu označený jako 64a, kde označení a značí, že spínač 56 a 62 jsou otevřeny, končí před podložním materiálem 36.

Poté kdy proud plazmatu 64 projde elektrickým obloukem 70, přestane získávat energii a ionty v proudu plazmatu 64 začínají rekombinovat, čímž se vytváří tepelná energie udávající teplotu proudu plazmatu 64. Koncentrace nabitých částic v proudu plazmatu 64 se během pohybu směrem k podložnímu materiálu 36 snižuje. Teplota proudu plazmatu 64 je vyšší v oblastech vyšší koncentrace nabitých částic. Je to patrné z obr. 6, kde teplota proudu plazmatu 64 v bodě A (T_a) je větší než teplota proudu plazmatu 64 v bodě B (T_b). Je zřejmé, že mezi teplotami v bodech A, B, C a D proudu plazmatu 64a platí následující vztah:

$$T_a > T_b > T_c > T_d$$

Je rovněž zřejmé, že teplota v bodě D (T_d), je větší než teplota v bodě E (T_e), což je povrchová teplota podložního materiálu 36.

V podmínkách netransferovaného oblouku plazmový generátor zobrazený na obr. 1 a obr. 6 generuje proud plazmatu 64, který nemá dostatečnou délku, aby dosáhl povrchu podložního materiálu 36. Prakticky všechny ionty a volné elektrony v proudu plazmatu rekombinují během doby, než dospějí na povrch 38 podložního materiálu 36. Rovněž teplota povrchu 38 podložního

materiálu 36 není dostatečně vysoká, aby povrch 38 částečně nastavila. Za této situace se mezi nástřikovým materiálem a podložním materiálem, na který je nanášen, vytváří vazba fyzikálního typu.

Za situace, kdy spínače 56 a 62 jsou uzavřeny, tj. v polohách 56b a 62b, je na podložní materiál 36 přivedeno kladné napětí. Tím se proud plazmatu prodlouží tak, že dosahuje až k povrchu 38 podložního materiálu 36. V provedení podle obr. 1 a obr. 6 se proud plazmatu 64b znázorněný přerušovanou čarou prodloužil tak, že jeho konečný bod je na povrchu podložního materiálu.

Významné je, že se délka proudu plazmatu může měnit oproti polohám znázorněným na obr. 1 a obr. 6. Například působení většího kladného potenciálu na podložním materiálu způsobí prodloužení proudu plazmatu 64 tak, že se koncentrace nabitých částic u povrchu 38, oproti případu znázorněnému na obr. 1 zvětší. Naproti tomu se přítomnost kladného potenciálu většího než nula, ale menšího než v případě znázorněném na obr. 1 projeví sice prodloužením proudu plazmatu 64 směrem k podložnímu materiálu 36, proud plazmatu 64 však bude končit v určité vzdálenosti od povrchu podložního materiálu 36.

V důsledku toho, že proud plazmatu dosáhne povrchu podložního materiálu 36 nebo se k němu přiblíží, bude na povrchu nebo v blízkosti povrchu podložního materiálu 36 zvýšená koncentrace elektricky nabitých částic. Část povrchu podložního materiálu 36 k níž se těsně přiblíží nabitá částice se může zahřát natolik, že se částečně taví. Částečně natavený povrch je samozřejmě chemicky reaktivnější se složkami obsaženými v proudu plazmatu 64, než povrch nacházející se v pevném skupenství. Rovněž nabitá částice, tj. ionty a elektrony, jsou chemicky reaktivnější, než elektricky neutrální, nenabitá sloučeniny. V důsledku toho prodloužení délky proudu plazmatu 64 k povrchu podložního materiálu zvýší tendenci k vzájemným chemickým reakcím. V případě netransferovaného oblouku nabitá částice v proudu plazmatu 64 rekombinují do sloučenin ještě před nanesením na povrch podložního materiálu. Zvětšením délky proudu plazmatu 64 se zvýší koncentrace nabitých částic na roztaveném povrchu, což vede k tvorbě chemické vazby mezi složkami proudu plazmatu 64, nástřikovým materiálem a podložním materiálem 36.

Semitransferovaným obloukem se ve srovnání se známými zařízeními zvyšuje i rychlost dopadu částic nástřikového materiálu na povrch podložního materiálu 36.

U plazmového generátoru se semitransferovaným obloukem podle obr. 1 a obr. 6, pokud má podložní materiál dostatečný kladný potenciál, se vytvářejí podmínky umožňující vytvoření chemické vazby mezi podložním materiálem a nástřikovým materiálem. Jinými slovy výsledkem nástřiku je vytvoření vazebné vrstvy nového složení, obsahující jako součásti jak složky podložního materiálu 36, tak složky nástřikového materiálu. V některých případech se vazebná vrstva vytváří mezi podložním materiálem 36 a vrstvou nástřiku. Dále, jak již bylo dříve uvedeno, složkami vazebné vrstvy nebo nástřiku mohou být i částice obsažené ve stabilizační kapalině nebo v rotační anodě 32.

V předmětném provedení se může střídavě používat transferovaného a netransferovaného oblouku i během generace plazmatu a nanášení nástřikového materiálu na podložní materiál. Jinak řečeno, délka proudu plazmatu může být, vzhledem k podložnímu materiálu, nastavována, čímž pro různé etapy nástřikové operace může být proud plazmatu uveden do kontaktu s podložním materiálem a pak zase zkrácen odpojením podložního materiálu nebo snížením rozdílu napětí mezi rotační anodou 32 a podložním materiálem 36. Jak se délka proudu plazmatu 64 mění, mění se i teplotní gradient v důsledku rozdělení hustot nabitých částic v proudu plazmatu. Tato možnost změn úprav délky oblouku změnou napětí mezi rotační anodou 32 a podložním materiálem 36 umožňuje ovládat tvorbu nástřikových sloučenin a strukturu nástřikových vrstev tak, jak to dosud nebylo možné.

Zvýšení teplot na povrchu podložního materiálu 36 je možno objasnit například následujícím

teoretickým výpočtem, vycházejícím z následujících předpokladů: použití vody (H_2O) jako stabilizační kapaliny, napětí plazmového generátoru 360 Vss a proud generátoru cca 450 A. Pro výpočet bylo zvoleno 8 v podstatě stejně vzdálených příčných řezů (označených "0" až "7"), začínajících v trysce 29 plazmového generátoru 22 (příčný řez "0") a postupujících směrem k povrchu 38 podložního materiálu 36 (příčný řez označený "7"). Příčné řezy jsou od sebe vzdáleny přibližně 10 mm a délka proudu plazmatu kolísá od 65 mm do 80 mm. Hodnoty stanovené na základě známých vztahů jsou uvedeny v tabulce č. I.

T a b u l k a 1

Vypočtené teploty, koncentrace částic a elektrická vodivost proudu plazmatu v různých vzdálenostech od trysky

Příčný řez	Vzdálenost od trysky (mm)	Vypočtená teplota (K)	Vypočtená koncentrace částic ($n \cdot 10^{16}/cm^{-3}$)					e	Gradient el. poten- ciálu (V/cm)	Poloměr el. vodi- vého prou- du plazm. (mm)	Vypočtená el. vodi- vost ($\Omega \cdot m$)
			O	H	O^+	H^+	O^{++}				
0	0	28 000	0	0	3,6	7,6	0,8	12,8	56,25	2,5	184
1	10	24 500	0	0	4,9	9,1	0	14,0		3,5	180
2	20	23 700	0	0	5,3	9,5	0	14,8		5	176
3	30	22 500	0	0	5,5	9,8	0	15,3		7	165
4	40	18 000	0	0	6,3	12,2	0	18,5		8	133
5	50	14 000	0,7	1,2	3,0	9,2	0	12,2		9	97
6	60	12 500	9,2	16,0	2,2	5,6	0	7,8		9	62
7	70	10 000	22,0	45,0	0	1,6	0	1,6		4	34

Jak je ze shora uvedených hodnot patrné, povrch podložního materiálu je působením proudu plazmatu možno uvést do vysoce reaktivního stavu. V různých případech využití vynálezu může být použito různých typů stabilizačních kapalin, podložních materiálů, nástřikových materiálů a elektrod.

Typickou stabilizační kapalinou je voda (H_2O), etylalkohol (CH_3CH_2OH), 2-pikolin ($CH_3C_5H_4N$) a m-toluidin ($CH_3C_6H_4NH_2$). Typickými kovovými podložními materiály jsou železo (Fe), měď (Cu) nebo hliník (Al). Typickým nekovovým podložním materiálem je grafit (C). Typickým kovovým nástřikovým materiálem může být směs niklu (Ni) a chromu (Cr), směs niklu (Ni), křemíku (Si) a boru (B) a směs niklu (Ni), chromu (Cr) a boru (B). Typickým nekovovým nástřikovým materiálem může být oxid zirkoničitý (ZrO_2), stabilizovaný oxidem yttritým (Y_2O_3), křemičitan zirkoničitý ($ZrSiO_4$), nebo oxid hlinitý (Al_2O_3). Typickým druhem anodového materiálu může být železo (Fe) nebo titan (Ti).

Pokud jde o obr. 2 až 5, uvádějí specifická provedení různých elektrických zapojení s druhým nezávislým stejnosměrným elektrickým zdrojem. Obr. 2 a obr. 3 znázorňují nezávislý stejnosměrný zdroj 50a resp. 50b, připojený mezi katodu 30a plazmového generátoru a podložní materiál 36a. Na obr. 2 je kladný pól nezávislého elektrického zdroje 50a připojen k podložnímu materiálu 36a a záporný pól nezávislého elektrického zdroje 50a připojen k tyčové katodě generátoru 22a. Elektrické zapojení odpovídá zapojení podle obr. 1 a obr. 6. V případě obr. 3 je kladný pól nezávislého elektrického zdroje 50b připojen k tyčové katodě 30b generátoru 22b a záporný pól nezávislého elektrického zdroje 50b je připojen k podložnímu materiálu 36b.

Obr. 4 a 5 znázorňují provedení s různými elektrickými zapojeními, kde je použito druhých, nezávislých stejnosměrných elektrických zdrojů 50c nebo 50d, zapojených mezi anodami 30c nebo 30d plazmových generátorů a podložními materiály 36c nebo 36d. Obr. 4 znázorňuje provedení s kladným pólem nezávislého elektrického zdroje 50c připojeným k podložnímu materiálu 36c a se záporným pólem nezávislého elektrického zdroje 50c připojeným k anodě 30c. Obr. 5

znázorňuje zapojení s kladným pólem nezávislého elektrického zdroje 50d připojeným k anodě 30d a se záporným pólem nezávislého elektrického zdroje 50d připojeným k podložnímu materiálu 36d. Toto elektrické zapojení odpovídá provedení podle obr. 7. Činnost zařízení s plazmovým generátorem zapojeným tímto způsobem bude popsána dále.

Obr. 7 znázorňuje zařízení s plazmovým generátorem, kde záporné napětí z nezávislého stejnosměrného zdroje 50 je připojeno k podložnímu materiálu. kladný pól nezávislého stejnosměrného zdroje 50 je připojen k anodě 32. Jsou-li spínače 56 a 62 nezávislého stejnosměrného zdroje rozpojeny, zařízení funguje jako plazmový generátor s netransferovaným obloukem. Sepnutím spínačů 56 a 62 se na podložní materiál přivede záporný potenciál. Anoda 32 má přitom kladný potenciál. V tomto případě je mezi anodou 32 a podložním materiálem 36 velký potenciálový spád, což vzhledem k elektricky vodivému proudu plazmatu 64 způsobí vznik druhého elektrického oblouku 72 mezi povrchem 38 podložního materiálu 36 a anodou 32. Dochází tak k migraci elektronů z podložního materiálu 36 k anodě 32 a vznikají dva elektrické oblouky, jeden oblouk 70 mezi katodou 24 a anodou 32 a druhý oblouk 72 mezi podložním materiálem 36 a anodou. Druhý elektrický oblouk 72 způsobuje uvnitř proudu plazmatu 64 větší turbulence, což vede ke změnám gradientu hustoty nabitých částic. Příčný řez proudu plazmatu v bodě "F" na obr. 7 ukáže, že hustota nabitých částic na vnějším konci proudu plazmatu 64 je větší, než v jeho středu, tedy opačně, než u proudu plazmatu bez druhého elektrického oblouku. U tohoto typu proudu plazmatu se hustota nabitých částic snižuje radiálně ze středu směrem k vnějšímu okraji.

Jak bylo již dříve uvedeno, elektrony z druhého elektrického oblouku 72 migrují z povrchu 38 podložního materiálu 36 k anodě 32. Tato migrace elektronů způsobuje tvorbu kladně nabitých iontů v podložním materiálu a nástřikovém materiálu nanášeném na povrch podložního materiálu. Již bylo uvedeno, že ionty podložního materiálu jsou chemicky reaktivnější vzhledem ke složkám proudu plazmatu, než k neutrálním sloučeninám nebo částicím. Migrací elektronů z podložního materiálu se vytvoří chemicky reaktivnější povrch, což vytváří další možnost ovládání reakcí na povrchu podložního materiálu a tvorby chemických sloučenin nástřiku a podložního materiálu.

Jako zdroj pro semitransferovaný oblouk podle vynálezu se dosud uváděl druhý, nezávislý stejnosměrný zdroj 50, 50.

Vynález však není omezen na použití dvou takových zdrojů. Kromě možnosti použití více než dvou stejnosměrných zdrojů je možno použít pouze jediného zdroje. Například zařízení podle obr. 8 používá pouze jeden stejnosměrný zdroj 40, jehož zapojení v podstatě odpovídá zapojení podle obr. 1 s tím rozdílem, že mezi kladným pólem 42 a anodou 32 je zapojen rezistor 80. Vedení 54 spojuje kladný pól 42 a podložní materiál 36. Rezistor 80 tvoří dělič napětí, takže napětí anody 32 je nižší než napětí podložního materiálu 36. Také je možno použít proměnného rezistoru (neznázorněno), zapojeného v sérii mezi anodou 32 a pólem 42, nebo v sérii mezi podložním materiálem 36 a pólem 42. V případě, že rezistor 80 je proměnný, délku proudu plazmatu 64 je možno měnit buď plynule nebo v malých krocích.

Jak bylo již uvedeno, kapalinou stabilizovaný plazmový generátor se semitransferovaným obloukem může mít druhý stejnosměrný zdroj s regulovatelným výstupním napětím a proudem. Možnost změn kladného náboje podložního materiálu prostřednictvím stejnosměrného zdroje je důležitým řídicím systémem.

Tak například chemické reakce probíhající mezi složkami proudu plazmatu a podložním materiálem jsou obecně závislé na teplotě. Jestliže se v průběhu reakce mění teplota za níž tato reakce probíhá, může dojít k určitým změnám produktu reakce ve srovnání s reakcí probíhající za konstantní teploty. Jako příklad lze předpokládat dvě částice, částici A a částici B, které mají reagovat za určité reakční teploty (T_1), aby vytvořily sloučeninu AB. Pokud reakční teplota T_1 zůstává v podstatě konstantní, reakce částic A a B vytvářejí sloučeninu AB bude pokračovat až dokonce. Jinými slovy, pokud reakce může nerušeně pokračovat, obdrží se sloučenina AB. Jestliže se však během reakce reakční teplota sníží pod určitou

hodnotu, jako například zkrácením proudu plazmatu 64 tak, aby nebyl ve styku s podložním materiálem, reakce se může zastavit. Jedním výsledkem takové změny teploty může být reakční produkt, sestávající z kombinace sloučeniny AB a částic A + B.

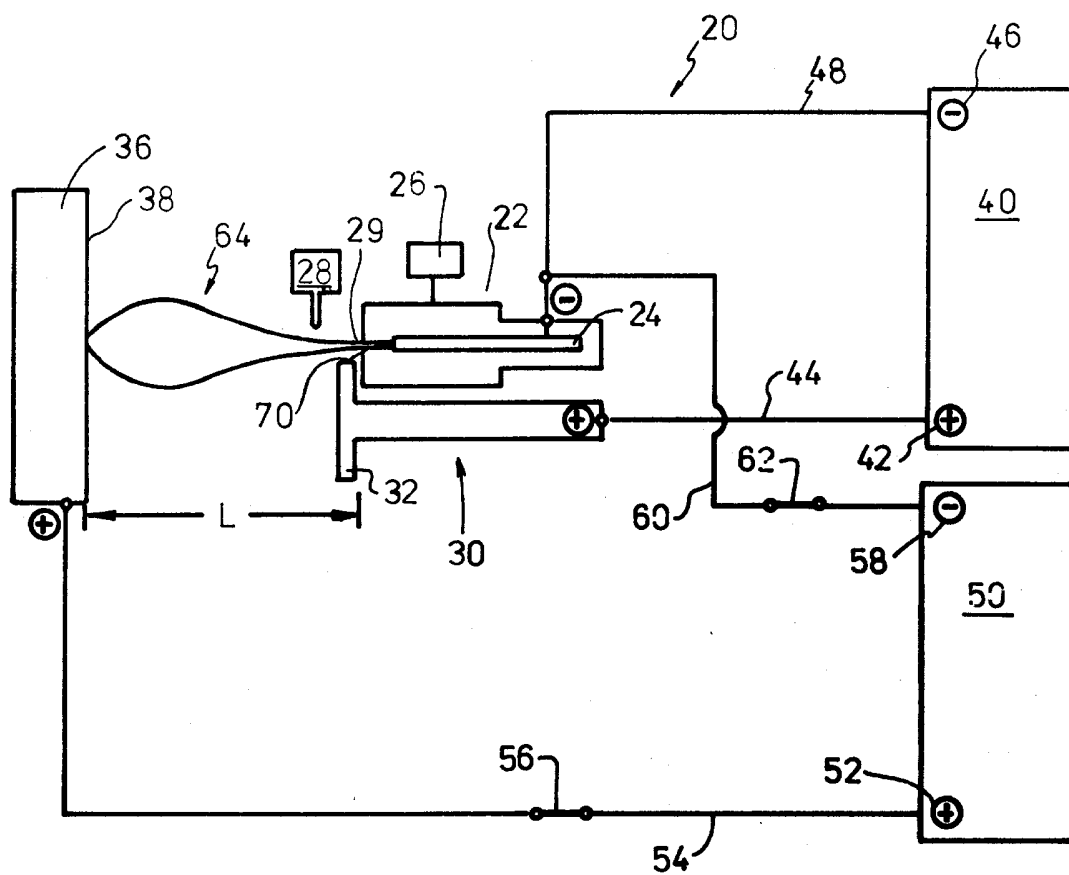
V závislosti na vlastnostech částic může reakční produkt obsahující sloučeninu AB a částice A + B vykazovat výhodné vlastnosti, nevyskytující se u čisté sloučeniny AB. Obdobně to platí o sloučeninách AB a A + B na podložním materiálu 36.

Je zřejmé, že možnost změn teploty povrchu podložního materiálu během nástřiku je výhodná. Na povrchu podložního materiálu tak může být vytvářeno množství produktů reakce, přičemž teplota povrchu podložního materiálu může být měněna několika způsoby.

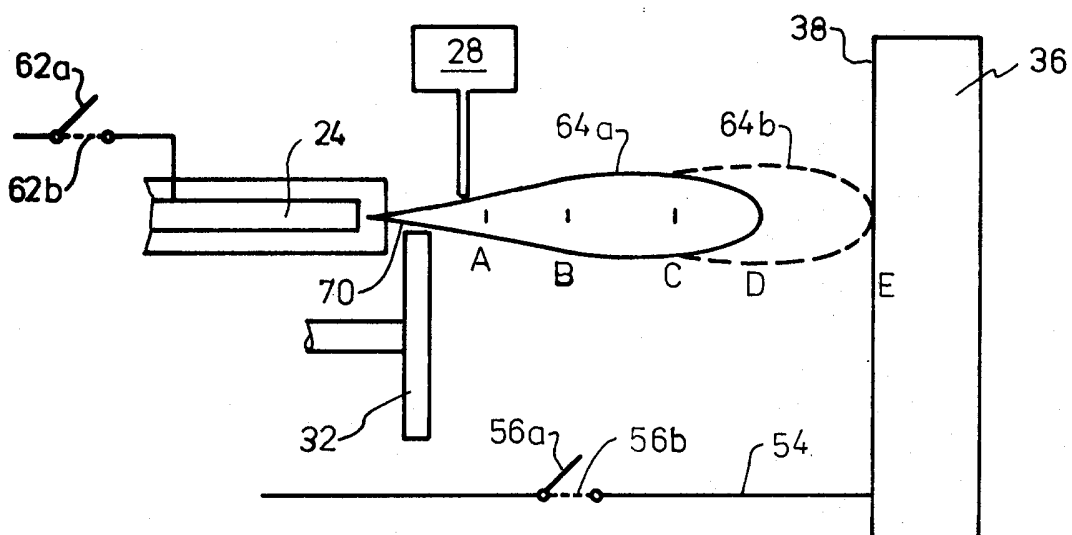
Teplota povrchu se může snižovat zkrácením proudu plazmatu 64a tak, že se jeho konec vzdaluje od povrchu, jak je to znázorněno na obr. 6. Toho je dosaženo rozpojením spínače 56 tak, že podložní materiál je bez napětí. Jestliže to bylo provedeno, plazmový generátor bude pracovat takovým způsobem jako generátor s netransferovaným obloukem. Snížení teploty u podložního materiálu může být dosaženo snížením kladného napětí podložního materiálu na hodnotu nižší než výchozí, ale větší než nula. Pokud je to provedeno, proud plazmatu se zkrátí, ale méně, než když byl podložní materiál zcela odpojen od zdroje kladného napětí. Teplota se proto rovněž sníží, ale méně než při úplném odpojení kladného napětí. Olišnosti budou záviset na specifice sloučenin a cílech jednotlivých aplikací. V zařízení podle vynálezu mohou být použity různé kombinace, s kladným napětím nebo bez něj po stanovenou dobu a v určitých intervalech. Možnost ovládání polohy nebo délky proudu plazmatu a jeho udržování v určité poloze během stříkacího procesu umožňuje ovládat vytváření nebo zastavování určitých chemických reakcí na povrchu podložního materiálu. Dále může být během nástřiku měněna i polarita podložního materiálu, čímž se jeho povrch 38 uvádí do reaktivního stavu odpovídajícího požadovaným výsledkům.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

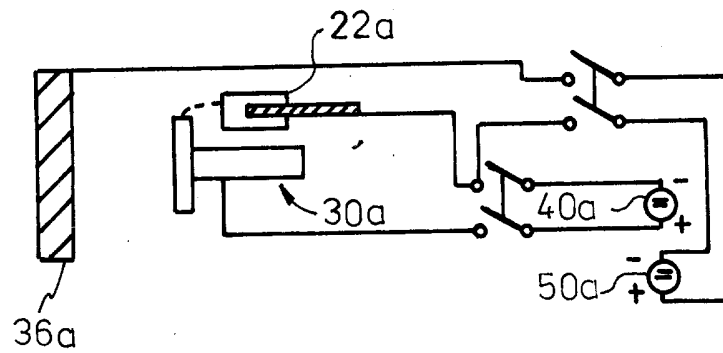
Zapojení pro vytváření semitransferovaného oblouku pro nanášení povlaků na elektricky vodivý podložní materiál, sestávající z kapalinou stabilizovaného plazmového generátoru na jehož katodu je připojen záporný pól prvního stejnosměrného zdroje a na anodu kladný pól prvního stejnosměrného zdroje a z druhého stejnosměrného zdroje, vyznačené tím, že druhý zdroj (50) je zapojen mezi katodu (24) plazmového generátoru a podložní materiál (36) přes spínač (56).



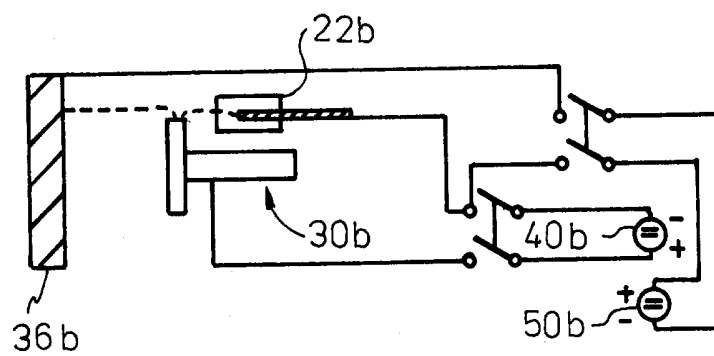
OBR. - 1



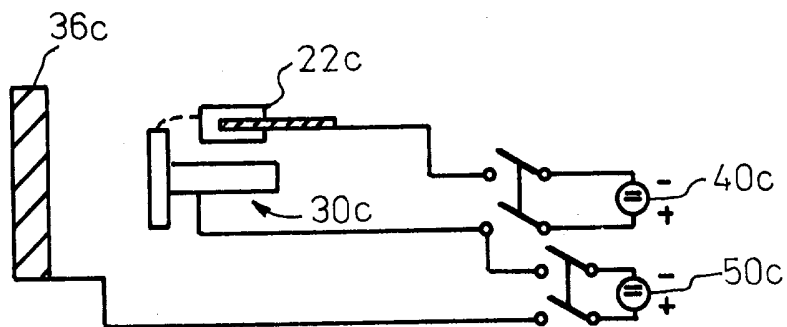
OBR.-6



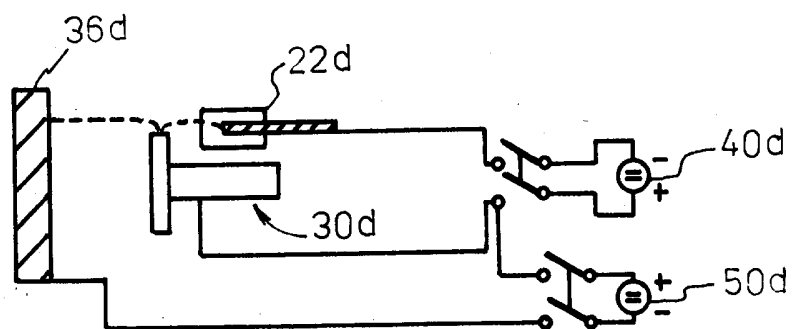
OBR.-2



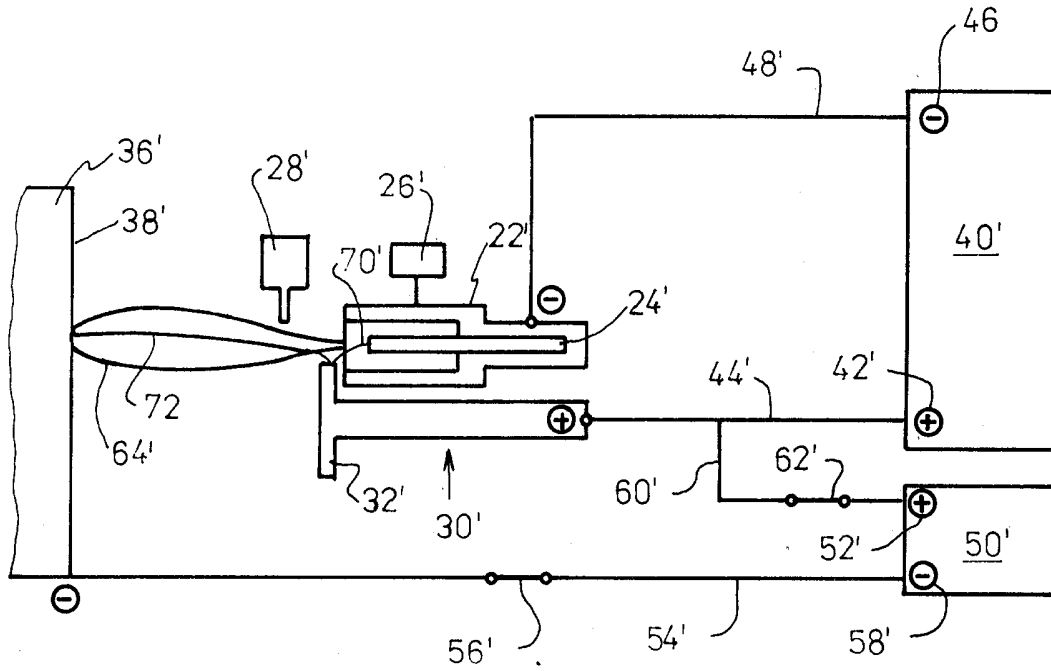
OBR.-3



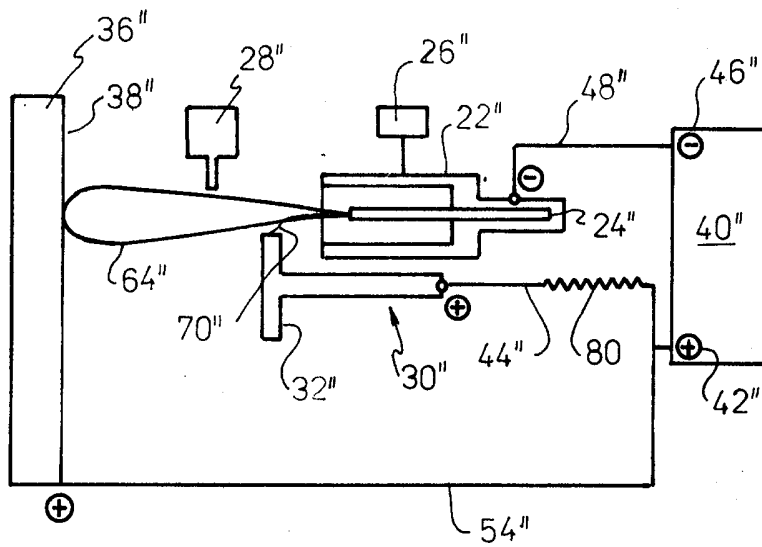
OBR.-4



OBR.-5



OBR.-7



OBR.-8