

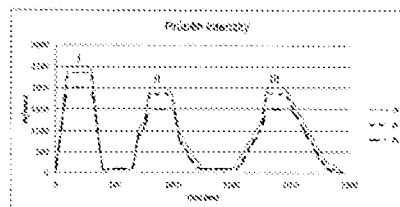
(19)
ČESKÁ
REPUBLIKAÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2013-291
(22) Přihlášeno: 18.04.2013
(40) Zveřejněno: 03.12.2014
(Věstník č. 49/2014)
(47) Uděleno: 29.04.2021
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 09.06.2021
(Věstník č. 23/2021)

H01T 13/00 (2006.01)
H01T 13/39 (2006.01)
C21D 10/00 (2006.01)
H01T 13/20 (2006.01)
H01T 13/32 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
JP H113765 A.; EP 0624938 A.; US 2004100178 A.; EP 1596482 A.,

(73) Majitel patentu:
BRISK Tábor a. s., Tábor, CZ
(72) Původce:
Ing. Mojmír Čapka, Praha 1, CZ
(74) Zástupce:
Pavel Reichel a kol., Ing. Pavel Reichel, Lopatecká
14, 147 00 Praha 4



(54) Název vynálezu:
**Způsob vytváření koncové části vnější
elektrody zapalovací svíčky s nánosem
přídavného materiálu metodou laserového
navarování**

(57) Anotace:
Nejprve se tato protikoroziní vrstva působením laserového paprsku první pulzem o intenzitě 2000 až 2500 W/mm² po dobu do 0,3 s v oblasti budoucího nánosu přídavného materiálu vybraného ze skupiny zahrnující W, Pt a Ir odpaří. Pak se koncová část vnější elektrody ze slitiny Ni sníženou intenzitou laserového paprsku v oblasti 100 W/mm² po dobu do 0,4 s předehřívá, načež následují dva po sobě jdoucí pulzy laserového paprsku o intenzitě 1500 až 2000 W/mm². Ve druhém pulzu po dobu do 0,5 s se základní materiál koncové části vnější elektrody lokálně ohřeje nad teplotu jeho tání a jeho povrchová vrstva se natavuje do hloubky v oblasti 0,1 mm, načež se do laserového paprsku a vzniklé taveniny přivádí přídavný materiál ve formě prášku, který se natavuje na povrch koncové části vnější elektrody, s jejímž materiálem se difúzně mísí. Pak se po dobu do 0,4 s sníží intenzita laserového paprsku až do 100 W/mm², čímž se teplota procesní oblasti koncové části vnější elektrody sníží až na v podstatě 300 °C. Ve třetím pulzu laserového paprsku, se v opakovaném cyklu dalšího tavení a tuhnutí vzniklé taveniny dalším přiváděním prášku přídavného materiálu postupně vytváří návar čistého přídavného materiálu do požadované výšky a v této fázi se následně plynule snižuje intenzita laserového paprsku, čímž se v koncové části vnější elektrody minimalizuje vznik tahových napětí a riziko vzniku trhlin a zamezuje vzniku tvrdé a křehké struktury, přičemž se koncová část vnější elektrody upraví do konečného tvaru.

Způsob vytváření koncové části vnější elektrody zapalovací svíčky s nánosem přídavného materiálu metodou laserového navařování

5 Oblast techniky

Předmětem vynálezu je způsob vytváření koncové části vnější elektrody zapalovací svíčky s nánosem přídavného materiálu metodou laserového navařování.

10

Dosavadní stav techniky

Elektrody zapalovacích svíček jsou střídavě vystaveny cyklickému ohřevu a ochlazování ve spalovací komoře motoru, čímž opakovaně dochází ke vzniku tepelného namáhání na rozhraní mezi špičkou střední elektrody a čelním koncem vnější elektrody vzhledem k rozdílné tepelné roztažnosti mezi nimi. Toto tepelné namáhání se koncentruje na uvedeném rozhraní a způsobuje vznik trhlin a vad zapalovací svíčky. V dokumentu US 8348789 je popisováno vytváření zakončení střední elektrody zapalovací svíčky metodou laserového navařování, kdy se základní materiál elektrody zahřeje nad jeho teplotu tání a do laserového paprsku a vzniklé taveniny se přivádí přídavný materiál, např. W, Ir nebo Pt v podobě prášku. Tento prášek je laserovým paprskem natavován a dochází k difúznímu promísení obou materiálů a následně za stálého přívodu prášku postupnému vytvoření návaru W, Ir nebo Pt do požadované výšky. Cílem předloženého vynálezu je dosažení minimalizace tahových napětí v difúzním spoji a samotném návaru a následně minimalizace vzniku trhlin a vad. Cílem je rovněž zlepšení mechanických vlastností návaru, zvýšení jeho pevnosti R_m a meze kluzu R_e .

25

Podstata vynálezu

Předmětem tohoto vynálezu je způsob vytváření koncové části střední elektrody zapalovací svíčky s nánosem přídavného materiálu, vybraného ze skupiny zahrnující W, Pt a Ir, metodou laserového navařování, kde vnější elektroda ze slitiny Ni je opatřena protikorozií vrstvou Zn resp. ZnNi. Podstata vynálezu spočívá v tom, že nejprve se tato protikorozií vrstva působením laserového paprsku prvním pulzem o intenzitě 2000 až 2500 W/mm² po dobu do 0,3 s v oblasti budoucího nánosu přídavného materiálu odpaří, pak se koncová část vnější elektrody sníženou intenzitou laserového paprsku v oblasti 100 W/mm² po dobu do 0,4 s předehřívá, načež následují dva po sobě jdoucí pulzy laserového paprsku o intenzitě 1500 až 2000 W/mm², to je druhý pulz a třetí pulz. Ve druhém pulzu po dobu do 0,5 s se základní materiál koncové části vnější elektrody lokálně ohřeje nad teplotu jeho tání a jeho povrchová vrstva se natavuje do hloubky v oblasti 0,1 mm, načež se do laserového paprsku a vzniklé taveniny přivádí přídavný materiál ve formě prášku, který se natavuje na povrch koncové části vnější elektrody, s jejímž materiálem se difúzně mísí. Pak se po dobu do 0,4 s sníží intenzita laserového paprsku až do 100 W/mm², čímž se teplota procesní oblasti koncové části vnější elektrody sníží až na v podstatě 300 °C. Ve třetím pulzu laserového paprsku, který má obdobný průběh jako předcházející druhý pulz, se v opakovaném cyklu dalšího tavení a tuhnutí vzniklé taveniny dalším přiváděním prášku přídavného materiálu postupně vytváří návar čistého přídavného materiálu do požadované výšky a v této fázi se následně plynule snižuje intenzita laserového paprsku, čímž se v koncové části vnější elektrody minimalizuje vznik tahových napětí a riziko vzniku trhlin a zamezuje vzniku tvrdé a křehké struktury, přičemž se koncová část vnější elektrody upraví do konečného tvaru.

50

Nárůst i pokles intenzity třetího pulzu laserového paprsku je méně strmý než druhého pulzu, při zachování jejich v podstatě stejné maximální intenzity v oblasti 1500 až 2000 W/mm².

55

Při druhém pulzu je vytvářena difúzní vrstva mezi elektrodou a práškem přídavného materiálu. Protože v této fázi není návar významně vystavován do výšky resp. požadované tloušťky, může

být proces poněkud rychlejší. Při třetím pulzu dochází k výstavbě návaru do požadované tloušťky. V této fázi je zapotřebí více času pro stabilní vytváření požadovaného tvaru a také pro pozvolné tuhnutí, kdy se snižuje riziko vzniku trhlin v návaru. Z těchto důvodů je nárůst i pokles intenzity třetího pulzu laserového paprsku méně strmý než druhého pulzu, při zachování jejich v podstatě stejné maximální intenzity, třetí pulz je časově delší než druhý.

Horní povrch nánosu přídavného materiálu se broušením nebo frézováním upraví do roviny, načež se koncová část vnější elektrody zastříhne do klínovitého tvaru se zkosením v oblasti 10 až 30° o šířce vnějšího okraje ve vrcholu tohoto klínu 0,8 až 2 mm.

Objasnění výkresů

Na připojených výkresech je znázorněn příklad vytváření koncové části vnější elektrody zapalovací svíčky s nánosem přídavného materiálu metodou laserového navařování. Na obr. 1 a 2 je zobrazena v řezu a v půdorysu vnější elektroda zapalovací svíčky, upravená na požadovanou délku a se zarovnaným a začištěným čelem, jejíž koncová část je opatřena nánosem (návarem) W, resp. Ir nebo Pt, s difúzním spojem mezi základním materiálem elektrody z Ni slitiny. Zatímco na obr. 1 má návar po celé šířce vnější elektrody v podstatě tvar rovnoběžníku, na obr. 2 má elipsovitý tvar. Na obr. 3 je horní povrch nánosu z důvodu snížení přeskokového napětí obroben frézováním nebo broušením do roviny, na obr. 4 je v půdorysném pohledu znázorněno zastřížení konce vnější elektrody po ofrézování nánosu přídavného materiálu podle obr. 1 (nahore, koncová část vnější elektrody je zastříhnuta do klínovitého tvaru) a obr. 2 (dole, koncová část vnější elektrody je zastříhnuta kolmo). Na obr. 5 je zobrazen časový průběh intenzity laserového paprsku v celém procesu vytváření zakončení vnější elektrody zapalovací svíčky metodou laserového navařování.

Příklady uskutečnění vynálezu

Principem metody je intenzivní lokální ohřev základního materiálu vnější elektrody 2 zapalovací svíčky (slitiny Ni) laserovým paprskem nad jeho teplotu tání, kdy se do laserového paprsku a vzniklé taveniny přivádí přídavný materiál (nános 4 W, Pt nebo Ir) v podobě prášku a tento prášek je laserovým paprskem také natavován. Vzniká promísení obou materiálů a vytvoření difúzního spoje 5 mezi nimi. Rychlým odvodem tepla z procesního místa do základního materiálu („samo-ochlazovací efekt“) dochází k rychlému tuhnutí vzniklé slitiny. Ve spojitém cyklu rychlého natavování a tuhnutí a za stálého přívodu prášku dochází k postupné výstavbě návaru (nánosu 4) do libovolné výšky. Laserový svazek je pomocí kolimační a fokusační optiky zaostřen na plochu vnější elektrody 2. Axiálně s paprskem je přiváděn přídavný prášek, jehož přiváděcí kužel je také zaostřen na plochu vnější elektrody 2, připevněné k pouzdru 1 zapalovací svíčky a určené k návaru. Po sepnutí laseru je plocha vnější elektrody 2 intenzivně zahřívána až do stavu taveniny. Přídavný prášek je přiváděn do vytvořené taveniny, kde se působením laserového prášku také postupně natavuje a vytváří se difúzní spoj 5 mezi práškem W, Pt nebo Ir a základním materiálem (Ni slitinou) vnější elektrody 2. Dalším přiváděním přídavného prášku za působení laserového paprsku je postupně vystavován návar již čistého W, Pt nebo Ir.

Vnější elektroda 2 zapalovací svíčky ze slitiny Ni je připevněna k pouzdru 1 zapalovací svíčky, má šířku v rozmezí 1,3 až 3 mm a tloušťku v rozmezí od 2,1 až 5 mm. Proti korozi je chráněna vrstvou Zn, resp. ZnNi. Tato vrstva musí být z důvodu dobré adheze laserového návaru odstraněna. Pro odstranění této antikorozi vrstvy je použit krátký laserový impuls s vysokou intenzitou, který předchází samotnému procesu navařování. Celkový čas procesu je 2,5 s.

V první fázi (viz obr. 5) procesu v čase až do 0,3 sekundy dochází prvním laserovým pulzem o vysoké intenzitě 2000 až 2500 W/mm² (rozsah intenzity je dán použitým materiálem následného nánosu 4 (W, Pt nebo Ir), z důvodu čistého spoje se základním materiálem k odstranění antikorozi vrstvy Zn resp. ZnNi (odpaření vrstvy), v následné fázi 0,3 až 0,7 sekundy procesu dochází ke

snížení intenzity za účelem lokálního předehřevu plochy vnější elektrody 2 a stabilizaci procesu (předehřev probíhá sníženou intenzitou laserového paprsku v oblasti 100 W/mm^2). Samotný proces navařování probíhá v pulzním režimu, kdy samotný proces navařování probíhá ve dvou po sobě jdoucích cyklech (fáze II a fáze III) v délce trvání 0,75 až 1 sekund, resp. dvou po sobě jdoucích pulzech laserového paprsku o intenzitě 1500 až 2000 W/mm^2 . Tento proces je zvolen z důvodu postupného odvádění tepla od procesního místa.

Jak bylo výše uvedeno, pro stabilizaci procesu po odpaření antikorozi povrchové vrstvy dochází ke snížení intenzity laserového paprsku a vnější elektroda 2 se předehřívá, aby nedošlo k předčasnému natavení procesního místa této vnější elektrody 2. Tento předehřev (fáze I) zásadně pozitivně ovlivňuje následný teplotní cyklus ve fázi chladnutí (pomalejší chladnutí má pozitivní vliv na vznikající strukturu), následnou strukturu difúzního spoje 5 a návaru (nánosu 4, difuzi vodíku (difúze vodíku do svárového spoje je negativní jev, předehřev tento proces eliminuje) a úroveň a rozložení zbytkových napětí (předehřev má pozitivní vliv na minimalizaci tahových napětí v difúzním spoji 5 a samotném návaru (nánosu 4), minimalizace tahových napětí má za následek minimalizaci vzniku trhlin a vad). Zlepšují se mechanické vlastnosti difúzního spoje 5 / návaru (nánosu 4) – předehřev pozitivně ovlivňuje mechanické vlastnosti návaru, zvyšuje pevnosti R_m a mez kluzu R_e .

Následuje další fáze uvedeného procesu (fáze II), kterou je vznik difúzní vazby resp. spoje 5 a první cyklus výstavby návaru (nánosu 4) přídavného materiálu. Nárůst intenzity laserového paprsku ve druhém pulzu způsobí zahřátí plochy vnější elektrody nad teplotu tání, dochází k natavení povrchové vrstvy vnější elektrody 2 v hloubce cca $0,1 \text{ mm}$. Přiváděný prášek (W, resp. Pt nebo Ir) k procesnímu místu do vzniklé taveniny je laserovým paprskem také natavován a vytváří se metalurgická vazba mezi práškem a vnější elektrodou 2. Odvod tepla z procesního místa do těla vnější elektrody 2 způsobuje tuhnutí taveniny. Aby nedocházelo k přehřátí a utavení vnější elektrody 2, je výstavba návaru (nánosu 4 přídavného materiálu) provedena ve dvou cyklech. V této mezifázi dochází ke snížení intenzity záření a vychladnutí procesního místa na optimální teplotu kolem 300°C . Po vychladnutí na požadovanou teplotu následuje další fáze III, která má obdobný průběh jako předchozí fáze II.

V této fázi III výstavby návaru (nánosu 4 přídavného materiálu) způsobí nárůst intenzity laserového paprsku ve třetím pulzu zahřátí plochy vnější elektrody 2 nad teplotu tání a dochází k natavení povrchové vrstvy návaru z prvního cyklu (fáze I) v hloubce cca $0,1 \text{ mm}$. Odvod tepla z procesního místa do těla vnější elektrody 2 způsobuje tuhnutí taveniny a v opakovaném cyklu tavení a tuhnutí je vystavěn návar (nános 4 přídavného materiálu) do požadované výšky. Tvar a výška nánosu 4 jsou znázorněny na obr. 1 a 2, délka nánosu 4 je v rozmezí od 1 až do 6 mm . Následuje obrobení (frézování nebo broušení) nanášené vrstvy do konečného tvaru (obr. 3), to je začištění nanášené vrstvy 4 do konečného tvaru z důvodu vytvoření rovné funkční plochy pro rovnoměrný přeskok jiskry. Výška vrstvy po obrobení (frézování nebo broušení) se pohybuje v rozmezí $0,2$ až $1,2 \text{ mm}$. Po ofrézování nanášené vrstvy 4 dojde k zástřihu tvaru konce vnější elektrody 2. Tvar a rozměry zástřihu jsou znázorněny na obr. 4. Jestliže má nanášená vrstva 4 z důvodu šetření jejího materiálu tvar elipsy (v půdorysném pohledu), koncová část vnější elektrody se zástřihne do klínovitého tvaru se zkosením v oblasti 10 až 30° o šířce vnějšího okraje ve vrcholu tohoto klínu $0,8$ až 2 mm .

Návar wolframu W (přídavného materiálu) na vnější elektrodu 2 je prováděn metodou laserového navařování (Laser Cladding, LMD – laser metal deposition, LDMD – laser direct metal deposition, 3D LMD – 3D laser metal deposition). Bylo použito vysokovýkonného pevnolátkového laseru s kontinuálním (CW) zářením o vlnové délce 800 až 1100 nm a minimální intenzitou záření 500 W/mm^2 . Laserový paprsek je z laserového zdroje sveden skrze optické vlákno do procesní hlavice uzpůsobené pro vytváření povlaků a vrstev metodou laserového navařování. Navařovaný prášek je nesen z diskového podavače do procesní hlavice tlakovým inertním plynem Ar, prášek je nesen k procesnímu místu axiálně s laserovým paprskem. Celý proces probíhá v ochranné atmosféře Ar. Tento inertní plyn je také k procesnímu místu přiváděn skrze procesní hlavici axiálně

- 5 ve směru laserového paprsku. Kontinuální přívod inertního plynu (nosného i ochranného) je zajištěn redukčními ventily s možností regulace průtoku i tlaku. U diskových podavačů je možné regulovat dávkování přídavného materiálu v rozsahu 0,1 až 100 g/min. Intenzitu záření laserového paprsku lze regulovat v rozsahu 50 až 6000 W/mm², s možností časové modulace pulzu od 0,01 s do plně kontinuálního režimu. Procesní hlavice (koaxiální hubice s chladicími kanály) pro navařování disponuje modulárně měnitelnou kolimační a fokusační optikou pro změnu geometrie laserového paprsku v procesním místě navařování.
- 10 Chladnutí vnější elektrody 2 s řízeným ohřevem v konečné fázi procesu zamezuje vzniku tvrdé a křehké struktury, minimalizuje vznik tahových napětí v návaru a riziko vzniku trhlin a jak již bylo uvedeno, zlepšuje mechanické vlastnosti návaru, zvyšuje pevnost R_m a mez kluzu Re.

Průmyslová využitelnost

- 15 Předložený vynález je určen pro vytváření koncové části vnější elektrody zapalovací svíčky s nánosem přídavného materiálu metodou laserového navařování.

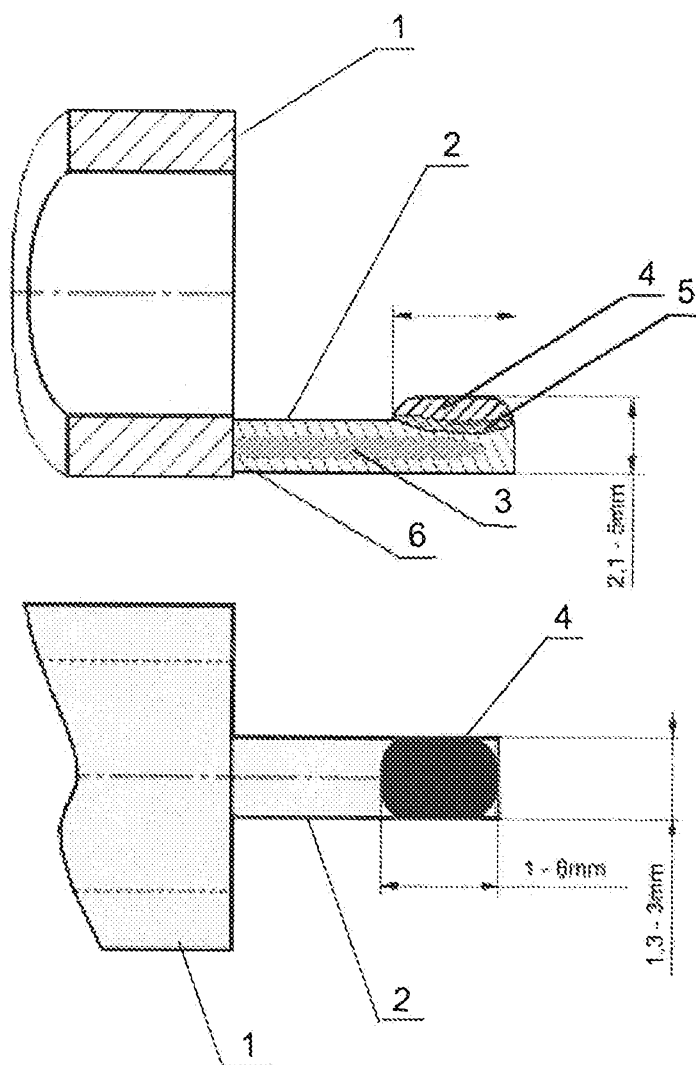
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob vytváření koncové části vnější elektrody zapalovací svíčky s nánosem přídavného materiálu, vybraného ze skupiny zahrnující W, Pt a Ir, metodou laserového navařování, kde vnější elektroda ze slitiny Ni je opatřena protikorozií vrstvou Zn, resp. ZnNi, **vyznačující se tím**, že nejprve se tato protikorozií vrstva působením laserového paprsku prvním pulzem o intenzitě 2000 až 2500 W/mm² po dobu do 0,3 s v oblasti budoucího nánosu přídavného materiálu odpaří, pak se koncová část vnější elektrody sníženou intenzitou laserového paprsku v oblasti 100 W/mm² po dobu do 0,4 s předehřívá, načež následují dva po sobě jdoucí pulzy, druhý a třetí pulz, laserového paprsku o intenzitě 1500 až 2000 W/mm², kdy v druhém pulzu po dobu do 0,5 s se základní materiál koncové části vnější elektrody lokálně ohřeje nad teplotu jeho tání a jeho povrchová vrstva se natavuje do hloubky v oblasti 0,1 mm, načež se do laserového paprsku a vzniklé taveniny přivádí přídavný materiál ve formě prášku, který se natavuje na povrch koncové části vnější elektrody, s jejímž materiálem se difúzně mísí, pak se po dobu do 0,4 s sníží intenzita laserového paprsku až do 100 W/mm², čímž se teplota procesní oblasti koncové části vnější elektrody sníží až na v podstatě 300 °C, načež ve třetím pulzu laserového paprsku, který má obdobný průběh jako předcházející druhý pulz, se v opakovaném cyklu dalšího tavení a tuhnutí vzniklé taveniny dalším přiváděním prášku přídavného materiálu postupně vytváří návar čistého přídavného materiálu do požadované výšky a v této fázi se následně plynule snižuje intenzita laserového paprsku, čímž se v koncové části vnější elektrody minimalizuje vznik tahových napětí a riziko vzniku trhlin a zamezuje vzniku tvrdé a křehké struktury, přičemž se koncová část vnější elektrody upraví do konečného tvaru.
2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že nárůst i pokles intenzity třetího pulzu laserového paprsku je méně strmý a časově delší než druhého pulzu, při zachování jejich v podstatě stejné maximální intenzity v oblasti 1500 až 2000 W/mm².
3. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že horní povrch nánosu přídavného materiálu se broušením nebo frézováním upraví do roviny, načež se koncová část vnější elektrody zastříhne do klínovitého tvaru se zkosením v oblasti 10 až 30° o šířce vnějšího okraje ve vrcholu tohoto klínu 0,8 až 2 mm.

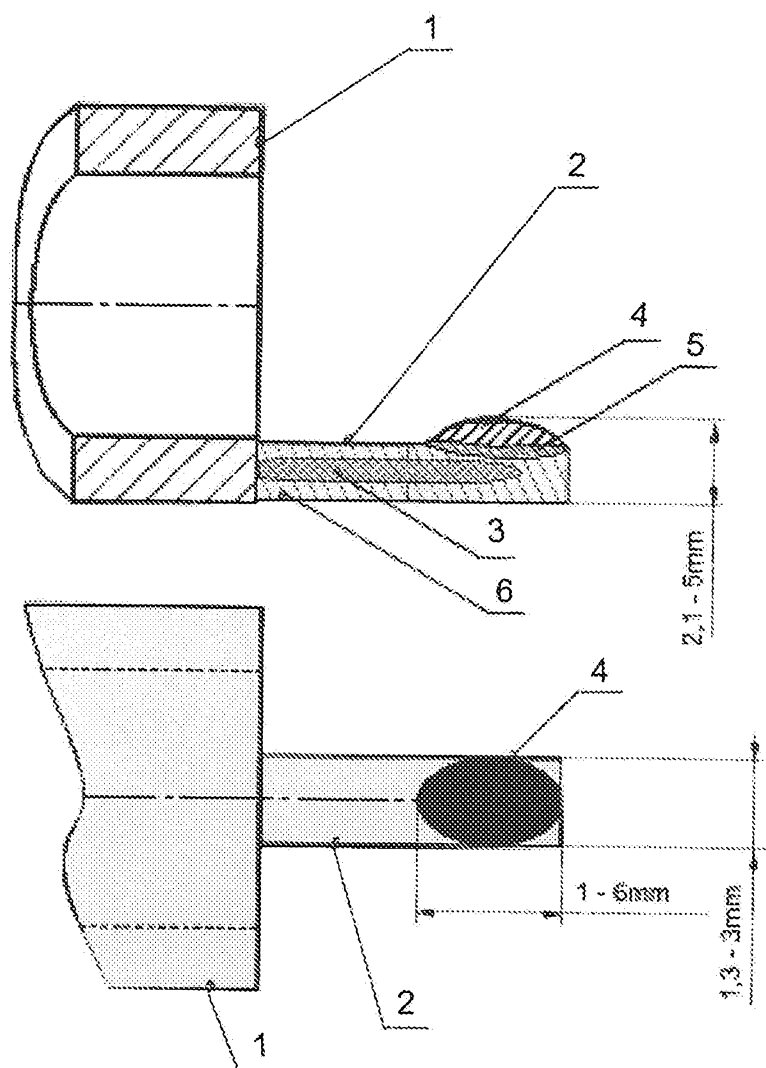
5 výkresů

Seznam vztahových značek

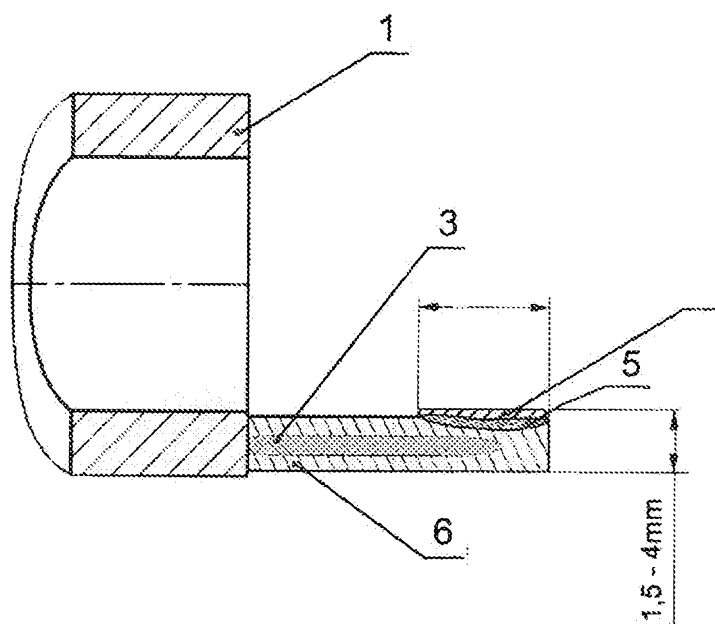
- 1 pouzdro zapalovací svíčky
- 2 vnější elektroda
- 3 Cu jádro vnější elektrody
- 4 nános přídavného materiálu (W, Pt nebo Ir)
- 5 metalurgická vazba (difuzní spoj)
- 6 Ni slitina



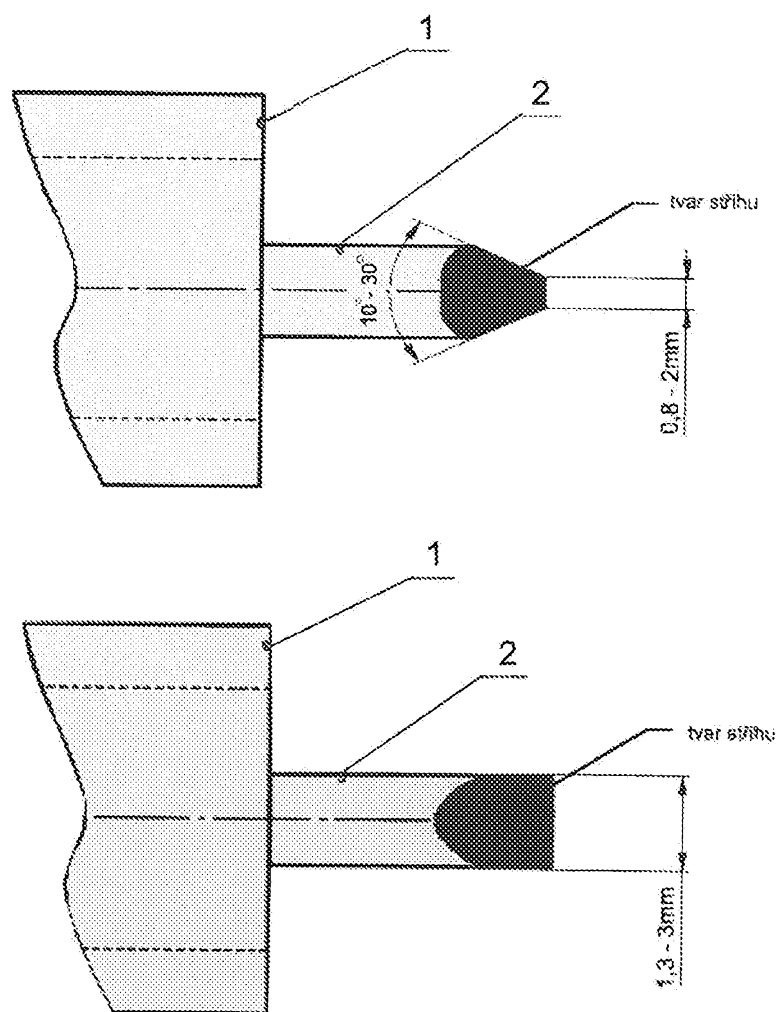
Obr. 1



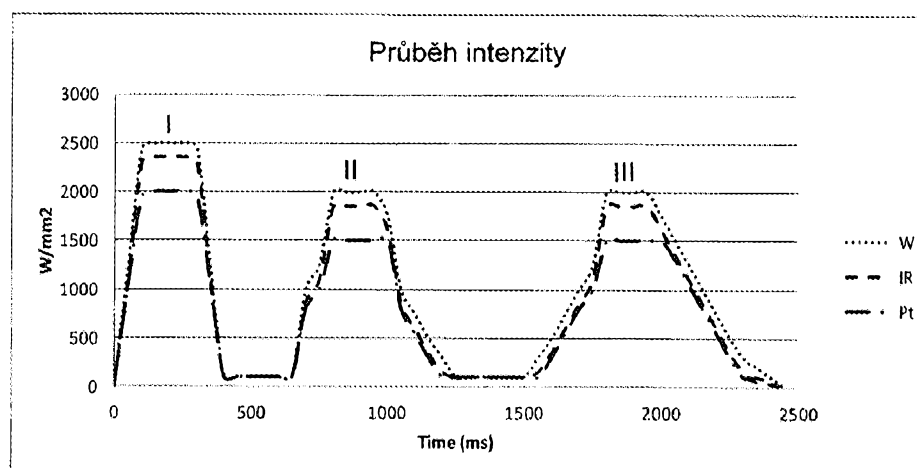
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5