



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

227664

(11) (B2)

(22) Přihlášeno 06 12 78
(21) (PV 8078-78)

(32) (31)(33) Právo přednosti od 07 12 77
(77 37751) Francie

(40) Zveřejněno 15 09 83

(45) Vydáno 15 02 86

(51) Int. Cl.³
B 23 K 20/02

(72) Autor vynálezu SALESSE MARC, MEYLAN, KLEIN DOMINIQUE, HAM (Francie)
(73) Majitel patentu SOCIETE DE VENTE DE L'ALUMINIUM PECHINEY, PAŘÍŽ (Francie)

(54) Způsob spojování dílců na bázi hliníku a ocelových dílců

1

Vynález se týká způsobu spojování, a to tletem za tepla dílců na bázi hliníku a dílců na bázi železa, přičemž obojí mohou mít různé tvary, jako například desek, prutů, plechů, kuletin, tyčí, nálitků atd. Vynález zahrnuje jednak dílce vytvořené z hliníku buď běžné jakosti nebo rafinovaného, do čehož spadá i slitiny vytvořené s tímto kovem, a jednak dílce provedené buď ze železa nebo z jedné z jeho odvozenin, ať se již jedná o litinu nebo o ocel legovanou jinými kovy nebo ocel nelegovanou. V následujícím textu je výraz "ocel" užíváno pro obecné označení železa a jeho odvozenin.

Způsob spojování záleží v tom, že se tyto dílce spojí do jednoho celku navzájem tím, že se dosáhne spojitosti mezi jednou nebo několika z jejich stran, takže se dostane celek mající dobrou mechanickou soudržnost s malý elektrický odpor.

Pro spojování takovýchto dílců na bázi hliníku a dílců z ocele jsou odborníkům již známy četné postupy. Nejjednodušší záleží v tom, že se spojení provede čistě mechanickými prostředky, jako jsou obyčejné šrouby, šrouby s maticí a nýty.

Jinde se užívá technik složitějších, jako například:

- pájení záležející v tom, že se mezi dílci roztaví kov nebo slitina, mající nižší bod tání, než jsou sestavované dílce;
- svařování plamenem nebo pod ochranným plynem, při kterémžto postupu se vyvolá roztavení alespoň jednoho ze spojovaných dílců;

- svařováním třením, kde se teplo potřebné pro tavení dodá třecí energií;
- svařování ultrazvukem, kde svaření je vyvoláno současným působením tlaku a ultrazvukové energie;
- plátování válcováním, kde se spojení dosáhne tlakem a deformací prováděnou válcovacími válci válcovacích stolic;
- plátování výbuchem, které využívá působení tlaku vyvinutého rázovou vlnou exploze.

Všechny tyto postupy mají svoje nevýhody:

- způsoby mechanického spojování vedou v důsledku jevů roztahování k mezerám mezi dílci a k okysličení, které vedí dobré elektrické vodivosti;
- postupy tavného svařování jsou nejčastěji doprovázeny výskytem intermetalických sloučenin, jež jsou velmi křehké;
- plátovací postupy vyžadují materiálů, jež vyvinou tlaky několika set MPa a jsou nákladné;

kromě toho v případě válcování je třeba provádět spojování ve velkých sériích, nejde provádět částečná plátování a jsou omezena obvykle na obdélníkové průřezy;

- způsoby plátování výbuchem vyžadují nákladné a nesnadné techniky; kromě toho se používají pro výroby omezené tloušťky.

Z toho důvodu byl za účelem odstranění shora uvedených nesnází vynálezem vyvinut nový způsob spojování uvedených dílců lisováním ze tepla.

Způsob spojování podle vynálezu, a to lisováním ze tepla dílců na bázi hliníku a ocelových dílců, jejichž spojované povrchy byly předběžně upraveny pro vzájemné spojení a zbaveny nečistot, jež by škodily jejich přilnutí, záleží v tom, že se ocelový dílec opatří kovovým filmem tvořícím bariérovou vrstvu, před lisováním se vloží mezi spojované povrchy křemíková zrna pro vytvoření eutektika, povrchy se chrání proti okysličení, dílce se zpracují tak, že se v úrovni rozhraní dosáhne teploty v rozmezí 500 až 650 °C a tlaku nejméně 2 MPa pro vypuzení alespoň části vytvořeného eutektika, načež se provede ochlazení ve dvou etapách, a to od 500 až 650 °C na 450 °C, a pak z teploty 450 °C na teplotu okolí.

Když je ocel schopna vytvářet s hliníkem křehkou intermetalickou sloučeninu, dosáhne se podle výhodného provedení vynálezu přítomnosti kovového filmu povlečením spojovaného povrchu ocelového dílce před uložením křemíkových zrn.

Podle dalšího provedení vynálezu sestává kovový film, tvořící povlečení spojovaného povrchu ocelového dílce, alespoň z jednoho kovu náležejícího ke skupině tvořené chromem, niklem, stříbrem, zlatem, wolframem, molybdenem a vanadem.

Účelně mají jednotlivá křemíková zrna rozměr v rozmezí 30 až 300 μm.

Křemíková zrna tvoří s výhodou dohromady vrstvu o tloušťce přibližně 300 μm.

Podle dalšího provedení vynálezu se křemíková zrna zapustí do kteréhokoliv ze spojovaných povrchů.

Podle jiného provedení vynálezu se před spojením křemíková zrna rozptýlí do organického těkavého materiálu při teplotě pod 500 °C pro vytvoření fólie vhodné tloušťky a obrysu podobného a příbuzného obrysu rozhraní.

Podle dalšího provedení vynálezu se ochrany proti okysličení dosáhne tím, že se na obvod rozhraní umístí clona náležející ke skupině tvořené naneseným spojením, opracovaným spojením a tenkou fólií.

Podle jiného provedení vynálezu se teploty v úrovni rozhraní dosáhne tak, že se vyjde z teploty okolí rychlostí s výhodou vyšší než 20°/min.

Podle ještě jiného provedení vynálezu se pro dosažení teploty mezi 500 a 650 °C na úrovni rozhraní při zpracovávání působí současně tlakem, který může kolísat mezi 2 a 20 MPa.

V případě, že rozhraní má teplotu mezi 500 a 650 °C, působí se podle účelného provedení vynálezu tlakem mezi 2 a 20 MPa a po období menší než 1 minuta.

Podle dalšího provedení vynálezu se spojované dílce zahřívají odděleně.

Podle účelného provedení vynálezu se ochlazování provádí až na teplotu 450 °C rychlostí vyšší než 20°/min.

Toto ochlazování se účelně provádí až na teplotu 450 °C rychlostí vyšší než 20° za minutu, načež následuje prodleva po dobu jedné hodiny na této teplotě před návratem na teplotu okolí.

Je výhodné, když se v průběhu ochlazování udržuje s výhodou tlak, který může být menší než tlak působící při lisování.

Způsob podle vynálezu umožňuje rychle a hospodárně a za pomoci jednoduchého materiálu provádět spojování hliníku s ocelí a má současně tyto výhody:

- elektrickou vodivost odpovídající jeho použití při vedení proudů vysoké intenzity,
- mechanický odpor spoje je ekvivalentní odporu hliníku popřípadě odolnosti hliníku,
- dobrou stabilitu v čase,

kteréžto přednosti se udržují v teplotním rozsahu mezi nejméně -200 °C až nejméně +450 °C, takže způsob podle vynálezu je velmi upotřebitelný.

Vynález tedy umožňuje při práci při středních teplotách, při působení poměrně slabými tlaky v poměrně krátkých časových obdobích, že je zapotřebí pouze jednoduchých zahřívacích a komprimujících pomůcek, aby se dostaly celky se znamenitou přilnavostí i při urychleném stárnutí, což se projevuje odolností proti tahu a proti ohnutí a dobrou elektrickou vodivostí za podmínek trvalého užívání při teplotách probíhajících od nejméně -200 °C až do nejméně 450 °C.

Shora uvedené vlastnosti způsobují, že způsob podle vynálezu je způsobem obecným, jednoduchým, rychlým a hospodárným, kterému lze vystavit všechny tvary dílců, například desky, plěchy, pruty, kulatiny a tyče s průměrem v rozmezí od 1/10 mm do několika decimetrů, přičemž výrobky obdržené způsobem podle vynálezu docházejí aplikací v širokém rozsahu, který například sahá od elektrického připojení elektrolyzérů na napájecí síť až k různým celkovým nebo částečným plátováním, které slouží buď jako ochrana nebo jako oplechování.

Spojované povrchy se tedy nejdříve připravují známými prostředky tak, aby byly vhodné pro užití způsobu podle vynálezu. To záleží v tom, že se zvýší jejich schopnost spojení, například opracováním, a že se zbaví nečistot, které by vadily jejich přilnavosti, například kartáčováním, páskováním, mořením a odmašťováním.

Především se podle vynálezu spojovaný povrch ocelového dílce potáhne kovovým filmem. Toto předběžné pokovení se dostane známými postupy, jako je chemické nebo elektrochemické nanášení, postřikování, smáčení nebo také usazení parní fáze.

Tento povlak může být složen z jediného kovu nebo z navrstvení několika vrstev různých kovů, jako je například chrom a nikl. Tloušťka povlaku je s výhodou v rozmezí 1 až 3 μm . Tento povlak je sestaven takovým způsobem, že omezuje okysličování před zahřátím a v jeho průběhu, koná úlohu hradicí vrstvy, která zmenšuje rychlost vytváření křehkých intermetalických sloučenin mezi hliníkem a železem a slouží jako relé v přilnavosti povrchu.

Je také možno upustit od nanesení tohoto kovového filmu. Zejména je-li spojovaný dílec tvořen ocelí legovanou například tím způsobem, že sama o sobě tvoří hradicí vrstvu, není při provádění způsobu podle vynálezu zapotřebí ji povlékat a může být přímo podrobena nanesení křemíku a zpracování lisováním ze tepla. Je tomu tak například v případě nerezavějící oceli s označením Z10CN 18-09.

Před lisováním se vloží mezi spojované povrchy křemíková zrna. Tato zrna mají různé rozměry, které však s výhodou leží v rozmezí mezi 30 a 300 μm a jsou umístěna tak, že na rozhraní tvoří vrstvu o střední pravidelné tloušťce. Tato tloušťka se může měnit. Je však výhodné, aby měla tloušťku přibližně 300 μm .

Uvedená zrna mohou být uložena jako taková nebo mohou být předběžně zasezena do kterékoli ze spojovaných stran nebo do hliníkového plechu nebo mohou být rozptýlena v organické pevné nebo kapalně hmotě, těkající pod 500 $^{\circ}\text{C}$, jako například kafr, tak, aby se vytvořila fólie vhodné tloušťky a s obrysem podobným nebo příbuzným obrysu sestavovaných dílců.

Křemíková zrna v důsledku jejich tvrdosti a jejich hřanatého tvaru vyvolávají pod účinkem tlaku proražení vrstvy kyslíčnicku, přítomné na povrchu hliníku, a usnadňují její roztrhání a pod účinkem teploty umožňují vytvořit s tímto kovem kapalně eutektikum, které se úplně nebo částečně vytlačí, když se spojované dílce přiblíží jeden ke druhému.

Vypuzení tohoto eutektika je velmi příznivé pro vzájemné přilnutí povrchů, jelikož jeho úlohou je odvést na vnější stranu rozhraní případné nečistoty a zejména částice kyslíčnicku hliníku, čímž tvoří také čistící činidlo.

Ochrana spojovaných povrchů proti okysličení, zejména při zahřívání, platí zejména o povrchu ocelového dílce, jelikož křemík nemá na tento dílec takový účinek jako na povrch hliníku.

Jsou četné možnosti, jak čelit takovému okysličení. Jedna záleží v tom, že se omezí výměny plynu mezi rozhraním a okolním prostředím za pomoci clony. Tato clona může být v vytvořena následujícími způsoby:

- tím, že se na obvod rozhraní upraví spoj. Tento spoj má s výhodou okrouhlý průřez, nebo také průřez lichoběžníkový nebo trojúhelníkový a je tvořen tavným materiálem, o bodu tavení nad 650 $^{\circ}\text{C}$; to může být například cín nebo erbal, což je slitina 95 % zinku a 5 % hliníku;

- tím, že se kterákoliv ze spojovaných stran opracuje nebo deformuje, takže vytvoří na celém obvodu reliéf, který má s výhodou trojúhelníkový nebo lichoběžníkový průřez;
- tím, že se dílce obalí v sousedství rozhraní tenkou kovovou fólií, jako například hliníkovou fólií o tloušťce 70 μm .

Další možnost ochrany proti oxidaci spočívá v tom, že se spojování provádí v neokysličující atmosféře nebo že se provádí například známými prostředky, jako je moření, proplachování inertním plynem, vyčerpáním nebo užitím getrů.

Další možnost záleží v tom, že se dílce rychle zahřejí například za použití indukčních pecí nebo ventilovaných pecí místo statických pecí, takže se s výhodou dosáhne rychlosti zahřívání vyšších než 20 $^{\circ}\text{C}$ za minutu. Kromě toho třeba připomenout, že kovový povlak ocelového dílce může svým složením rovněž přispět k omezení tohoto okysličování, což je zejména případ chromu.

Čtvrtý význak vynálezu záleží v takovém zpracování dílců, že se v úrovni rozhraní dosáhne teploty v rozmezí mezi 500 $^{\circ}\text{C}$ a 650 $^{\circ}\text{C}$ a dostatečného tlaku pro vypuzení alespoň části vytvořeného eutektika. Skutečnost, že se rozhraní uvede do zmíněného teplotního rozsahu, vede k roztavení popsaného eutektika. Zahřátí potřebné pro dosažení tohoto výsledku může být prováděno buď odděleně na každém ze spojovaných dílců nebo na celém celku. V případě odděleného zahřívání dílců mohou mít povrchy různou teplotu.

Když se dosáhne teploty v rozmezí 500 až 650 $^{\circ}\text{C}$, a to na rozhraní, celek se uvede pod tlak. Jak bylo shora uvedeno, má tento úkon za účel přiblížit spojované strany a vyvolat takto proražení vrstvy kysličníku hliníku křemíkovými zrny, úplné nebo částečné vypuzení eutektika v kapalném stavu a odstranění částíček kysličníku, které vadí dosažení dobrého přilnutí.

Toto lisování se provádí při tlakových hodnotách, které mohou kolísat v širokých mezích, avšak s výhodou mezi 2 až 20 MPa a provádí se v období, které může kolísat v širokých mezích, avšak může být například kratší než 1 minuta.

V případě, že se dílce zahřívají společně, lze působit tlakem před jejich zahřátím nebo při jejich zahřívání, to umožňuje zmenšit mezeru mezi spojovacími stranami, zlepšit těsnost a rovněž uložit zrna křemíku do hliníkového povrchu. Uvedení dílců pod tlak se dosáhne například za pomoci klasického lisu.

Po uplatnění shora uvedených prostředků se přikročí k ochlazení celku. Toho se s výhodou dosáhne ve dvou obdobích: nejdříve rychle mezi maximální teplotou a 450 $^{\circ}\text{C}$, tj. při rychlosti vyšší než 20 $^{\circ}\text{C}$ za minutu, a potom pomalu až na 200 $^{\circ}\text{C}$.

Podle jiného provedení lze mezi obě období vložit prodlevu na 450 $^{\circ}\text{C}$ po dobu jedné hodiny.

Tento postup umožňuje v průběhu prvního období omezit tvoření intermetalických sloučenin na rozhraní, neboť přítomnost těchto sloučenin by vedla ke zkřehnutí spoje, a v průběhu prodlevy a druhé fáze umožňuje konsolidační tepelné zpracování a absorpci napětí vytvořených různými smrštěními.

Tyto chladicí podmínky se obdrží klasickými prostředky, například urychlení výměny tepla s tekutinou, a zpomalení udržováním slabého zahřívání nebo tepelným izolováním. V průběhu ochlazování se s výhodou udržuje tlak, který může být nižší než tlak při lisování.

Vynález bude nyní vysvětlen na výkresu znázorňujícím příklad provedení. Obrazec ukazuje sestavu hliník-křemíková zrna-ocel umístěnou v lisovacím a zahřívacím okolí. Je tam znázorněn tlačník 1 lisu, uspořádání induktoru 2 sloužícího pro zahřívání, ocelový dílec 3 s povlakem 4, spoj 5 trojúhelníkového průřezu, křemíková zrna 6 a hliníkový dílec 7. Orientace vyobrazení neznámá omezení, neboť lisování bylo prováděno v jakémkoli směru: svislém, vodorovném nebo šikmém.

V následující tabulce je sestaveno pět příkladů, ilustrujících vynález popisem některých prostředků k jeho provádění a získaných výsledků.

Tyto výsledky se týkají zkoušek tahem, pro které se provádí srovnání mezi zatížením při porušení celku a zatížením u hliníku 1050 a je uvedeno, bylo-li porušení na rozhraní nebo v nejméně odolném kovu (hliník), a to současně pro celek ve stavu surovém a pro celek, který byl pak podroben tepelnému zpracování po dobu jedné hodiny při teplotě 560 °C, aby se napodobilo stárnutí při používání za tepla.

Tyto výsledky také se týkají zkoušek ohnutím v pravém úhlu na poloměru 4 mm u destiček o tloušťce 4 mm, jež byly nebo nebyly tepelně zpracovány a pro které je rovněž uvedeno, nastalo-li porušení v úrovni rozhraní či nikoliv.

Všechny tyto příklady, které neznámají omezení, týkají se celků, tvořených jednak dílci z hliníku typu 1050, jednak dílci z nerezavějící ocele typu 210CN 18-09 pro příklad 1 a 1008 pro ostatní, což odpovídá obyčejné oceli obsahující méně než 0,1 % uhlíku.

Užité materiály	Příklady č.		
	1	2	3
povaha dílců			
hliník	1050	1050	1050
ocel	210CN 18-09	1008	1008
rozměr dílců v mm			
hliník	Ø 97, tl. 20	Ø 85 tl. 20	Ø 97 tl. 20
ocel	Ø 100, tl. 38	Ø 85 tl. 38	Ø 97 tl. 38
povlak oceli	žádný	niklování tl. 2 µm	chromování tl. 9,2 až 0,3 µm niklování tl. 2 až 3 µm

Provedení	Příklady č.		
	1	2	3
ochrana proti okysličení	clona	clona	clona
zahřívání rychlost (°C/min)	50	100	100
tlak (MPa)	4	3	3
lisování			
trvání (sekundy)	15	5	5
tlak (MPa)	14	14	14
trvání (min)	7	7	6
tlak (MPa)	9	9	8
od 450 °C do 200 °C			
trvání (min)	30	30	20
vlastnosti			
pokus tehem v surovém stavu	kontrakce v hliníku	kontrakce v hliníku	kontrakce v hliníku
po zpracování	kontrakce v hliníku	porušení hliníku	větší počet porušení hliníku
pokus ohnutím o 90°			
v surovém stavu	neprovedeno	neprovedeno	žádné porušení
po zpracování	neprovedeno	neprovedeno	porušení

Použité materiály	Příklady č.	
	4	5
povaha dílců		
hliník	1050	1050
ocel	1008	1008
rozměr dílců v mm		
hliník	Ø 85, tl. 20	Ø 95, tl. 20
ocel	Ø 85, tl. 38	Ø 95, tl. 38
povlak		
ocel	chromování tl. 1 až 2 µm	chromování tl. 1 až 2 µm
křemík tloušťka		
vrstvy v mm	<0,5	<0,5
granulometrie (µm)	<100	<100

Příklady č

	4	5
Provedení		
ochrana proti okysličení	clona	clona
zahřívání rychlost ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$)	100	20
tlak (MPa)	4	neznámý, mechanické upnutí
lisování		
trvání (sekundy)	5	3
tlak (MPa)	15	neznámý, lisování na dorazy
ochlazení až na 450°C		
trvání (min)	6	3
tlak (MPa)	8	0
od 450 do 200°C		
trvání (min)	20	6
Vlastnosti		
zkouška tahem v surovém stavu	kontrakce v hliníku	neprovedeno
po zpracování	- - -	- - -
zkouška ohybem o 90°		
v surovém stavu	časté porušení	bez porušení
po zpracování	bez porušení	bez porušení

Příklad 1 se týká sestavy tvořené jednak hliníkovou tyčí 1050 (Al 99,5 %) o průměru 90 mm a tloušťce 20 mm a jednak tyčí nebo kulatinou z nerezavějící ocele Z 10 CN 18-9 o průměru 100 mm a o tloušťce 38 mm. Vrstva křemíkových zrn o granulometrii mezi 100 a $315\text{ }\mu\text{m}$ měla tloušťku menší než 0,5 mm a byla uložena mezi oběma členy sestavy.

Po provedení ochrany sestavy proti okysličení bylo zahříváno na teplotu postačující pro zajištění roztavení eutektika rychlostí $50^{\circ}\text{C}/\text{min}$ pod tlakem 4 MPa. Pak bylo prováděno lisování po dobu 15 sekund pod tlakem 14 MPa a potom ochlazování až do 450°C v 7 minutách při udržování tleku 9 MPa a konečně ochlazení mezi 450°C a na 230°C po dobu 30 minut.

Pokus tahem pro takovou sestavu vedl ke kontrakci v hliníku a nikoliv k porušení v úrovni spoje hliník-níkl. Stejný pokus opakovaný po tepelném zpracování sestavy po dobu jedné hodiny při teplotě 560°C za účelem napodobení stárnutí při užití teploty vedl rovněž ke kontrakci v hliníkové části a nikoliv k poruše na rozhraní.

Příklad 2 se týká sestavy tvořené jednak hliníkovou kulatinou 1050 o průměru 80 mm a o tloušťce 20 mm, jednak kulatinou z obvyklé ocele obsahující méně než 0,1 % uhlíku, o průměru 85 mm a tloušťce 38 mm a předběžně povlečenou na povrchu, určeném ke spojení vrstvou niklu o tloušťce $2\text{ }\mu\text{m}$. Na spojované strany byla umístěna zrnka křemíku o granulometrii mezi 100 a $315\text{ }\mu\text{m}$ v tloušťce nižší než 0,5 mm.

Po provedení ochrany celku proti okysličení bylo zahříváno na teplotu postačující pro zajištění roztavení eutektika vytvořeného mezi hliníkem a křemíkem při rychlosti zahřívání $100^{\circ}\text{C}/\text{min}$ pod tlakem 3 MPa. Pak bylo prováděno lisování po dobu 5 sekund pod

tlakem 14 MPa, za účelem vypuzení alespoň části vytvořeného eutektika, načež bylo ochlazováno až na 450 °C po dobu 7 minut pod tlakem 5 MPa a z teploty 450 °C až na 200 °C po dobu 30 minut.

Pokus tahem provedený na získaném celku vyvolal kontrakci hliníku. Po tepelném zpracování za podmínek příkladu 1 bylo zjištěno porušení v úrovni rozhraní.

Příklad 3 se týká sestavy tvořené stejnými složkami jako v příkladu 2, avšak s rozměry o průměru 97 mm a tloušťce 20 mm pro hliník a o průměru 97 mm a tloušťce 38 mm pro ocel. Na spojované straně této druhé složky byla uložena vrstva chromu o tloušťce 0,2 a 0,3 μm a pak vrstva niklu o tloušťce mezi 2 a 3 μm. Potom se křemíková zrna s granulometrií menší než 100 μm umístila na rozhraní v tloušťce menší než 100 μm.

Po provedení ochrany sestavy proti okysličení byla sestava zahřáta na teplotu tání eutektika zahřívací rychlostí 100 °C/min a při tlaku 3 MPa. Potom byl tlak zvýšen na 14 MPa po dobu 5 sekund. Potom byla teplota sestavy snížena nejdříve na 450 °C v 6 minutách při udržování tlaku 8 MPa a potom na 200 °C ve 20 minutách.

Pokusy na koncentraci na takto získaných sestavách vedly ke kontrakci v hliníkové části; tytéž sestavy tepelně zpracované za podmínek příkladu 1 vedly k častějším porušením v hliníku než v úrovni rozhraní. Pokusy ohybem při 90 °C na surových sestavách nebyly provázeny žádnou prasklinou. Naopak po tepelném zpracování došlo k porušením sestavy.

Příklad 4 užívá opět složek podle příkladu 2 s vrstvou chromu 1 až 2 μm na oceli. Vrstva křemíku o tloušťce nižší než 0,5 μm je tvořena zrny o rozměrech nižších než 100 μm. Po provedení ochrany proti oxidaci byl celek zahříván na teplotu tání eutektika rychlostí 100 °C/min a pod tlakem 4 MPa. Složky byly potom slisovány po dobu 5 sekund pod tlakem 15 MPa. Ochlazení na 450 °C bylo prováděno po dobu 6 minut, pod tlakem 8 MPa, načež následovalo ochlazování na 200 °C, které trvalo 20 minut.

Zkouška tahem na surovém výrobku a po tepelném zpracování vedla ke kontrakcím pouze v úrovni hliníku. Pokud jde o pokusy ohybem, jsou provázeny porušením na surovém celku a tento jev zmizel po tepelném zpracování.

Pokus č. 5 vychází z kulatiny z hliníku 1050 o průměru 95 mm a o tloušťce 20 mm a z ocelové tyče o průměru 95 mm a o tloušťce 38 mm, jejíž strana určená ke spojení byla povlečena vrstvou chromu o tloušťce mezi 1 a 2 μm. Vrstva křemíku měla tloušťku menší než 0,5 μm, skládá se ze zrn o rozměrech menších než 100 μm.

Po provedení ochrany celku proti okysličení zahřívá se na teplotu tání eutektika rychlostí 20 °C/min bez užití vnějšího tlaku. Potom se provádí lisování po dobu 3 sekundy. Po ochlazení až na 450 °C za 3 minuty při atmosférickém tlaku a až na 200 °C za 6 minut se provedou pokusy ohybem o 90°, které nebyly provázeny žádným porušením.

Tyto příklady ukazují, že provedené spojení vydrží zatížení odpovídající zatížení hliníkového dílce při porušení a že ve většině případů nenastává porušení nebo prasknutí v úrovni rozhraní, nýbrž na samotném hliníkovém dílci; kromě toho příklady 3, 4 a 5 ukazují, že na destičce lze provést ohnutí o 90°, aniž by došlo k prasknutí v úrovni rozhraní.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob spojování dílců na bázi hliníku a ocelových dílců, a to lisováním za tepla, jejichž spojované povrchy byly předběžně upraveny pro vzájemné spojení a zbaveny nečistot, jež by škodily jejich přilnutí, vyznačující se tím, že se ocelový dílec opatří kovovým filmem tvořícím bariérovou vrstvu, před lisováním se vloží mezi spojované povrchy křemí-

ková zrna pro vytvoření eutektika, povrchy se chrání proti okysličení, dílce se zpracují tak, že se v úrovni rozhraní dosáhne teploty v rozmezí 500 °C až 650 °C a tlaku nejméně 2 MPa a pro vypuzení alespoň části vytvořeného eutektika, načež se provede ochlazení ve dvou etapách, a to od 500 až 650 °C na 450 °C, a pak z teploty 450 °C na teplotu okolí.

2. Způsob spojování podle bodu 1, vyznačující se tím, že když ocel je schopna vytvářet s hliníkem křehkou intermetalickou sloučeninu, dosáhne se přítomnosti kovového filmu povlečením spojovaného povrchu ocelového dílce před uložením křemíkových zrn.

3. Způsob spojování podle bodu 2, vyznačující se tím, že kovový film, tvořící povlečení spojovaného povrchu ocelového dílce, sestává alespoň z jednoho kovu náležejícího ke skupině tvořené chromem, niklem, stříbrem, zlatem, wolfrnem, molybdenem a vanadem.

4. Způsob spojování podle bodu 1, vyznačující se tím, že jednotlivá křemíková zrna mají rozměr v rozmezí 30 až 300 μm.

5. Způsob spojování podle bodu 1, vyznačující se tím, že křemíková zrna tvoří dohromady vrstvu o tloušťce přibližně 300 μm.

6. Způsob spojování podle bodu 1, vyznačující se tím, že se křemíková zrna zapustí do kteréhokoliv ze spojovaných povrchů.

7. Způsob spojování podle bodu 1, vyznačující se tím, že se před spojením křemíková zrna rozptýlí do organického těkavého materiálu při teplotě pod 500 °C pro vytvoření fólie vhodné tloušťky a obrysu podobného a přibližného obrysu rozhraní.

8. Způsob spojování podle bodu 1, vyznačující se tím, že se ochrany proti okysličení dosáhne tím, že se na obvod rozhraní umístí clona náležející ke skupině tvořené naneseným spojem, opracovaným spojem a tenkou fólií.

9. Způsob spojování podle bodu 1, vyznačující se tím, že se teploty v úrovni rozhraní dosáhne tak, že se vyjde z teploty okolí rychlostí s výhodou vyšší než 20°/min.

10. Způsob spojování podle bodu 1, vyznačující se tím, že pro dosažení teploty mezi 500 a 650 °C na úrovni rozhraní se při zpracování působí současně tlakem, který může kolísat mezi 2 a 20 MPa.

11. Způsob spojování podle bodu 1, vyznačující se tím, že když rozhraní má teplotu mezi 500 a 650 °C, se působí tlakem mezi 2 a 20 MPa a po období menší než 1 minuta.

12. Způsob spojování podle bodu 1, vyznačující se tím, že spojované dílce se zahřívají odděleně.

13. Způsob spojování podle bodu 1, vyznačující se tím, že se ochlazování provádí až na teplotu 450 °C rychlostí vyšší než 20°/min.

14. Způsob spojování podle bodu 1, vyznačující se tím, že se ochlazování provádí až na teplotu 450 °C rychlostí vyšší než 20° za minutu, načež následuje prodleva po dobu jedné hodiny na této teplotě před návratem na teplotu okolí.

15. Způsob spojování podle bodu 1, vyznačující se tím, že se v průběhu ochlazování udržuje s výhodou tlak, který může být menší než tlak působící při lisování.

227664

