PATENTOVÝ SPIS

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2000-3449**
(22) Přihlášeno: **18.03.1999**
(30) Právo přednosti: **29.04.1998 EP 1998/201393**
21.07.1998 EP 1998/202448
(40) Zveřejněno: **13.02.2002**
(Věstník č. 2/2002)
(47) Uděleno: **26.08.2009**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **07.10.2009**
(Věstník č. 40/2009)
(86) PCT číslo: **PCT/EP1999/001825**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 1999/055925**

(11) Číslo dokumentu:
300 992
(13) Druh dokumentu: **B6**
(51) Int. Cl.:
C22C 21/00 (2006.01)
C22C 21/16 (2006.01)
C22F 1/04 (2006.01)
C22F 1/057 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
WO 9422633 A; EP 537764 A; EP 718072 A; US 4214925.

(73) Majitel patentu:
CORUS ALUMINIUM WALZPRODUKTE GMBH, Koblenz, DE

(72) Původce:
Hurd Timothy John, Akersloot, NL
Kooij Nicolas Dirk Adrianus, Nieuwegein, NL
Burger Achim, Hoehr-Grenzhausen, DE
Vieregge Klaus, Nauort, DE

(74) Zástupce:
PATENTSERVIS PRAHA a.s., Jivenská 1, Praha 4, 14000

(54) Název vynálezu:
Způsob výroby natvrdo pájených montáží

(57) Anotace:
Při způsobu výroby natvrdo pájené montáže za použití pájecí fólie se tvarují díly, z nichž alespoň jeden je vyroben z pájecí fólie, sestaví se díly do montáže, provede se tvrdé pájení montáže, dále se ochladí natvrdo pájená montáž na teplotu až pod 100 °C při stupni chlazení alespoň 40 °C/min, dále se nechá stárnout natvrdo pájená a ochlazená montáž za dosažení 0,2% meze průtažnosti při alespoň 85 MPa a korozní životnosti alespoň 13 dnů bez perforace nebo více dosažené v SWAAT zkoušce v souladu s ASTMG-85, přičemž pájecí fólie má jádro vyrobené ze slitiny hliníku, která má složení (v hmotnostních %): Si < 0,15, Mn 0,7 až 1,5, Mg až do 0,8, Cu 0,5 až 1,5, Zn < 2,0, Fe < 0,4, Cr < 0,30, Ti < 0,30, Zr < 0,30, V < 0,30, ostatní každý < 0,05, celkem ostatních < 0,15, zbytek tvoří hliník.

CZ 300992 B6

Způsob výroby natvrdo pájených montáží

Oblast techniky

Tento vynález se týká slitiny hliníku používané při natvrdo pájených montáží jako jádrový materiál v pájecí fólii, dále se týká použití slitiny hliníku jako zásobního materiálu pro odlitky, týká se též metody výroby natvrdo pájených montáží stejně tak jako montáží takto vyrobených. Slitina hliníku je podle Aluminium Association typ 3xxx. Termín „fóliový materiál" zde představuje potrubní materiál, plechy, zásobní materiál.

Dosavadní stav techniky

Základní použití fólie pro pájení natvrdo, obsahující takovou slitinu, je pro výměníky tepla jako jsou radiátory, kondenzátory a olejové chladiče. Tyto výměníky tepla jsou vystaveny náročnému působení vnějších korozivních vlivů jako je např. odmrazovací sůl na silnice. Z toho důvodu je dobrá odolnost vůči korozi nezbytnou vlastností. Za trvanlivé slitiny jsou zde považovány ty, které v SWAAT zkoušce obstojí bez perforace podle ASTM G–85 více než 10 až 12 dní (viz K. Scholin et al., VTMS 1993, SAE P–263). Další důležitou vlastností fólie pro pájení natvrdo je pevnost po pájení natvrdo, zde dále uváděná jako postpájecí pevnost.

WO 94/22633 popisuje takovou slitinu, která má následující složení v hmotnostních %:

Mn 0,7 až 1,5

Cu 0,5 až 1,0, raději > 0,6 až 0,9

Fe ne více než 0,4

Si ne více než 0,15

Mg až do 0,8

V a/nebo Cr až do 0,3, raději až do 0,2

Ti až do 0,1

zbytek tvoří hliník a nečistoty.

Tato slitina je používána jako jádrový materiál s natvrdo pájenými plátovanými vrstvami obsahujícímu Si. Vysoký obsah Cu slouží ke zlepšení postpájecí pevnosti. Ti není raději záměrně přidáván, ačkoli se do slitiny charakteristiky dostává z původního materiálu. Zr raději také není záměrně přidáván. Uvádí se, že Cr a/nebo V nezlepšují postpájecí odolnost vůči korozi, i když je charakteristicky obsažen v původním materiálu. Zr nejspíše též přispívá k postpájecí pevnosti a odolnosti vůči pohybu. U fólie pro tvrdé pájení je v WO 94/22633 uváděna mez průtažnosti v rozsahu 54 až 85 MPa.

EP–A 0718072 uvádí fólii pro tvrdé pájení, která má jádrovou fólii vyrobenou z jádrového materiálu ze slitiny hliníku a alespoň na jedné její straně pájecí vrstvy slitiny hliníku obsahující jako hlavní legující prvek křemík, kde slitina hliníku pro jádrovou fólii má následující složení (ve hmotnostních %):

Mn 0,7 až 1,5

Cu 0,2 až 2,0

Mg 0,1 až 0,6

Si > 0,15, raději > 0,20; nejlépe > 0,40

Fe až do 0,8

Ti volitelně až do 0,15

Cr volitelně až do 0,35

Zr a/nebo V volitelně až do 0,25 celkem

zbytek tvoří hliník a nevyhnutelné nečistoty pod podmínkou, že (Cu + Mg) > 0,7.

Uvedená jádrová slitina má obsah Si vyšší než 0,15 % a to nejraději více než 0,40 % za účelem dosažení požadovaných hodnot pevnosti při zajištěné dobré odolnosti vůči korozi.

EP–A–0537764 zveřejňuje metodu výroby výměníku tepla ze slitiny hliníku, u něhož je pájená montáž po pájení natvrdo ochlazena a pak znovu zahřívána po dobu 10 minut až 30 hodin při teplotě v rozsahu od 400 do 500 °C. Tato dodatečná tepelná úprava po pájení natvrdo se provádí za účelem usazení prvků (např. Si, Mg a Mn), které jsou do pevného roztoku vneseny během pájecího cyklu a předpokládá se, že zlepšuje vodivost materiálu a tím se získá zlepšení tepelné účinnosti výměníku tepla okolo 3 %. Používaná jádrová slitina neobsahuje více než 0,5 Cu a dále obsahuje Si jako legovací prvek v rozsahu od 0,05 do 1,0 %.

US–A 4 214 925 uvádí metodu pro výrobu natvrdo pájeného hliníkového žebrového výměníku tepla, u něhož mají žebra složení zahrnující 0,15 až 0,40 hmotnostních procent Cu a nejlépe je to tepelně opracovatelná slitina AA6951, v níž je materiálem jádrové vrstvy pájecí fólie konvenční slitina AA3003. Po tepelném opracování v roztoku po dobu 30 minut až 4 hodiny při 500 až 570 °C je rozsah chlazení v rozmezí 2,8 až 50 °C/min. nejlépe okolo 10 °C/min.

Novější zveřejněná mezinárodní přihláška vynálezu WO 98/20178 uvádí hliníkovou slitinu bez tepelného opracování, která se používá jako jádrová slitina u fólií pro pájení natvrdo, tato slitina nevyžaduje např. postpájecí legovací opracování. Uvedená hliníková slitina má následující složení ve hmotnostních %:

Mn 0,7 až 1,5

Cu 0,6 až 1,0

Fe ne více než 0,4

Si méně než 0,1

Mg 0,05 až 0,8

Ti 0,02 až 0,3

Cr 0,1 až 0,35

Zr 0,1 až 0,2

zbytek tvoří hliník a nevyhnutelné nečistoty, v níž $0{,}20 \leq (Cr+Zr) \leq 0{,}4$.

Podstata vynálezu

Předmětem vynálezu je zajištění slitiny hliníku, vhodné pro použití u montáží pájených natvrdo, zvláště jako jádrové slitiny pro pájecí fólii nebo jako materiál pro odlitky zajišťující zlepšení pevnostních parametrů v kombinaci s dobrou odolností vůči korozi.

Vynález se týká způsobu výroby natvrdo pájené montáže použitím pájecí fólie vyznačující se tím, že zahrnuje následující kroky:

i) tvarování dílů, z nichž alespoň jeden je vyroben z pájecí fólie,

ii) sestavení dílů do montáže,

iii) tvrdé pájení montáže,

iv) ochlazení natvrdo pájené montáže na teplotu až pod 100 °C při stupni chlazení alespoň 40 °C/min.,

v) stárnutí natvrdo pájené a ochlazené montáže za dosažení 0,2% meze průtažnosti při alespoň 85 MPa a korozní životnosti alespoň 13 dnů bez perforace nebo více dosažené v SWAAT zkoušce v souladu s ASTMG–85,

kde pájecí fólie má jádro vyrobené ze slitiny hliníku, která má složení (v hmotnostních %):

Si < 0,15
Mn 0,7 až 1,5
Mg až do 0,8
Cu 0,5 až 1,5
Zn < 2,0
Fe < 0,4
Cr < 0,30
Ti < 0,30
Zr < 0,30
V < 0,30
ostatní každý < 0,05
ostatních celkem < 0,15
zbytek tvoří hliník.

Podle tohoto vynálezu je zajištěna základní slitina hliníku ve formě fólie, plechu nebo výlisku, jenž má následující rozmezí složení (v hmotnostních %):

Si < 0,15
Mn 0,7 až 1,5
Mg až do 0,8
Cu 0,5 až 1,5
Zn < 2,0
Fe < 0,4
Cr < 0,30
Zr < 0,30
Ti < 0,30
V < 0,30
ostatní každá < 0,05, celkem < 0,15
zbytek tvoří hliník.

Uvedená slitina hliníku je dodávána ve stavu po opracování stárnutím.

Podle tohoto vynálezu bylo překvapivě zjištěno, že hliníková slitina se jeví jako vytvrzovatelná za postpájecích podmínek a to oběma způsoby, jak přirozeným tak i umělým stárnutím. Tento účinek stárnutí po pájení natvrdo nebyl dosud objeven a je netypický pro slitiny typu AA3xxx.

To umožňuje význačné zvýšení meze průtažnosti v rozsahu 5 až 35 MPa přes postpájecí mez průtažnosti uváděnou ve stavu techniky zatímco dobrá odolnost vůči korozi zůstává po zpracování stárnutím nezměněna.

Podle tohoto vynálezu je slitina hliníku schopna poskytnout 0,2% mez průtažnosti a to alespoň 75 MPa po pájení natvrdo a stárnutí a má odolnost vůči korozi 13 dní nebo více u SWAAT bez proděravění v souladu s ASTM G–85.

V žádanějším provedení je slitina schopna poskytnout 0,2% mez průtažnosti a to alespoň 80 MPa po pájení natvrdo a stárnutí, raději alespoň 85 MPa po pájení natvrdo a stárnutí.

V nejlepších příkladech je tato odolnost vůči korozi více než 20 dní. Tato úroveň odolnosti vůči korozi kvalifikuje slitinu jako trvanlivý výrobek. Dále je v nejlepších příkladech bezpečná 0,2% mez průtažnosti po pájení natvrdo a stárnutí alespoň 95 MPa. Charakteristické, ale nikoli v limitujícím smyslu, je pro pájení natvrdo, že je prováděno při teplotě 590 až 600 °C po dobu 3 až 5 minut.

Slitina hliníku je typu AA3xxx, kde M je hlavním legovacím prvkem za účelem získání požadované úrovně pevnosti. Pro získání požadované pevnosti se vyžaduje jeho obsah alespoň 0,7 %, přičemž obsah Mn vyšší než 1,5 % nezpůsobuje žádné významné zlepšení týkající se pevnosti, protože dochází k tvorbě hrubých částic obsahujících Al–Mn. Další nevýhodou hrubých částic obsahujících Al–Mn je, že snižují válcovatelnost slitiny hliníku. Vhodnější je, je-li obsah Mn v rozmezí 0,8 až 1,2 %.

Hořčík je použit do jádrové slitiny pro fólie pro pájení natvrdo, aby se zlepšila pevnost ve vakuu pájených výrobků. Je-li použit postup ponorného pájení natvrdo, je vhodnější udržovat obsah Mg na nízké úrovni a to raději nižší než 0,4 %. V dalším provedení je preferován nulový obsah Mg u ponorných způsobů pájení, u nichž se zlepší pájitelnost. Obsah Mg je specifikován až do nejvýše 0,8 %, raději do nejvýše 0,5 %.

Obsah Si ve slitině hliníku podle tohoto vynálezu by měl být méně než 0,15 %, aby bylo získáno vůči korozi odolné provedení a to raději méně než 0,10 %. Dokonce ještě vhodnější je, je-li Si přítomen pouze na úrovni nečistot. Navzdory nízkému obsahu Si byl pozorován významný účinek zpracování stárnutím.

Obsah Cu ve slitině hliníku zvyšuje pevnost slitiny a měl by se pohybovat v rozsahu od 0,5 do 1,5 %, nejlépe vyšší než 0,7 %. Zejména v tomto rozsahu a v kombinaci s nízkým obsahem Si v kombinaci s Mg byl pozorován neočekávaný účinek zpracování stárnutím, přičemž trvanlivost korozní odolnosti se významně nesnížila. Při obsahu Cu vyšším než 1,5 % se mohou tvořit nežádoucí hrubé částice obsahující Cu, stejně jako nízkotavitelné fáze. Je lépe, není-li obsah Cu vyšší než 1,2 %. Objevení silného účinku stárnutí při relativně nízkých hladinách Cu a Mg je považováno za neočekávané.

Fe je ve všech komerčních slitinách hliníku, ale ve slitinách hliníku podle tohoto vynálezu není požadovaným legovacím prvkem a není záměrně přidáváno. Maximální přípustný obsah Fe je 0,4 %, nejlépe maximálně 0,25 %.

Zinek může být obsažen nejlépe v rozmezí 0,0 až 2,0 % tak, že zůstává v pevném roztoku a napomáhá ke snížení rozsahu koroze.

Slitina hliníku v provedení podle tohoto vynálezu obsahuje alespoň jeden prvek vybraný ze skupiny sestávající z od 0,05 do 0,30 % Cr, od 0,05 do 0,30 % Ti, od 0,05 do 0,30 % Zr a od 0,05 do 0,30 % V. Výsledkem přídavku alespoň jednoho z výše uvedených prvků je alespoň další zlepšení postpájecí úrovně pevnosti po zpracování stárnutím. Při obsahu jednotlivých prvků vyšším než 0,25 % se mohou tvořit nežádoucí hrubé částice.

Celkové množství volitelných příměsí Cr, Ti, Zr a V je určeno tak, že $0,05 < (Cr + Ti + Zr + V) < 0,4$.

V jiném provedení tohoto vynálezu je alespoň Zr přítomen v rozsahu $0,05 < Zr < 0,25$ % a to raději v rozsahu $0,05 < Zr < 0,15$ %. Bylo zjištěno, že zejména Zr zlepšuje citlivost slitiny hliníku ke zpracování stárnutím a výsledkem je významné zvýšení úrovně postpájecí pevnosti a pevnosti po stárnutí. V nejlepších příkladech je mez průtažnosti po pájení natvrdo a stárnutí alespoň 95 MPa, což je vyšší výsledek nežli postpájecí mez průtažnosti doposud uváděná ve stavu techniky.

V jiném preferovaném provedení vynálezu má slitina hliníku složení zmíněné v mezinárodní přihlášce vynálezu WO 98/20178, která je zde zahrnuta odkazem. Složení slitiny hliníku je (v hmotnostních %):

Mn 0,7 až 1,5
Cu 0,6 až 1,0
Fe ne výše než 0,4
Si méně než 0,1
Mg 0,05 až 0,8
Ti 0,02 až 0,3
Cr 0,1 až 0,25
Zr 0,1 až 0,2
zbytek tvoří hliník a nežádoucí nečistoty a kde
$0,20 < (Cr + Zr) < 0,4$.

Vynález spočívá též v pájecích fóliích obsahujících jako jádrový materiál (např. materiál zabezpečující pevnost) výše popsanou slitinu podle tohoto vynálezu. Není žádoucí, aby plátovaná nebo potahovací vrstva fungovala ve styku s vodou jako „obětní" anoda, taková vrstva může být zabezpečena na jedné nebo obou stranách jádrové slitiny. Na jedné straně bude ve styku s jádrovou slitinou standardně plátovaná vrstva ve formě konvenční výplně z nízkotavné slitiny.

Vynález dále spočívá v použití slitiny hliníku podle výše popsaného vynálezu jakožto jádrového materiálu pájecích fólií v natvrdo pájených montážích. V takové montáži může být jádrový materiál ze slitiny hliníku přímo ve styku s pájecí slitinou, která je tavena při pájecí teplotě.

Vynález dále spočívá v použití slitiny hliníku podle výše popsaného vynálezu jako odlitkový zásobní materiál v natvrdo pájených montážích.

Ačkoli jsou slitiny tohoto vynálezu zvláště vhodné pro účely pájení natvrdo, jsou vhodné, aby byly extrudovány za účelem získání extrudované tvarové oceli odolné vůči korozi.

Vynález dále spočívá v použití slitiny hliníku, která má složení (v hmotnostních %):

Si < 0,15
Mn 0,7 až 1,5
Mg až do 0,8
Cu 0,5 až 1,5
Fe < 0,4
Cr < 0,30

Zr < 0,30

Ti < 0,30

V < 0,30

ostatní každý < 0,05, celkem < 0,15

zbytek tvoří hliník

v závislosti na technice zpracování stárnutím po ochlazení z pájení, kde stupeň chlazení je alespoň v rozsahu typickém pro stupně chlazení v pájecí peci. Typické techniky zpracování stárnutím jsou přirozené stárnutí a umělé stárnutí. Vhodnější rozsahy legovacích prvků jsou uvedeno výše.

Vynález též zabezpečuje metodu pro výrobu natvrdo pájené montáže použitím pájecí fólie nebo odlitkového zásobního materiálu zahrnujícího tyto kroky:

i) tvarování dílů, z nichž alespoň jeden je vyroben z pájecí fólie,

ii) montování dílů do montáže,

iii) pájení montáže,

iv) ochlazení spojené montáže na teplotu pod 100 °C se stupněm chlazení alespoň 20 °C/min.,

v) zrání spájené a ochlazené montáže,

kde je jádro pájecí fólie vyrobené ze slitiny hliníku, která má složení (v hmotnostních %):

Si < 0,15

Mn 0,7 až 1,5

Mg až do 0,8

Cu 0,5 až 1,5

Fe < 0,4

Cr < 0,30

Ti < 0,30

Zr < 0,30

V < 0,30

ostatní každý < 0,50

celkem < 0,15

zbytek tvoří hliník.

V souvislosti s tímto vynálezem bylo zjištěno, že stupeň chlazení po pájecích cyklech hraje důležitou roli v získání dosud neobjeveného účinku stárnutí po pájení. Vhodný stupeň chlazení po pájení je alespoň 40 °C/min. a ještě vhodnější alespoň 60 °C/min. Zvýšení stupně chlazení po pájecích cyklech může vést k dalšímu zvýšení úrovně získané pevnosti. Objevení silného účinku po pájení při relativně nízkých koncentracích Cu a Mg je stejně tak žádoucí jako neočekávané, zvláště pokud je pájecí cyklus relativně krátký a není použita kalicí voda.

Typickými procesy stárnutí pro získání požadované úrovně meze průtažnosti jsou i) přirozené stárnutí a ii) umělé stárnutí při teplotě v rozsahu od 100 do 250 °C při době ohřevu v rozmezí od 5 do 1000 hodin. Technika zpracování je podrobněji popsána níže.

Tento vynález též zajišťuje pájenou montáž obsahující alespoň dva díly spolu spojené pomocí pájecí slitiny, alespoň jeden z dílů je fóliový materiál obsahující výše popsanou slitinu hliníku podle tohoto vynálezu.

Zde by mělo být uvedeno, že v evropské přihlášce vynálezu EP–A–0718072 je popsán srovnávací příklad C7 obsahující v hmotnostních %: 1,1 % Mn; 0,75 % Cu; 0,5 % Mg; 0,1 % Si; zbytek tvoří nezbytný hliník a nečistoty. V obrázku 1 této publikace je ukázáno, že slitina má zvýšení 0,2% meze průtažnosti v závislosti na přirozeném stárnutí po simulovaném pájecím cyklu. Nicméně v popisu není zmínka o stupni chlazení po simulovaném pájecím cyklu.

Příklady provedení vynálezu

Nyní bude uvedeno několik ilustrativních, nikoli však limitujících příkladů vynálezu.

Postpájecí pevnost může být měřena zavedením umělého pájecího cyklu jak je běžné v oboru. Pokud samotné jádro zajišťuje pevnost v tahu pájecí fólie, tento cyklus může být proveden jako jádrová slitina, samotná nebo na folii, která má jádro a plátované vrstvy. Simulovaným pájecím cyklem, který zde byl použit, je zahřívání v peci a udržování při teplotě od 590 do 595 °C po dobu 4 minut následováno ochlazením.

Příklad 1

Následující zkouška byla provedena v laboratorním měřítku. Ingoty z 15 slitin hliníku pro použití jako jádrové slitiny v pájecích fóliích byly odlity a zpevněny při stupni chlazení srovnatelném s těmi stupni chlazení, jež se vyskytují v stejnosměrném odlévání (DC–casting). Tabulka 1 udává chemické složení slitin v hmotnostních % (zbytek tvoří Al a nečistoty) materiálu ve stavu odlitku. Ingoty byly předehřáty na 450 °C po dobu 5 hodin při stupni záhřevu 30 °C/h byly válcovány za horka z počáteční tloušťky 100 mm na tloušťku 2,7 mm a pak válcovány za studena na konečnou tloušťku 0,38 mm s použitím mezižíhání při středním měřítku. Hotově za studena válcované fólie byly žíhány do stupně tvrdosti H24 a ochlazeny na teplotu místnosti. Po žíhání byly fólie podrobeny simulovanému pájecímu cyklu a ochlazeny na teplotu nad 100 °C při různých stupních chlazení. Mechanické vlastnosti byly určeny podle NEN–EN 10 002–1 po přirozeném stárnutí při teplotě místnosti a výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.

Vzorky byly podrobeny SWAAT tak dlouho, pokud nedošlo k první perforaci podle ASTM G–85, průměrné výsledky ve dnech jsou uvedeny v tabulce 3. Pro stupeň chlazení 60 °C/min je průměr více než 3 zkoušené vzorky a pro stupeň chlazení 20 a 90 °C/min. je průměr více než 2 zkoušené vzorky. Značka (–) znamená „nezkoušeno".

Z výsledků tabulky 2 je možné vidět, že zřetelné přirozené stárnutí odpovídající uvedenému typu slitiny skýtá možnost zvýšení dosažitelné postpájecí meze průtažnosti v rozsahu 5 až 35 MPa nad postpájecí mez průtažnosti přímo po pájení. Přitom z výsledků tabulky 3 je možné vidět, že tyto slitiny mohou být ohodnoceny jako slitiny s trvanlivými korozními vlastnostmi. Srovnáme-li výsledky z tabulky 2 u ingotů 10, 11 a 13, je zřejmé, že přídavek Zr má zřetelný vliv na citlivost k stárnutí a vede k vyšší mezi průtažnosti. Přídavek Cr v daném rozsahu má za výsledek všeobecné zvýšení postpájecí meze průtažnosti. Srovnáme-li výsledky ingotů čísel 12 a 15, je zřejmé, že citlivost k stárnutí je mnohem zřetelnější při vyšším obsahu Cu. Srovnání výsledků ingotů čísla 4, 5 a 6 ukazuje, že se zvýšením obsahu Cu je zvýšena i úroveň postpájecí pevnosti a dále že účinek zrání je zřetelnější při vyšším obsahu Cu. Srovnání výsledků ingotů 4, 8 a 9 ukazuje, že zvýšení obsahu Fe má za důsledek vyšší úroveň postpájecí pevnosti, ale snížení korozní životnosti. Podíváme-li se na výsledky po 35 dnech přirozeného stárnutí při stupni chlazení 20 a 60 °C/min, je zřejmé, že vyšší stupeň chlazení po pájení vede vždy ke zvýšení postpájecí meze průtažnosti.

Příklad 2

V dalším pokusu provedeném v laboratorním měřítku bylo vyrobeno 5 ingotů podobným způsobem jako v příkladu 1, jenomže ingoty byly homogenizovány před válcováním za horka po dobu 10 hodin při 600 °C při stupni ohřevu a chlazení 30 °/h. Chemické složení ingotů v odlitém stavu uvádí tabulka 4 a je shodné s ingoty čísel 1, 2, 3, 11 a 13. 0,2% mez průtažnosti (v MPa) jako funkce času přirozeného stárnutí při teplotě místnosti a stupně chlazení po pájecím cyklu uvádí tabulka 5.

Z těchto výsledků je zřejmé, že homogenizační zpracování nezhoršuje citlivost stárnutí slitiny podle tohoto vynálezu. V oboru je známo, že homogenizace tohoto typu slitin zvyšuje tvarovatelnost konečného výrobku fólie, ale snižuje postpájecí pevnost. Využitím neobjasněného účinku stárnutí může být výhoda zvýšené tvarovatelnosti kombinována se zvýšením postpájecí pevnosti použitím zpracování stárnutím. Použitím homogenizace za řízených podmínek nedochází k ztrátám odolnosti vůči korozi.

Příklad 3

Dále bylo zkoušeno v laboratorním měřítku 6 ingotů z příkladu 1 z hlediska jejich citlivosti k umělému stárnutí. Materiál z ingotů č. 1, 4, 5, 7, 11 a 13 byl zpracován stejným způsobem jako v příkladu 1 a po pájecím cyklu ochlazen pod 100 °C při stupni chlazení 60 °C/min. Teplota stárnutí byla 165 °C. Tabulka 6 uvádí tvrdost (Rockwell 15 T až 15 kg) jako funkci času stárnutí a také 0,2% meze průtažnosti (v MPa). Pro srovnání je uvedena též tvrdost po 5 dnech přirozeného stárnutí při teplotě místnosti.

Z těchto výsledků je zřejmé, že u typu slitiny existuje význačná citlivost vůči umělému stárnutí. V tomto zvláštním příkladu jsou výsledky pro přirozené stárnutí ve stejném rozsahu jako pro umělé stárnutí. Také zde měl přídavek Zr užitečný vliv na konečnou úroveň pevnosti jak je vidět ze srovnání ingotů čísel 11 a 13. Další optimalizace rozsahů teplota – čas během umělého stárnutí tak, aby bylo dosaženo zlepšení pevnosti slitiny v postpájecích podmínkách je v mezích možností pracovníka v oboru.

Tabulka 1: chemické složení ingotů ve stavu odlitku v hmotnostních %:

Ingot č.	Si	Mn	Cu	Mg	Fe	Cr	Zr	Ti
1	0,06	0,77	0,86	0,30	0,21	0,15	0,096	0,03
2	0,11	1,00	1,01	0,40	0,23	0,15	0,104	0,03
3	0,10	0,90	0,80	0,27	0,19	0,14	0,110	0,03
4	0,08	0,91	0,96	0,37	0,24	0,15	0,092	0,03
5	0,08	0,90	0,87	0,36	0,23	0,15	0,105	0,03
6	0,08	0,90	1,01	0,36	0,23	0,15	0,107	0,03
7	0,08	0,90	0,94	0,52	0,22	0,15	0,107	0,03
8	0,08	0,90	0,94	0,36	0,42	0,14	0,104	0,03
9	0,08	0,88	0,97	0,37	0,11	0,14	0,106	0,03
10	0,07	1,01	0,94	0,36	0,22	-	0,062	0,03
11	0,08	0,89	0,94	0,36	0,22	-	0,109	0,03
12	0,07	0,94	0,60	0,35	0,08	-	-	0,03
13	0,08	1,00	0,95	0,37	0,22	-	-	0,03
14	0,10	0,96	0,84	0,30	0,20	0,15	0,098	0,03
15	0,07	0,98	0,93	0,35	0,10	-	-	0,03

Tabulka 2: 0,2% mez průtažnosti (v Mpa) jako funkce času přirozeného stárnutí (ve dnech) a stupně chlazení (ve °C/min.) po pájecím cyklu

Ingot č.	Stupeň chlazení 20 °C/min.		Stupeň chlazení 40 °C/min.	Stupeň chlazení 60 °C/min.				Stupeň chlazení 90 °C/min.			Stupeň chlazení >90°C/min.
	5 dnů	35 dnů	35 dnů	5 dnů	20 dnů	35 dnů	50 dnů	5 dnů	35 dnů	50 dnů	35 dnů
1	72	79	-	74	81	83	86	-	82	89	-
2	83	99	106	90	101	108	113	-	107	113	-
3	76	78	80	78	81	86	86	-	81	87	-
4	74	83	86	79	84	87	97	-	87	96	-
5	75	77	81	79	80	86	86	-	82	88	-
6	78	93	-	81	97	99	104	-	97	104	-
7	80	95	103	83	97	112	112	-	107	111	-
8	74	89	92	78	88	97	99	-	90	100	-
9	75	80	86	80	90	91	92	-	89	92	94
10	71	94	99	76	95	100	103	82	95	-	99
11	71	92	96	72	88	94	103	72	91	-	96
12		61	61	62	66	62	64	62	63	-	61
13		85	90	71	85	90	96	71	94	-	84
14		78	80	77	82	85	85	81	86	-	86
15		79	-	69	85	92	96	73	96	-	96

CZ 300974 B6

Tabulka 3: Průměrné SWAAT výsledky (ve dnech) v souladu s ASTM-85

Ingot číslo	Stupeň chlazení (°C/min.)			Průměr (den)
	20	60	90	
1	25	31	23	27
2	-	13	13	13
4	19	23	25	23
7	-	17	-	17
8	-	18	-	18
9	-	22	-	22
11	-	24	-	24
12	-	28	-	28
13	-	29	-	29
15	-	33	-	33

Tabulka 4: Chemické složení ingotů ve stavu odlitku v hmotnostních %

Ingot č	Si	Mn	Cu	Mg	Fe	Cr	Zr	Ti
16	0,06	0,77	0,86	0,30	0,21	0,15	0,096	0,03
17	0,11	1,00	1,01	0,40	0,23	0,15	0,104	0,03
18	0,10	0,90	0,80	0,27	0,19	0,14	0,110	0,03
19	0,08	0,89	0,94	0,36	0,22	-	0,109	0,03
20	0,08	1,00	0,95	0,37	0,22	-	-	0,03

Tabulka 5: 0,2%ní mez průtažnosti (v Mpa) jako funkce času přirozeného stárnutí (ve dnech) a stupně chlazení (v °C/min.) po pájecím cyklu

Ingot č.	Stupeň chlazení 20 °C/min.	Stupeň chlazení 40 °C/min.	Stupeň chlazení 60 °C/min.				Stupeň chlazení 90 °C/min.		Stupeň chlazení > 90 °C/min.
	35 dnů	35 dnů	5 dnů	20 dnů	35 dnů	50 dnů	5 dnů	35 dnů	35 dnů
16	72	79	64	71	76	86	67	81	81
17	95	103	75	101	101	104	78	104	107
18	87	-	71	91	91	96	72	88	94
19	89	93	64	79	92	93	67	92	90
20	92	90	65	82	94	94	67	93	92

CZ 300994 B6

Tabulka 6: Tvrdost a 0,2% mez průtažnosti (v MPa) jako funkce času stárnutí pro 165 °C

	Tvrdost Rockwell								0,2%ní mez průtažnosti	
Ingot č.	5denní přirozené stárnutí	Hodiny stárnutí							Hodiny stárnutí	
		3	7	14	24	48	72	82	14	48
1	57,5	56,3	60,8	60,6	61,7	58,4	57,1	60,7	112	113
4	49,8	55	54,3	53,3	56,5	54,8	53,7	55,4	99	101
5	54,3	53,4	51,1	54,5	54,7	55,4	56,3	54,4	97	99
7	58,2	60,4	62,1	62,2	63,6	64,2	62,9	60,1	112	119
11	54,5	54,9	58,4	59,5	58,3	59,9	59	58,6	95	102
13	53,9	56	57,1	57,5	58	57,7	57,9	58,5	89	94

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob výroby natvrdo pájené montáže použitím pájecí fólie, **vyznačující se tím**, že zahrnuje následující kroky:

vi) tvarování dílů, z nichž alespoň jeden je vyroben z pájecí fólie,

vii) sestavení dílů do montáže,

viii) tvrdé pájení montáže,

ix) ochlazení natvrdo pájené montáže na teplotu až pod 100 °C při stupni chlazení alespoň 40 °C/min.,

x) stárnutí natvrdo pájené a ochlazené montáže za dosažení 0,2% meze průtažnosti při alespoň 85 MPa a korozní životnosti alespoň 13 dnů bez perforace nebo více dosažené v SWAAT zkoušce v souladu s ASTMG–85,

kde pájecí fólie má jádro vyrobené ze slitiny hliníku, která má složení v hmotnostních %:

Si	< 0,15
Mn	0,7 až 1,5
Mg	až do 0,8
Cu	0,5 až 1,5
Zn	< 2,0
Fe	< 0,4
Cr	< 0,30

Ti	< 0,30
Zr	< 0,30
V	< 0,30
ostatní každý < 0,05	
ostatních celkem	< 0,15

zbytek tvoří hliník.

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že stárnutí zahrnuje přirozené stárnutí.

3. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že stárnutí zahrnuje umělé stárnutí při teplotě v rozmezí od 100 do 250 °C.

4. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že hliníková jádrová slitina má obsah Cu alespoň 0,7 hmotnostních %.

5. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že hliníková jádrová slitina má obsah Zr v rozmezí 0,05 až 0,25 hmotnostních %.

6. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že hliníková jádrová slitina má obsah Mg v rozmezí 0,05 až 0,8 hmotnostních %.

7. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že během kroku iv) je natvrdo pájená montáž ochlazena pod 100 °C se stupněm chlazení alespoň 60 °C/min.

8. Způsob podle kteréhokoli z nároků 1 až 7, **vyznačující se tím**, že během kroku v) natvrdo pájená a ochlazená montáž dosáhne v procesu stárnutí 0,2% meze průtažnosti při alespoň 95 MPa.

Konec dokumentu