

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2001 - 2310

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **20.12.1999**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **22.12.1998**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1998/9800316**

(33) Země priority: **SI**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **17.07.2002**
(Věstník č. 7/2002)

(86) PCT číslo: **PCT/SI99/00027**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO00/37697**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

C 22 C 21/16

C 22 F 1/057

(71) Přihlašovatel:

**IMPOL, INDUSTRIJA METALNIH POLIZDELKOV,
D. D., Slovenská Bistrica, SI;**

(72) Původce:

**Smolej Anton, Ljubljana, SI;
Dragojevič Vukašin, Zgornja Polskava, SI;
Slaček Edward, Slovenská Bistrica, SI;
Smolar Tomaž, Zgornja Polskava, SI;**

(74) Zástupce:

**Guttman Michal JUDr. Ing., Nad Štolou 12, Praha 7,
17000;**

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Hliníková slitina vhodná k obrábění, způsob její
výroby a její použití**

(57) Anotace:

Vynález se týká hliníkové slitiny bez olova jako složky slitiny, vhodné k obrábění, obsahující a) jako složky slitiny: 0,5 až 1,0 % hmotn. Mn, 0,4 až 1,8 % hmotn. Mg, 3,3 až 4,6 % hmotn. Cu, 0,4 až 1,9 % hmotn. Sn, 0 až 0,1 % hmotn. Cr, 0 až 0,2 % hmotn. Ti, b) jako nečistoty: až 0,8 % hmotn. Si, až 0,7 % hmotn. Fe, až 0,8 % hmotn. Zn, až 0,1 % hmotn. Pb, až 0,1 % hmotn. Bi, až 0,3 % hmotn. ostatní, c) jako zbytek do 100 % hmotn. hliník; způsobu její výroby a jejího použití. Slitina vykazuje vynikající pevnostní vlastnosti, vynikající zpracovatelnost, vynikající obrábělnost řezným obráběním, korozivzdornost, menší spotřebu energie, a je neškodná pro životní prostředí při výrobě i užití.

CZ 2001 - 2310 A3

Hliníková slitina vhodná k obrábění, způsob její výroby a její použití

Oblast techniky

Předložený vynález se týká nové hliníkové slitiny vhodné k obrábění, která neobsahuje olovo jako složku slitiny, leda jako možnou nečistotu, a dále se týká způsobu výroby takovéto slitiny a jejího použití. Slitina vykazuje vynikající pevnostní vlastnosti, vynikající zpracovatelnost, vynikající obrobitelnost řezným obráběním, korozivzdornost, menší spotřebu energie, a je neškodná pro životní prostředí při výrobě i užití. Tato slitina je vhodná zejména pro nahrazení slitin, vhodných k obrábění, typu AlCuMgPb (AA2030).

Dosavadní stav techniky

Hliníkové slitiny vhodné k obrábění byly vyvinuty ze standardních tepelně zpracovatelných slitin, ke kterým byly přidány další prvky pro vytvoření měkčích fází v matici. Tyto fáze zlepšují obrobitelnost materiálu při řezném obrábění a umožňují získání hladkého povrchu při menších řezných silách, menším opotřebení nástroje a zejména snazším oddělování třísek.

Tyto fáze jsou tvořeny složkami slitiny, které nejsou rozpustné v hliníku, netvoří intermetalické sloučeniny s hliníkem a mají nízké teploty tavení. Složky s těmito vlastnostmi jsou olovo, bismut, cín, kadmium, indium a některé další, které nejsou použitelné z praktických důvodů. Uvedené složky přidané jednotlivě nebo v kombinaci se

v průběhu tuhnutí srážejí ve formě globulárních inkluzí částic o velikosti od několika μm do několika desítek μm .

Nejdůležitější hliníkové slitiny vhodné k obrábění jsou:

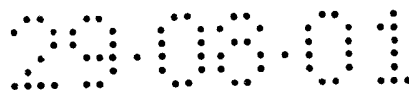
Al-Cu s 0,2 až 0,6 % hmotn. Pb a 0,2 až 0,6 % hmotn. Bi
(AA2011)

Al-Cu-Mg s 0,8 až 1,5 % hmotn. Pb a až 0,2 % hmotn. Bi
(AA2030)

Al-Mg-Si s 0,4 až 0,7 % hmotn. Pb a 0,4 až 0,7 % hmotn. Bi
(AA6262)

V těchto slitinách jsou inkluze pro snazší obrobitelnost tvořeny zejména olovem a bismutem. V současné době je tendence nahrazovat olovo jinými prvky vzhledem k jeho nebezpečnosti pro lidský organismus a z ekologických důvodů. Jako náhrada se nejčastěji používá cín a částečně indium. Možnost použití cínu v hliníkových slitinách vhodných k obrábění je již dlouho známa. Cín byl jednou z prvních složek pro přidávání do hliníkových slitin, vhodných k řeznému obrábění, až do 2 % hmotn. V praxi se ve velkém měřítku nikdy nepoužíval kvůli předpokládanému zhoršování korozních vlastností, horší tažnosti slitiny a vysoké ceně. V současné době se cín přidává zejména ke slitinám ze skupiny Al-Mg-Si (typů AA6xxx) a Al-Cu (typů AA2XXX) obsahujícím ve standardní formě olovo a bismut nebo jen olovo.

Slitiny s cínem by měly mít, ve srovnání se standardními slitinami, obdobné nebo lepší vlastnosti pokud jde o mikrostrukturu, zpracovatelnost, mechanické vlastnosti, korozivzdornost a obrobitelnost. Vytváření vhodných třísek slitiny s cínem závisí, podobně jako u



slitin s olovem a bismutem, na vlivu inkluzí usnadňujících obrábění při mechanismu oddělování materiálu během řezného obrábění.

Dřívější výzkumy a objasnění mechanismu oddělování třísek byly založeny zejména na slitinách s olovem a bismutem. Obě složky tvořící měkčí fáze v tvrdším základu si zachovávají své chemické a metalografické vlastnosti. V místech diskontinuit jsou síly soudržnosti slabší a je tak usnadněno oddělování třísek v průběhu obrábění. Distribuce globulární fáze by měla být jemná a stejnosměrná. Současné přidávání menších množství dvou nebo více složek nerozpustných v hliníku má větší efekt, než přidávání jedné složky. Složky jsou přítomny v globulárních fázích v poměrech odpovídajících jejich analytickým průměrným hodnotám.

Na základě praktické zkušenosti je známo, že oddělování třísek je nejlepší při eutektickém obsahu složek nerozpustných v hliníku. Proto převládá názor, že vhodné oddělování třísek je výsledkem tavení těchto inkluzí při teplotách dosahovaných v průběhu zpracování materiálu při soustružení, vrtání atd.

Dokument DE-A 21 55 322 popisuje hliníkovou slitinu obsahující: 3,5 až 5,0 % Cu, 1,0 až 3,0 % Pb+Sn+Bi+Cd+Sb, 0,4 až 1,8 % Mg, 0,5 až 1,0 % Mn, a zbytek je hliník. Tento dokument nepopisuje žádný zvláštní příklad ani vlastnosti slitiny.

Dokument EP-A 0 964 070 nárokuje hliníkovou slitinu na bázi AlCuMg, obsahující 0,7 až 1,5 % Sn. Popisuje nicméně slitinu AlCuMg obsahující mezi jinými Sn+Bi jako podstatné složky. Jsou uvedeny dva příklady, a v obou je obsah Bi

0,19 % hmotn. Z textu na str. 2, řádek 55 je zřejmé, že k vsázce ve výrobě Al slitiny se přidává kovový Bi (čistota 99,9 % hmotn.). Přítomnost Bi při výrobě slitiny není nikterak volitelná. Zřejmě je pokládána za tak důležitou, že se záměrně přidává. Je možno shrnout, že tento dokument se týká slitiny, kde je Pb částečně nahrazeno Bi.

V žádném z výše uvedených dokumentů není popsáno ani z nich není zřejmé omezení obsahu Pb, Bi a Sn pro získání hliníkové slitiny vykazující vynikající obrobiteľnosť spolu s vysokou mechanickou pevností.

Podstata vynálezu

Předložený vynález se týká nové hliníkové slitiny určené k obrábění, která neobsahuje olovo jako složku slitiny, způsobu výrobu této slitiny a jejího použití. Předložená slitina vykazuje vynikající pevnostní vlastnosti, vynikající zpracovatelnost, vynikající obrobiteľnosť, korozivzdornost, menší spotřebu energie, a je neškodná pro životní prostředí při výrobě i užití.

Těchto vlastností a snížení výrobních nákladů je dosaženo prostřednictvím volby složek slitiny, způsobu tváření a termomechanického zpracování.

Předmětem vynálezu je hliníková slitina vhodná k obrábění, charakteristická tím, že obsahuje

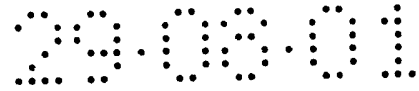
a) jako složky slitiny:

0,5 až 1,0 % hmotn. Mn,

0,4 až 1,8 % hmotn. Mg,

3,3 až 4,6 % hmotn. Cu,

0,4 až 1,9 % hmotn. Sn,



- 0 až 0,1 % hmotn. Cr,
0 až 0,2 % hmotn. Ti,
b) jako nečistoty:
až 0,8 % hmotn. Si,
až 0,7 % hmotn. Fe,
až 0,8 % hmotn. Zn,
až 0,1 % hmotn. Pb,
až 0,1 % hmotn. Bi,
až 0,3 % hmotn. ostatní,
c) jako zbytek do 100 % hmotn. hliník.

Výhodná slitina obsahuje 1,1 až 1,5 % hmotn. Sn.

Výhodná slitina obsahuje do 0,06 % hmotn. Pb.

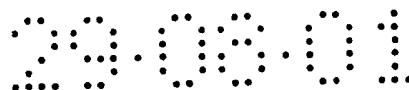
Výhodná slitina obsahuje do 0,05 % hmotn. Bi.

Dalším předmětem vynálezu je způsob tváření a tepelného zpracování výše uvedených slitin polokontinuálním litím, homogenizačním žiháním, ochlazením z homogenizační žihací teploty, a ohřevem na tvářecí teplotu pro průtlačné lisování, zahrnující nová a vynálezecká opatření spočívající v provádění nepřímého průtlačného lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakového kalení a přirozeného stárnutí.

Ve variantě výše popsaného způsobu se provádí nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení a umělé stárnutí při teplotě 130 až 190 °C po dobu 8 až 12 hodin.

V další variantě výše popsaného způsobu se provádí nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tváření za studena a tlakové kalení a přirozené stárnutí.

V další variantě výše popsaného způsobu se provádí



nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení, tváření za studena a umělé stárnutí při teplotě 130 až 190 °C po dobu 8 až 12 hodin.

V další variantě výše popsaného způsobu se provádí nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení, tahové vyrovnávání a přirozené stárnutí.

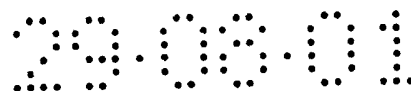
V další variantě výše popsaného způsobu se provádí nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení, tahové vyrovnávání a umělé stárnutí při teplotě 130 až 190 °C po dobu 8 až 12 hodin.

V další variantě výše popsaného způsobu se provádí nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení, tváření za studena, tahové vyrovnávání a přirozené stárnutí.

V další variantě výše popsaného způsobu se provádí nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení, tváření za studena, tahové vyrovnávání a umělé stárnutí při teplotě 130 až 190 °C po dobu 8 až 12 hodin.

Dalším předmětem vynálezu je výrobek získaný výše popsaným způsobem nebo některou jeho variantou, mající pevnost v tahu 293 až 487 N/mm², namáhání na mezi kluzu 211 až 464 N/mm², tvrdost HB 73 až 138, a protažení při přetržení 4,5 až 13 %.

Dalším předmětem vynálezu je výrobek získaný výše popsaným způsobem nebo některou jeho variantou, mající pevnost v tahu 291 až 532 N/mm², namáhání na mezi kluzu 230 až 520 N/mm², tvrdost HB 73 až 141, a protažení při přetržení 5,5 až 11,5 %.



Slitiny podle vynálezu se dělí do pěti skupin podle jejich obsahu cínu.

1. skupina: 0,40 až 0,70 % hmotn. Sn
2. skupina: 0,71 až 1,00 % hmotn. Sn
3. skupina: 1,01 až 1,30 % hmotn. Sn
4. skupina: 1,31 až 1,60 % hmotn. Sn
5. skupina: 1,61 až 1,90 % hmotn. Sn

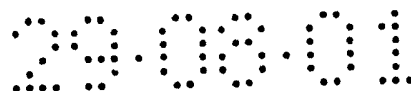
Slitiny je třeba dělit do pěti skupin podle jejich obsahu cínu z následujících důvodů:

Zvýšení obsah cínu při konstantním obsahu ostatních složek slitiny a nečistot zapříčiňuje snížení pevnosti po tepelném zpracování. Zvýšení obsahu cínu vede v průběhu řezání materiálu k příznivějším třískám.

Při konstantním obsahu složek slitiny a nečistot a za stejných podmínek lití, homogenizačního žíhání, zpracování průtlačným lisováním a tepelného zpracování, závisí mechanické vlastnosti a obrobitelnost polotovarů ze slitiny na obsahu cínu. Zvyšující se obsah cínu zlepšuje obrobitelnost pokud jde o oddělování třísek. Vyšší obsah cínu vede k menším třískám. Zvýšení obsahu cínu zapříčiňuje nižší pevnost v tahu a namáhání na mezi kluzu.

Řezné podmínky ovlivňují obrobitelnost slitin obsahujících cín. Při vyšších řezných rychlostech s nástrojem vytvořeným z karbidové tvrdokovové slitiny se získají třísky klasifikované jako příznivé i při menším obsahu cínu (< 1,2 % hmotn. Sn).

Slitiny s nižšími obsahy cínu mají horší třísky při nižších řezných rychlostech a dobré třísky při vyšších



řezných rychlostech.

Slitiny s vyššími obsahy cínu mají příznivé třísky při všech řezných rychlostech. Slitiny s vyššími obsahy cínu mají horší mechanické vlastnosti ve srovnání se slitinami s nižšími obsahy cínu.

Hranice obsahu cínu, která vede k příznivým nebo nepříznivým třískám a k lepším nebo horším mechanickým vlastnostem je 1,2 % hmotn. Sn.

Vynález zahrnuje nový způsob tváření a tepelného zpracování výše uvedených slitin s cínem. Polotovary vyrobené ze standardních slitin typu AlCuMgPb vhodných k řeznému obrábění, ve formě tyčí kruhového nebo šestiúhelníkového průřezu se zpravidla vyrábí následujícími způsoby:

Způsob 1 (T3)

Polokontinuální lití, homogenizační žíhání, ochlazení z homogenizační žíhací teploty, ohřev na tvářecí teplotu pro průtlačné lisování, průtlačné lisování, homogenizace (obvykle v solné lázni pro slitiny typu AA2xxx), kalení, tváření za studena tažením, přirozené stárnutí.

Způsob 2 (T4)

Polokontinuální lití, homogenizační žíhání, ochlazení z homogenizační žíhací teploty, ohřev na tvářecí teplotu pro průtlačné lisování, průtlačné lisování, homogenizace (obvykle v solné lázni pro slitiny typu AA2xxx), kalení, přirozené stárnutí.

Způsob 3 (T6)

Polokontinuální lití, homogenizační žihání, ochlazení z homogenizační žihací teploty, ohřev na tvářecí teplotu pro průtlačné lisování, průtlačné lisování, homogenizace (obvykle v solné lázni pro slitiny typu AA2xxx), kalení, umělé stárnutí.

Způsob 4 (T8)

Polokontinuální lití, homogenizační žihání, ochlazení z homogenizační žihací teploty, ohřev na tvářecí teplotu pro průtlačné lisování, průtlačné lisování, homogenizace (obvykle v solné lázni pro slitiny typu AA2xxx), kalení, tváření za studena tažením, umělé stárnutí.

Nový způsob výroby, tváření a termomechanického zpracování vynalezené slitiny typu AlCuMg s Sn se týká (1) změny tvářecích teplot, které jsou vyšší než v konvenčních způsobech, (2) zavedení nepřímého průtlačného lisování s vyššími rychlostmi protlačování, (3) tlakového kalení bezprostředně poté, co protlačované kusy opouštějí formu, (4) zvýšeného stupně tváření za studena v průběhu termomechanické úpravy, (5) optimálních teplot a časů umělého stárnutí, a (6) postupu pro dosažení stavu bez pnutí v protlačovaných a termomechanicky zpracovaných tyčích.

Zavedení nového způsobu tváření a termomechanického zpracování slitin má oproti konvenčním způsobům následující výhody.

Různými kombinacemi technologických postupů po průtlačném lisování slitiny je možné dosáhnout různých řízených mechanických vlastností polotovarů a technologických vlastností jako například obrobiteľnosti a kvality povrchu.

Vynalezené technologické postupy tváření a termomechanického zpracování vykazují následující výhody oproti polotovarům vyrobeným konvenčními postupy ze standardních slitin typu AlCuMgPb.

Rychlejší protlačování materiálu při nepřímém průtlačném lisování.

Tlakovým kalením je umožněno využití tvářecího tepla pro homogenizaci. Podle tohoto způsobu je možno upustit od zvláštní homogenizace, zpravidla prováděné v solné lázni. Proto je třeba méně energie a pracovního času. Je třeba zdůraznit, že tímto způsobem jsou vyřešeny také ekologické problémy spojené s použitím soli pro homogenizaci (slitiny typu AA2xxx, k nimž patří také konvenční slitina AlCuMgPb (AA2030) se vyrábějí postupem žihání odděleného roztoku).

Vlivem použití tlakového kalení mají slitiny hladký a lesklý povrch. Při konvenčních postupech se zvláštní homogenizací vzniká, v důsledku oxidace hořčíku na povrchu tyče účinkem koroze solí a mechanických poškození povrchů protlačované tyče při manipulaci v některých technologických operacích, tmavší povrch.

Spojením tváření za studena a stupně tváření za studena před přirozeným nebo umělým stárnutím je zvýšena pevnost. Mechanické vlastnosti (namáhání na mezi kluzu, pevnost v tahu) slitin podle vynálezu s cínem jsou nižší než vlastnosti konvenční slitiny AlCuMgPb (AA2030).

Tvářením za studena před přirozeným nebo umělým stárnutím je minimalizováno vnitřní pnutí.

Zavedením tváření před stárnutím protlačovaných tyčí je dosaženo polotovarů bez pnutí.

Vynález zahrnuje také následující technologické postupy při výrobě a tepelném zpracování nových slitin s cínem:

Způsob a

Polokontinuální lití ingotů. Homogenizační žíhání polokontinuálně odlitých ingotů po dobu 8 hodin při 490 °C. Ochlazení ingotů po homogenizaci na teplotu okolí při rychlosti chlazení 230 °C/h. Ohřev ingotů na tvářecí teplotu 380 °C. Nepřímé průtlačné lisování sochorů na tyče o průměru 12 až 127 mm. Vynález také zahrnuje chlazení protlačovacího nástroje -formy- kapalným dusíkem. Nástroj musí být chlazen kvůli vysokým tvářecím teplotám nezbytným pro úspěšnou homogenizaci v protlačovacím lisu. Kalení protlačovaných kusů po opuštění formy se provádí ve vodě. Maximální přípustná doba mezi tvářením a kalením materiálu je 30 sekund. Maximální přípustné ochlazení povrchu protlačovaných kusů před kalením je 10 °C. Přirozené stárnutí trvá 6 dní.

Způsob b

Polokontinuální lití ingotů. Homogenizační žíhání polokontinuálně odlitých ingotů po dobu 8 hodin při 490 °C. Ochlazení ingotů po homogenizaci na teplotu okolí při rychlosti chlazení 230 °C/h. Ohřev ingotů na tvářecí teplotu 380 °C. Nepřímé průtlačné lisování sochorů na tyče o průměru 12 až 127 mm. Vynález také zahrnuje chlazení protlačovacího nástroje -formy- kapalným dusíkem. Nástroj musí být chlazen kvůli vysokým tvářecím teplotám nezbytným pro úspěšnou homogenizaci v protlačovacím lisu. Kalení protlačovaných kusů po opuštění formy se provádí ve vodní vlně. Maximální přípustná doba mezi tvářením a kalením materiálu je 30 sekund. Maximální přípustné ochlazení povrchu protlačovaných kusů před kalením je 10 °C. Umělé stárnutí po dobu 8 až 12

hodin při teplotě 130 až 190 °C.

Způsob c

Polokontinuální lití ingotů. Homogenizační žíhání polokontinuálně odlitých ingotů po dobu 8 hodin při 490 °C. Ochlazení ingotů po homogenizaci na teplotu okolí při rychlosti chlazení 230 °C/h. Ohřev ingotů na tvářecí teplotu 380 °C. Nepřímé průtlačné lisování sochorů na tyče o průměru 12 až 127 mm. Vynález také zahrnuje chlazení protlačovacího nástroje -formy- kapalným dusíkem. Nástroj musí být chlazen kvůli vysokým tvářecím teplotám nezbytným pro úspěšnou homogenizaci v protlačovacím lisu. Kalení protlačovaných kusů po opuštění formy se provádí ve vodě. Maximální přípustná doba mezi tvářením a kalením materiálu je 30 sekund. Maximální přípustné ochlazení povrchu protlačovaných kusů před kalením je 10 °C. Protlačované zakalené tyče se protahují s mírou přetváření až 15 %. Přirozené stárnutí trvá 6 dní.

Způsob d

Polokontinuální lití ingotů. Homogenizační žíhání polokontinuálně odlitých ingotů po dobu 8 hodin při 490 °C. Ochlazení ingotů po homogenizaci na teplotu okolí při rychlosti chlazení 230 °C/h. Ohřev ingotů na tvářecí teplotu 380 °C. Nepřímé průtlačné lisování sochorů na tyče o průměru 12 až 127 mm. Vynález také zahrnuje chlazení protlačovacího nástroje -formy- kapalným dusíkem. Nástroj musí být chlazen kvůli vysokým tvářecím teplotám nezbytným pro úspěšnou homogenizaci v protlačovacím lisu. Kalení protlačovaných kusů po opuštění formy se provádí ve vodě. Maximální přípustná doba mezi tvářením a kalením materiálu je 30 sekund. Maximální přípustné ochlazení povrchu protlačovaných

kusů před kalením je 10 °C. Umělé stárnutí po dobu 8 až 12 hodin při teplotě 130 až 190 °C. Poslední technologickou fází je postup pro získání polotovaru bez pnutí ve formě tyčí.

Nové slitiny podle vynálezu také mohou být tepelně a termomechanicky zpracovány postupy zvláštního homogenizačního žíhání, které odpovídají postupům T3, T4, T6 a T8 podle klasifikace Aluminium Association (tyto způsoby označené e, f, g a h v tabulce 1 nejsou předmětem vynálezu).

Způsob i

Polokontinuální lití ingotů. Homogenizační žíhání polokontinuálně odlitých ingotů po dobu 8 hodin při 490 °C. Ochlazení ingotů po homogenizaci na teplotu okolí při rychlosti chlazení 230 °C/h. Ohřev ingotů na tvářecí teplotu 380 °C. Nepřímé průtlačné lisování sochorů na tyče o průměru 12 až 127 mm. Vynález také zahrnuje chlazení protlačovacího nástroje -formy- kapalným dusíkem. Nástroj musí být chlazen kvůli vysokým tvářecím teplotám nezbytným pro úspěšnou homogenizaci v protlačovacím lisu. Kalení protlačovaných kusů po opuštění formy se provádí ve vodě. Maximální přípustná doba mezi tvářením a kalením materiálu je 30 sekund. Maximální přípustné ochlazení povrchu protlačovaných kusů před kalením je 10 °C. Provádí se tahové vyrovnávání protlačovaných kusů pro získání stavu bez pnutí. Přirozené stárnutí trvá 6 dní.

Způsob j

Polokontinuální lití ingotů. Homogenizační žíhání polokontinuálně odlitých ingotů po dobu 8 hodin při 490 °C. Ochlazení ingotů po homogenizaci na teplotu okolí. Ohřev

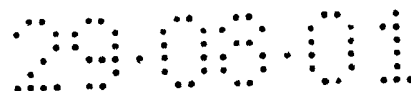
ingotů na tvářecí teplotu 380 °C. Nepřímé průtlačné lisování sochorů na tyče o průměru 12 až 127 mm. Vynález také zahrnuje chlazení protlačovacího nástroje -formy- kapalným dusíkem. Nástroj musí být chlazen kvůli vysokým tvářecím teplotám nezbytným pro úspěšnou homogenizaci v protlačovacím lisu. Kalení protlačovaných kusů po opuštění formy se provádí ve vodě. Maximální přípustná doba mezi tvářením a kalením materiálu je 30 sekund. Maximální přípustné ochlazení povrchu protlačovaných kusů před kalením je 10 °C. Provádí se tahové vyrovnávání protlačovaných kusů pro získání stavu bez pnutí. Umělé stárnutí po dobu 8 až 12 hodin při teplotě 130 až 190 °C.

Způsob k

Polokontinuální lití ingotů. Homogenizační žíhání polokontinuálně odlitých ingotů po dobu 8 hodin při 490 °C. Ochlazení ingotů po homogenizaci na teplotu okolí při rychlosti chlazení 230 °C/h. Ohřev ingotů na tvářecí teplotu 380 °C. Nepřímé průtlačné lisování sochorů na tyče o průměru 12 až 127 mm. Vynález také zahrnuje chlazení protlačovacího nástroje -formy- kapalným dusíkem. Nástroj musí být chlazen kvůli vysokým tvářecím teplotám nezbytným pro úspěšnou homogenizaci v protlačovacím lisu. Kalení protlačovaných kusů po opuštění formy se provádí ve vodě. Maximální přípustná doba mezi tvářením a kalením materiálu je 30 sekund. Maximální přípustné ochlazení povrchu protlačovaných kusů před kalením je 10 °C. Protlačované zakalené tyče se protahují s mírou přetváření až 15 %. Provádí se tahové vyrovnávání protlačovaných kusů pro získání stavu bez pnutí. Přirozené stárnutí trvá 6 dní.

Způsob l

Polokontinuální lití ingotů. Homogenizační žíhání polokontinuálně odlitých ingotů po dobu 8 hodin při 490 °C. Ochlazení ingotů po homogenizaci na teplotu okolí. Ohřev ingotů na tvářecí teplotu 380 °C. Nepřímé průtlačné lisování sochorů na tyče o průměru 12 až 127 mm. Vynález také zahrnuje chlazení protlačovacího nástroje -formy- kapalným dusíkem. Nástroj musí být chlazen kvůli vysokým tvářecím teplotám nezbytným pro úspěšnou homogenizaci v protlačovacím lisu. Kalení protlačovaných kusů po opuštění formy se provádí ve vodě. Maximální přípustná doba mezi tvářením a kalením materiálu je 30 sekund. Maximální přípustné ochlazení povrchu protlačovaných kusů před kalením je 10 °C. Protlačované zakalené tyče se protahují s mírou přetváření až 15 %. Provádí se tahové vyrovnávání protlačovaných kusů pro získání stavu bez pnutí. Umělé stárnutí po dobu 8 až 12 hodin při teplotě 130 až 190 °C.



Tabulka 1: Druhy technologií pro výrobu a tepelné zpracování slitin vhodných pro řezné obrábění typu AlCuMgSn podle hlavních technologických fází

Způsob	Protlačování /teplota (°C)	Druh kalení	Tváření	Stárnutí/teplota (°C)/doba (h)
a	protlač./380	tlakové kalení		přirozené stárnutí
b	protlač./380	tlakové kalení	-	umělé stárnutí/ 130-190 °C/ 8-12 h
c	protlač./380	tlakové kalení	za studena	přirozené stárnutí
d	protlač./380	tlakové kalení	za studena	umělé stárnutí/ 130-190 °C/ 8-12 h
e*	protlač./350	solná lázeň		přirozené stárnutí
f*	protlač./350	solná lázeň		umělé stárnutí/ 130-190 °C/ 8-12 h
g*	protlač./350	solná lázeň	za studena	přirozené stárnutí
h*	protlač./350	solná lázeň	za studena	umělé stárnutí/ 130-190 °C/ 8-12 h
i	protlač./380	tlakové kalení	tahové vyrovnání	přirozené stárnutí
j	protlač./380	tlakové kalení	tahové vyrovnání	umělé stárnutí/ 130-190 °C/ 8-12 h
k	protlač./380	tlakové kalení	za studena a vyrovnání	přirozené stárnutí
l	protlač./380	tlakové kalení	za studena a vyrovnání	umělé stárnutí/ 130-190 °C/ 8-12 h

* způsoby e, f, g, h nejsou předmětem vynálezu

- a: protlačovaná ($T_{\max}=380$ °C), tlakově kalená, přirozeně stárnutá
- b: protlačovaná ($T_{\max}=380$ °C), tlakově kalená, uměle stárnutá ($T=130$ až 190 °C, $t=8$ až 12 hodin)
- c: protlačovaná ($T_{\max}=380$ °C), tlakově kalená, tvářená za studena, přirozeně stárnutá
- d: protlačovaná ($T_{\max}=380$ °C), tlakově kalená, tvářená za studena, uměle stárnutá ($T=130$ až 190 °C, $t=8$ až 12 hodin)
- e: protlačovaná ($T_{\max}=350$ °C), kalená v solné lázni, přirozeně stárnutá
- f: protlačovaná ($T_{\max}=350$ °C), kalená v solné lázni, uměle stárnutá ($T=130$ až 190 °C, $t=8$ až 12 hodin)
- g: protlačovaná ($T_{\max}=350$ °C), kalená v solné lázni, přirozeně stárnutá
- h: protlačovaná ($T_{\max}=350$ °C), kalená v solné lázni, uměle stárnutá ($T=130$ až 190 °C, $t=8$ až 12 hodin)
- i: protlačovaná ($T_{\max}=380$ °C), tlakově kalená, tahově vyrovnaná, přirozeně stárnutá
- j: protlačovaná ($T_{\max}=380$ °C), tlakově kalená, tahově vyrovnaná, uměle stárnutá ($T=130$ až 190 °C, $t=8$ až 12 hodin)
- k: protlačovaná ($T_{\max}=380$ °C), tlakově kalená, tvářená za studena, tahově vyrovnaná, přirozeně stárnutá
- l: protlačovaná ($T_{\max}=380$ °C), tlakově kalená, tvářená za studena, tahově vyrovnaná, uměle stárnutá ($T=130$ až 190 °C, $t=8$ až 12 hodin).

Příklady provedení

Vynález bude dále objasněn na konkrétních příkladech.

Zkušební slitiny se složeními uvedenými v tabulce 2 byly polokontinuálně odlity do ingotů o průměru \varnothing 288 mm, které byly homogenizačně žíhány po dobu 8 hodin při teplotě 490 ± 5 °C, ochlazeny na teplotu okolí rychlostí chlazení 230 °C/h, nařezány na sochořy soustružené na průměr \varnothing 275 mm, zahřáty na pracovní teplotu 380 °C (způsoby a,b,c,d a i,j,k,l) nebo 350 °C (způsoby e,f,g,h), lisovány protlačováním na tyče o průměru 26,1 mm a tepelně a termomechanicky zpracovány způsoby popsány jako způsob a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k a l.

Tabulka 2: Chemické složení zkušebních slitin (v % hmotn.)

Označení	Si	Fe	Mn	Mg	Cu
K1	0,131	0,299	0,613	0,775	4,12
K2	0,156	0,209	0,532	0,764	4,30
K3	0,124	0,150	0,600	0,695	4,02
K4	0,132	0,185	0,645	0,790	4,28
K5	0,099	0,187	0,578	0,721	4,05
K6	0,108	0,189	0,592	0,752	4,19
K7	0,128	0,201	0,598	0,704	4,21
K8	0,13	0,213	0,595	0,688	4,24
K9	0,13	0,213	0,600	0,676	4,23

Označ.	Zn	Ti	Pb	Sn	Bi	Al
K1*	0,0670	0,0109	0,9260	0,00	0,0214	zbytek
K2*	0,0150	0,0110	0,0600	0,49	0,0380	zbytek
K3*	0,0140	0,0050	0,0280	0,91	0,0380	zbytek
K4*	0,0140	0,0050	0,0220	1,38	0,0180	zbytek
K5*	0,0891	0,0088	0,0913	0,90	0,0634	zbytek
K6*	0,0701	0,0099	0,0731	1,26	0,0461	zbytek
K7*	0,0338	0,0122	0,0534	1,47	0,0343	zbytek
K8*	0,0619	0,0137	0,054	1,63	0,0213	zbytek
K9*	0,0649	0,0124	0,0567	1,75	0,0232	zbytek

* 0,0020-0,0070 % hmotn. Cr, 0,0003-0,0011 % hmotn. Zr,
0,0006-0,003 % hmotn. Ni, 0,0006-0,003 % hmotn. V

Mechanické vlastnosti zkušebních slitin typu AlCuMgSn a standardní slitiny AlCuMgPb pro různé způsoby tepelného a termomechemického zpracování jsou uvedeny v tabulkách 3 až 6.

Tabulka 3: Pevnost v tahu R_m (N/mm²) zkušebních slitin v závislosti na obsahu cínu a způsobu výroby*

Způsob	K1**	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
% Sn		0,49	0,91	1,38	0,90	1,13	1,47	1,63	1,75
a	475	473	431	312	364	347	325	305	323
b	429	409	367	333	365	344	341	312	333
c	523	487	402	360	356	324	325	293	313
d	467	447	429	388	398	379	362	332	349
e	495				428	395	370		
f	463				371	362	349		
g	512				419	382	350		
h	466				369	371	352		
i	504	468	452	419	364	316	321	339	314
j	440	420	381	345	349	326	327	310	291
k	419	532	444		364	334	351		
l	470	449	434	398	377	354	363		

Tabulka 4: Namáhání na mezi kluzu $\bar{R}_{p0,2}$ (N/mm²) zkušebních slitin v závislosti na obsahu cínu a způsobu výroby*

Způsob	K1**	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
% Sn		0,49	0,91	1,38	0,90	1,13	1,47	1,63	1,75
a	349	336	313	164	330	311	300	281	298
b	361	323	307	235	268	238	235	211	231
c	513	464	384	354	263	244	276	213	233
d	443	412	400	357	338	320	306	294	286
e	394	-			346	297	275	-	
f	361				287	274	271		
g	440				329	274	241		
h	419				287	308	283		
i	417	377	368	336	275	230	231	256	243
j	396	374	326	289	264	234	242	249	226
k	336	520	419		329	314	323		
l	455	438	401	374	361	332	344		

Tabulka 5: Tvrdość HB zkušebních slitin v závislosti na obsahu cínu a způsobu výroby*

Způsob	K1**	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
% Sn		0,49	0,91	1,38	0,90	1,13	1,47	1,63	1,75
a	117	112	102	73	95	95	92	87	88
b	114	107	102	95	88	80	80	78	80
c	114	138	120	102	89	77	78	73	76
d	130	130	123	114	106	100	95	89	88
e	117				104	102	99		
f	112				95	91	77		
g	114				89	87	85		
h	104				85	90	99		
i	123	109	96	91	91	83	82	89	82
j	117	114	109	93	82	76	73	87	87
k	104	141	120						
l	127	127	123	109					

Tabulka 6: Protážení při přetržení (%) zkušebních slitin v závislosti na obsahu cínu a způsobu výroby*

Způsob	K1**	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
% Sn		0,49	0,91	1,38	0,90	1,13	1,47	1,63	1,75
a	12,5	11,0	10,5	11,0	7,0	6,5	6,0	7,5	8,0
b	9,0	8,5	9,0	10,0	12,5	13,0	13,0	12,5	12,0
c	5,5	6,0	4,5	5,0	10,5	9,5	10,5	12,0	10,0
d	7,0	7,5	7,0	7,0	9,5	9,5	9,5	10,0	10,0
e	9,0				8,5	9,5	10,5		
f	10,5				10,5	10,5	10,5		
g	9,5				12,5	10,0	10,0		
h	9,5				10,0	9,0	9,0		
i	10,0	11,0	10,0	11,5	9,0	9,0	9,0	9,5	9,5
j	9,0	10,0	9,0	10,0	10,5	10,5	10,5	9,5	9,5
k	11,5	6,0	8,0		5,5	5,5	7,5		
l	8	8,0	8,0	7,5	6,0	8,0	7,5		

* Slitiny K1,K2,K3,K4 byly ve způsobech b,d,f,h,j,l ponechány ke stárnutí po dobu 8 hodin při teplotě 190 °C. Slitiny K5,K6,K7,K8,K9 byly ve způsobech b,d,f,h,j,l ponechány ke stárnutí po dobu 8 hodin při teplotě 160 °C. Ostatní podmínky tepelného zpracování jsou uvedeny v tabulce 1.

** Slitina označená K1 je referenční slitina s 0,926 % hmotn. Pb.

V tabulce 7 jsou popsány tvary a velikosti třísek pro referenční slitinu AlCuMgPb a pro novou slitinu AlCuMgSn, která je předmětem vynálezu, pro různé techniky tepelného a termomechanického zpracování při různých řezných rychlostech a materiálech použitých pro nástroje.

Tabulka 7: Klasifikace třísek*** z nové slitiny typu AlCuMgSn, která je předmětem vynálezu, a z referenční slitiny AlCuMgPb při řezných rychlostech 160 m/min (nástroj z rychlořezné oceli) a 400 m/min (nástroj z karbidové tvrdokovové slitiny) v závislosti na druhu tepelného a termomechanického zpracování slitin*

Slitina	$v_c=160$ m/min (rychlořezná ocel)				$v_c=400$ m/min (karbidová tvrdokovová slitina)			
	a	b	c	d	a	b	c	d
K1**	A	A	A	B	A	A	A	B
K2		C	C			B	B	
K3	C/B	C	C	C	B	B	B	B
K4		A	A			A	A	
K5	B	B	B	B	B	B	B	B
K6	A	A	A	A	A	A	A	A

* Poznámka 1: Slitiny K1,K2,K3,K4 byly ve způsobech b,d ponechány ke stárnutí po dobu 8 hodin při teplotě 190 °C. Slitiny K5,K6 byly ve způsobech b,d ponechány ke stárnutí po dobu 8 hodin při teplotě 160 °C. Ostatní podmínky tepelného zpracování jsou uvedeny v tabulce 1.

** Poznámka 2: Slitina označená K1 je referenční slitina s 0,926 % hmotn. Pb.

*** Poznámka 3: Klasifikace třísek podle kvality zahrnuje velikost a tvar třísek. Třísky se klasifikují na příznivé (A), uspokojivé (B) a nepříznivé (C).

Nepříznivé třísky: pásky, ohýbané třísky, ploché spirály

Uspokojivé třísky: kosé spirály, dlouhé válcové spirály

Příznivé třísky: krátké válcové spirály, krátké spirály, spirálové švitky, spirálové plátky, jemné plátky.

Referenční slitina K1 má příznivé třísky (A). Slitiny s méně než 0,9 % hmotn. Sn mají neuspokojivé (C) až uspokojivé (B) třísky ve všech fázích, v závislosti na řezné rychlosti.

Slitiny s více než 1,13 % hmotn. Sn mají uspokojivé (B) až příznivé (A) třísky v závislosti na řezné rychlosti. Slitiny s více než 1,38 % hmotn. Sn mají příznivé třísky (A) při všech testovacích podmínkách.

Dalšími kritérii obrobitelnosti jsou drsnost soustruženého povrchu. Za stejných podmínek řezného obrábění a termomechemického zpracování nejsou podstatné rozdíly v drsnosti povrchu mezi předloženou slitinou AlCuMgSn (více než 1 % hmotn. Sn) a referenční standardní slitinou AlCuMgPb.

Slitiny s obsahem cínu v rozmezí 1,1 až 1,5 % hmotn. Sn jsou výhodné, neboť mají optimální kombinaci mechanických vlastností a obrobitelnosti.

Mikrostruktura slitin: V předložených litých slitinách AlCuMgSn je cín ve formě sférických nebo mnohoúhelníkových inkluzí distribuován v hranicích krystalových zrn. Četnost inkluzí cínu narůstá s obsahem cínu. Velikost těchto inkluzí je od několika μm do 10 μm . S intermetalickými sloučeninami na bázi složek slitiny a nečistot tvoří inkluze cínu sítě kolem krystalových zrn. Po zpracování průtlačným lisováním se tyto sítě rozbíjejí a inkluze na bázi cínu se protahují ve směru deformace.

Inkluze na bázi cínu nejsou, pokud jde o jejich složení a distribuci, homogenní. Vedle cínu zahrnují také složky slitiny hliník, hořčík a měď, jakož i složky nečistot olovo a bismut. Jejich obsah v inkluzích je 1 až 20 % hmotn.

Distribuce hořčíku ve slitině je velmi důležitá. Hořčík se spojuje s cínem podle binárního fázového diagramu Mg-Sn do intermetalické sloučeniny Mg_2Sn . Vytváření této

sloučeniny je nežádoucí, neboť vázaný hořčík se neúčastní procesu vytvrzování stárnutím, což má za následek nižší pevnost. V předložených složeních slitin je přítomen menší obsah hořčíku v inkluzích cínu ve slitinách s obsahem do 1,00 % hmotn. Sn. Tento obsah hořčíku neodpovídá stechiometrickému poměru Mg:Sn intermetalické sloučeniny Mg_2Sn .

Slitiny vyrobené způsobem s tlakovým kalením vykazují po ukončení tepelného a termomechanického zpracování vláknitá protažená krystalová zrna ve směru deformace.

Korozní vlastnosti: Předložené zkušební slitiny typu AlCuMgMn s Sn vykazují ve srovnání se standardní slitinou AlCuMgMn s Pb podobnou nebo lepší odolnost proti napěťové korozi.

29.08.01

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Hliníková slitina vhodná k obrábění, **vyznačující se tím**, že obsahuje

a) jako složky slitiny:

0,5 až 1,0 % hmotn. Mn,

0,4 až 1,8 % hmotn. Mg,

3,3 až 4,6 % hmotn. Cu,

0,4 až 1,9 % hmotn. Sn,

0 až 0,1 % hmotn. Cr,

0 až 0,2 % hmotn. Ti,

b) jako nečistoty:

až 0,8 % hmotn. Si,

až 0,7 % hmotn. Fe,

až 0,8 % hmotn. Zn,

až 0,1 % hmotn. Pb,

až 0,1 % hmotn. Bi,

až 0,3 % hmotn. ostatní,

c) jako zbytek do 100 % hmotn. hliník.

2. Slitina podle nároku 1, obsahující 1,1 až 1,5 % hmotn. Sn.

3. Slitina podle nároku 1, obsahující až 0,06 % hmotn. Pb.

4. Slitina podle nároku 1, obsahující až 0,05 % hmotn. Bi.

5. Způsob tváření a tepelného zpracování slitiny

podle některého z nároků 1 až 4 polokontinuálním litím, homogenizačním žiháním, ochlazením z homogenizační žihací teploty, a ohřevem na tvářecí teplotu pro průtlačné lisování, zahrnující nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení a přirozené stárnutí.

6. Způsob tváření a tepelného zpracování slitiny podle některého z nároků 1 až 4 polokontinuálním litím, homogenizačním žiháním, ochlazením z homogenizační žihací teploty, a ohřevem na tvářecí teplotu pro průtlačné lisování, zahrnující nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení a umělé stárnutí při teplotě 130 až 190 °C po dobu 8 až 12 hodin.

7. Způsob tváření a tepelného zpracování slitin podle některého z nároků 1 až 4 polokontinuálním litím, homogenizačním žiháním, ochlazením z homogenizační žihací teploty, a ohřevem na tvářecí teplotu pro průtlačné lisování, zahrnující nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení, tváření za studena a přirozené stárnutí.

8. Způsob tváření a tepelného zpracování slitin podle některého z nároků 1 až 4 polokontinuálním litím, homogenizačním žiháním, ochlazením z homogenizační žihací teploty, a ohřevem na tvářecí teplotu pro průtlačné lisování, zahrnující nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení, tváření za studena a umělé stárnutí při teplotě 130 až 190 °C po dobu 8 až 12 hodin.

9. Způsob tváření a tepelného zpracování slitin podle

některého z nároků 1 až 4 polokontinuálním litím, homogenizačním žiháním, ochlazením z homogenizační žihací teploty, a ohřevem na tvářecí teplotu pro průtlačné lisování, zahrnující nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení, tahové vyrovnávání a přirozené stárnutí.

10. Způsob tváření a tepelného zpracování slitin podle některého z nároků 1 až 4 polokontinuálním litím, homogenizačním žiháním, ochlazením z homogenizační žihací teploty, a ohřevem na tvářecí teplotu pro průtlačné lisování, zahrnující nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení, tahové vyrovnávání a umělé stárnutí při teplotě 130 až 190 °C po dobu 8 až 12 hodin.

11. Způsob tváření a tepelného zpracování slitin podle některého z nároků 1 až 4 polokontinuálním litím, homogenizačním žiháním, ochlazením z homogenizační žihací teploty, a ohřevem na tvářecí teplotu pro průtlačné lisování, zahrnující nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení, tváření za studena, tahové vyrovnávání a přirozené stárnutí.

12. Způsob tváření a tepelného zpracování slitin podle některého z nároků 1 až 4 polokontinuálním litím, homogenizačním žiháním, ochlazením z homogenizační žihací teploty, a ohřevem na tvářecí teplotu pro průtlačné lisování, zahrnující nepřímé průtlačné lisování při maximální teplotě 380 °C, tlakové kalení, tahové vyrovnávání a umělé stárnutí.

13. Výrobek získaný způsobem podle některého z nároků

5 až 8, mající pevnost v tahu 293 až 487 N/mm², namáhání na mezi kluzu 211 až 464 N/mm², tvrdost HB 73 až 138, a protažení při přetržení 4,5 až 13 %.

14. Výrobek získaný způsobem podle některého z nároků 9 až 12, mající pevnost v tahu 291 až 532 N/mm², namáhání na mezi kluzu 230 až 520 N/mm², tvrdost HB 73 až 141, a protažení při přetržení 5,5 až 11,5 %.