

POG00546

40119

K i v o n a t

KÖZZÉTÉTELI PÉLDÁNY

Forgácsolható alumínium ötvözet, az ötvözet előállítása és felhasználása

Bejelentő: ~~IMPOL, INDUSTRIJA METALNIH POLIZDELKOV, D.D, Szlovénia~~

A bejelentés napja:

Képviselő: ~~EMRI-PATENT Kft., Debrecen~~

A találmány tárgya forgácsolható alumínium ötvözet, amely nem tartalmaz ólmot ötvöző elemként, s amely a következő anyagokat tartalmazza:

- a) ötvöző elemek: 0,5-1,0 tömeg% Mn, 0,4-1,8 tömeg% Mg, 3,3-4,6 tömeg% Cu, 0,4-1,9 tömeg% Sn, 0,0-0,1 tömeg% Cr, 0,0-0,2 tömeg% Ti,
- b) szennyezőanyagok: legfeljebb 0,8 tömeg% Si, legfeljebb 0,7 tömeg% Fe, legfeljebb 0,8 tömeg% Zn, legfeljebb 0,1 tömeg% Pb, legfeljebb 0,1 tömeg% Bi, legfeljebb 0,3 tömeg% egyéb anyag,
- c) a fennmaradó rész alumínium.

Az ötvözet kiváló szilárdsági tulajdonságokat mutat, kiválóan megmunkálható, kiválóan forgácsolható, nem korrodeál, kisebb energia felhasználással készül, és se gyártása, se használata során nem okoz kárt a környezetben.

Jell. ábra: ϕ
Drb

P0600546

40118

A1

KÖZZÉTÉTELI PÉLDÁNY

Forgácsolható alumínium ötvözet, az ötvözet előállítása és felhasználása

A találmány tárgya olyan forgácsolható alumínium ötvözet, amely nem tartalmaz ólmot, mint ötvöző elemet, az ólom csak mint szennyeződés fordul elő benne. A találmány tárgya továbbá az ilyen ötvözet előállítási eljárása és felhasználása. Az ötvözet kiváló szilárdsági tulajdonságot mutat, kiválóan megmunkálható, kiválóan forgácsolható, nem korrodeál, kisebb energia felhasználással készül, és se gyártása, se használata során nem okoz kárt a környezetben. A jelen ötvözet valószínűleg előnyösen helyettesítheti az AlCuMgPb(AA2030) ötvözet csoportot.

A forgácsolható alumínium ötvözeteket standard hőkezelhető ötvözetekből fejlesztették ki úgy, hogy további elemek hozzáadásával a mátrixon belül puhább fázisokat alakítottak ki. Ezek a fázisok javítják a gépi megmunkálhatóságot azáltal, hogy a vágáskor a vágási felszínek simábbak lesznek, kisebb erőbefektetéssel vághatók, kevésbé veszik igénybe a szerszámokat és különösen azáltal, hogy a darabok letörése könnyebb lesz.

Ezeket a fázisokat alumíniumban nem oldódó és azzal intermetallikus vegyületeket nem alkotó, alacsony olvadáspontú ötvöző elemek alkotják. Ilyen tulajdonsággal rendelkező elemek az ólom, bizmut, ón, kadmium, indium, és néhány más elem, amelyeknek gyakorlati alkalmazása nincs. A fent említett elemek egyenként vagy együttesen kicsapódnak a szilárdulási folyamat során, néhány mikrométertől néhány tíz mikrométer nagyságú gömb alakú zárványok formájában.

A legfontosabb forgácsolható alumínium ötvözetek a következők:

Al-Cu 0,2-0,6 tömeg% Pb-mal és 0,2-0,6 tömeg% Bi-tal (AA2011), Al-Cu-Mg 0,8-1,5 tömeg% Pb-mal és max. 0,2 tömeg% Bi-tal (AA2030), Al-Mg-Si 0,4-0,7 tömeg% Pb-mal és 0,4-0,7 tömeg% Bi-tal (AA6262).

Ezekben az ötvözetekben a zárványok, amelyek a könnyebb megmunkálhatóságot lehetővé teszik, főleg bizmutból és ólomból állnak. Manapság az ólmot előszeretettel cserélik le más elemekre, mert veszélyes az emberi szervezetre, és a környezetre. Helyette ónt és részben indiumot használnak leggyakrabban. Az a lehetőség, hogy ónt használjanak forgácsolható alumínium ötvözetekben már régóta ismert. Az ón az első elemek között volt, amelyet max. 2 tömeg%-ban forgácsolható alumínium ötvözetekhez adtak. Gyakorlati felhasználása nagyobb léptékben sosem valósult meg mivel a korrózióval szemben kevésbé ellenálló, nehezebben alakítható és drágább. Mostanában az ónt, az ólmot és a bizmutot standard formában, vagy csak ólmot tartalmazó ötvözetek csoportjaihoz adnak, leginkább az Al-Mg-Si (AA6xxx sorozat) és az Al-Cu (AA2xxxx sorozat) ötvözetekhez.

Az ónt tartalmazó ötvözeteknek hasonló vagy jobb tulajdonságúaknak kellene lenniük mikrostruktúrájukat, alakíthatóságukat, korrózió elleni ellenállásukat és gépi megmunkálhatóságukat tekintve, mint a standard ötvözeteknek. A megfelelő darabok kialakítása az ónt tartalmazó ötvözetből - hasonlóan az ólmot és bizmutot tartalmazó ötvözetekhez - függ a zárványok könnyebb vághatóság kialakítására gyakorolt hatásától azáltal, hogy lehetővé teszik az anyag törését a vágás folyamán.

A forgácsolás mechanizmusának korábbi vizsgálata és magyarázata főképpen az ólom és bizmut tartalmú ötvözeteken alapul. Mindkét elem puhább fázist alakít ki egy keményebb alapon, megőrizve kémiai és metallográfiai jellemzőiket. A zárványok határainál az összetartó erők gyengébbek, és ez elősegíti a törést a gépi megmunkálásnál. A zárványoknak finom és egyenletes eloszlásúaknak kell lenniük. Két vagy több elemnek, amely alumíniumban nem oldódik, kis mennyiségű, egyidejű hozzáadása nagyobb hatással van a megmunkálhatóságra, mint egyetlen elem hozzáadása. Az elemek jelenléte a globulit fázisban, arányaiban megegyezik az analitikai átlagukkal.

Gyakorlati tapasztalatokból ismert, hogy legjobb a forgácsolhatóság az alumíniumban oldhatatlan elemek eutektikus összetételében. Így az érvényes nézet szerint a megfelelő forgácsolhatóság a fent említett zárványok megolvadásának eredménye azon a hőmérsékleten, amelyet elérnek a megmunkálás során a fűrésznél, hajlításnál stb.

A 21 55 322 számú német szabadalmi leírás egy olyan alumínium ötvözetet ismertet, ami: 3,5-5,0% Cu-t, 1,0-3,0% Pb+Sn+Bi+Cd+Sb-t, 0,4-1,8% Mg-t, 0,5-1,0% Mn-t tartalmaz, és a maradék alumínium. A dokumentum nem ismertet részletes példát, sem az ötvözet tulajdonságait.

Az 964 070 számú európai szabadalmi leírás egy AlCuMg alapú 0,7-1,5% Sn tartalmú alumínium ötvözetet véd. Továbbá leírja, hogy az AlCuMg ötvözet *inter alia* Sn-Bi-t tartalmaz, mint szerkezeti elemet. Két példát ismertet, mind a kettőben a Bi tartalom 0,19 tömeg%. A 2. oldal 55. sorából kitűnik, hogy az Al ötvözet előállítása úgy történik,

hogy a gyártási tételhez fémes Bi-ot (99,9 tömeg% tisztaságú) adnak. A Bi jelenléte az ötvözet készítésekor semmilyen értelemben nem kötelező. Nyilvánvalóan úgy vélték, hogy fontos a kitűzött cél eléréséhez. Valószínű, hogy a dokumentum egy olyan ötvözzel foglalkozik, amelyben a Pb egy részét Bi-tal helyettesítették.

Az előzőekben megemlített egyik dokumentum szerint sem nyilvánvaló, hogy az Pb, Bi, Sn tartalom korlátozása egy kiválóan megmunkálható és emellett nagy mechanikai erősséggel rendelkező alumínium ötvözetet eredményez.

A találmány olyan új, forgácsoláshoz használt alumínium ötvözetre vonatkozik, amely nem tartalmaz ólmot, mint ötvöző elemet, az csak, mint szennyeződés fordul elő benne, továbbá magában foglalja az ötvözet előállítási eljárását és az ötvözet felhasználását. Az ötvözet kiváló szilárdsági tulajdonságot mutat, kiválóan megmunkálható, kiválóan forgácsolható, nem korrodeál, kisebb energia felhasználással készül, és se gyártása, se használata során nem okoz környezetszennyezést.

Ezek a tulajdonságok és az előállítás költségeinek csökkentése az ötvöző elemek, munkafolyamatok és a termomechanikai kezelések optimális kiválasztásával valósulnak meg.

A találmány tárgya egy forgácsolható alumínium ötvözet, amelynek jellemzője, hogy a következő anyagokat tartalmazza:

a) ötvöző elemek:

0,5 – 1,0 tömeg% Mn,

0,4 – 1,8 tömeg% Mg,

3,3 – 4,6 tömeg% Cu,

0,4 – 1,9 tömeg% Sn,

0,0 – 0,1 tömeg% Cr,

0,0 – 0,2 tömeg% Ti,

- b) szennyeződések:
legfeljebb 0,8 tömeg% Si,
legfeljebb 0,7 tömeg% Fe,
legfeljebb 0,8 tömeg% Zn,
legfeljebb 0,1 tömeg% Pb,
legfeljebb 0,1 tömeg% Bi,
legfeljebb 0,3 tömeg% egyéb anyag
- c) a maradék, max. 100 tömeg% alumínium.

Előnyösen az ötvözet 1,1-1,5 tömeg% Sn-t tartalmaz.

Előnyösen az ötvözet legfeljebb 0,06 tömeg% Pb-t tartalmaz.

Előnyösen az ötvözet legfeljebb 0,05 tömeg% Sn-t tartalmaz.

További tárgya a találmánynak a megmunkálási eljárás és a fenti ötvözetek hőkezelése, ami félfolyamatos öntéssel, homogenizáló hőkezeléssel, hűtéssel a homogenizáló hőkezelés hőmérsékletéről, a sajtolási munkahőmérsékletre való felmelegítéssel történik, és magában foglal új és inventív eljárási lépéseket, egy indirekt sajtolást maximum 380°C-on, nyomással történő edzést és a természetes öregítést.

A fenti folyamat egy variációja szerint indirekt sajtolást maximum 380°C-on, edzést nyomással, és mesterséges öregítést 8-12 órán keresztül 130 és 190°C közötti hőmérsékleten végeznek.

Egy további változat szerint indirekt sajtolást maximum 380°C-on, edzést nyomással, hidegen megmunkálást és természetes öregítést hajtanak végre.

Egy további változat szerint indirekt sajtolást maximum 380°C-on, edzést nyomással, hidegen megmunkálást és mesterséges öregítést 8-12 órán keresztül 130 és 190°C közötti hőmérsékleten hajtanak végre.

Egy további változat szerint indirekt sajtolást maximum 380°C-on, edzést nyomással, egyengető sajtolást, és természetes öregítést hajtanak végre.

Egy további változat szerint indirekt sajtolást maximum 380°C-on, edzést nyomással, egyengető sajtolást, és 8 -12 órán keresztül mesterséges öregítést 130 és 190°C közötti hőmérsékleten hajtanak végre.

Egy további változat szerint indirekt sajtolást maximum 380°C-on, sajtoló edzést, hidegen megmunkálást, egyengető sajtolást, és természetes öregítést hajtanak végre.

Egy további változat szerint indirekt sajtolást maximum 380°C-on, sajtoló edzést, hidegen megmunkálást egyengető sajtolást, és 8-12 órán keresztül mesterséges öregítést 130 és 190°C közötti hőmérsékleten hajtanak végre.

A találmány további tárgya a termék, amelyet a fenti eljárások egyikével vagy azok egy variánsával nyertek, és amelynek szakító szilárdsága 293-487 N/mm², folyási feszültsége 211-464 N/mm², eléri a 73-138 HB keménységet, és szakítási nyúlása 4,5-13%.

A találmány tárgya továbbá az a termék, amelyet a fenti eljárások egyikével vagy azok egy variánsával nyertek, és amelynek szakító szilárdsága 291-532 N/mm², folyási feszültsége 230-520 N/mm², 73-141 HB keménységű és szakítási nyúlása 5,5 – 11,5%.

A találmány szerinti ötvözetek óntartalmuk szerint öt csoportba oszthatók:

1. csoport: 0,40-0,70 tömeg% Sn
2. csoport: 0,71-1,00 tömeg% Sn
3. csoport: 1,01-1,30 tömeg% Sn
4. csoport: 1,31-1,60 tömeg% Sn
5. csoport: 1,61-1,90 tömeg% Sn

Az ötvözeteket a következő okok miatt öntartalmuk szerint kell csoportokba osztani:

A növekvő öntartalom a többi ötvöző elem és szennyeződés konstans koncentrációja mellett csökkenti a szilárdságot, a hőkezelést követően. A növekvő öntartalom előnyösebb forgácsokat eredményez az anyag vágásakor.

Konstans ötvöző és szennyező anyag tartalomnál és azonos öntési, homogenizáló hőkezelési körülmények között az ötvözetek mechanikai tulajdonságai és a féltermékek megmunkálhatósága függ az öntartalomtól. A növekvő öntartalom javítja a gépi megmunkálhatóságot, mivel könnyebbé teszi a forgácsolást. A nagyobb öntartalom kisebb szilánkokat eredményez. A növekvő öntartalom kisebb szakító szilárdságot és ütésállóságot okoz.

A vágási körülmények hatással vannak az öntartalmú ötvözetek megmunkálhatóságára. Nagyobb vágási sebességnél a karbidtartalmú keményműanyag ötvözetekből készült szerszám használatával alacsonyabb öntartalomnál (kisebb, mint 1,2 tömeg% Sn) a szilánkok az alkalmazott klasszifikáció értelmében az előnyös szilánkokhoz tartoznak.

Az alacsonyabb öntartalmú ötvözeteknek kevésbé előnyös szilánkjai vannak alacsony vágási sebességnél, és jól szilánkolódnak magas vágási sebességnél. Az alacsonyabb öntartalmú ötvözeteknek jobb mechanikai tulajdonságaik vannak a magasabb öntartalmú ötvözetekkel összehasonlítva.

A magasabb öntartalmú ötvözetek szilánkjai minden vágási sebességnél kedvezőek. A magasabb öntartalmú ötvözeteknek rosszabb mechanikai tulajdonságaik vannak az alacsonyabb öntartalmú ötvözetekkel összehasonlítva.

Az öntartalom 1,2 tömeg% Sn határig befolyásolja a kedvező és nem kedvező

szilánkok nyerését, illetve a jobb, rosszabb mechanikai tulajdonságokat.

A találmány a fent említett öntartalmú alumínium ötvözetek új megmunkálási és hőkezelési eljárásait is magában foglalja. A kör vagy hatszög alapú rúd alakú féltermékek, amelyek az AlCuMgPb csoportba tartozó standard forgácsolható ötvözetekből vannak, általában a következő eljárással készülnek:

1. Eljárás (T3):

Félfolyamatos öntés, homogenizáló hőkezelés, hűtés a homogenizáló hőkezelés hőmérsékletéről, felmelegítés a sajtolási hőmérsékletre, sajtolás, hőkezelés oldatban (általában az AA2xxx ötvözet csoport számára sófürdő), edzés, hideg formázás hengereléssel, természetes öregítés.

2. Eljárás (T4)

Félfolyamatos öntés, homogenizáló hőkezelés, hűtés a homogenizáló hőkezelés hőmérsékletéről, felmelegítés a sajtolási hőmérsékletre, sajtolás, hőkezelés oldatban (általában az AA2xxx ötvözet csoport számára sófürdő), edzés, természetes öregítés.

3. Eljárás (T6):

Félfolyamatos öntés, homogenizáló hőkezelés, hűtés a homogenizáló hőkezelés hőmérsékletéről, felmelegítés a sajtolási hőmérsékletre, sajtolás, hőkezelés oldatban (általában az AA2xxx ötvözet csoport számára sófürdő), edzés, mesterséges öregítés.

4. Eljárás (T8):

Félfolyamatos öntés, homogenizáló hőkezelés, hűtés a homogenizáló hőkezelés hőmérsékletéről, felmelegítés a sajtolási hőmérsékletre, sajtolás, hőkezelés oldatban (általában az AA2xxx ötvözet csoport számára sófürdő), edzés, hideg formázás hengereléssel, mesterséges öregítés.

Az új eljárási lépések az AlCuMg Sn tartalmú kifejlesztett ötvözet csoport ipari

előállításához, megmunkálási és termomechanikai kezelésére vonatkoznak (1) a munkahőmérséklet megváltoztatása, (2) indirekt sajtolás magasabb sajtolási sebességgel, (3) nyomással való edzés rögtön azután, hogy a sajtoló anyag elhagyja a kádat, (4) nagyobb mértékű hideg alakítás a termomechanikai kezelés során, (5) mesterséges öregítés optimális hőmérsékleten és időtartamon és (6) eljárási lépések a feszültségmentes állapot eléréséhez a kisajtoló és termomechanikailag kezelt rudaknál.

Az új eljárási lépések bevezetése az ötvözetek hagyományos munka és hőkezelési eljárásaihoz képest a következő előnyökkel szolgálnak:

A technológiai eljárások különböző kombinációjával az ötvözet sajtolása után lehetőség van különböző kontrollált mechanikai tulajdonságú féltermékek előállítására és olyan technológiai tulajdonságok javítására, mint megmunkálhatóság és a felület minősége.

A megmunkálás és a termomechanikai kezeléshez kapcsolódó inventív technológiai lépések a következő előnyöket mutatják a hagyományos eljárással, az AlCuMgPb standard ötvözet csoportból készült féltermékekhez képest:

Az anyag gyorsabb sajtolása az indirekt csősajtolóban.

A nyomással való edzésnél lehetőség van a munkahő felhasználására a folyadékos hőkezeléshez. Az eljárás szerint a külön folyadékos hőkezelés sóoldatban elhagyható. Így kevesebb energia és munkaidő szükséges. Ki kell emelnünk, hogy ezen a módon a folyadékos hőkezeléshez használt sóoldattal kapcsolatos ökológiai problémák is megoldódnak. (AA2xxx csoport ötvözetei, ahova a hagyományos AlCuMgPb ötvözetek (AA2030) is tartoznak külön folyadékos hőkezelési eljárással készülnek.)

A nyomással való edzés használata miatt az ötvözeteknek sima fényes felszíne van. A külön folyadékos hőkezeléses hagyományos eljárásoknál sötétebb felszín alakul ki

amiatt, hogy a magnézium oxidálódik a rúd felszínén, a só korrodeáló hatása és a rúd felszínének mechanikai rongálódása következtében, a sokféle technológiai művelet miatt.

A hideg deformálással és a hideg deformálás természetes vagy mesterséges öregítés előtti mértékének variálásával a szilárdsági tulajdonságok javulnak. A találmány szerinti öntartalmú ötvözetek mechanikai tulajdonságai (szakító szilárdság, folyási feszültség) jobbak mint a hagyományos AlCuMgPb (AA2030) ötvözeteknél.

A természetes vagy mesterséges öregítés előtt a hideg deformáció kombinálásával a belső feszültségek minimalizálhatók.

A sajtolt rudak öregítés előtti deformálásának bevezetésével feszültségmentes állapot érhető el a féltermékekben.

A találmány magában foglalja a következő technológiai lépéseket is az új öntartalmú ötvözetek gyártásában és hőkezelésében:

a. Eljárás

A rudak félfolyamatos öntése. A félfolyamatosan öntött rudak homogenizáló hőkezelése 8 órán keresztül 490°C-on. A rudak hűtése a homogenizálás után a környező hőmérsékletre 230°C/óra sebességgel. A rudak felmelegítése 380°C-os munkahőmérsékletre. 12-127 mm átmérőjű rudak indirekt sajtolása a tömbökből. A találmány magában foglalja még a sajtoló szerszám, a kád, hűtését folyékony nitrogénnel. A csősajtolásnál a sikeres hőkezelés érdekében a szerszámot hűteni kell a magas munkahőmérséklet miatt. A kisajtolt darabok edzése vízfürdőben a kád elhagyása után. A megengedett maximális idő az anyag megmunkálása és edzése között 30 másodperc. A megengedett maximális hűtése a sajtolt darabok felületének az edzés előtt 10°C. Természetes öregítés 6 napig.

b. Eljárás

A rudak félfolyamatos öntése. A félfolyamatosan öntött rudak homogenizáló hőkezelése 8

órán keresztül 490°C-on. A rudak hűtése a homogenizálás után a környező hőmérsékletre 230°C/óra sebességgel. A rudak felmelegítése 380°C-os munkahőmérsékletre. 12-127 mm átmérőjű rudak indirekt sajtolása a tömbökből. A találmány magában foglalja még a sajtoló szerszám, a kád, hűtését folyékony nitrogénnel. A csősajtolásnál a sikeres hőkezelés érdekében a szerszámot hűteni kell a magas munkahőmérséklet miatt. A kisajtoló darabok edzése vízfürdőben történik a kád elhagyása után. A megengedett maximális idő az anyag megmunkálása és edzése között 30 másodperc. A megengedett maximális hűtése a sajtoló darabok felületének az edzés előtt 10°C. Mesterséges öregítés 8-12 órán keresztül 130-190°C közötti hőmérsékleten.

c. Eljárás

A rudak félfolyamatos öntése. A félfolyamatosan öntött rudak homogenizáló hőkezelése 8 órán keresztül 490°C-on. A rudak hűtése a homogenizálás után a környező hőmérsékletre 230°C/óra sebességgel. A rudak felmelegítése 380°C-os munkahőmérsékletre. 12-127 mm átmérőjű rudak indirekt sajtolása a tömbökből. A találmány magában foglalja még a sajtoló szerszám, a kád, hűtését folyékony nitrogénnel. A csősajtolásnál a sikeres hőkezelés érdekében a szerszámot hűteni kell a magas munkahőmérséklet miatt. A kisajtoló darabok edzése vízfürdőben történik a kád elhagyása után. A megengedett maximális idő az anyag megmunkálása és edzése között 30 másodperc. A megengedett maximális hűtése a sajtoló darabok felületének az edzés előtt 10°C. A sajtoló és edzett rudak húzása 15%-os deformálási sebességgel. Természetes öregítés 6 napig.

d. Eljárás

A rudak félfolyamatos öntése. A félfolyamatosan öntött rudak homogenizáló hőkezelése 8 órán keresztül 490°C-on. A rudak hűtése a homogenizálás után a környező hőmérsékletre 230°C/óra sebességgel. A rudak felmelegítése 380°C-os munkahőmérsékletre. 12-127 mm átmérőjű rudak indirekt sajtolása a tömbökből. A találmány magában foglalja még a sajtoló szerszám, a kád, hűtését folyékony nitrogénnel. A csősajtolásnál a sikeres hőkezelés érdekében a szerszámot hűteni kell a magas munkahőmérséklet miatt. A kisajtoló darabok edzése vízfürdőben történik a kád elhagyása után. A megengedett

maximális idő az anyag megmunkálása és edzése között 30 másodperc. A megengedett maximális hűtése a sajtolt darabok felületének az edzés előtt 10°C. A sajtolt és edzett rudak húzása 15%-os deformálási sebességgel. Mesterséges öregítés 8-12 órán keresztül 130-190°C közötti hőmérsékleten. Az utolsó technológiai fázis szolgál az eljárás feszültségmentes állapotú féltermék, rúd formában történő előállítására.

A találmány szerinti új ötvözetek még hőkezelhetők és termomechanikailag kezelhetők külön folyadék hőkezeléssel, az Aluminium Association osztályozása szerinti T3, T4, T6, és T8 eljárásokkal összhangban (ezek az eljárások, amelyek az 1. Táblázatban e, f, g, h betűvel vannak jelölve nem tartoznak a találmány tárgyába).

i. Eljárás

A rudak félfolyamatos öntése. A félfolyamatosan öntött rudak homogenizáló hőkezelése 8 órán keresztül 490°C-on. A rudak hűtése a homogenizálás után a környező hőmérsékletre 230°C/óra sebességgel. A rudak felmelegítése 380°C-os munkahőmérsékletre. 12-127 mm átmérőjű rudak indirekt sajtolása a tömbökből. A találmány magában foglalja még a sajtoló szerszám, a kád, hűtését folyékony nitrogénnel. A csősajtolásnál a sikeres hőkezelés érdekében a szerszámot hűteni kell a magas munkahőmérséklet miatt. A kisajtolt darabok edzése vízfürdőben történik a kád elhagyása után. A megengedett maximális idő az anyag megmunkálása és edzése között 30 másodperc. A megengedett maximális hűtése a sajtolt darabok felületének az edzés előtt 10°C. A darabok kiegyengető sajtolása a feszültségmentes állapot eléréséhez. Természetes öregítés 6 napig.

j. Eljárás

A rudak félfolyamatos öntése. A félfolyamatosan öntött rudak homogenizáló hőkezelése 8 órán keresztül 490°C-on. A rudak hűtése a homogenizálás után a környező hőmérsékletre. A rudak felmelegítése 380°C-os munkahőmérsékletre. 12-127 mm átmérőjű rudak indirekt sajtolása a tömbökből. A találmány magában foglalja még a sajtoló szerszám, a kád, hűtését folyékony nitrogénnel. A csősajtolásnál a sikeres hőkezelés érdekében

szerszámot hűteni a magas munkahőmérséklet miatt. A kisajtott darabok edzése vízfürdőben történik a kád elhagyása után. A megengedett maximális idő az anyag megmunkálása és edzése között 30 másodperc. A megengedett maximális hűtése a sajtoló darabok felületének az edzés előtt 10°C. A darabok kiegyengető sajtolása a feszültségmentes állapot eléréséhez. Mesterséges öregítés 8-12 órán keresztül 130-190°C közötti hőmérsékleten.

k. Eljárás

A rudak félfolyamatos öntése. A félfolyamatosan öntött rudak homogenizáló hőkezelése 8 órán keresztül 490°C-on. A rudak hűtése a homogenizálás után a környező hőmérsékletre 230°C/óra sebességgel. A rudak felmelegítése 380°C-os munkahőmérsékletre. 12-127 mm átmérőjű rudak indirekt sajtolása a tömbökből. A találmány magában foglalja még a sajtoló szerszám, a kád, hűtését folyékony nitrogénnel. A csősajtolóban a sikeres hőkezelés érdekében a szerszámot hűteni kell a magas hőmérséklet miatt. A kisajtott darabok edzése vízfürdőben történik a kád elhagyása után. A megengedett maximális idő az anyag megmunkálása és edzése között 30 másodperc. A megengedett maximális hűtése a sajtoló darabok felületének az edzés előtt 10°C. A sajtoló és edzett rudak húzása 15%-os deformálási sebességgel. A darabok kiegyengető sajtolása a feszültségmentes állapot eléréséhez. Természetes öregítés 6 napig.

l. Eljárás

A rudak félfolyamatos öntése. A félfolyamatosan öntött rudak homogenizáló hőkezelése 8 órán keresztül 490°C-on. A rudak hűtése a homogenizálás után a környező hőmérsékletre 230°C/óra sebességgel. A rudak felmelegítése 380°C-os munkahőmérsékletre. 12-127 mm átmérőjű rudak indirekt sajtolása a tömbökből. A találmány magában foglalja még a sajtoló szerszám, a kád, hűtését folyékony nitrogénnel. A csősajtolásnál a sikeres hőkezelés érdekében a szerszámot hűteni kell a magas munkahőmérséklet miatt. A kisajtott darabok edzése vízfürdőben történik a kád elhagyása után. A megengedett maximális idő az anyag megmunkálása és edzése között 30 másodperc. A megengedett maximális hűtése a sajtoló darabok felületének az edzés előtt 10°C. A sajtoló és edzett

rudak húzása 15%-os deformálási sebességgel. A darabok kiegyengető sajtolása a feszültségmentes állapot eléréséhez. Mesterséges öregítés 8 - 12 órán keresztül 130-190°C közötti hőmérsékleten.

1.táblázat

Technológiai variációk az AlCuMgSn forgácsolható ötvözet megmunkálására és termikus hőkezelésére a legfontosabb technikai fázisokkal

Folyamat jele	Sajtolás/hőmérséklet (°C)	Edzés típusa	Megmunkálás	Öregítés/hőmérséklet (°C)/idő (h)
a	sajtolás/380	edzés nyomással		természetes öregítés
b	sajtolás/380	edzés nyomással		mesterséges öregítés/130-190/8-12
c	sajtolás/380	edzés nyomással	hidegen	természetes öregítés
d	sajtolás/380	edzés nyomással	hidegen	mesterséges öregítés/130-190/8-12
e	sajtolás/350	sófürdő		természetes öregítés
f	sajtolás/350	sófürdő		mesterséges öregítés/130-190/8-12
g	sajtolás/350	sófürdő	hidegen	természetes öregítés
h	sajtolás/350	sófürdő	hidegen	mesterséges öregítés/130-190/8-12
i	sajtolás/380	edzés nyomással	kiegyengető sajtolás	természetes öregítés
j	sajtolás/380	edzés nyomással	kiegyengető sajtolás	mesterséges öregítés/130-190/8-12
k	sajtolás/380	edzés nyomással	hidegen és kiegyenesítés	természetes öregítés
l	sajtolás/380	edzés nyomással	hidegen és kiegyenesítés	mesterséges öregítés/130-190/8-12

a: max. 380°C-on sajtol, nyomással edzett, természetesen öregített

b: max. 380°C-on sajtol, nyomással edzett,

- mesterségesen öregített ($T=130-190^{\circ}\text{C}$, $t=8-12$ óra)
- c: max. 380°C -on sajtolt, nyomással edzett, hidegen megmunkált, természetesen öregített
 - d: max. 380°C -on sajtolt, nyomással edzett, hidegen megmunkált mesterségesen öregített ($T=130-190^{\circ}\text{C}$, $t=8-12$ óra)
 - e: max. 350°C -on sajtolt, sófürdőben edzett, természetesen öregített
 - f: max. 350°C -on sajtolt, sófürdőben edzett, mesterségesen öregített ($T=130-190^{\circ}\text{C}$, $t=8-12$ óra)
 - g: max. 350°C -on sajtolt, sófürdőben edzett, hidegen megmunkált, természetesen öregített
 - h: max. 350°C -on sajtolt, sófürdőben edzett, hidegen megmunkált mesterségesen öregített ($T=130-190^{\circ}\text{C}$, $t=8-12$ óra)
 - i: max. 380°C -on sajtolt, nyomással edzett, kiegyengetően sajtolt, természetesen öregített
 - j: max. 380°C -on sajtolt, nyomással edzett, kiegyengetően sajtolt, mesterségesen öregített ($T=130-190^{\circ}\text{C}$, $t=8-12$ óra)
 - k: max. 380°C -on sajtolt, nyomással edzett, hidegen megmunkált, kiegyengetően sajtolt, természetesen öregített
 - l: max. 380°C -on sajtolt, nyomással edzett, hidegen megmunkált, kiegyengetően sajtolt, mesterségesen öregített ($T=130-190^{\circ}\text{C}$, $t=8-12$ óra).

Példa

A találmány további ismertetése gyakorlati példákon keresztül.

A teszt ötvözeteket a 2. táblázatban megadott összetétellel 288 mm átmérőjű rudakká öntötték félfolyamatos öntéssel, a rudakon $490\pm 5^{\circ}\text{C}$ -on 8 órán át homogenizáló hőkezelést alkalmaztak, lehűtötték a környező hőmérsékletre $230^{\circ}\text{C}/\text{óra}$ hűtési sebességgel, 275 mm átmérőjű tömbökre szeletelték, 380°C -os (a, b, c, d, és i, j, k, l eljárások), illetve 350°C -os (e, f, g, h eljárások) munkahőmérsékletre felmelegítették,

26,1 mm-es rudakká sajtolták, és az a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k és l eljárások szerinti termál illetve termomechanikai megmunkálást alkalmaztak.

2. táblázat:

A teszt ötvözetek kémiai kompozíciója (tömeg%-ban)

Jelölés	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

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

*0,0020-0,0070 tömeg% Cr, 0,0003-0,0011 tömeg% Zr,

0,0006-0,003 tömeg% Ni, 0,0006-0,003 tömeg% V.

Az AlCuMgSn csoport teszt ötvözeinek és a standard AlCuMgPb ötvözetek

mechanikai tulajdonságait a különböző termál és termomechanikai kezelések során a 3–6. táblázatok mutatják.

3. táblázat:

A teszt ötvözetek szakító szilárdsága $R_m(N/mm^2)$ az óntartalomtól és a megmunkálástól* függ

Folyamat	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		

4. táblázat: A teszt ötvözetek folyási feszültsége $R_{p0.2}(N/mm^2)$ az óntartalomtól és a megmunkálástól* függ

Folyamat	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		

5. táblázat: A teszt ötvözetek HB keménysége függ az óntartalomtól és a megmunkálástól*

Folyamat	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					

6. táblázat: A teszt ötvözetek szakítási nyúlása (%) függ az óntartalomtól és a megmunkálástól*

Folyamat	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	8,5	12,5	13,0	13,0	12,5	12,0
c	55,5	6,0	4,5	6,0	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								
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		

* K1, K2, K3, K4 ötvözetek 190°C-on 8 órán át voltak öregítve a b, d, f, h, j, l eljárásokban. A K5, K6, K7, K8, K9 ötvözetek 160°C-on 8 órán át voltak öregítve a b, d, f, h, j, l eljárásokban. A hőkezelés egyéb körülményeit az 1. táblázat tartalmazza.

** A K1 jelű ötvözet a referencia ötvözet 0.926 tömeg% Pb tartalommal.

A 7. táblázat a forgácsok formáját és méretét tartalmazza az AlCuMgPb referencia ötvözetből és az új AlCuMgSn ötvözetből, amely a jelen találmány tárgya különböző termál és termomechanikai technikák alkalmazásakor, különböző vágási sebességeknél és különböző szerszámok használatakor.

7. táblázat: A forgácsok osztályozása*** a jelen találmány tárgyat képező új AlCuMgSn ötvözet és a referencia AlCuMgPb ötvözet esetében, 160 m/perc (HSS szerszám) illetve

400 m/perc (karbid nehéz fém szerszám) függ az ötvözet termál és termomechanikai kezelésétől.

	$V_c=160$ m/perc (HSS)				$V_c=160$ m/perc (karbid nehéz fém szerszám)			
Ötvözet	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

* 1. megjegyzés: K1, K2, K3, K4 ötvözetek 190°C-on 8 órán át voltak öregítve a b és d eljárásokban. K5, K6 ötvözetek 160°C-on 8 órán át voltak öregítve a b és d eljárásokban. A termál kezelés egyéb körülményeit az 1. táblázat tartalmazza.

** 2. megjegyzés: A K1 jelű ötvözet a referencia ötvözet 0,926 tömeg% Pb tartalommal.

*** 3. megjegyzés: A forgács osztályozása minősége szerint tartalmazza a darabok méretét és formáját. A forgácsokat előnyös (A), megfelelő (B), nem előnyös (C) csoportokba osztották.

Nem előnyös forgács: csík, görbült forgács, lapos spirálok.

Megfelelő forgács: ferde spirálok, hosszú hengeres spirálok.

Előnyös forgács: rövid hengeres spirálok, rövid spirálok, spirál tekercsek, spirál lemezek, finom forgács.

A referencia K1 ötvözet előnyös forgácsokkal (A) rendelkezik. A kevesebb mint 0,9 tömeg% ónt tartalmazó ötvözeteknek nem előnyös (C) illetve megfelelő (B) forgácsai vannak a vágási sebességtől függően. A több mint 1,13 tömeg% ónt tartalmazó ötvözeteknek megfelelő (B) illetve előnyös (A) forgácsai vannak a vágási sebességtől függően. A több mint 1,38 tömeg% ónt tartalmazó ötvözeteknek előnyös (A) forgácsai vannak a tesztelési körülményektől függetlenül.

A gépi megmunkálhatóság egy másik kritériuma az esztergályozott felület érdessége. Azonos vágási feltételek és termomechanikai kezelés mellett nincs számottevő különbség a felület érdességében a jelen AlCuMgSn (több mint 1 tömeg% Sn) ötvözetek és a standard referencia AlCuMgPb ötvözet között.

Az ötvözetek az 1,1–1,5 tömeg% óntartalom intervallumban előnyösek, mivel megmunkálhatósági és mechanikai tulajdonságok optimális kombinációjával rendelkeznek.

Az ötvözetek mikrostruktúrája: a jelen AlCuMgSn öntött ötvözetekben az ón a kristályrács határain gömb vagy poligonális zárványok formájában oszlik szét. Az ónzárványok gyakorisága növekszik az óntartalommal. A zárványok mérete néhány μm -tól 10 μm -ig terjed. Intermetallikus komponensekkel az ötvöző anyagokból és szennyeződésekkel képezett alapon az ónzárványok hálót formálnak a kristályrács körül. Sajtolás után ezek a hálók összenyomódnak, és az ónzárványok megnyúlnak a deformálás irányában.

Az ónalapú zárványok nem homogének, összetételük és eloszlásuk szempontjából. Az ón mellett más ötvöző elemeket, alumíniumot, magnéziumot, rezet és szennyező anyagokat, ólmot és bizmutot is tartalmaznak. Ezek a zárványok 1-20%-át alkotják.

A magnézium eloszlása az ötvözetben nagyon fontos. A magnézium az ónnal egy kétfázisú Mg-Sn diagram szerint a Mg_2Sn intermetallikus vegyületet képezi. A vegyület kialakulása nem kívánatos, mivel a kötött magnézium nem vesz részt a keménység alakításában az öregedés során, ami a szilárdsági tulajdonságok romlását eredményezi. A jelen ötvözet összetételekben 1 tömeg% óntartalomig a magnézium tartalom alacsony. Ez a magnézium tartalom nem felel meg a Mg:Sn stöchiometriai arányának az Mg_2Sn intermetallikus vegyületben.

A nyomással edzett ötvözetek a deformálás irányában megnyúlt, fonalszerű kristályrácsokat tartalmaznak a termál és termomechanikai kezeléseket követően.

Korróziós tulajdonságok: a jelen óntartalmú AlCuMgMn típusú ötvözetek a standard Pb tartalmú AlCuMgMn ötvözetekhez hasonló vagy annál jobb ellenállást mutatnak a korrózióval szemben.

Szabadalmi igénypontok

1. Forgácsolható alumínium ötvözet azzal jellemezve, hogy az alábbi anyagokat tartalmazza:
 - a) ötvöző elemek
0,5 – 1,0 tömeg% Mn
0,4 – 1,8 tömeg% Mg
3,3 – 4,6 tömeg% Cu
0,4 – 1,9 tömeg% Sn
0,0 – 0,1 tömeg% Cr
0,0 – 0,2 tömeg% Ti,
 - b) szennyező anyagok
legfeljebb 0,8 tömeg% Si
legfeljebb 0,7 tömeg% Fe
legfeljebb 0,8 tömeg% Zn
legfeljebb 0,1 tömeg% Pb
legfeljebb 0,1 tömeg% Bi és
legfeljebb 0,3 tömeg% egyéb anyag,
 - c) a fennmaradó rész alumínium.
2. Az 1. igénypont szerinti ötvözet, azzal jellemezve, hogy 1,1–1,5 tömeg% Sn-t tartalmaz.
3. Az 1. igénypont szerinti ötvözet, azzal jellemezve, hogy legfeljebb 0,06 tömeg% Pb-t tartalmaz.
4. Az 1. igénypont szerinti ötvözet, azzal jellemezve, hogy legfeljebb 0,05 tömeg% Bi-ot tartalmaz.
5. Eljárás az 1.-4. igénypontok bármelyike szerinti ötvözet megmunkálására és

hőkezelésére félfolyamatos öntéssel, homogenizáló hőkezeléssel, a homogenizáló hőkezelés hőmérsékletéről való lehűtéssel, a sajtolás munkahőmérsékletére való felmelegítéssel, azzal jellemezve, hogy magába foglal egy indirekt sajtolást maximum 380°C-on, nyomással történő edzést vízfürdőben, nem több mint 30 másodperccel a munkafolyamat után, a sajtoló darabok felületének maximális 10°C-os hűtését az edzés előtt, és természetes öregítést.

6. Eljárás az 1.-4. igénypontok bármelyike szerinti ötvözet megmunkálására és hőkezelésére félfolyamatos öntéssel, homogenizáló hőkezeléssel, a homogenizáló hőkezelés hőmérsékletéről való lehűtéssel, a sajtolás munkahőmérsékletére való felmelegítéssel, azzal jellemezve, hogy magába foglal egy indirekt sajtolást maximum 380°C-on, nyomással való edzést vízfürdőben, nem több mint 30 másodperccel a munkafolyamat után, a sajtoló darabok felületének maximális 10°C-os hűtését edzés előtt, és mesterséges öregítést 130–190°C hőmérsékleten 8-12 órán keresztül.
7. Eljárás az 1.-4. igénypontok bármelyike szerinti ötvözet megmunkálására és hőkezelésére félfolyamatos öntéssel, homogenizáló hőkezeléssel, a homogenizáló hőkezelés hőmérsékletéről való lehűtéssel, a sajtolás munkahőmérsékletére való felmelegítéssel, azzal jellemezve, hogy magába foglal egy indirekt sajtolást maximum 380°C-on, nyomással való edzést vízfürdőben, nem több mint 30 másodperccel a munkafolyamat után, a sajtoló darabok felületének maximális 10°C-os hűtését edzés előtt, hidegen történő megmunkálást és természetes öregítést.
8. Eljárás az 1.-4. igénypontok bármelyike szerinti ötvözet megmunkálására és hőkezelésére félfolyamatos öntéssel, homogenizáló hőkezeléssel, a homogenizáló hőkezelés hőmérsékletéről való lehűtéssel, a sajtolás munkahőmérsékletére való felmelegítéssel, azzal jellemezve, hogy magába foglal egy indirekt sajtolást maximum 380°C-on, nyomással való edzést vízfürdőben, nem több mint 30 másodperccel a munkafolyamat után, a sajtoló darabok felületének maximális 10°C-

os hűtését edzés előtt, hidegen megmunkálást és mesterséges öregítést 130–190°C hőmérsékleten 8-12 órán keresztül.

9. Eljárás az 1.-4. igénypontok bármelyike szerinti ötvözet megmunkálására és hőkezelésére félfolyamatos öntéssel, homogenizáló hőkezeléssel, a homogenizáló hőkezelés hőmérsékletéről való lehűtéssel, a sajtolás munkahőmérsékletére való felmelegítéssel, azzal jellemezve, hogy magába foglal egy indirekt sajtolást maximum 380°C-on, nyomással való edzést vízfürdőben, nem több mint 30 másodperccel a munkafolyamat után, a sajtolat darabok felületének maximális 10°C-os hűtését edzés előtt, kiegyengető sajtolást és természetes öregítést.
10. Eljárás az 1.-4. igénypontok bármelyike szerinti ötvözet megmunkálására és hőkezelésére félfolyamatos öntéssel, homogenizáló hőkezeléssel, a homogenizáló hőkezelés hőmérsékletéről való lehűtéssel, a sajtolás munkahőmérsékletére való felmelegítéssel, azzal jellemezve, hogy magába foglal egy indirekt sajtolást maximum 380°C-on, nyomással való edzést vízfürdőben, nem több mint 30 másodperccel a munkafolyamat után, a sajtolat darabok felületének maximális 10°C-os hűtését edzés előtt, kiegyengető sajtolást és mesterséges öregítést 130–190°C hőmérsékleten 8-12 órán keresztül.
11. Eljárás az 1.-4. igénypontok bármelyike szerinti ötvözet megmunkálására és hőkezelésére félfolyamatos öntéssel, homogenizáló hőkezeléssel, a homogenizáló hőkezelés hőmérsékletéről való lehűtéssel, a sajtolás munkahőmérsékletére való felmelegítéssel, azzal jellemezve, hogy magába foglal egy indirekt sajtolást maximum 380°C-on, nyomással való edzést vízfürdőben, nem több mint 30 másodperccel a munkafolyamat után, a sajtolat darabok felületének maximális 10°C-os hűtését edzés előtt, hideg megmunkálást, kiegyengető sajtolást és természetes öregítést.

12. Eljárás az 1.-4. igénypontok bármelyike szerinti ötvözet megmunkálására és hőkezelésére félfolyamatos öntéssel, homogenizáló hőkezeléssel, a homogenizáló hőkezelés hőmérsékletéről való lehűtéssel, a sajtolás munkahőmérsékletére való felmelegítéssel, azzal jellemezve, hogy magába foglal egy indirekt sajtolást maximum 380°C-on, nyomással való edzést vízfürdőben, nem több mint 30 másodperccel a munkafolyamat után, a sajtolt darabok felületének maximális 10°C-os hűtését edzés előtt, hideg megmunkálást, kiegyengető sajtolást és mesterséges öregítést 130–190°C hőmérsékleten 8-12 órán keresztül.
13. Az 5.-8. igénypontok bármelyike szerinti eljárással előállított termék, azzal jellemezve, hogy szakító szilárdsága 293–487 N/mm², folyási feszültsége 211-464 N/mm², keménysége 73–138 HB és szakítási nyúlása 4,5-13%.
14. A 9.-12. igénypontok bármelyike szerinti eljárással előállított termék azzal jellemezve, hogy szakító szilárdsága 291–532 N/mm², folyási feszültsége 226-520 N/mm², keménysége 73–141 HB és szakítási nyúlása 5,5-11,5%.

bevétele: Φ

Ld