

Alumínium - szilícium ötvözetből készült tárgy
és hőkezelési eljárás
KIVONAT

A találmány szerinti hőkezelési eljárás célszerűen nemesített vagy finomított, alumíniumot, szilíciumot és adott esetben további ötvözőket vagy
5 szennyezőket, például magnéziumot, mangánt, vasat és hasonló elemeket tartalmazó és eutektikus fázissal rendelkező, önthető vagy alakítható ötvözetből készült tárgyak alakíthatóságának javítására alkalmazható, amikor az eljárás során a tárgyakat izzítjuk, majd pihentetjük. A találmány szerint gyors hőkezelésként az anyagot 400 - 555°C hőmérsékletre hevítjük, 1,7 - 14,8
10 percig ezen a hőmérsékleten tartjuk, majd szobahőmérsékletre történő kényszerhűtést végzünk. A találmány szerinti, legalább egy finomító ötvöző elemet és adott esetben további ötvözőket vagy szennyezőket, például magnéziumot, mangánt, vasat és hasonló elemeket tartalmazó és eutektikus fázissal rendelkező, alumínium - szilícium ötvözetből készült tárgy eutektikus
15 fázisa α_{Al} - mátrixból és szilícium kiválásból áll, ahol a szilícium kiválások szferoidizált állapotúak és átlagos vágási felületük (A_{Si}) kisebb, mint $4 \mu m^2$. Egy másik változat szerint az eutektikus fázisban lévő szilícium részecskék közötti szabad úthossz (λ_{Si}), azaz egy négyzetes felület és a felületen lévő szilícium részecskék hányadosának négyzetgyöke kisebb, mint $4 \mu m$. (1. ábra)

20

Jell. ábra: 1. ábra
Dd

25

5

**KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY****10 ALUMÍNIUM-SZILÍCIUM ÖTVÖZETBŐL KÉSZÜLT TÁRGY ÉS HŐKEZELÉSI
ELJÁRÁS**

A jelen találmány tárgya olyan hőkezelési eljárás, amelynek során nemesített vagy finomított, alumíniumot, szilíciumot és adott esetben további
15 ötvözőket vagy szennyezőket, például magnéziumot, mangánt, vasat és hasonló elemeket tartalmazó és eutektikus fázissal rendelkezős önthető vagy alakítható ötvözetből készült tárgyak alakíthatóságának javítására a tárgyakat izzítjuk, majd pihentetjük. A találmány tárgya továbbá egy olyan, alumínium-szilícium ötvözetből készült tárgy, amely legalább egy finomító ötvöző elemet és
20 adott esetben további ötvözőket vagy szennyezőket, például magnéziumot, mangánt, vasat és hasonló elemeket tartalmazó és eutektikus fázissal rendelkező, alumínium-szilícium ötvözetből készült tárgy, továbbá amelynek eutektikus fázisa az alumínium mátrixból és szilícium kiválásból áll.

Ismeretes, hogy az alumínium szilíciummal egyszerű eutektikus
25 rendszert alkot, ahol az eutektikus pont 12,5 tömeg% szilícium koncentrációnál és 577 °C hőmérsékletnél található.

Ha az ötvözethez magnéziumot adunk, az legfeljebb 0,47 tömeg% mértékig, körülbelül 550 °C hőmérsékleten az alfa alumínium mátrixban oldódik, és hőkezeléssel, valamint az ez által keletkezett Mg_2Si kiválásokkal jelentős
30 szilárdságnövekedés érhető el.

Egy alumínium-szilícium-magnézium olvadék lehűtésekor a maradék olvadék eutektikusan tud megdermedni, ahol a szilícium durva lemezek formájában válik ki. Régóta ismeretes, hogy az ilyen ötvözetekhez nátriumot vagy stronciumot adagolnak, és ezáltal a dermedés során a szilícium kristályok
35 növekedését megakadályozzák. Ezt a folyamatot nemesítésnek, illetve

finomításnak nevezik, és a mechanikai tulajdonságok, különösen a nyúlás növelésére alkalmazzák.

Az ilyen féltermékek, illetve az alumínium ötvözetekből készült tárgyak tulajdonságai hőkezeléssel jelentősen befolyásolhatók. A különböző hőkezelések az EN 515 számú európai szabványban vannak definiálva, ami szerint az F előállítási állapotot, a T stabil állapotra hőkezelt állapotot jelent. Ezen belül a hőkezeléssel elért állapotot a T után írt számok jelzik. A továbbiakban a jelen leírásban ezek közül az alábbi jelöléseket fogjuk használni:

- | | | | |
|----|-----|---|---|
| 10 | F | - | előállítási állapot |
| | T5 | - | az előállítási hőmérsékletről edzett és melegen pihentetett anyag |
| | T6 | - | oldó izzítással kezelt és melegen pihentetett anyag |
| | T6x | - | a találmány szerint hőkezelt |
| 15 | T4x | - | a találmány szerinti hőkezelt anyag |

Az ilyen jellegű alumínium-szilícium ötvözetből készült tárgyak ipari alkalmazhatósága jelentősen függ egyfelől az anyag tulajdonságaitól, másfelől pedig az előállításával járó költségektől, illetve a gazdaságossági tényezőktől. Ez utóbbi vonatkozásában jelentősége lehet például különösen a magas hőmérsékleten hosszabb ideig végzett izzítások során szükséges folyamat követésnek, vagy például az esetleg fellépő ún. gravitációs kúszás jelentőségének.

Alapjában véve az mondható, hogy egy alumínium-szilícium ötvözet az F állapotban viszonylag kis szilárdsággal (R_p) és viszonylag magas szakítási nyúlással (A) rendelkezik.

Egy T5 jelű hőkezelés esetén, amikor az anyagot az előállítási hőmérsékletről gyorsan hűtik, majd melegen pihentetik, például 155-190 °C hőmérsékleten, 1-12 órán át, a kapott szilárdsági értékek (R_p) magasabbak lesznek, viszont a szakítási nyúlások (A) alacsonyabbakká válnak.

Egy T6 jelű hőkezelésnél, amikor is például 540 °C hőmérsékleten 12 órás izzítást végzünk, majd az anyagot melegen pihentetjük, a szilárdság jelentősen megnő, és ugyanakkor a minták szakítási nyúlása, illetve képlékenysége magas értéken marad, és összehasonlítható az F hőkezeléssel

elért értékekhez. A hosszú idejű izzítás lehetővé teszi például a magnézium atomoknak az anyagba történő kedvező diffundálását, aminek következtében a gyors hűtés és pihentetés után az anyag egyenletesen eloszlott finom Mg_2Si kiválásokat tartalmaz az α Al mátrixban és ezek az anyag szilárdságát
 5 jelentősen növelik.

A magas hőmérsékleten, hosszú ideig végzett oldó hőkezeléseknek azonban, mint korábban már említettük, több hátránya van. Ilyenek a gravitációs kúszás, valamint a költséges hőmérséklet-idő igény. Ezért legtöbbször gazdaságossági okokból nem alkalmazzák a T6 jelű hőkezelést, és
 10 lemondanak a magas szilárdsági és jó képlékenységi értékekről. A T5 hőkezeléssel elérhető gyengébb anyag tulajdonságokat adott esetben a konstrukciós változtatásokkal lehet kompenzálni.

A jelen találmány célja olyan gazdaságos hőkezelés kialakítása, amellyel az ilyen anyagok képlékenysége lényegesen növelhető anélkül, hogy a
 15 szilárdsági értékek jelentősen csökkennének a T6 jelű hőkezeléshez képest. Így a szilárdsági értékek nem romlanak jelentősen a T6 jelű hőkezeléssel elérhetőhöz képest, ugyanakkor lényegesen nagyobb képlékenység érhető el, mint a T5 jelű hőkezeléssel.

Célunk volt továbbá a találmánnyal egy olyan mikroszerkezet
 20 kialakítása az alumínium-szilícium ötvözetekből készült tárgyakban, amely ugyancsak előnyös anyag tulajdonságokat eredményez.

A kitűzött feladatot úgy oldottuk meg, hogy a hőkezelési eljárást gyors hőkezelésként végezzük, és ennek során gyorshőkezelésként az anyagot 400 - 555°C hőmérsékletre hevítjük, 1,7 – 14,8 percig ezen a hőmérsékleten tartjuk,
 25 majd szobahőmérsékletre történő kényszerhűtést végzünk.

A találmány szerinti megoldás jelentős előnye, hogy egy egyszerű, magas hőmérsékletű, rövid ideig tartó izzítással igen jó képlékenységi tulajdonságokat biztosítunk. Emellett az ilyen rövid idejű hőkezelés nem okoz mérettorzulást, és ennek megfelelően általában nem szükséges az anyagot
 30 hőkezelés után egyengetni. További előnye a rövid ideig végzett izzításnak, hogy gazdaságos és igen egyszerűen elvégezhető, például egy áthúzókemencében. Az anyag szilárdságát a pihentetés megfelelő megválasztásával lehet szabályozni. A hőntartást célszerűen legfeljebb 6,8

percig, előnyösen legfeljebb 5 percig végezzük. Ez alatt az alumínium-szilícium ötvözetek túlnyomó többsége eléri a megfelelő képlékenységet.

A pihentetést célszerűen melegen 150 – 200 °C hőmérséklet között 1-14 órán át végezzük.

- 5 A szerkezeti anyagként történő felhasználásnál célszerű lehet, ha a pihentetést hidegen, szobahőmérsékleten végezzük.

A kitűzött feladat megoldásához tartozik, hogy szferoidizált szilícium kiválásokat hozunk létre, amelyek átlagos vágási felülete kisebb, mint $4 \mu\text{m}^2$. Ez egyenletben kifejezve azt jelenti, hogy

10

$$A_{Si} = 1/n \sum_{k=1}^n A \leq 4 \mu\text{m}^2, \text{ ahol}$$

A_{Si} = a szilícium részecskék átlagos felülete μm^2 -ben

A = a szilícium részecskék átlagos felülete képenként μm^2 -ben

- 15 n = a mért részecskék száma.

Az ilyen mikroszerkezet előnye, hogy a képlékenység javítható, és ugyanakkor csökkenthető az anyagban a repedésképződés veszélye, mivel a szilícium kiválások igen finom formában vannak jelen a szferoidizáció következtében. Más szóval a szferoidizálás és a kis szemcsenagyság kedvező morfológiát biztosít és a kedvező alakú eutektikus szilícium jelentősen növeli a szakadási nyúlásértékeket. Mechanikus terhelés esetén a feszültségcsúcsok is csökkennek az alumínium-szilícium fázishatáron. A vizsgálatok során találtunk transzkrisztallin repedést az anyagban, ami jellegzetesen a magas képlékenységre utal.

20

- 25 Technológiai szempontból, de a magas szakítási nyúlásértékek kialakítása szempontjából is előnyös, ha a szilícium kiválások szferoidizált állapotúak, és átlagos vágási felületük kisebb, mint $2 \mu\text{m}^2$. A találmány egy változatánál a megoldás abban áll, hogy az eutektikus fázisban lévő szilíciumrészecskék közötti szabad úthossz, azaz egy négyzetes felület és a
- 30 felületen lévő szilíciumrészecskék hányadosának négyzetgyöke kisebb, mint 4 mm, előnyösen kisebb, mint 3 mm, célszerűen kisebb, mint 2 mm. Ebben az esetben különösen homogén feszültségeloszlás érhető el igen alacsony

feszültség csúcsokkal terhelés esetén, mivel a távolság a kis felületű szilíciumrészecskék között jelentős mértékben befolyásolja az anyagrészek közötti csúszást feszültség esetén. A fentiek egyenletben kifejezve:

$$5 \quad \lambda_{Si} = 1/n \sum_{k=1}^n \sqrt{\frac{A}{N}} \leq 4 \mu m, \text{ ahol}$$

λ_{Si} = a szilícium részecskék átlagos távolsága

A_Q = a négyzetes felület nagysága μm^2 -ben

A_{Si} = a szilícium részecskék száma és

10 n = a mért képek száma.

A hagyományos megoldásoknál, amikor 2-12 óráig terjedő hosszúságú izzítást végeznek, hogy a keményedés szempontjából hatást kifejtő ötvöző elemek diffúzióját lehetővé tegyék, és a kristallitot ezen ötvözőkben feldúsítsák, fellép az a mellékhatás ugyan, hogy a szilíciumrészecskék szferoidizálódnak, de a hosszú izzítás következtében ezek a részecskék igen durvák és durva eloszlásúak is, ami rendkívül hátrányos az anyag törési tulajdonságaira. Teljesen meglepő volt, hogy egy rövid idejű lökésszerű izzítás esetén már rövid idő elteltével is, tehát néhány perc múlva eutektikus szilícium háló szferoidizálódott, és így módon az anyagban rendkívül előnyös 15 mikroszerkezet alakult ki. Fontos azonban, hogy a gyors izzítás hőmérséklete minél magasabb, de mindenképpen célszerűen 5-20 °C-al alacsonyabb legyen, mint a legalacsonyabb olvadáspontú fázis olvadáspontja.

20 A szilíciumrészecskék az izzítási idő növekedésével párhuzamosan a diffúzió hatására növekedni kezdenek, és ezzel a kezdetben előnyös nagy 25 szferoidizálási sűrűség csökken.

Az optimális képlékenység eléréséhez ezért a találmány szerint az szükséges, hogy az átlagos szferoidizálási sűrűség, azaz a $100 \mu m^2$ -re jutó szferoidizált eutektikus szilíciumrészecskék száma nagyobb legyen, mint 10, célszerűen 20. Ez egyenletben kifejezve:

30

$$\xi_{Si} = 1/n \sum_{k=1}^n N_{Si}/A \times 100 \geq 10, \text{ ahol}$$

ξ_{Si} = az eutektikus szilícium részecskék átlagos szferoidizálási sűrűsége

N_{Si} = a szilícium részecskék száma

A = a vonatkoztatási felület μm^2 -ben és

5 n = a mért képek száma.

Vizsgálataink azt mutatták, hogy gyakorlatilag minden eutektikumot tartalmazó alumínium-szilícium ötvözetben kialakítható a találmány szerinti szövetszerkezet, és az így gyártott termékek igen jó képlékenységgel rendelkeznek. Különösen hatékony a nemesítés és a szakítási nyúlás javítása, ha a terméket tixotróp öntéssel állítjuk elő.

10 A találmány további részleteit kiviteli példákkal, vizsgálati eredményekkel és rajz segítségével ismertetjük. A rajzon az

1. ábra különböző anyagok mechanikai tulajdonságait mutatja a hőkezelés függvényében, a
- 15 2. ábra ugyancsak a mechanikai tulajdonságokat ábrázolja a hőkezelés függvényében, a
3. ábra egy csiszolat elektronmikroszkópos felvétele, a
4. ábra egy másik csiszolat elektronmikroszkópos felvétele, az
5. ábra a szilícium kiválások középső síkját mutatja az izzítási idő függvényében, a
- 20 6. ábra ugyancsak a kiválási síkokat mutatja az izzítási idő függvényében, a
7. ábra a szilíciumrészecskék közötti szabad úthosszat ábrázolja, a
8. ábra mutatja az átlagos szferoidizálási sűrűségeket az izzítási idő függvényében, a
- 25 9. ábra ismét különböző anyagok hőkezelési tulajdonságait mutatja, a
10. ábrán pedig a 9. ábrán látható oszlop diagramnak megfelelő táblázat látható.

30 Az 1. ábrán látható oszlopdiagramon egy kísérleti darabból készített próbán mért A szakítási nyúlásértékek láthatók a különböző módon végzett hőkezelések függvényében. A diagramban feltüntettük az R_{p02} nyúláshatárokat is. A próbadarabot $AlSi_7MgO_3$ ötvözetből készítettük tixotróp öntéssel. A T6 jelű

hőkezelés 12 órán át 540 °C hőmérsékleten történő izzítást és 4 órás pihentetést jelentett 160 °C hőmérsékleten. A T6x jelű hőkezelést a találmány szerint végeztük 1 perces (T6 x 1), 3 perces (T6 x 3) és 5 perces (T6 x 5), 540 °C hőmérsékleten végzett gyors izzítással. Ezeket a próbadarabokat is 4 órán

5 át 160 °C hőmérsékleten pihentettük. A szakítóvizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a gyors izzítással kezelt munkadarabok lényegesen magasabb szakítási nyúlással rendelkeznek, és a T6 x 3 jelű hőkezeléssel készített munkadarabnál ez az érték 60 %-kal nagyobb, mint a T6 jelű hagyományos hőkezeléssel készítetténél.

10 A 2. ábrán egy hasonló próbadarabot vizsgáltunk. Itt az F jelű hőkezeléssel előállított próbadarab értékeit hasonlítottuk össze a T4 x 3, T5, T6 x 3 és T6 jelű hőkezeléssel kezelt próbadarabéval. Ebben az esetben is megfigyelhető volt a szakítási nyúlásértékek jelentős növekedése. Az oszlopdiagramból látható, hogy egy 3 perces gyors izzítás és hidegen

15 pihentetés (T4 x 3) vagy melegen pihentetés (T6 x 3) után a találmány szerint hőkezelt próbadarabok kiemelkedő szakítási nyúlást mutattak.

A 3. és 4. ábrán látható raszter elektronmikroszkópos felvételeken a szilícium kiválások figyelhetők meg. A felvételek készítésével és kiértékelésével kapcsolatban megjegyezzük, hogy a kvantitatív kiértékelés eléréséhez

20 megfelelő bináris képek kell rendelkezésre álljanak. A legfeljebb 2 óráig izzított próbadarabok elektronmikroszkópos felvételét a csiszolatok 30 másodpercig történő maratása után végeztük. A maratást 99,5 % vizet és 0,5 folyosavat tartalmazó oldattal végeztük. A 4 óráig bezárólag végzett izzításokkal nyert próbadarabokat, illetve csiszolatokat pinceoldatban marattuk, és a képeket

25 fénymikroszkóppal vettük fel. Valamennyi képet az Adobe Photoshop 5.0 számítógépes programmal szerkesztettük, és Leica QWin V:2.2 képanalizáló programmal értékeltük ki. Ennél a minimális detektálási felület 0,1 μm^2 volt.

A 3. ábra egy alumínium-szilícium $\text{AlSi}_7\text{MgO}_3$ ötvözetből készült anyagot mutat egy 12 órás T6 jelű izzítás után. A felvétel raszter

30 elektronmikroszkóppal készült.

A 4. ábrán ugyanezen anyag mikroszerkezete látható 3 perces gyors izzítás után. Jól látható a szilícium kiválások szferoidizálódása már igen rövid

idő után, míg a 3. ábrán látható, hosszú izzítás után készített felvételen, a diffúzió eredményeképpen létrejött növekedés figyelhető meg.

Az 5. és 6. ábrákon a szilíciumrészecskék A_{Si} átlagos vágási felülete látható a csiszolatkészítés során az izzítási idő függvényében, 540 °C hőmérsékletnél. A 4. ábrán logaritmus tengelyen ábrázoltuk a vágási felületek növekedését, ami világosan mutatja a részecskeméret változását. A 6. ábrán látható részletes diagramon az átlagos szilíciumrészecske felületek diffúzió következtében fellépő jelentős növekedése látszik az első 60 percben. Az izzítási idővel párhuzamosan növekedő átlagos szemcsenagyság jelentős mértékben függ az eutektikumban lévő szilíciumrészecskék kezdeti nagyságától. Minthogy a bemutatott mikroszerkezet igen jó eredménnyel nemesített és finoman eloszlott szilíciumot tartalmaz, adott esetben egy kevésbé eredményesen nemesített, azaz kezdetben nagyobb szilícium részecskéket tartalmazó ötvözetnél jelentősen lerövidíthető az az idő, ami alatt egy kritikus átlagos szilícium felület ($A_{Si} = \text{kb. } 4 \mu\text{m}^2$) elérhető.

A 7. ábrán a szilíciumrészecskék átlagos távolságainak változása látható az izzítási idő függvényében. Az ábrán jól megfigyelhető a szilícium részecskék egymástól mért távolságának jelentős növekedése az izzítási idő növekedésével.

A 8. ábra az átlagos szferoidizációs sűrűség jelentős csökkenését mutatja az izzítási idő függvényében. A görbe meredek esése már 1,7 percnél megindul, és a szferoidizálási sűrűség 10 alá csökkenése gyorsan megtörténik. Ez alatt az érték alatt már jelentős képlékenységmentesség mérhető. Magasabb izzítási hőmérsékletek esetében ez az érték már 14-25 perc után elérhető. Még magasabb szakítási nyúlásértékekhez 20-nál nagyobb sűrűségi érték szükséges.

A 9. ábrán látható táblázatban oszlop diagramon tüntettük fel a nyúláshatár és a szakítási nyúlás értékeket nyolc különböző alumínium-szilícium ötvözet esetére. A 10. ábra pedig ezeknek a nyúláshatár értékeit mutatja. Valamennyi ötvözetnél a találmány szerinti eljárással a képlékenység növelhető volt.

SZABADALMI IGÉNYPONTOK

- 5 1. Hőkezelési eljárás célszerűen nemesített vagy finomított, alumíniumot, szilíciumot és adott esetben további ötvözőket vagy szennyezőket, például magnéziumot, mangánt, vasat és hasonló elemeket tartalmazó és eutektikus fázissal rendelkezős önthető vagy alakítható ötvözetből készült tárgyak alakíthatóságának javítására, amelynek során a tárgyakat izzítjuk, majd pihentetjük, **azzal jellemezve**, hogy gyors hőkezelésként az anyagot 400 -
- 10 555°C hőmérsékletre hevítjük, 1,7 – 14,8 percig ezen a hőmérsékleten tartjuk, majd szobahőmérsékletre történő kényszerhűtést végzünk.
2. Az 1. igénypont szerinti hőkezelési eljárás, **azzal jellemezve**, hogy a hőtartást legfeljebb 6,8 perc, előnyösen 5 perc időtartamig végezzük.
3. Az 1. vagy 2. igénypont szerinti hőkezelési eljárás, **azzal jellemezve**, hogy
- 15 a pihentetést melegen, 150 és 200° C hőmérsékleten, 1 – 14 órán át végezzük.
4. Az 1. vagy 2. igénypont szerinti hőkezelési eljárás, **azzal jellemezve**, hogy a pihentetést hidegen, szobahőmérsékleten végezzük.
5. Legalább egy finomító ötvöző elemet és adott esetben további ötvözőket
- 20 vagy szennyezőket, például magnéziumot, mangánt, vasat és hasonló elemeket tartalmazó és eutektikus fázissal rendelkező, alumínium - szilícium ötvözetből készült tárgy, amelynek eutektikus fázisa α_{Al} - mátrixból és szilícium kiválásból áll, **azzal jellemezve**, hogy a szilícium kiválások szferoidizált állapotúak és átlagos vágási felületük (A_{Si}) kisebb, mint $4 \mu m^2$,
- 25 azaz

$$A_{Si} = 1/n \sum_{k=1}^n A \leq 4 \mu m, \text{ ahol}$$

- A_{Si} = a szilícium részecskék átlagos felülete μm^2 -ben
- 30 A = a szilícium részecskék átlagos felülete képenként μm^2 -ben
- n = a mért részecskék száma

6. Az 5. igénypont szerinti tárgy, **azzal jellemezve**, hogy a szilícium kiválások szferoidizált állapotúak és átlagos vágási felületük (A_{Si}) kisebb, mint $2 \mu m^2$
7. Legalább egy finomító ötvöző elemet és adott esetben további ötvözőket vagy szennyezőket, például magnéziumot, mangánt, vasat és hasonló elemeket tartalmazó és eutektikus fázissal rendelkező, alumínium - szilícium ötvözetből készült tárgy, amelynek eutektikus fázisa α_{Al} - mátrixból és szilícium kiválásból áll, **azzal jellemezve**, hogy az eutektikus fázisban lévő szilícium részecskék közötti szabad úthossz (λ_{Si}), azaz egy négyzetes felület és a felületen lévő szilícium részecskék hányadosának négyzetgyöke
- 5
- 10
- kisebb, mint $4 \mu m$:

$$\lambda_{Si} = 1/n \sum_{k=1}^n \sqrt{\frac{A}{N}} \leq 4 \mu m, \text{ ahol}$$

- λ_{Si} = a szilícium részecskék átlagos távolsága
- 15
- A_Q = a négyzetes felület nagysága μm^2 -ben
- A_{Si} = a szilícium részecskék száma és
- n = a mért képek száma.

8. A 7. igénypont szerinti tárgy, **azzal jellemezve**, hogy az eutektikus fázisban lévő szilícium részecskék közötti szabad úthossz (λ_{Si}) kisebb, mint 3, előnyösen kisebb, mint $2 \mu m$.
- 20
9. Legalább egy finomító ötvöző elemet és adott esetben további ötvözőket vagy szennyezőket, például magnéziumot, mangánt, vasat és hasonló elemeket tartalmazó és eutektikus fázissal rendelkező, alumínium - szilícium ötvözetből készült tárgy, amelynek eutektikus fázisa α_{Al} - mátrixból és szilícium kiválásból áll, **azzal jellemezve**, hogy az átlagos szferoidizálási sűrűség (ξ_{Si}), azaz a $100 \mu m^2$ - re jutó szferoidizált eutektikus szilícium részecskék száma nagyobb, mint 10:
- 25

30

$$\xi_{Si} = 1/n \sum_{k=1}^n N_{Si}/A \times 100 \geq 10, \text{ ahol}$$

ξ_{Si} = az eutektikus szilícium részecskék átlagos szferoidizálási sűrűsége

N_{Si} = a szilícium részecskék száma

A = a vonatkoztatási felület μm^2 -ben és

n = a mért képek száma.

5

10. A 7. igénypont szerinti tárgy, **azzal jellemezve**, hogy az átlagos szferoidizálási sűrűség (ξ_{Si}) nagyobb, mint 20.

11. Az 5 - 10. igénypontok bármelyike szerinti tárgy, **azzal jellemezve**, hogy tixotrop öntéssel van előállítva.

10

hell.: 5 rajz (10 ábra)
Dk

15

20

25

30

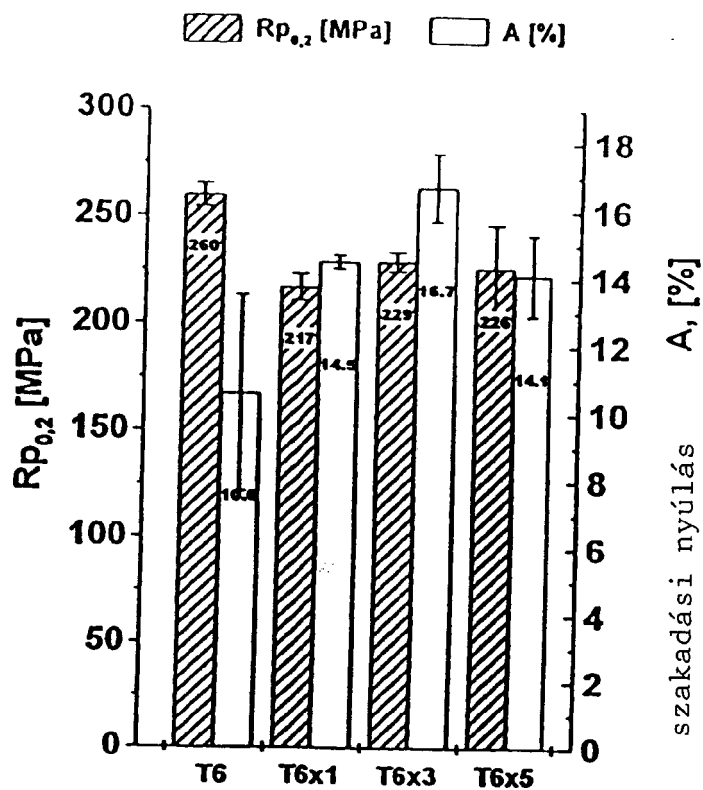


Fig. 1

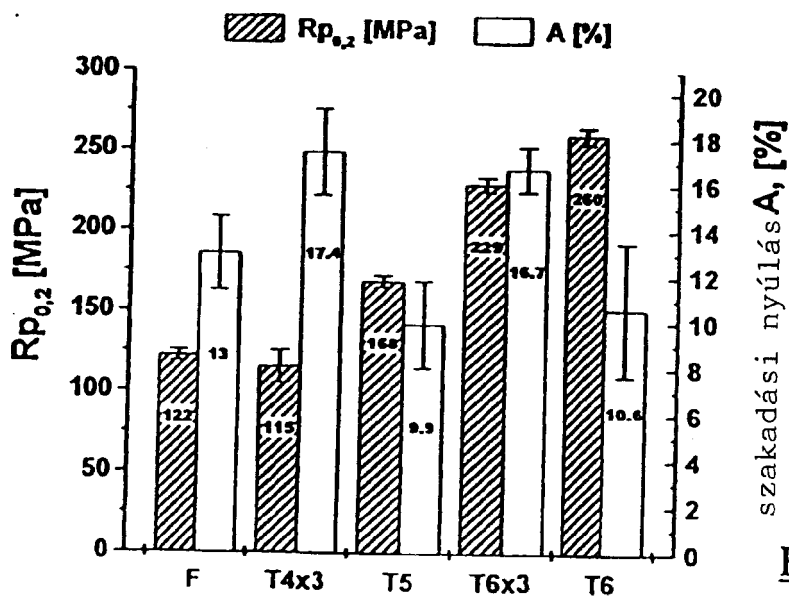


Fig. 2



Fig. 3

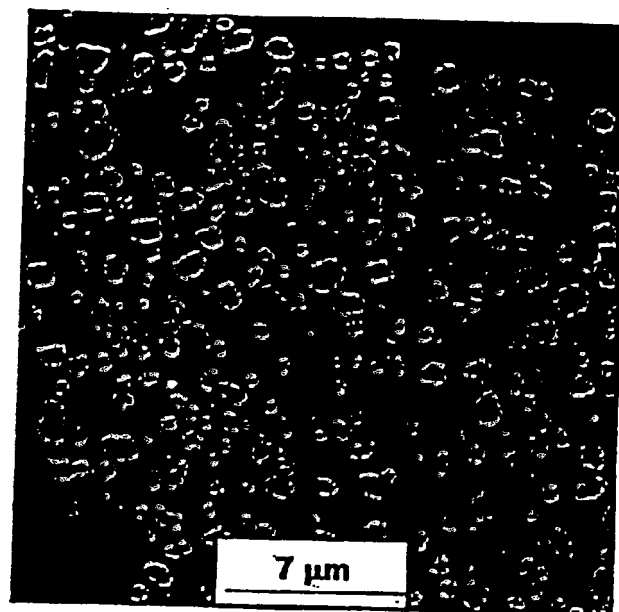


Fig. 4

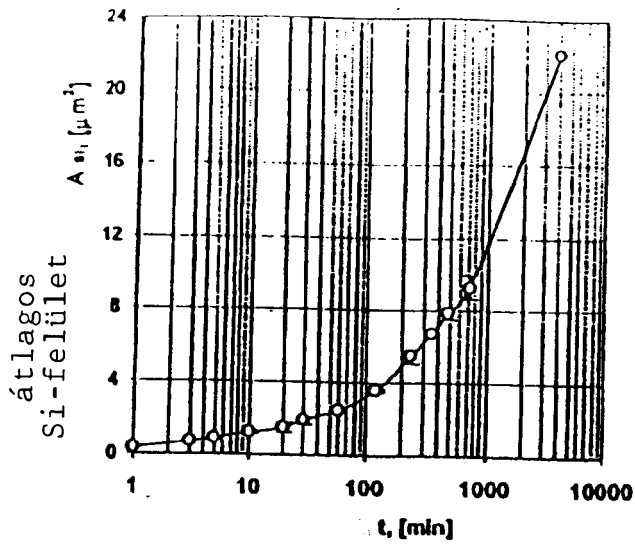


Fig. 5

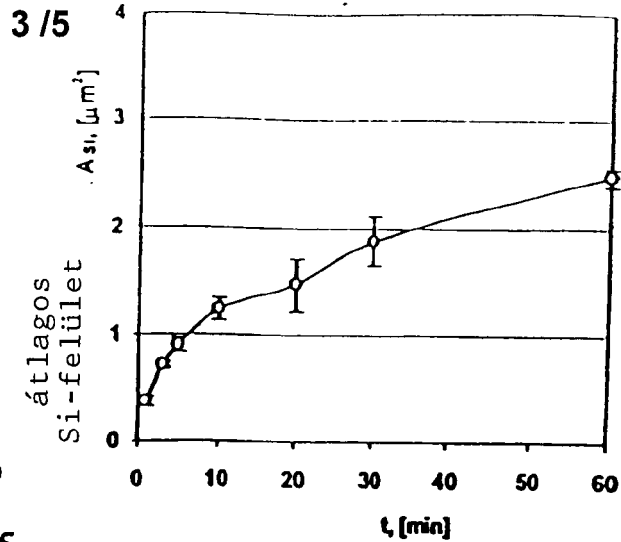


Fig. 6

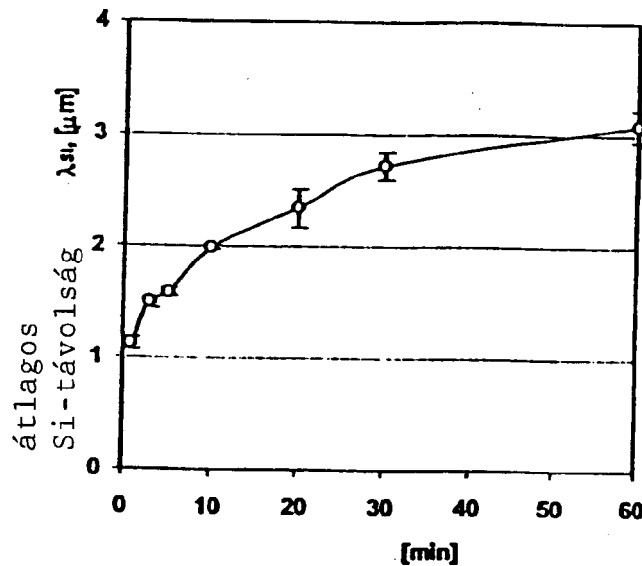


Fig. 7

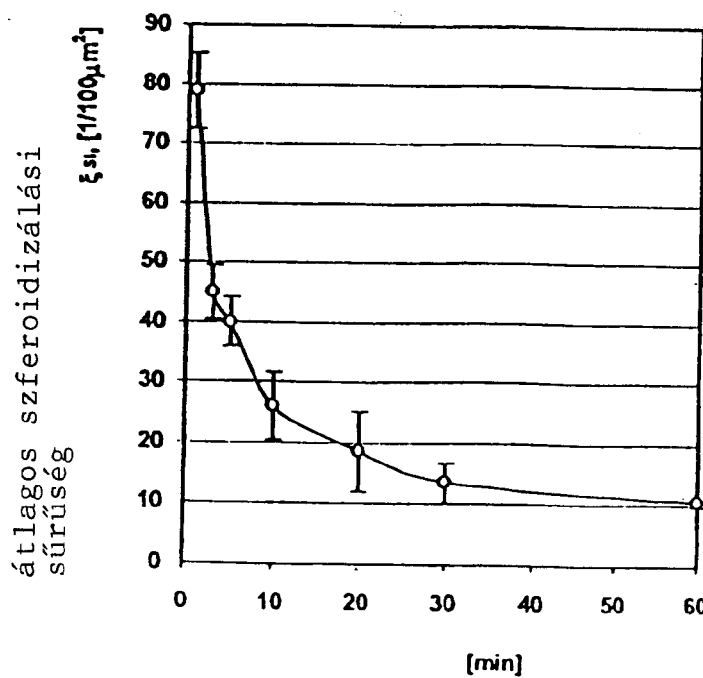


Fig. 8

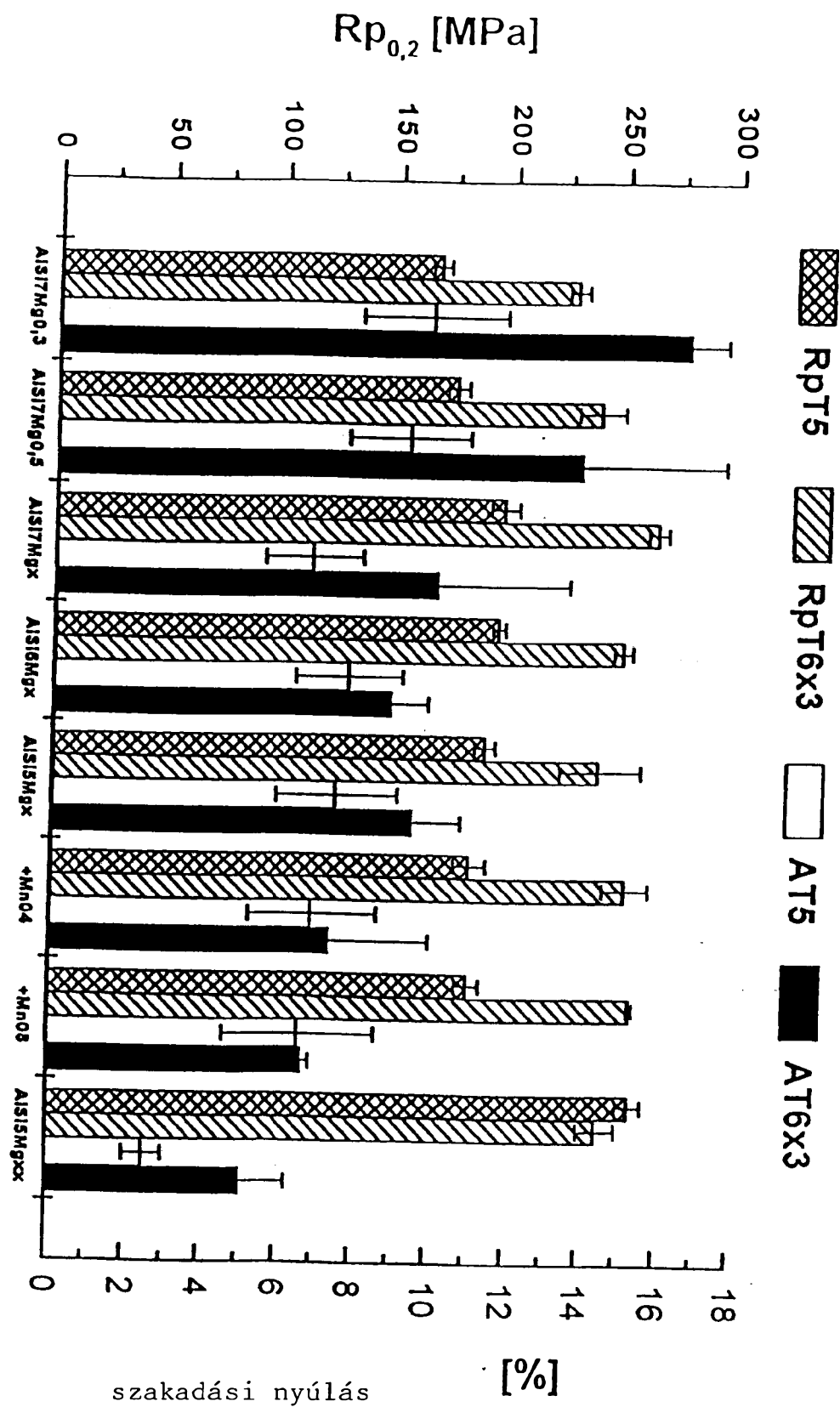


Fig. 9

Variánsok	F		T5		T6x3		T6	
	Rp [MPa]	A [%]	Rp [MPa]	A [%]	Rp [MPa]	A [%]	Rp [MPa]	A [%]
Alsi7Mg03	121.7	13.0	167.5	9.9	228.5	16.7	259.8	10.6
Alsi7Mg05	143.9	10.4	175.8	9.3	240.2	13.9	311.7	9.1
Alsi7Mgxx	159.8	8.3	197.2	6.8	265.2	10.1	322.9	7.6
Alsi6Mgxx	159.7	10.2	195.3	7.8	250.6	8.9	318.6	6.5
Alsi5Mgxx	154.9	10.1	189.6	7.5	240.6	9.5	313.6	8.7
+Mn04	157.1	10.6	183.7	6.9	252.7	7.4	322.7	7.6
+Mn08	154.8	9.9	184.0	6.6	255.9	6.7	324.4	4.9
AlSi5Mgxxx	211.7	3.5	256.4	2.5	242.1	5.1	291.6	5.3

Fig. 10