

**Zsugorítással (szinterezéssel) előállított fémdarabok nem homogén
olvadású komponensek homogén eloszlásával és eljárás ezen
fémdarabok előállítására**

5

KIVONAT

10 A találmány tárgya zsugorítással (szinterezéssel) előállított fémdarab
nem homogén olvadású komponensek homogén elosztásával, lényegében
nem homogén olvadású non-ferrum fémporkeverékekből, ahol egy forró-izo-
statikusan sajtolt, azonos összetételű szilárd test tömörségének (sűrűségének)
megfelelő tömörségű (sűrűségű), lényegében végleges kontúrral rendelkező
15 zsugorított profildarab a kiinduló anyagból a por folyékony fázisának fellépését
megakadályozó feltételek mellett a fém olvadáspontjának 70%-áig terjedő hő-
mérsékletnél, előnyösen a fém olvadáspontjának 60%-áig terjedő hőmérsék-
letnél egy kétoldalt nyitott présszerszámban való folyamatos izostatikus nyo-
más alatti zsugorításával állítható elő; valamint eljárás ezen zsugorított termék
előállítására.

Jelle. ábra: 6. ábra

Le

**Zsugorítással (szinterezéssel) előállított fémdarabok nem homogén
olvadású komponensek homogén eloszlásával és eljárás ezen
fémdarabok előállítására**

5

A találmány tárgya zsugorítással (szinterezéssel) előállított fémdarab nem homogén olvadású komponensek, homogén eloszlásával, lényegében nem homogén olvadású nem vas (non-ferrum) fémpor keverékekből.

10 A találmány tárgya továbbá eljárás ezen zsugorított (szinterezett) fémelem előállítására.

A non-ferrum fémporkeverékek alatt olyan fémkeverékeket is értünk, amelyek vasat kis mennyiségben, mintegy 8 tömeg%-ban tartalmaznak. Csekély vas-mennyiségek ötvözetadalékként is előfordulhatnak.

15 A zsugorított elemek előállítása nem homogén olvadású szénporokból ismert. Erre a célra szokásosan forró izostatikus sajtolást (HIP= Hot Isostatic Pressing), izostatikus sajtolást (CIP=Cold Isostatic Pressing) vagy meleg zsugorítást (melegsztinterezést) alkalmaznak. Ezen eljárások egyikében sem olvad meg teljesen a fémporkeverék, mert különben keverék-szétesési jelenségek lépnének fel. A HIP és CIP eljárásoknál az egyes elemeket diskontinuusan
20 egyenként kell a nyomáskamrában zsugorítani, aminek következtében a sorozatgyártás csak kivételes esetekben valósítható meg.

Valamelyest kevesebb ráfordítást igényel a nyomás nélküli melegzsugorítás. Ezesetben a zsugorítandó por, granulát, dara vagy hasonló a sajtolási segédanyagokkal együtt közel végleges kontúrokkal rendelkező alakban, általában
25 egytengelyűen (uniaxial) kerül sajtolásra, és az ilyen módon előállított félkésztermék egy zsugorító kemencében a fémpor olvadási- illetve szolidusz hőmérsékletének kétharmad-negyötöd részénél, adott esetben védőatmoszféra jelenlétében kerül zsugorításra (szinterezésre).

Fémporok zsugorításához egy további ismert technika a porkovácsolás. Ez

30

ugyancsak egy nem folyamatos eljárás, amelynél az egyes darabokat ódorokban állítják elő.

Többfázisú porokat és porkeverékeket általában a keverék legalacsonyabb hőfokon olvadó összetevőjének olvadási vagy szolidusz hőmérséklete közelében zsugorítják. Könnyen oxidálódó anyagoknál a magas oxidációs sebesség és a zsugorításnál felmerülő hosszantartó időszükséglet miatt a zsugorítást védőgáz-atmoszféra jelenlétében eszközlik. A félkészterméknek ehhez a tulajdonképpeni zsugorításához egy hőkezelés csatlakozik, ami a képződő szövetszerkezetet kedvezőbbé teszi. Ezt gyakran egy utánmunkálás illetve kalibrálás követi, amelynél a zsugorított darabok elnyerik végleges alakjukat. Ezek a járulékos technológiai lépések a forrón zsugorított daraboknál, amelyek lehűléskor elhúzódásra hajlamosak, túl költségesek és ráfordításigényesek ahhoz, hogy egyetlen gyártási vonalba legyenek integrálhatók.

Az ismert eljárások szerinti zsugorított darabok általában nem rendelkeztek homogén olvadású fémkeverékekkel, különösen akkor, ha nem homogén olvadású porkeverékeket zsugorítottak, gyakran az elemek különböző diffúziósebessége következtében porózus vagy szétesett szakaszok alakultak ki, amelyekben a nem összekeverhető összetevők egyedi fázisai inhomogén módon kristályosodnak. Ez a zsugorított szövetszerkezetet illetően kedvezőtlen és annak mechanikai technológiai tulajdonságait illetően hátrányosan befolyásolja. Az ily módon előállított zsugorított darabok tulajdonságai – ezen szakaszok miatt, amelyeknek fellépése előre nem voltak láthatóak – kedvezőtlenek voltak és az egyedileg előállított zsugorított darabok között nagy különbségek léptek fel, így például az anyagtörési hajlandóságot illetően az inhomogén szakaszok mentén, ami jelentősen csökkenő rugalmassághoz vezetett. Ez különösen akkor jelentkezett, ha a zsugorított darabok az üzemben változó terhelésnek voltak kitéve, például fogaskerekek, szivattyúkerek, hasonló esetekben hatottak hátrányosan és a szokásos eljárások a magas selejthányad következtében magas kiadásokhoz vezettek. Végezetül a szokásos melegzsugorítás rendkívül energiaigényes, minthogy a különböző hőkezelési lépésekkel valamint a zsugorítási technológiával kapcsolatban magas fűtési költségek merülnek fel.

A fentiekben ismertetett hátrányos tulajdonságok kiküszöbölésére a találmány feladata zsugorított elemek előállítása, amelyek homogénabb, egységesebb szövetszerkezettel rendelkeznek, és kevesebb ráfordítással állíthatók elő.

A feladat találmány szerinti megoldása zsugorítással (szinterezéssel) előállított

- 5 fémdarab nem homogén olvadású komponensek homogén eloszlásával, lényegében nem homogén olvadású nem vas (non-ferrum) fémporkeverékekből, ahol egy forró-izostatikusan sajtolt, azonos összetételű szilárd test tömörségének (sűrűségének) megfelelő tömörségű (sűrűségű), lényegében végleges kontúrral rendelkező zsugorított profildarab a kiinduló anyagból a por folyékony
- 10 fázisának fellépését megakadályozó feltételek mellett a fém olvadáspontjának 70%-áig terjedő hőmérsékletnél, előnyösen a fém olvadáspontjának 60%-áig terjedő hőmérsékletnél egy kétoldalán nyitott présszerszámban való folyamatos izostatikus nyomás alatti zsugorításával van előállítva.

- A feladat megoldása továbbá egy eljárás a közel végleges kontúrokkal rendelkező fentiek szerinti zsugorított fémdarab előállítására, amelynél fémporból sajtolt darabot készítünk, majd azt egy két oldalán nyitott présszerszámban folyamatos hideg izostatikus zsugorítással egy, a szilárd test tömörségének (sűrűségének) megfelelő tömörségű (sűrűségű) profillá zsugorítjuk, majd abból
- 20 adott esetben leválasztással zsugorított terméket állítunk elő, adott esetben a zsugorított terméket vagy a zsugorított profilt hőkezeljük és adott esetben utánmunkáljuk.

A folyamatos izostatikus nyomás alatti zsugorításnál a nyomás értéke az alábbi összefüggésnek felel meg.

25

$$p_{\min} = \frac{2\sigma_y(T)}{3} \ln \left[\frac{1}{1-D} \right],$$

ahol a $\sigma_y(T)$ az anyag folyási szilárdsága a tervezett nyomási hőmérsékletnél és D a hideg izostatikus előresajtolt kiindulási termék relatív sűrűségét jelöli. A

- 30 relatív sűrűség az előresajtolt kiindulási termék ρ_0 abszolút sűrűségének és a masszív ötvözet ρ_b sűrűségének a hányadosa.

A nyomás alatti zsugorítási eljárás egy két oldalán nyitott szerszám segítségével egy zsugorított profilt eredményez; adott esetben a zsugorított termék a zsugorított profilból leválasztás útján alakítható ki; a zsugorított termék vagy a zsugorított profil hőkezelésre és adott esetben utánmunkálásra kerül.

- 5 A találmány szerinti zsugorítással előállított fémdarab legalább mintegy 150%-nál nagyobb nyúlással, előnyösen 120%-nál nagyobb nyúlással rendelkezik, mint a melegen zsugorított zsugorított-darabok.

10 A találmány szerinti zsugorítással előállított fémdarab esetében a zsugorítandó anyagpor kiinduló keveréke lényegében fémekkel és fémötvözetekkel valamint kis mennyiségű ötvözési alkotórészekkel, keményanyagokkal, kopás-hordozókkal, szálakkal rendelkezik.

A találmány szerinti zsugorítással előállított fémdarabhoz legalább egy anyag van az Al, Ti, Cu, Mg, Be, Ni, Cr, Mo, W, bronzok, Nb, Pb, Co, Zn közül kiválasztva.

- 15 Előnyös, ha a találmány szerinti zsugorítással előállított fémdarab a folyamatos nyomás alatti zsugorítása egy inertgáz, mint nemesgáz, nitrogén, szén-dioxid jelenlétében van megvalósítva.

20 A találmány egy kiviteli alakjánál a zsugorítással előállított fémdarabnak a folyamatos hideg izostatikus sajtolás kiinduló anyagaként alkalmazott présdarabja különböző anyagösszetételű szakaszokkal rendelkezik. A különböző összetételű meghatározott szakaszok rétegek, sávok, kerek zárt formák, poligonok lehetnek.

A tipikus folyamatos izostatikus nyomás alatti zsugorítás a fémpor kiinduló keveréke fő alkotórésze olvadáspontjának mintegy 70%-ánál előnyösen egy, az
25 eljárási paramétereknek megfelelő hidraulikus csigapréssel történik, ahol a szokásos préselés – amely homogén olvadású anyagoknál az olvadási pont közelében elhelyezkedő hőmérsékleteknél kerül végrehajtásra – a sajtoló termék túlmelegedése következtében kevésbé pontos méretekkal rendelkező gyártmányokhoz vezet, amelyeket azután például sajtolással, kovácsolással, stb. további megmunkálásnak kell alávetni. A fenti összefüggés szerinti rendkívül nagy nyomásoknál alkalmazott folyamatos izostatikus nyomás alatti zsugorításnál lehetővé válik egy olyan hőmérséklet megválasztása, amelynél a saj-

30

tolt termék sűrűlódás által bekövetkezett felmelegedése figyelembe van véve. A CIP eljárásnak alávetett kiinduló anyag tényleges T_y előmelegítési hőmérsékletét a következő összefüggés határozza meg:

$$5 \quad T_y = T - \frac{Q_B - Q_\lambda}{\frac{\pi}{4} \rho_o^2 l \rho_B c_B}$$

Ennél az összefüggésnél a T az anyag melegfolyás-határának hőmérsékletét jelöli, a Q_B a kiinduló anyaghoz hozzávezetett hőmennyiséget a Q_λ a szárfelületre leadott hőmennyiséget az l az aktív szárhosszt és a c_B a zsugorítási sebességet jelöli.

Az eljárásra jellemző, hogy az előmelegítési hőmérséklet lehetséges csökkentése következtében a poranyag csak kis mértékben és rövid ideig kerül melegítésre szemben a szokásos csigaprésekkel, amelyeknél a préselt anyag átmenő és magasabb hőfokon való melegítése kívánatos.

15 Azáltal, hogy a találmány szerint viszonylag hidegen, a folyékony fázis megszemenő elkerülése mellett, nagy nyomásoknál sajtolunk, meglepő módon lehetségessé vált a fémport folyamatosan, viszonylag hidegen profilá zsugorítani, jóllehet mindeztideig azt tartották, hogy ez csak olyan eljárásnál lehetséges, amelynél a félkészterméket a fő alkotórész olvadási pontjának 80-90%-os
20 nagyságrendű hőmérsékleténél zsugorítják. Teljesen váratlan volt, hogy ez az izostatikus folyamatos nyomás alatti zsugorítás ezeknél a viszonylag alacsony hőmérsékleteknél eszközölhető, ahol finom kiindulási porok alkalmazása mellett (amelyeknek közepes szemcse nagysága 50-150 μm) járulékos, a meleg izostatikus sajtolásból ismert zsugorítási mechanizmusok mint például
25 a Nabarro-Herring-Kriecheen szerinti átvitellel alkalmazhatók.

Kitűnt, hogy ezzel az eljárással kifogástalan struktúrájú zsugorított darabok állíthatók elő, amelyekre a nem összekeverhető alkotórészek különösen homogén eloszlása jellemző, és ezért szemben a szokásos eljárások szerinti zsugorított darabokkal és a porkovácsolással jobb rugalmassági és alakíthatósági
30 tulajdonságokkal rendelkeznek. Ez azáltal volt elérhető, hogy az erősen hőfok-

függő volumendiffúziót, amely az egyes fázisok durvulására és szétválására hat, csaknem teljesen sikerült kiküszöbölni.

A találmány szerint, előnyösen egy, a fémportömítéshez ismert sajtoló eljárással előállított sajtolat darabot csúsztatóanyag, kenőanyag vagy zsugorítási segédanyag nélkül, mint kiinduló anyagot alkalmazunk a folyamatos izostatikus sajtoláshoz. Ez a fémporból sajtolat darab már rendelkezhet inhomogén anyageloszlással, különösen az esetben, ha inhomogén zsugorított kompozit darabot kell előállítani.

Tipikus például egy külső anyagréteg, más, kémiai vagy fizikailag ellenállóbb anyagból, az esetben például, ha egy meghatározott korrózióálló külső vagy belső rétegre van szükség, mint porkohászati úton előállított metallurgiai csöveknél vagy tárcsáknál. Egy prérsszerszámmal rendelkező sajtolóban azután a fémporból sajtolat darab izostatikusan, viszonylag hidegen kerül sajtolásra/zsugorításra, és a sajtolás során az alkotórészek szemcsehatárain a nyíróerők következtében kapcsolódási reakció következik be, anélkül, hogy egy folyékony fázis lépne fel, amely a szétválást elősegítené. Ilyen módon lehetséges egy homogén zsugorított terméket előnyös anyagtulajdonságokkal előállítani.

Egy másik kiviteli példa esetében, a prérsszerszámmal folyamatosan előállított zsugorított termék szabályozott hűtéssel, például szórt vízszugárral oly módon hűthető le, hogy a lehűtés révén egy finomkristályos állapot alakuljon ki vagy egy meghatározott hőkezelést, például alumínium ötvözeteknél egy T4-hőkezelést végezhetünk. A lehűtött rúd mechanikusan utánmunkálható. Így szokásosan a folyamatosan előállított profilos zsugorított termék a kívánt termék hosszúságra fűrészeléssel, vízszugárvágással, lézervágással vagy más, a szakember által ismert eljárással kialakítható. A folyamatosan előállított zsugorított termék ezen meghatározott hosszúságú szakaszai azután utánmunkálást – mint felületnemesítést vagy kalibrálást – követően kerülnek alkalmazásra. Ily módon a termék hosszúságra levágott zsugorított darab igény szerint hőkezelésnek vethető alá, annak érdekében, hogy az anyagszerkezet megváltozzék, vagy a nemesítés folyamata lejátszódjék. Ezen esetben a hőkezelést úgy kell végrehajtani, hogy folyékony fázis ne álljon elő.

A találmány szerinti zsugorított termék tipikus utánmunkálása a sajton való kalibrálás annak érdekében, hogy méretében a termék igen szűk tűrésű végformát kapjon. Forgácsolással történő utánmunkálásra vagy „machining”-ra általában nincs szükség.

- 5 A fő alkotórész olvadáspontjának 70%-os hőmérsékletnél zsugorított termék lényegében már kész végkontúrral rendelkezik – ami azt jelenti, hogy az utánmunkálási lépések csak kismértékű ráfordítást igényelnek.

- Azáltal, hogy az eljárás folyamatos, a rendkívül jó tulajdonságokkal rendelkező zsugorított részek előállítási sebessége jelentősen kedvezőbb, mint az eddig
- 10 zsugorított darabok előállítására szolgáló nem folyamatos egytengelyű vagy izostatikus sajtoló eljárások esetén lehetséges volt. Azáltal, hogy a jelenlegi eljárással izostatikusan folyamatosan történik a zsugorítás, a szétválás jelensége, amely a magasabb zsugorítási hőmérsékleteknél a por alkotórészek diffúziója következtében a folyékony fázisokban felléphetnek, elkerülhetővé
- 15 válnak. Ezáltal a nem homogén módon olvadó keverékeknek egy finomabb és homogénabb szövetszerkezete érhető el, mint a klasszikus forró izostatikus sajtolóeljárásoknál, amelyeknél még jelentős diffúziós folyamatok, – így a tömörítés végstádiumában különösképpen a térfogatudiffúzió – erős szemcsedurvuláshoz vezetnek, és a kristályosodási jelenségek szétválással játszódhatnak
- 20 le. A találmány szerint előállított zsugorított darabok nem homogén olvadású fémkeverékekből jobb megmunkálhatósággal és nagyobb alakíthatósággal, valamint nagyobb nyújthatósággal rendelkeznek, mint azok, amelyek a technika állása szerint kerültek előállításra. Ez a további előállítási folyamat során a kedvezőbb utánmunkálási lehetőségben jelentkezik. Az ilyen szerkezeti ele-
- 25 mek alkalmazását a zsugorított darabok mechanikai, technológiai jellemzői a rugalmasság, húzószilárdság és nyúlás rendkívül kedvezően befolyásolják. Így például egy nyomás nélkül zsugorított szerkezeti elem egy 13 tömeg% szilíciummal rendelkező alumíniumötvözetből, 0,5%-nál kisebb szakadási nyúlással rendelkezik, míg egy az azonos ötvözetből, de a találmány szerinti
- 30 eljárással előállított szerkezeti elem 7-12%-os szakadási nyúlással rendelkezik. Ez az olvadási fázis képződésének kiküszöbölésével érhető el, úgy hogy a szövetet nem tud inhomogén módon részkrisztályosodni.

- Eljárástechnikailag kitűnt, hogy a találmány szerint előállított zsugorított darabok anyagjellemzőinek szóródása sokkal kisebb mértékű, mint az azonos összetételű melegen zsugorított daraboké – tehát szűkebb anyagértékhatárokkal rendelkeznek, mint a szokásos HIP vagy melegen zsugorított darabok esetében. Azáltal, hogy az olvadási fázisok fellépése nem következik be, nem bekeverhető alkotórészek, mint kemény fázisok, valamint azok az anyagok, amelyek a klasszikus zsugorítási eljárás szerint csak nagyon nehezen vagy egyáltalán nem vehetők igénybe homogénen elosztva bedolgozhatók. Tipikus módon az alkalmazott poranyag egy fémekből illetve azok ötvözetéből és további anyagokból, mint keményszereszekből, szálakból illetve kopásálló anyagból, mint bórkarbid BN, álló porkeverékek.
- Ily módon fém-mátrix kompozitanyagok (Metal Matrix Composite) állíthatók elő, ahol a második összetevő szálak vagy részecske alakú lehet.
- Szálakként lehetséges rövid- vagy hosszú szálakat illetve részecskéket 5-30 térfogat%-ban alkalmazni. A rövid szálak hossza lényegesen rövidebb, mint a szálátmérő 100-szorosa. Hosszú, végtelen vagy folyamatos szálak azok, amelyeknek szálhosszúsága nagyobb, mint a szálak átmérőjének 100-szorosa. A szálak a zsugorított darabok szilárdságának javítására szolgálnak.
- Részecskékkel erősített anyagok (particle reinforced materials) ugyancsak előállíthatók. Mint ilyenek SiC-vel, bórkarbiddal, stb.
- Az eljárás útján biztosítható nagy homogenitás következtében lehetségessé válik más, tipikus módon zsugorított ötvözetek, mint Ti-ötvözetek, különösképpen Ti/Nb-ötvözetek TiAl és TiAl Nb valamint Co-Ti-B Mg + SiC, bórkarbid, Al₂O₃ vagy AlPb-ötvözetek nagy hőtárolóképességgel, amelyek olvasztás útján nem előállíthatók, megmunkálhatósága – tehát zsugorított kompozit anyagok folyamatosan előállíthatókká válnak vagy akár berilliumdarabok, magnéziumdarabok, stb. Tipikus összetételek, például az alumíniummal együtt a Si, Mg, Cu, Zn és adott esetben Fe kompozitok, példaképpen 10-40% Si, 0-3% Mg, 0-5% Cu, 0-7% Zn és Fe valamint más könnyűfémötvözetek, mint ilyenek magnézium, kalcium, berillium, stb. Zsugorított alumíniumrészeknél más ötvözetek is lehetségesek, így AlSi, AlSiCu, alumínium-zsugorított anyagok:

- AlCuMg, 3,8-4,4 Al Cu, 0,5-1,0 Mg összetétellel: AlMgSi 0,4-0,8 AlSi, 0,5-1,0 Mg, 0,05-0,6 AlZnMgCu, 0,25-1,6 Cu, 0,1-1,5 Mg, 1,5-8,0 Zn, AlSi több mint 7% Si-vel összetétellel. A találmány különösképpen nehezen forgácsolható könnyűfémötvözetekből előállított könnyűfém zsugorított darabokra vonatko-
- 5 zik. Ugyancsak előállíthatók eutektikum fölötti ötvözetek, ahol a szakember részére a szakismeretei alapján további előnyök válnak nyilvánvalóvá.
- A találmány szerint előállított zsugorított darabok előnyeként többek között megemlíthetők: a kopáshordozók finom és egyenletes szemcsenagysága, je-
- 10 lentősen finomabb kopáshordozó eloszlás, nincsenek dúsulások, kiválások és szétválások, teljesen homogén szövetszerkezet valamint egészen kiváló mé-
- retpontosság, ami annak következménye, hogy a melegzsugorítás során fellépő elhúzódnások a találmány szerinti eljárásnál nem következnek be és ezért rendkívül pontos darabok állíthatók elő. A kiindulást képező porok részecskéi a találmány szerinti eljárást követően mikroszkóp alatt már nem ismerhetők fel,
- 15 a szövetszerkezet azonban rendkívül finom szemcseeloszlása azonkívül hosszúság alakkal rendelkezik, ami az ily módon előállított zsugorított darab szilárdságát mechanikailag kedvezőbbé teszi. Végezetül a találmány szerinti zsugorított darabok legalább 150%-kal nagyobb nyúlással rendelkeznek, mint az azonos anyagösszetételű porkovácsolással, zsugorítással vagy öntéssel előál-
- 20 lított darabok.
- Tipikus a kopáshordozók bedolgozása. Lehetséges a kopáshordozók igen finom és egyenletes szemcsenagyságát és jelentősen finomabb eloszlását más eljárásoknál elért értékekkel szemben előirányozni. Nem lépnek fel dúsulások, kiválások és szétválások, továbbá homogén szövetszerkezet alakul ki. A talá-
- 25 lmány szerint egy különösen egyszerű eljárás áll rendelkezésre, különösen kopásálló, rendkívül nagy méretpontossággal rendelkező zsugorított fémből előállított szerkezeti elemek részére. Lehetséges eutektikum fölötti ötvözeteket is előállítani.
- Szálaknak, úgymint kerámiaszálaknak, szénszálaknak vagy akár kemény-
- 30 anyag-szálaknak bezugorításával jobb szilárdsági értékek – a húzószilárdság növelése, a nyúlási határ növelése, a rugalmassági modulus növelése, kedvezőbb hőszilárdság és megfolyósodásállóság – a termikus tágulási koefficiens

csökkentése érhető el. Mint kopáshordozó vagy kemény anyag tipikusan SiC-részecskék, AlN, BN, TiB₂, bórkarbid, SiO₂, WC: szálak, szénszálak, fémszálak, keramikus- vagy üvegszálak kerülnek alkalmazásra.

Alkalmas fémfázisok választhatók ki alumíniumból, titánból, rézből, berilliumból, magnéziumból, kalciumból, nikkelből, lítiumból, krómból, molibdénből, wolframból, bronzokból, nióbiumból, ólomból, horganyból és kobaltból.

Ugyancsak lehetséges az izostatikus nyomás alatti zsugorítást a kiinduló fém-porkeverék fő alkotórésze olvadáspontjának 70%-a alatti hőmérsékleten inertgáz jelenlétében megvalósítani, az esetben, ha könnyen oxidálható anyagok, mint magnézium a fő alkotórész olvadáspontjának 70%-áig terjedő hőmérsékleten kerül zsugorításra. Az inertgáz lehet egy nemesgáz, nitrogén vagy szén-dioxid.

Az eljárás útján lehetséges egy, különböző összetételű több szakaszból álló kompozit darab (előnyösen porból sajtolt darab) zsugorítása, ahol a zsugorított darab rétegekkel, gyűrűkkel, szalagokkal, stb. rendelkezik. Ennek példaképpen akkor van jelentősége, ha külső anyagként egy kemény rétegre van szükség, mint például vágótárcsáknál vagy hasonlóknál, belső anyagként azonban egy értékes, alakítható és rugalmas anyag kívánatos. Mindezideig az ilyen részeket külön kellett előállítani, és azután összeszerelni, amely megoldással szemben a találmány szerinti eljárás lehetővé teszi a két réteg egy lépésben való előállítását, együttes, folyamatos izostatikus sajtolással, miáltal több anyag összezsugorításra kerül. Ugyancsak lehetséges zsugorított darabokat kemény vágóéllal a többi szakasztól eltérő anyagösszetételből előállítani.

A találmány további céljait, jellemzőit és előnyeit a leírás további részei tartalmazzák, valamint az igénypontok együttesen a mellékelt rajzokkal. A találmány céljainak és természetének teljes megértéséhez a mellékelt rajzokra utalunk. Az

1. ábra az eljárási lépések sematikus ábrázolása összehasonlítva az alumínium szilíciumötvözet szokásos zsugorító sajtolásával. A
2. ábra szilárdtest csiszolat mikroszkópos felvétele, ahol a szilárd testet egy AlSi 14%-os ötvözet képezi, egy öntvény a találmány szerinti eljárással és a szokásos zsugorítással előállított termék esetében. A

3. ábra a találmány szerinti darabok melegnyomásos próbája. A
4. ábra az AlSi 14% sűrűdési tényezője szemben a 100 Cr6-tal – a találmány szerinti eljárással és a szokásos zsugorítással előállított darabok esetében. Az
- 5 5. ábra zsugorított termékek inhomogén szakaszokkal, sematikus ábrázolva. A
6. ábra inhomogén szakaszokkal rendelkező zsugorított termékek előállításának sematikus szemléltetett eljárási lépései.

A továbbiakban a találmány egy előnyös kiviteli alakja AlSi 14%-os darabok előállításának segítségével kerül leírásra, amelyek ezideig szokásosan melegen kerültek zsugorításra. Ez azonban nemcsak erre az alkalmazásra van korlátozva, lehetséges ezzel az eljárással más, zsugorítható fémpor, mint Ti, Ta, Mg, Be, Cs, Cu feldolgozása is.

Az 1. ábrán a találmány szerinti kitanításnak megfelelő eljárási folyamat van sematikus ábrázolva. Amint az ábra mutatja, az eljárás magába foglalja egy folyamatosan zsugorított darab előállítását, amely eljárás útján folyamatos izostatikus sajtolással egy zsugorítható anyagkeverékből, sikosító anyag nélkül, egy szerszámban zsugorított darab állítható elő.

20 Kiviteli példák

1. példa:

Egy AlSi 14%-os zsugorított tárcsa előállítása

- 25 A kiindulási anyag – ez esetben egy nem homogénen olvadó alumíniumporkeverék 13 tömeg% szilíciumporral (AlSi csak 5-7% tartományban olvad homogén módon). összekeverésre kerül és azután egy porsajtóban egy nem végleges kontúrokkal rendelkező porból álló csap kerül előállításra. A porsajtóban hidegen nagy nyomással egy csap alakú kiindulási terméket állítunk elő. A
- 30 csap alakú kiindulási terméket azután folyamatos izostatikus zsugorításhoz – ez esetben egy csigapréshez – átvezetjük, és egy szerszámmal zsugorítás közben sajtoljuk. Az AlSi 14 zsugorított darab a szerszámból a fő alkotórész

olvaspontjának 70%-os hőmérsékleténél zsugorított folyamatos profilként kerül ki, amelynek külső kontúrja közel végleges alakkal rendelkezik. A folyamatosan zsugorított profilt ezután mechanikus úton a kívánt tárcsamagasság-
 5 nak megfelelően daraboljuk, és a tárcsákat 250 °C-on 30 percen át melegen kezeljük. A melegkezelésből kikerült zsugorított tárcsákat azután egy kalibráló présben 150 KN erővel kalibráljuk – azaz a végleges méretét illetően igen szorosan tűrt alakra hozzuk. Az ily módon előállított zsugorított darabokat szemben a szokásos forró izostatikusan sajtolt azonos összetételű darabokkal nem kell burkolatlanítani, és ezek a darabok a kalibráláshoz kielégítő alakíthatósággal rendelkeznek. Így minden további megmunkálás nélkül, mint kész elemek
 10 alkalmazhatók.

2. példa (összehasonlító kísérlet):

Egy AlSi 14%-os zsugorított darabot szokásos zsugorítással előállítunk, ahol
 15 14 tömeg% szilíciummal kevert alumíniumport a Hoechst Wachs C sajtolási segédanyaggal egy tárcsa kiindulási termékévé sajtolunk, amely tárcsát azután 20 percen át 410 °C-on hőkezelésnek vetünk alá, ezt követően pedig egy zsugorító kemencében 30 percen át 590 °C-on zsugorítjuk, majd ismételtén 240 percen át 400 °C-on hőkezeljük, és mint összehasonlító terméket
 20 használjuk.

A 2. ábrán az AlSi14-ből előállított zsugorított alumíniumtárcsa mikrostruktúrája van összehasonlításként szemléltetve, ahol a zsugorított tárcsa szokásos melegzsugorítással az összehasonlító kísérlet szerinti és a találmány szerinti izostatikus sajtolással van előállítva. Világosan kitűnik, hogy a találmány szerint előállított darab kisebb szemcsenagysággal és kevésbé szétvált szakaszokkal rendelkezik, a találmány szerint előállított zsugorított darab tehát tulajdonságait illetően homogénabb.

A 3. ábrán forró izostatikusan sajtolt AlSi 14%-os próbadarabok és folyamatosan izostatikusan nyomás alatt zsugorított találmány szerinti AlSi 14%-os
 30 formadarabok súrlódási tényező görbéi vannak szemléltetve szemben a 100 Cr6 anyag súrlódási tényező görbéjével.

Világosan kitűnik, hogy az izostatikusan nyomás alatt zsugorított anyag elő-
 5 ször is nagyobb felületi érdességgel rendelkezik, amelyet azonban gyorsan ki-
 hengerelnek, úgyhogy a súrlódási tényező a súrlódási kísérletek további lefo-
 lyása során az izostatikus nyomás alatt zsugorított anyagok esetében kisebb,
 mint a forró izostatikusan sajtolt termékéé. Ez az izostatikusan nyomás alatt
 zsugorított anyagok nagyobb alakíthatósága mellett szól.

1. táblázat

10

Az AlSi 14%-os anyag értéktartományai
 (szobahőmérsékleten az esetben, ha nincs más megadva)

15	<u>Összetétel:</u>	<u>HIP-AlSi14</u>	<u>találmány szerinti AlSi 14%</u>
	Sűrűség (tömörség)	2,65	2,7
	Keménység HB	95-150	80-105
	Húzószilárdság N/mm ²	210-250	260-280
20	Folyási határ N/mm ²	130-210	160-180
	Nyúlás %	0,5	3-12
	E-tényező GPa	<80	<80
	Si-szemcsenagyság µm-ban	10-20	5-10
	Si-eloszlás a szövetben	viszonylag homogén	teljesen homogén
25	Felületi nyomás N/mm ² 150 °C-nál	780	550

Az 1. táblázatból egyértelműen kitűnik, hogy a találmány szerinti eljárással elő-
 30 állított zsugorított testek adatai kisebb szórással rendelkeznek, tehát ponto-
 sabban beállíthatók, és ezáltal kevésbé hibás darabok jönnek létre. A zsugorí-
 tott darabok homogénebbek, és nyújthatóbbak, miáltal kedvezőbb elasztikus

tulajdonságokkal rendelkeznek, amelyek különösképpen a mechanikailag igénybevett részeknél, mint acélláncokkal kapcsolatban álló lánckerekeknél, rotoroknál és sztátoroknál, bűtykös tengely vezérelte rendszereknél vagy olajszivattyú részeknél, csapágyrészeknél, szivattyúkerekeknél, stb. rendkívül előnyös.

Végezetül egy melegen, nyomással végrehajtott kísérletet végeztünk az izostatikusan nyomás alatt zsugorított darabbal, amely során kitűnt, hogy az előállított AlSi14 próbatest a levegőn 500 és 1000 órán át a levegőn 150 °C-nál gyakorlatilag a melegen való nyomószilárdságát, a nyúlását és a folyási határát illetően gyakorlatilag nem lépett fel változás. (1. táblázat)

Az 1. táblázatból kitűnik, hogy az izostatikusan folyamatosan zsugorított találmány szerinti AlSi 14%-os darab szilárdsága jelentősen kedvezőbb, mint a forró izostatikusan sajtoló darabé.

Az 5. ábra különböző anyagszakaszokkal rendelkező találmány szerinti zsugorított darabok előállításának eredményét szemlélteti. Az 5a. ábra egy elmesztett más külső réteggel rendelkező kerek zsugorított darabot, az 5b. ábra egy szögletes két rétegből álló zsugorított darabot, az 5c. ábra különböző rétegekkel rendelkező cső alakú zsugorított darabot, az 5d. ábra pedig egy szalag alakú elosztást szemléltet egy zsugorított darabon. A különböző zsugorított anyagok összekapcsolása a zsugorított darab előállításával egyidejűleg történhet, példaképpen egy kemény anyaggal erősített külső réteg felvitele megtörténhet közvetlen együttzsugorítással, miáltal egy külön eljárási lépés megtakarítható.

3. példa

Egy zsugorított tárcsa előállítása, amely egy kemény külső anyaggal és egy könnyen megmunkálható belső anyaggal rendelkezik.

Egy AlMg1-porból és 2 tömeg%-nyi szilíciumporból álló porkeveréket a belső anyag részére valamint egy porkeveréket, amely 40% szilíciumot tartalmazó alumíniumporból áll, a külső anyag részére alaposan összekeverünk, és egy osztott sajtolóformában – amely egy megfelelő AlSi-t tartalmazó porból álló csapot, mint magot és AlSiC porból álló köpenyt állít elő – összesajtolunk. Ezt a porból álló csapot egy kerek szerszámmal ellátott folyamatos izostatikus

présbe helyezzük, és nagy nyomás alatt a fő alkotórész olvadáspontjának 70%-os hőmérsékleténél zsugorított kerek profillá alakítjuk. Az ily módon előál-
lított zsugorított profilt vízszugárral 15 mm-es magasságú tárcsákká vágjuk
szét. Ezek a tárcsák felhasználhatók olaj- és vízszivattyúk gyártásánál, mivel
5 könnyen megmunkálható belső résszel rendelkeznek furatok kialakításához,
míg az SiC keményrész fázisú külső szakaszok kopással szemben jelentős
ellenállóképességgel rendelkeznek.

Természetesen a találmány szerinti megoldás nem kizárólag a leírásban sze-
replő egzakt konstrukciókra vagy a leírt kiviteli példákra korlátozódik, minthogy
10 a találmány kitanításától és oltalmi körétől nem eltérő változtatások a szakem-
ber részére nyilvánvalóak.

**Szabadalmi igénypontok
(Módosított főigényponttal)**

- 5 1. Zsugorítással (szinterezéssel) előállított fémdarab nem homogén olvadá-
sú komponensek homogén eloszlásával, lényegében nem homogén olvadású
nem vas (non-ferrum) fémporkeverékekből, **a z z a l j e l l e m e z v e ,**
hogy egy forró-izostatikusan sajtolt, azonos összetételű szilárd test tömörségé-
nek (sűrűségének) megfelelő tömörségű (sűrűségű), lényegében végleges
10 kontúrral rendelkező zsugorított profildarab a kiinduló anyagból a por folyékony
fázisának fellépését megakadályozó feltételek mellett a fém olvadáspontjának
70%-áig terjedő hőmérsékletnél, előnyösen a fém olvadáspontjának 60%-áig
terjedő hőmérsékletnél egy kétoldalán nyitott présszerszámban való folyama-
tos izostatikus nyomás alatti zsugorításával van előállítva.
- 15 2. Az 1. igénypont szerinti zsugorítással előállított fémdarab, **a z z a l
j e l l e m e z v e ,** hogy a zsugorított profildarab mechanikusan meg van
munkálva, a zsugorított termék hossza és magassága leválasztás útján van ki-
alakítva.
3. Az 1. vagy 2. igénypont szerinti zsugorítással előállított fémdarab,
20 **a z z a l j e l l e m e z v e ,** hogy a zsugorított termékek hőkezelve
vannak.
4. Az 1-3. igénypontok bármelyike szerinti zsugorítással előállított fém-
darab, **a z z a l j e l l e m e z v e ,** hogy az legalább mintegy 150%-nál
nagyobb nyúlással, előnyösen 120%-nál nagyobb nyúlással rendelkezik, mint
25 a melegen zsugorított zsugorított-darabok.
5. Az 1. igénypont szerinti zsugorítással előállított fémdarab, **a z z a l
j e l l e m e z v e ,** hogy a zsugorítandó anyagpor kiinduló keveréke lényegé-
ben fémekkel és fémötvözetekkel valamint kis mennyiségű ötvözési alkotóré-
szekkel, keményanyagokkal, kopáshordozókkal, szálakkal rendelkezik.
- 30 6. Az 1-5. igénypontok bármelyike szerinti zsugorítással előállított fém-
darab, **a z z a l j e l l e m e z v e ,** hogy legalább egy anyag van az Al,
Ti, Cu, Mg, Be, Ni, Cr, Mo, W, bronzok, Nb, Pb, Co, Zn közül kiválasztva.

7. A 6. igénypont szerinti zsugorítással előállított fémdarab, **a z z a l j e l l e m e z v e**, hogy a folyamatos nyomás alatti zsugorítás egy inertgáz, mint nemesgáz, nitrogén, széndioxid jelenlétében van megvalósítva.

5 8. Az 1-7. igénypontok bármelyike szerinti zsugorítással előállított fémdarab, **a z z a l j e l l e m e z v e**, hogy a folyamatos hideg izostatikus sajtolás kiinduló anyagaként alkalmazott présdarab különböző anyagösszetételű szakaszokkal rendelkezik.

10 9. A 8. igénypont szerinti zsugorítással előállított fémdarab, **a z z a l j e l l e m e z v e**, hogy az különböző összetételű meghatározott szakaszokkal, mint rétegekkel, sávokkal, kerek zárt formákkal, poligonokkal rendelkezik.

15 10. Eljárás egy közel végleges kontúrokkal rendelkezők az 1-9. igénypontok szerinti zsugorított (szinterezett) fémdarab előállítására, **a z z a l j e l l e m e z v e**, hogy fémporból sajtolat darabot készítünk, majd azt egy két oldalán nyitott présszerszámban folyamatos hideg izostatikus zsugorítással egy, a szilárd test tömörségének (sűrűségének) megfelelő tömörségű (sűrűségű) profillá zsugorítjuk, majd abból adott esetben leválasztással zsugorított terméket állítunk elő, adott esetben a zsugorított terméket vagy a zsugorított profilt hőkezeljük és adott esetben utánmunkáljuk.

20 11. A 10. igénypont szerinti eljárás, **a z z a l j e l l e m e z v e**, hogy az utánmunkálást egy kalibráló présben végzett kalibrálással eszközöljük.

Eredeti szabadalmi igénypontok

1. Zsugorítással (szinterezéssel) előállított fémdarab nem homogén olvadású komponensek homogén eloszlásával, lényegében nem homogén olvadású nem vas (non-ferrum) fémporkeverékekből, **azzal jellemezve**, hogy egy forró-izostatikusan sajtolt, azonos összetételű szilárd test tömörségének (sűrűségének) megfelelő tömörségű (sűrűségű), lényegében végleges kontúrral rendelkező zsugorított profildarab a kiinduló anyagból a por folyékony fázisának fellépését megakadályozó feltételek mellett a fém olvadáspontjának 70%-áig terjedő hőmérsékletnél, előnyösen a fém olvadáspontjának 60%-áig terjedő hőmérsékletnél egy présszerszámban való folyamatos izostatikus nyomás alatti zsugorításával állítható elő.
2. Az 1. igénypont szerinti zsugorítással előállított fémdarab, **azzal jellemezve**, hogy a zsugorított profildarab mechanikusan meg van munkálva, a zsugorított termék hossza és magassága leválasztás útján van kialakítva.
3. Az 1. vagy 2. igénypont szerinti zsugorítással előállított fémdarab, **azzal jellemezve**, hogy a zsugorított termékek hőkezelve vannak.
4. Az 1-3. igénypontok bármelyike szerinti zsugorítással előállított fémdarab, **azzal jellemezve**, hogy az legalább mintegy 150%-nál nagyobb nyúlással, előnyösen 120%-nál nagyobb nyúlással rendelkezik, mint a melegen zsugorított zsugorított-darabok.
5. Az 1. igénypont szerinti zsugorítással előállított fémdarab, **azzal jellemezve**, hogy a zsugorítandó anyagpor kiinduló keveréke lényegében fémekkel és fémötvözetekkel valamint kis mennyiségű ötvöztető alkotórészekkel, keményanyagokkal, kopáshordozókkal, szálakkal rendelkezik.
6. Az 1-5. igénypontok bármelyike szerinti zsugorítással előállított fémdarab, **azzal jellemezve**, hogy legalább egy anyag van az Al, Ti, Cu, Mg, Be, Ni, Cr, Mo, W, bronzok, Nb, Pb, Co, Zn közül kiválasztva.

7. A 6. igénypont szerinti zsugorítással előállított fémdarab, **azzal jellemezve**, hogy a folyamatos nyomás alatti zsugorítás egy inertgáz, mint nemesgáz, nitrogén, széndioxid jelenlétében van megvalósítva.

8. Az 1-7. igénypontok bármelyike szerinti zsugorítással előállított
5 fémdarab, **azzal jellemezve**, hogy a folyamatos hideg izostatikus sajtolás kiinduló anyagaként alkalmazott présdarab különböző anyagösszetételű szakaszokkal rendelkezik.

9. A 8. igénypont szerinti zsugorítással előállított fémdarab, **azzal jellemezve**, hogy az különböző összetételű meghatározott szakaszok-
10 kal, mint rétegekkel, sávokkal, kerek zárt formákkal, poligonokkal rendelkezik.

10. Eljárás egy közel végleges kontúrokkal rendelkezők az 1-9. igénypontok szerinti zsugorított (szinterezett) fémdarab előállítására, **azzal jellemezve**, hogy fémporból sajtolat darabot készítünk, majd azt egy két
15 oldalán nyitott présszerszámban folyamatos hideg izostatikus zsugorítással egy, a szilárd test tömörségének (sűrűségének) megfelelő tömörségű (sűrűségű) profillá zsugorítjuk, majd abból adott esetben leválasztással zsugorított terméket állítunk elő, adott esetben a zsugorított terméket vagy a zsugorított profilt hőkezeliük és adott esetben utánmunkáljuk.

11. A 10. igénypont szerinti eljárás, **azzal jellemezve**,
20 hogy az utánmunkálást egy kalibráló présben végzett kalibrálással eszközöljük.

lell.: 6 rajz (3 1/2 hr)

Le

A szokásos és a találmány szerinti alumíniumzsugorítás (szinterezés)
eljárási lépéseinek összehasonlítása

Alumínium zsugorítás	"SHW elnevezésű találmány
sajtolás	CIP
zsugorítás 500 °C nitrogén-vákuum	nyomás alatti zsugorítás és darabolás
hőkezelés	
kalibrálás	kalibrálás / élek lekészörülése
hőkezelés	hőkezelés szükség / választás szerint
minőség-ellenőrzés és kiszállítás	minőség-ellenőrzés és kiszállítás

FIG. 1

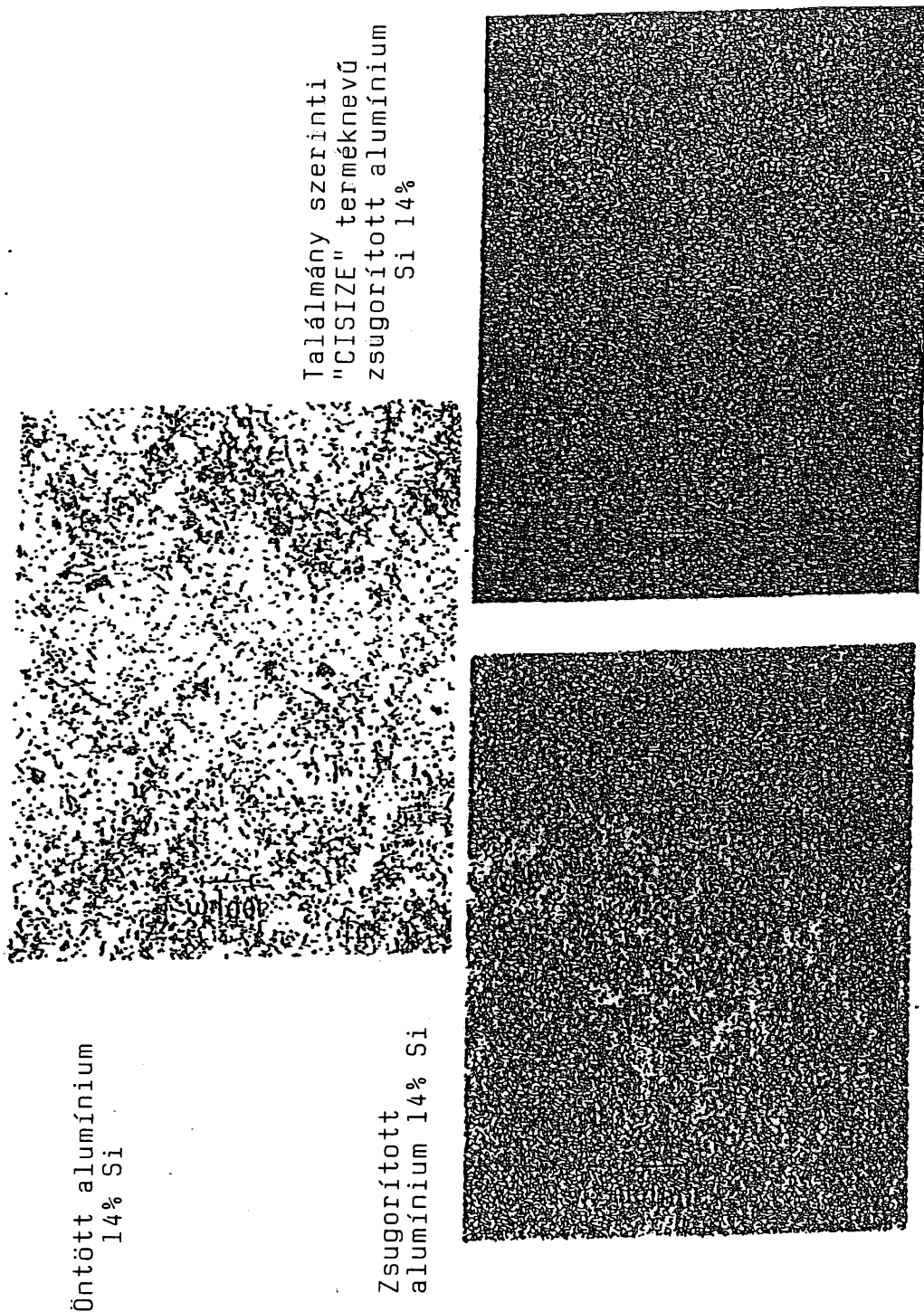
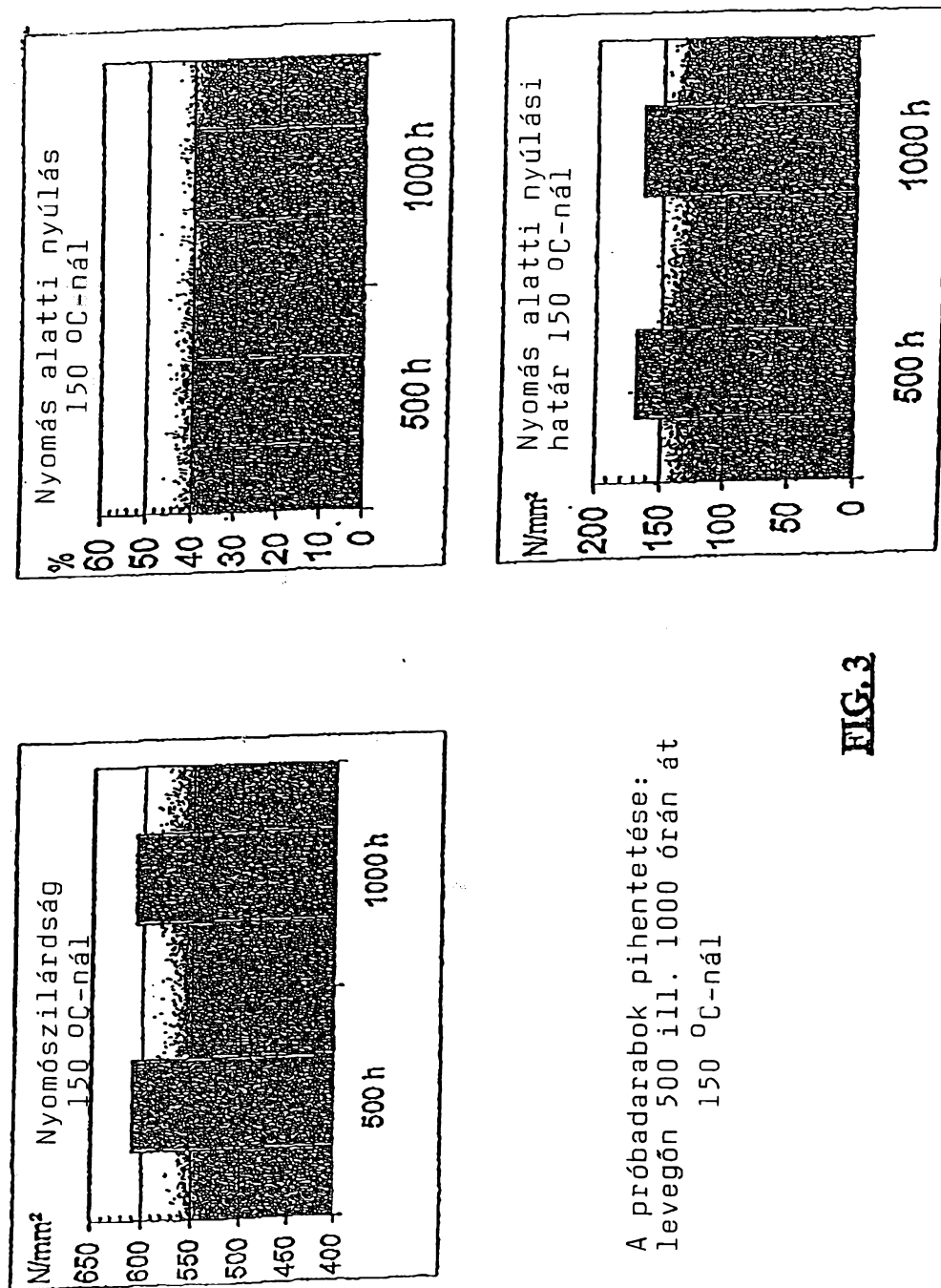


FIG. 2

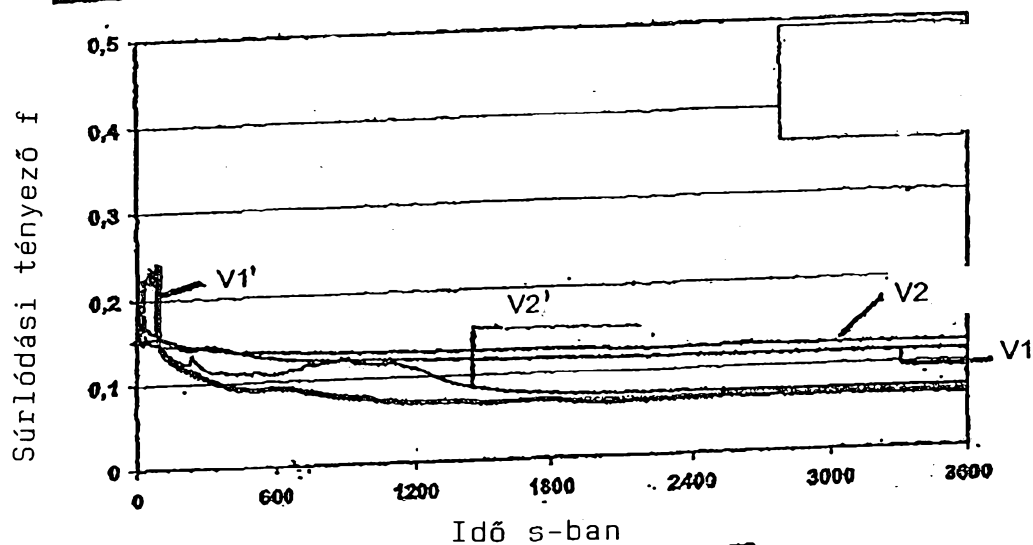
A találmány szerinti "SHW-CISIZE" terméknevű zsugorított alumínium
meleg nyomáspróbája 150 °C-on



A próbadarabok pihentetése:
levegőn 500 ill. 1000 órán át
150 °C-nál

FIG. 3

Súrlódási érték görbék a 100Cr6 jelű krómacéllal szemben



Súrlódási tényező-görbék
szemben a 100Cr6 jelű króm-
acéllal 40 °C-nál / 90 N:
kezdetben megnövekedett
súrlódási érték a találmány
szerinti Al-CISIZE terméknel,
majd stabil értéken maradás.

- V1 (zsugorított alumínium)
- V2 (zsugorított alumínium)
- V1' (találmány szerinti zsugorított alumínium)
- V2' (találmány szerinti zsugorított alumínium)

FIG. 4

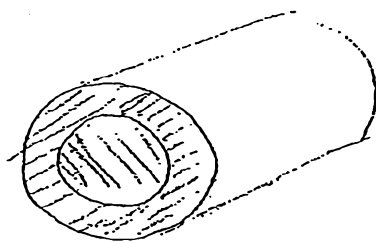


FIG. 5a

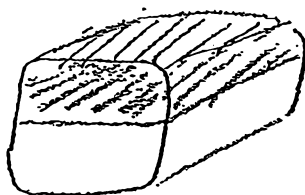


FIG. 5b

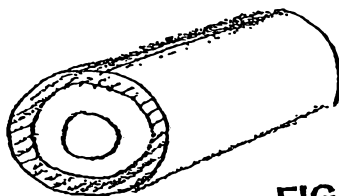


FIG. 5c

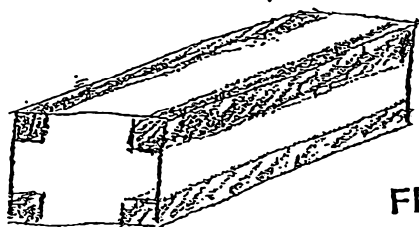


FIG. 5d

KÖZZÉTÉTELI
PÉLDÁNY

6/6

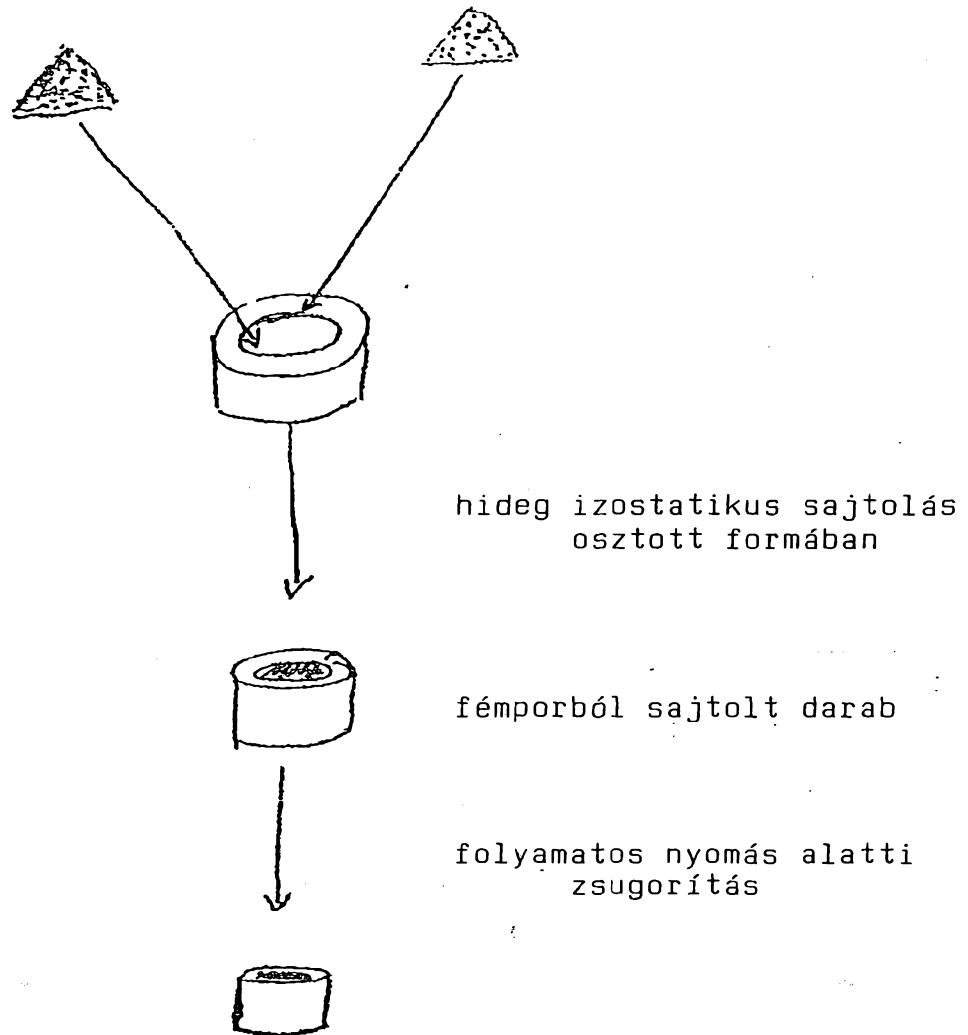


FIG. 6

Védjeg. (jav.)
n