3.3 Notebook-ok magnéziumötvözet anyagú házának hasznosítása

Tárgyszavak: számítógépház; újraolvasztás; festékeltávolítás; termékminőség.

A módosított japán hulladékhasznosítási törvény szerint 2001 áprilisától a vállalatok, 2002 áprilisától a magánszemélyek által kiselejtezett személyi számítógépeket elkülönítetten kell gyűjteni. A számítógép háza a gép teljes tömegének 30%-a, ezért a gyűjtésére és hasznosítására megfelelő módszer kialakítása kiemelten fontos. A magnéziumötvözetek alkalmazása hordozható számítógépek készülékházaként egyre népszerűbb.

A Mg-ötvözet anyagú készülékházak hasznosítása két területre terjed ki:

– az öntés során keletkező anyagfelesleg, illetve
– az összegyűjtött, festett Mg-ötvözet házak reciklálása.

Miután a Mg-ötvözetek ismételt feldolgozásáról kevés információ állt rendelkezésre, az anyagjellemzőket a reciklálás előtt meg kellett határozni. A cikk az öntés során keletkező anyagfelesleg, illetve a festett Mg-ötvözet anyagú házak megolvasztásakor keletkező anyag reciklálásának technológiáját ismerteti.

Kísérletek

A Mg-ötvözeteket egyre gyakrabban alkalmazzák notebook-ok és mobiltelefonok házának alapanyagaként. A Mg-ötvözetek sűrűsége 70%-a az Al-ötvözetekének, nagy a fajlagos szakítószilárdságuk és kiváló a hőelvezető képességük. A Mg-ötvözet házakat nyomásos öntéssel vagy tixo-eljárással állítják elő. Utóbbi esetben az ötvözet tixotrop tulajdonságait kihasználva a Mg-ötvözetet lamináris áramlással beinjektálják az öntőmintába. A nyomásos öntéssel szemben a tixo-öntés biztonságos, kicsi a begyulladás veszélye, mert a megolvasztott ötvözet alacsony hőmérsékleten tartható, és feldolgozása automatizált. A Fujitsu cég általában a tixo-öntési eljárást alkalmazza a készülékházak előállítása során.

Akármelyik fenti módszerrel történik is a gyártás, a házak tömege csak 30–50%-a a beinjektált alapanyag mennyiségének, a fennmaradó 50–70% sorja vagy hulladék lesz. A környezetkárosító hatás és a költségek csökkentése érdekében fontos ezen anyagmaradék hasznosítását biztosító technológia kifejlesztése.

Az újrafeldolgozott Mg-ötvözetek és a tixo-öntéssel készült alapanyag megfelelnek a japán szabványok előírásainak, és a kiindulási anyaggal azonos tulajdonságúak.

A notebook-ok háza festett Mg-ötvözetből készül, amelynek újrafeldolgozása során mérgező gáz keletkezik, és csökken az anyaghozam. A tixo-öntvények újrafeldolgozásakor homokfúvással távolították el a festéket, ez az eljárás azonban a termelékenységet és a biztonságtechnikai szempontokat tekintve nem kedvező. A vastagon festett készülékházak nem dolgozhatók fel újra.

A Mg-ötvözetekből készült házak reciklálása történhet:

– a házak újraolvasztásával, öntecsek, majd forgács készítésével
– a házból és a hulladékból közvetlenül, újraolvasztás nélkül forgácsolással.

A két módszert összehasonlítva a vizsgálatok során az újraolvasztási eljárást alkalmazták, termelékenysége, az előállított termék kiváló minősége miatt és a forgács előállítása során keletkező zaj elkerülése érdekében.

A vizsgálatok során tízszer ismételték meg az alábbi folyamatot AZ91D jelű ötvözettel *(1. táblázat)*: forgács előállítása a nyersanyagból, a forgács megolvasztása, 3 minta vétele véletlenszerűen, a megmaradt megolvasztott minta és a sorja újraolvasztása, öntecsek készítése, öntecsekből forgács készítése.

1. táblázat

Az AZ91D ötvözetben található elemek

Elem	**Mg**	**Al**	**Zn**	**Mn**	**Si**	**Cu**	**Fe**
Arány %(m/m)	maradék	8,3 ~9,7	0,4 ~1,0	0,2 ~0,4	≦0,1	≦0,03	≦0,005

Az újraolvasztás során 100%-ban reciklált, illetve alumíniummal és mangánnal kevert anyag keletkezett. A tixo-öntés hengerhőmérséklete 615 °C , az ömledék hőmérséklete 250 °C volt.

Minden újrafeldolgozási ciklusban kilenc elemre (Al, Zn, Mn, Si, Fe, Cu, Ni, Be, Cl) és mindazon anyagokra, amelyek mennyisége 10 ppm vagy ennél nagyobb volt, ICP (induktíven csatolt plazma) emissziós spektroszkópiával elemezték a Mg-ötvözetet. 0,5 g mintát 10 cm^3 sósavban oldottak fel, az így kapott oldatot ultratiszta vízzel 100 cm^3-re töltötték fel.

A megolvasztott mintákból 50×100 mm-es mintadarabokat készítettek a hárompontos hajlítási vizsgálatokhoz, 64×12,7 mm-es mintadarabokat pedig az Izod vizsgálatokhoz.

A korrózióállóságot 5% NaCl-ot tartalmazó sós víz beporlasztásos vizsgálatával hajtották végre, 35±2 ^{o}C-on, 100 órás bepermetezési idő után. Mérték a tömegváltozást a sós víz beporlasztása után.

A festék eltávolítása a készülékházról történhet:

– mechanikusan (pl. homokfúvással. Ekkor Mg-por keletkezése miatt fennáll a robbanás veszélye, ezért a festék eltávolításakor vizet porlasztanak a rendszerbe),
– kémiai eljárással (a leválasztás technológiája a festék típusa és gyártója szerint változik).

Az alábbi *festékeltávolítási technikák* vizsgálatára került sor:

– A *nedves befúvás* során csiszolóanyagot (timföld) tartalmazó vizet porlasztottak be nagy sebességgel a rendszerbe, és ellenőrizték, hogy különböző befúvási sebességek esetén mennyi festék maradt a burkolaton.
– Az *oldószeres kezelés* során kilenc gyártótól származó festékkel befestett számítógépházat 1,5 órán át 70 °C-on három, lúgos (A, B, C) oldatba merítettek. A bemerítés után a burkolatokat vízzel lemosták, és meghatározták a festék leválásának mértékét.

Az alábbi minták előállítására került sor:

– reciklált anyag a nem festett készülékházból
– reciklált anyag a festett házból, a festék eltávolítása nélkül,
– reciklált anyag a festett házból, a festék 50, 80 vagy 90%-ának eltávolításával,
– reciklált anyag a festett burkolatokból, a festék C oldószerrel történő eltávolítása után.

Gázkromatográffal mérték a készülékházak újraolvasztása során a keletkező gáz mennyiségét. A gázmintákat az olvasztókemence elszívó oldalából vették. A mintavételkor a mintavevő csőbe üvegszál szűrőt helyeztek a keletkező por leválasztása érdekében. A szűrőt szárították, és lemérték a por mennyiségét.

A Mg-ötvözet anyagú házak újraolvasztása után az olvasztókemencében visszamaradt iszap mennyiségéből meghatározták a visszanyert anyag fémtartalmát és összetételét, valamint a reciklált anyag hajlítási tulajdonságait és korrózióállóságát.

Az eredmények ismertetése és elemzése

A Mg-ötvözet anyagú készülékházak többszöri reciklálása után végrehajtott vizsgálatok során az alábbiakat állapították meg:

– az ismételt feldolgozás növelte az anyag vastartalmát, mert az öntecsekből forgács készítése során az ötvözet vassal szennyeződik;
– csökkent a mangán mennyisége, mert a Mn és Al fém komplex formájában megköti a megnövekedett mennyiségű vasat, leülepedik, ezáltal az olvasztott fém tisztul;
– a Mn-mennyiség csökkenésének oka lehet, hogy a Mn a tixo-öntés során a vassal komplexet képez és iszapként kicsapódik;
– Al és Mn beadagolása az újraolvasztás során mérsékli a Mn mennyiségének csökkenését és szabályozza a vas mennyiségét;
– a Young modulus értéke, illetve az Izod vizsgálat eredménye szerint az ismételten reciklált anyagoknak 10%-os eltérésen belül azonos volt a hajlítószilárdság-értéke, függetlenül attól, hogy hányszor dolgozták fel;
– a reciklált anyag jobban korrodeálódik az újrafeldolgozások számának növelésével. 10-szeri megolvasztás után az anyag korróziója több mint 30-szor volt nagyobb a kiindulási anyag korróziójánál;
– a Mg-ötvözet korrózióját a Fe, Cu és a Ni szennyeződés okozza. Miután ezek a fémek, illetve komplexeik alkotják a kis hidrogéntúlfeszültségű katódot, a Mg jelentős mértékben korrodeálódik;
– a reciklált anyag korrózióállósága még többszörös újrafeldolgozás után is csaknem a kiindulási anyag szintjén tartható, ha a Mn és a Fe mennyiségét állandó értéken tartják.

A festékeltávolítás hatásfoka

A nedves befúvás során a készülékházon maradó festék mennyisége több mint 50%-a az eredeti festékmennyiségnek 50 mm/s vagy annál nagyobb, és csak néhány % 10 mm/s vagy annál kisebb befúvási sebesség esetén. Ha a befúvási sebesség túl kicsi, nemcsak a házon levő festék, hanem a Mg-ötvözet is leválik, ezért az optimális befúvási sebesség értéke 5–10 mm/s.

Az oldószeres kezelés során az A és a B oldószerek alkalmazásakor a festék nem vált le. Az ozmózis útján a rendszerbe juttatott C oldószerrel a festék teljes mennyisége levált.

A festett Mg-ötvözet anyagú készülékházak reciklálása

A vizsgálat során nyert adatokat a *2. táblázat* foglalja össze. Az adatok alapján megállapítható, hogy

– A legkevesebb gáz akkor keletkezett, amikor a házról a festéket oldószeres kezeléssel távolították el, majd megolvasztották. Ugyancsak kevés gáz keletkezett a nedves befúvással történő festékeltávolítás és megolvasztás után. A nem festett házak esetében több gáz keletkezett, mint a nedves befúvással vagy oldószeres kezeléssel történő festékel-

távolítás után, mert az újraolvasztás elégette a nem festett készülékházon maradó anyagot.

1. táblázat

Négy módon kezelt, Mg-ötvözetből készített készülékház vizsgálatának eredménye

	Festett	**Nedves befúvásos**	**Oldószerrel kezelt**	**Nem festett**
Festékmentesített terület (%)	0	90	98	100
Gáztermelés (benzol, ng/dm^3)	2215	15	2	43
Por (mg/dm^3)	1400	122	39	34
Fémkinyerés (%)	91,3	98,0	98,7	98,6
Összetétel	megnövelt Fe	szabványban rögzített értékeken belül	szabványban rögzített értékeken belül	szabványban rögzített értékeken belül
Korrózió (mg/cm^2)	0,76	0,10	0,08	0,10
Hajlítószilárdság (MPa)	425	460	470	440

– A festék 90%-ban vagy nagyobb mértékben történő eltávolítása a festett Mg-ötvözet készülékházról 5%-ra vagy kisebb értékre csökkentette a keletkező gáz mennyiségét, a festett házakból felszabaduló gázmennyiséghez képest. A keletkező gáz mennyisége tehát jelentős mértékben függ a leválasztott festék mennyiségétől. Miután a keletkező gázok benzolt, toluolt és akroleint tartalmaznak, a teljes festékmennyiséget el kell távolítani a házról.
– A készülékházak feldolgozása során keletkező por mennyisége a festékmentesített terület növelésével csökken. Azokból a házakból, amelyekről a festék 98%-át oldószeres kezeléssel eltávolították, csaknem annyi por keletkezik, mint a nem festett házak esetén.
– A Mg-ötvözetek újraolvasztására használt kemence hőmérséklete 680 ^{o}C volt. Miután ez az érték nem elég magas a festék leégetéséhez, és az égés nem tökéletes, a festékmentesített terület nagysága jelentősen befolyásolja a keletkező gáz mennyiségét.
– Az oldószerrel történő festékeltávolítás a nem festett házakból kinyert fém mennyiségéig növeli a fémkitermelést (2. táblázat). A nedves befúvással kezelt házak fémkitermelése 1%-on belül azonos volt az oldószerrel kezelt házaknál tapasztalt kitermeléssel. A festett házakból kinyert fém mennyisége kicsi volt, mert a Ti, az Al és egyéb szennyeződések a festékben növelték az iszap mennyiségét.

– A nedves befúvással, az oldószerrel kezelt, illetve a nem festett házömledékek összetétele közel azonos volt. Festett Mg-ötvözet burkolatok esetén a festék szennyeződései (Ti, Al) elszennyezik az olvadt fémet.
– A nedves befúvással és oldószerrel kezelt házak hajlítószilárdsága és korrózióállósága közel azonos a festett és a nem festett házak ugyanezen tulajdonságaival. A hajlítószilárdság szórása 10%-on belül van, és a festék jelenléte vagy hiánya az újraolvasztás előtt nem befolyásolja a hajlítási jellemzőket.
– A korrózió mértéke a készülékházakról nedves befúvással, illetve oldószerrel eltávolított festék esetén 13, illetve 10,5% volt.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a festéket a házról az újraolvasztás előtt el kell távolítani. A nedves befúvással vagy az oldószeres kezeléssel történő festékeltávolítás után visszanyert anyag tulajdonságai közel azonosak a nem festett, reciklált anyagéval. A nedves befúvás nem hatékony eljárás a festék eltávolítására, a házak bonyolult alakja miatt. Az oldószeres kezelés hatékony, mert a folyamatot nem befolyásolja a ház alakja.

A Mg-ötvözetből való öntecs-előállítás az iparban rendszerint az alábbi két lépésben történik:
– tisztítás (a tengervízből vagy ércből származó Mg-tartalmú nyersanyagot $MgCl_2$-dá alakítják, a megkötött vizet eltávolítják és a Mg-ot elektrolízissel nyerik ki a megolvadt $MgCl_2$-ból; a folyamat áramigénye nagy);
– ötvözés (a Mg-ot megolvasztják, tisztítják, és Al-ot, Zn-et adagolnak hozzá).

A reciklálás előnye, hogy ilyen alapanyag alkalmazása esetén az energiafelhasználás csak 4%-a a Mg tengervízből vagy ércből történő kinyerésekor tapasztaltnak, mert előzetes feldolgozás nem szükséges; reciklált anyag alkalmazása 70%-kal csökkentheti a Mg-ötvözet előállítási költségét.

A notebook-ok házának készítésekor keletkező hulladék reciklálásának ipari alkalmazására előreláthatólag ez évben kerül sor.

(Regősné Knoska Judit)

Kimura, K.; Nishii, K.: Recycling magnesium alloy housings for notebook computers. = Fujitsu Scientific and Technical Journal, 38. k. 1. sz. 2002. jún. p. 102–111.

Matsunaga, K.: Application for large-sized coating parts using thixomolding technology. = Matsushita Technical Journal, 47. k. 3. sz. 2001. p. 222–226.