

Élelmiszeriparban alkalmazott hűtőegység villanymotor házának az anyagvizsgálata

Materials testing of the electric motor housing of a refrigeration unit used in the food industry

Kári-Horváth Attila^a, Baranyi Tamás^b, Szakál Zoltán^a

^aMagyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Műszaki Intézet, Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék, egyetemi docens

^bEUTEKT Kft., gépészmérnök, baranyitamas.1@gmail.com

Kulcsszavak

élelmiszeripar,
alumínium,
kokilla öntés,
szinképelemzés,
anyagvizsgálat

Keywords

food industry,
aluminium,
metal mould,
spectrum analysis,
material testing

Absztrakt

A termelőktől az üzletláncokig, illetve a feldolgozó ipar számára nagyon fontos, hogy a termékek minősége ne, vagy csak kis mértékben romoljon a szállítás közben. Ezt a hűtési/szállítási módot konténerhűtésnek is nevezzük. Ennek a hűtési módnak egyik feltétele a megfelelően erre a célra kialakított hűtőkocsi, amelyek menet közben, vagy a teherautóra csatlakozás nélkül is képesek hűteni a konténert. A munkánk során a megrendelő IMI Kft. részére az öntött és megmunkált alkatrészt, az SLX motorházat, már 2019 óta hibamentesen gyártja az Eutek Kft. A motorház öntése gravitációs-, kokillaöntéssel készül és megmunkálása pedig CNC megmunkáló központon történik, az összeszerelést (tekercs préselése, pajzsok és forgórész ráépítése, elektromos vezetékelés kiépítése) az IMI Kft. végzi, majd a fő megrendelőhöz szállítják a hűtőrendszerbe való beépítésre. A tanulmányunkban ennek a motorháznak az anyagvizsgálatát végeztük el.

Abstract

From producers to retail chains and the processing industry, it is very important that the quality of products does not deteriorate or deteriorates only slightly. This cooling/transport method is also known as container cooling. One of the prerequisites for this cooling method is the use of specially designed refrigerated trucks, which are able to cool the container on the move or without being connected to the truck. The SLX engine compartment, a cast and machined component for IMI Ltd. as the customer, has been flawlessly manufactured by Eutek Ltd. since 2019. The engine housing is cast and machined by gravity casting, metal mould casting and CNC machining on a machining centre, the assembly (pressing of coils, fitting of shields and rotors, electrical wiring) is carried out by IMI Ltd and then delivered to the main customer for installation in the cooling system. In our study, we carried out a material analysis of this engine compartment.

1. Bevezetés

Az alumínium és annak különböző ötvözetei napjaink egyik közkezdvelt műszaki alapanyaga. Tetszetős megjelenése, könnyű alakíthatósága, kis sűrűsége, súlyához képest kiváló szilárdsági mutatói tették széles körben felhasználhatóvá és a mindennapok termékévé. A korrózióval szembeni nagyfokú ellenálló képessége egyik legkedvezőbb tulajdonsága. A levegő oxigénjének hatására a felszínén szinte azonnal oxidréteg alakul ki, amely megvédi a további korróziós hatásoktól. Ezért az erősebb védelem érdekében ezt a védő oxidréteget mesterségesen is szokás vastagítani, amely eljárást eloxálásnak nevezzük. Leggyakoribb alkalmazási területei többek között a gépjárműipar, a mezőgazdaság, a csomagolóipar, az elektronika, a háztartási eszközök, a repüléstechnika és a sporteszközök területe. Célunk, hogy egy mezőgazdasági szállításban használatos hűtőegység elektromos motor alkatrészét, a gravitációs öntéssel gyártott alumínium terméket, az SLX motorház anyagtulajdonságait megvizsgáljuk. Erre azért van szükség, mert az éghajlat és a klímaváltozás szükségessé teszi hazánkban is a zöldségfélék hűtve szállítását a gazdaságokból a feldolgozóig, a raktárig, vagy a vevőig, és a hűtőegység gyakori meghibásodása miatt jelentős időkiesés és kapacitáshiány lép fel. A termék vizsgálatának fő szempontja a mechanikai tulajdonság mérése és ezen eredmények összehasonlítása, értékelése a motorházzal szemben támasztott szilárdsági követelményeknek megfelelően.

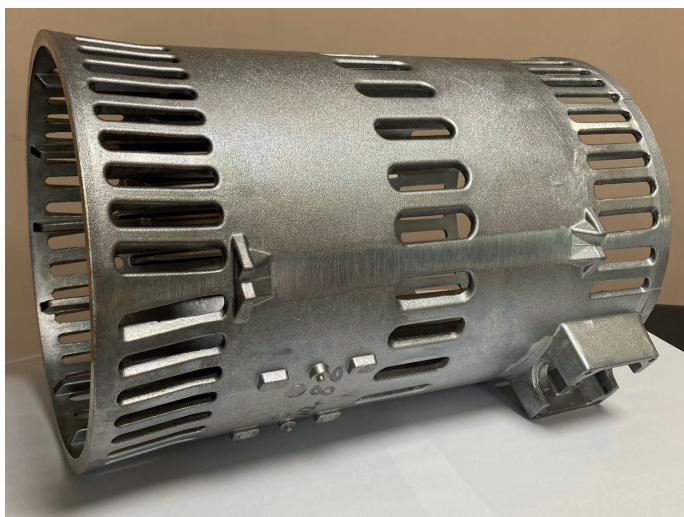
2. Az alumínium öntése

Az öntés alapelve szerint a megolvasztott fémeket egy megfelelően kialakított üregbe öntik, a fém felveszi az üreg alakját, majd hagyják megdermedni. Segítségével a

legnagyobb szabadsági fokú és legbonyolultabb alakú termékek állíthatók elő. A különböző öntészeti technológiák nagymértékben eltérnek egymástól a gyártási költségek, a termelékenység, az önthető munkadarab súlya, mérete, pontossága, az öntvény felületi minősége, az adott eljárással elkészíthető minimális falvastagsága, és az elkészített öntvény megmunkálhatósága szempontjából [1, 2].

A gép- és járműipar, a műszeripar stb. öntvény mennyisége óriási, így a világ fémfelhasználásának mintegy 30-35%-át az öntvények teszik ki. Napjaink jellemzője a mennyiségi szemlélet háttérbe szorítása, első helyen az anyagtakarékos, jó minőségű öntvények gyártására való törekvéssel. Ennek jegyében kerül sor elsősorban az öntvények falvastagságának és tömegének csökkentésére, korszerű gyártási rendszerek bevezetésére, a késztermék méreteit megközelítő öntvények gyártására. Fokozottan érvényesülnek a munkahelyi környezet javítására, a környezetvédelem biztosítására, a termelékenység növelésére irányuló erőfeszítések, amelyek a világszinten mutatkozó alapanyag és energiahordozó ellátási nehézségekkel együtt a jövő szakembereitől is áldozatos munkát követelnek meg [3, 4]. Az öntéssel való alakítás jelentősége – a képlékeny alakítással, a forgácsolással, a porkohászattal összehasonlítva – a következő:

- bonyolult alakú, különböző méretű és tömegű félkész- vagy késztermék gyártható;
- az öntvény sok esetben további gépi megmunkálás nélkül is felhasználható;
- a megmunkálás során az eltávolítandó fém mennyisége kicsi (vasöntvényénél -20 %, ez a szám hengerelt termékből való kialakítás esetén elérheti a 75 %-ot);
- a megmunkálási és egyéb hulladék átolvasztással újból felhasználható;
- öntödék létesítési költségei általában kisebbek, mint más fémalakító üzemeknél.



1. ábra: SLX motorház



2. ábra: Thermo King hűtőrendszer és a beépített SLX motorház

A munkafolyamatok első eleme a minta- és magszekrénykészítés, illetve a szerszám- vagy kokillakészítés. Míg a minták és magszekrények formák és magok (sorozat) gyártására alkalmasak, addig a (nyomásöntő-) szerszámokban vagy a kokillákban, mint állandó formákban, kész öntvények gyárthatók. A kész minták felhasználásával kerül sor a formázásra, ezután a magszekrényekben elkészítik a magokat. Ezekben a munkafolyamatokban, hazánkban többnyire különböző kötőanyagokat tartalmazó kvarchomok-keverékeket használnak fel. A formákba (szükség esetén) berakják a magokat, majd következik az összeállítás, az öntésre való előkészítés és a beömlőrendszer segítségével megtörténik az öntés. A lehűlt, megdermedt öntvényeket a homokformából kiűrtik, a formázókeveréket pedig a megfelelő előkészítés után forma- és magkészítésre használják, a fémes hulladékot betétanyagként az olvasztáshoz juttatják vissza. Az öntvényeket tisztítják, szükség szerint javítják, hőkezelésnek vetik alá, majd ellenőrzik és a gyártástechnológia utolsó fázisában megjelenik a kész öntvény [1, 6-10].

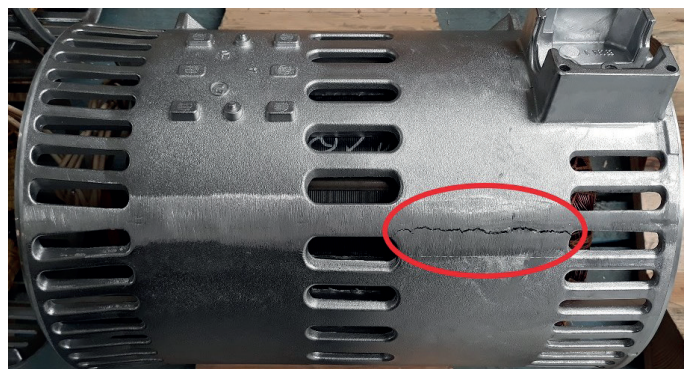
Az alumínium kokillaöntészetben leggyakrabban használt anyagok AISi7Mg, AISi10Mg, AISi12, AlMg3. A kokilla öntés előnye a prés öntvénnel szemben, hogy az anyag tömörsége, mechanikai tulajdonságai jobb. Hátránya a mérettartás. Az öntés tűrése sokkal nagyobb. Valamint másik nagy előnye, hogy a darabok súlya széles skálán mozog. Az alumínium ötvözetek jellegzetes hőkezelése a nemesítés, amelynek célja az alumínium ötvözet szilárdságának növelése finom eloszlású kiválások biztosításával. A nemesítés tehát olyan kiválások keményítő hőkezelés, amelynek eredményeként a jól alakítható α -szilárd oldatos mátrixban diszperzen eloszlások keletkeznek. Ezen kiválások az acéloknál tanult módon, a diszlokációk mozgásának akadályozásával, a kiválások keményedési mechanizmussal növelik a szilárdságot. A kiválások keményítés első lépése a homogén α -szilárd oldatot biztosító izzítás. Ennek célja a kiválások teljes feloldása annak érdekében, hogy a hőkezelés későbbi fázisában a legkedvezőbb szilárdsági tulajdonságot eredményező finom eloszlású kiválásokat biztosítani tudjuk.

3. Probléma bemutatása

Az Emerson cégcsoport egyik ágazata a konténerhűtésben is érdekelt. A Thermo King SLX raktér hűtése hibrid hajtással üzemel, amelynek lényege, hogy a menet közben, vagy a teherautóra csatlakozás nélkül is képes hűteni a konténer, egy diesel motor, vagy hálózati feszültségre kapcsolva egy 400V-os motor segítségével hajtja meg a hűtőkompresszort. Az IMI Kft. (Leroy Somer, Emerson cégcsoport) megrendelőnek öntött és megmunkált alkatrészt, az SLX motorházat, amely a hűtőkocsiknak a hálózati feszültségről működő motorjának a háza (1. ábra), már 2019 óta hibamentesen gyártja az Eutekt Kft. A 2. ábrán látható egy Thermo King hűtőegységébe beszerelt SLX motorház.

A berendezés meghibásodását először 2022-ben jelezték, amelyben az szerepelt, hogy az általunk szállított termékeknél előfordult, hogy az összeszerelést követően a motor zajos, illetve összeszerelésnél a motorház megrepedt, eltört (3. ábra).

A jelenlegi alapanyag EN-AC AISi12 (EN-AC 44100 - a [11] szabvány alapján), de a munkadarab funkciója által támasztott követelmények – a villanymotor 3 fázisú, 400V/50Hz és 9,3kW teljesítményű – és a felmerülő problémák megoldásaként az alapanyag kémia összetételének módosításával a mechanikai tulajdonságok javulása érhető el. Az alapanyag jelenlegi összetétele nem



3. ábra: Törött SLX motorház

teszi lehetővé, hogy hőkezeléssel javítsunk a mechanikai tulajdonságain, de bizonyos ötvözőanyagok kicserélésével már az új alapanyag nemesíthetővé válik. Ez az anyag az EN-AC AlSi10Mg (EN-AC 43100), amely már nagyobb mennyiségben (nem szennyező, hanem ötvöző mennyiségben) tartalmaz Magnéziumot, amely hatására már hőkezelhető (T6-os hőkezelési eljárással). A T6-os eljárás az alumínium ötvözeteknél egy nemesítési majd egy mesterséges öregbítő hőkezelés, amely finomítja a szemcseszerkezetet és javítja a szilárdsági jellemzőket. Az előforduló hiba megszüntethető a motorház szilárdságának és keménységének növelésével.

A kétféle összetételű alapanyagból készült öntvényeket különböző anyagvizsgálatoknak vetettem alá annak bizonyítására, hogy a módosítással a mechanikai, szilárdsági tulajdonságai jobbak lesznek és ezzel kiküszöbölhető a termék deformálódása és így a törés, repedés előfordulása.

Az anyagvizsgálatokba – a pontos kémiai összetételnek elemzését követően – az öntvények keménységének, szakítószilárdságának meghatározása tartozik bele. A kért mérések, vizsgálatok elvégzésére alkalmas berendezések rendelkezésre állnak az Eutekt Kft.-nél. A mérő, elemző készülékek a vállalat mérőlaborjában vannak letelepítve és kalibrálva.

A vizsgálatok eredményeit, adatait, továbbá az alapanyagok mechanikai tulajdonságait a vonatkozó szabványban (MSZ EN 6892-1:2020) [12] előírt értékekkel vetjük össze. Az anyagvizsgálatok és a mérési metódus, a fent említett szabvány alapján történt.

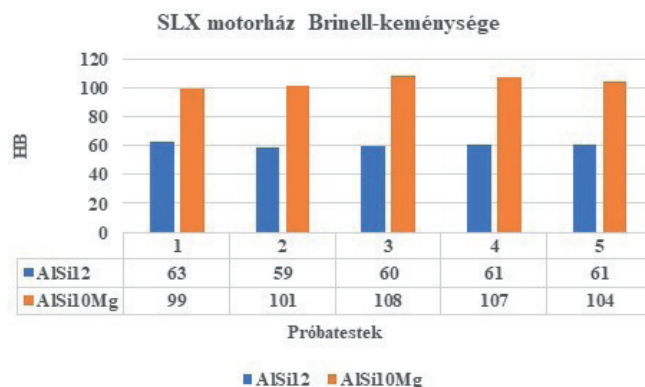
4. Eredmények

A két alapanyag mechanikai tulajdonságainak mérési adatainak összehasonlítását követően látható, hogy az AlSi10Mg öntvény T6-os hőkezeléssel lényegesen jobb tulajdonságokkal rendelkezik, a nyúlás kivételével, az AlSi12 alapanyagú öntvényhez képest. A keménységmérésből megállapítható, hogy az AlSi12 anyag keménysége 61 HB, a kiválasztott új alapanyag (AlSi10Mg) 104 HB (4. ábra). A szakítószilárdság hasonlóképpen alakult a régi alapanyag (176 MPa), az új alapanyag szakítószilárdsága ennek közel kétszerese 336 MPa, amely mérési eredményeket az 5. ábra szemlélteti. Az új alapanyag folyáshatára is magasabb, több mint két és félszerese (6. ábra). Azonban a szakadási nyúlása értéke alacsonyabb, a régi alapanyag 5,7 % szakadási nyúlással, míg az új AlSi10Mg, 2,7 %-kal rendelkezik (7. ábra).

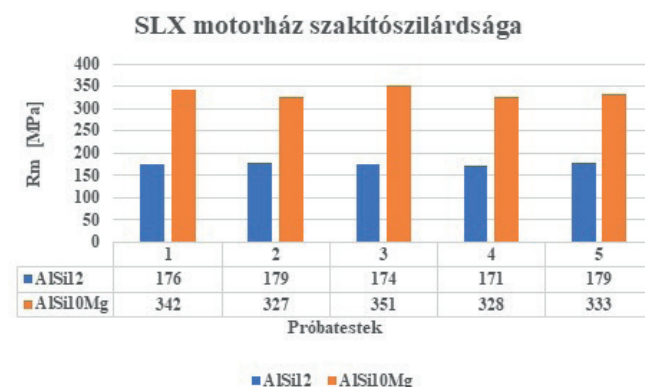
A mérési eredmények a gyakorlatban is igazolják, hogy az új alapanyag EN-AC 43100; AlSi10Mg jobb mechanikai tulajdonságokkal bír (1. táblázat) és ezáltal az öntvény jobban ellenáll a terméket ért igénybevételeknek.

1. táblázat: Az SLX motorház fő mechanikai jellemzőinek összehasonlítása

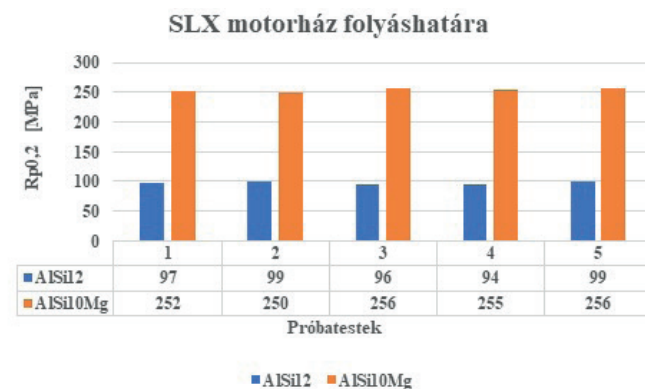
Alapanyag		EN-AC 44100 AlSi12	EN-AC 43100 AlSi10Mg
Mechanikai jellemzők			
Szakítószilárdság	R _m [MPa]	176	336
Folyáshatár	R _{p0.2} [MPa]	99	254
Nyúlás	A [%]	5,7	2,7
Keménység	Brinell [HB]	61	104



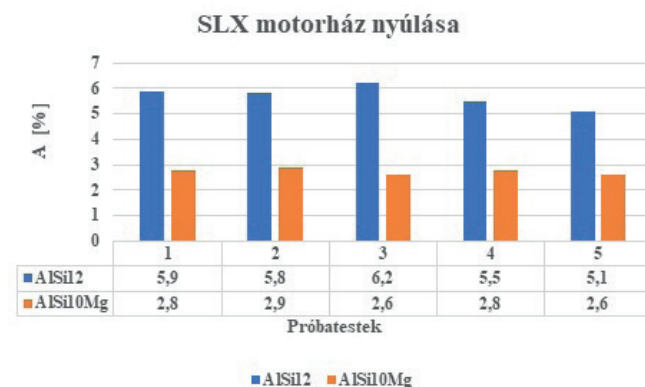
4. ábra: A Brinell-keménységmérés eredményei a két alapanyagból



5. ábra: A két alapanyag szakítószilárdságának összehasonlítása



6. ábra: Az AlSi12 és az AlSi10Mg folyáshatár értékei



7. ábra: Az SLX motorház öntvényeinek a szakadási nyúlás értékei

Az AISi10Mg alapanyag jelentősen nagyobb mechanikai tulajdonsággal rendelkezik, ennek hatására kevésbé deformálódik és ezáltal kevésbé hajlamos a törésre. A alapanyag keménysége hozzájárul a külső behatásokkal szembeni ellenállóképességének növeléséhez.

Így a jobb mechanikai tulajdonságok miatt a motorházzal kapcsolatos hibák eliminálhatóak. A termék jobb minőségű lesz. Az új anyagból való öntéssel a motor megbízhatóbban. A későbbiekben ilyen meghibásodás nem várható.

5. Összefoglalás

A célunk a következő volt, egy Thermo King mezőgazdasági hűtőegységében lévő SLX motorház meghibásodása miatti alapanyagváltás megalapozottságát anyagvizsgálatokkal bizonyítsuk, ezen vizsgálatok: mechanikai tulajdonságok vizsgálata keménységméréssel és szakítóvizsgálattal.

A motorház gravitációs kokilla öntéssel készült öntészeti alumínium ötvözetből. A jelenlegi alapanyag AISi12 (EN-AC 44100), amely alapanyag mechanikai tulajdonságai a reklamációk és meghibásodások alapján nem elegendőnek ítéltünk meg és új alapanyagot javasoltunk a megrendelőnek. Az egyeztetést és az engedélyeztetést követően megtörtént a próbagyártás az új alapanyagból, amely EN-AC AISi10Mg (EN-AC 43100). Az új anyag tulajdonságait a T6-os hőkezeléssel elméletileg jelentősen meghaladják az eredeti AISi12 anyag mechanikai tulajdonságai, és a hibák megszüntethetők.

A két alapanyag kémiai összetételét spektrométerrel vizsgáltuk és határoztuk meg az összetevők tartalmát tömegszázalékban. Ezeket az eredményeket a szabványban előírt értékekkel, intervallumokkal hasonlítottuk össze. Mindkét anyag megfelelt az EN ISO 1706:2010 szabvány [11] kritériumainak.

Az alapanyagokból az EN ISO 6892-1:2020 szabvány [12] által előírt méretekkel kör keresztmetszetű próbatesteket készítettünk. Az előkészítést követően az AISi10Mg öntvény próbadarabokat hőkezeltük (T6). A keménység mérését az előkészített szakító próbatesteken végeztük el. A Brinell-keménységmérést MSZ EN ISO 6506-1:2014 [13] szerint készítettük el.

A kitűzött céljainkat elértük és bizonyítottuk, hogy az általunk javasolt új alapanyag az AISi10Mg-T6 (EN-AC 43100) alumínium ötvözet nagyobb ellenállóképességgel rendelkezik a terméket ért igénybevételekkel szemben, jobbak a mechanikai tulajdonságai, mint az eredeti öntvénynek, amely az AISi12 (EN-AC 44100) ötvözet volt. A továbbiakban folytatjuk a szilárdság növelésére vonatkozó kutatásainkat, amelyeket további anyagvizsgálatokkal is igazolunk. Fejlesztési irányok között sorolhatjuk a Cu, Fe, ötvözők alkalmazását és a hőkezelés mértékének a növelését is.

Irodalomjegyzék

- [1] Bakó Károly: Öntészet I., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982
- [2] Komócsin Mihály: Gépipari Anyagismeret. COKOM Kft., Miskolc, 1997
- [3] D. H. Deyoung: Light Metals. 1986
- [4] E. Maiser: Reinigung von Aluminium schmelzen mit Spülgas, Erzmetall, 1980
- [5] Pásztor Gedeon, Szepessy Andrásné, Siklósi Péter, Osvald Zoltán: Könnyűfémek metallurgiája. Tankönyvkiadó, Budapest 1991
- [6] M. F. Ashby, D. R. H. Jones: Engineering Materials1. Pergamon Press, Oxford, 1980
- [7] Bagyinszki Gyula, Borossay Béla, Dobránszky János, Kári-Horváth Attila, Kovács-Coskun Tünde, Mucsi András, Nagyné Halász Erzsébet, Németh Árpád, Pálkás István, Szakál Zoltán, Zsidai László: Anyagtechnológiák. Egyetemi Jegyzet, BME, SZIE, 2012
- [8] Bakó Károly, Sándor József, Szabó Zsolt, Szij Zoltán: Öntvények gyártástechnológiája, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.
- [9] Fledrich Gellért, Kári-Horváth Attila, Pataki Tamás István, Zsidai László: Mechanikai technológiák. Szent István egyetem, Gödöllő, 2017
- [10] Járfás Istvánné, Koncz Ferenc, Róka Gyuláné: Fémipari anyag- és gyártásismeret. 26. kiadás, Műszaki kiadó, Budapest. 2010
- [11] EN ISO 1706:2010 Alumínium és alumíniumötvözetek. Öntvények. Vegyi összetétel és mechanikai tulajdonságok
- [12] MSZ EN 6892-1:2020 Fémek. Szakítóvizsgálat. 1. rész: Vizsgálati módszer szobahőmérsékleten
- [13] MSZ EN ISO 6506-1:2014 Fémek. Brinell-keménységmérés. 1. rész: Mérési eljárás



MAGYAR ANYAGVIZSGÁLÓK EGYESÜLET DIPLOMAMUNKA PÁLYÁZATÁNAK NYERTESEI

Szakdolgozat (BSc) kategóriában

1. CSAPÓ MAJA | Üvegszál-töredezés hatása a reciklált PA6 tulajdonságaira
2. BARANYI TAMÁS | Motorház anyagtulajdonságainak vizsgálata gravitációs öntéskor

Diplomamunka (MSc) kategóriában

1. MARTON GERGŐ ZSOLT | A technológiai paraméterek hatása predregből autoklávban gyártott kompozit lemezek szerkezetére és tulajdonságaira
2. KISS BÁLINT | Hegedési zónák meghatározása ömledékrétegezésen alapuló 3D nyomtatással készült szerkezetekben
3. KISS LÁSZLÓ | Szimulációs módszertan kidolgozása LMD eljárással készített termék fejlesztési folyamatának támogatásához

A fenti cikk az egyik MAE díjazott, Baranyi Tamás szakdolgozatának kivonata.

