

KORRÓZIÓÁLLÓ ACÉLÖNTVÉNY GYÁRTÁSÁNAK TECHNOLÓGIAI KÉRDÉSEI

GUNCZER László

SZTE Szegedi Élelmiszeripari Főiskolai Kar
6724. Szeged, Mars tér 7.
Tel.: 62/546-000, 20/9786506
E-mail: gunczer@nexus.hu

ÖSSZEFOGLALÓ

A publikáció egy korrózióálló acélból készült bordázott csőbilincs precíziós öntéssel történő gyártása közben jelentkező problémák megoldására ad választ. A munkánk szorosan kapcsolódott Szeged egyik nagy múltú fémfeldolgozó üzemének, a Szegedi Finomöntöde Kft-nek a tevékenységéhez.

A Szegedi Finomöntöde Kft-nél korábban a korrózióálló acélöntvények gyártása nem képezte a cég fő profilját, de a piaci igények szükségessé tették a termékválaszték bővítését.

Az általunk tervezett technológia helyességéről egy 500 darabból álló próbagyártással győződünk meg, amely igazolt bennünket. A technológiai paraméterek megválasztása mellett szerszámtervezéssel, szerszám kiválasztással, gazdaságossági elemzéssel, árajánlat-tétellel és minőségbiztosítási kérdésekkel is foglalkoztunk.

Az egész gyártási folyamatról digitalizált videofelvétel készült, amely CD-ROM formájában a SZTE – SZÉF-en oktatott Műszaki anyagszerkezettan c. tantárgy oktatási segédlete lett.

Bevezetés

A publikáció egy korrózióálló acélból készült bordázott csőbilincs lágyviaszos, ún. precíziós öntéssel történő gyártása közben felmerülő problémák megoldására keresi a választ.

Munkánkat a Szegedi Finomöntöde Kft részére végeztük el.

Szegeden a fémöntés, illetve a témánk alapját képező precíziós öntés a 60-as években indult el a Kéziszerszámgyár szegedi gyáregységének megalakulásakor. Ez a regionális egység nemcsak fémöntéssel, hanem pl. kovácsolással és forgácsolással megmunkált kéziszerszámok gyártásával is foglalkozott, de a rendszerváltást követően két részre szakadtak, amelyek

egyike a „munkaadónk”, a Szegedi Finomöntőde Kft. A Kft napjainkra mind jogilag, mind pénzügyi szempontból különálló egységet alkot. Munkáját döntően a lágyviaszos és a keményviaszos (műanyagbázisú) precíziós fémöntésre koncentrált. Nagyrészt németországi és néhány nyugat-európai céggel állnak üzleti kapcsolatban, de sok hazai gyárak is beszállítói. A cég már bevezette és több éve sikeresen alkalmazza az ISO 9002 nemzetközi minőségbiztosítási szabványt, aminek köszönhető a túlnyomó részben Németországból származó megrendelés.

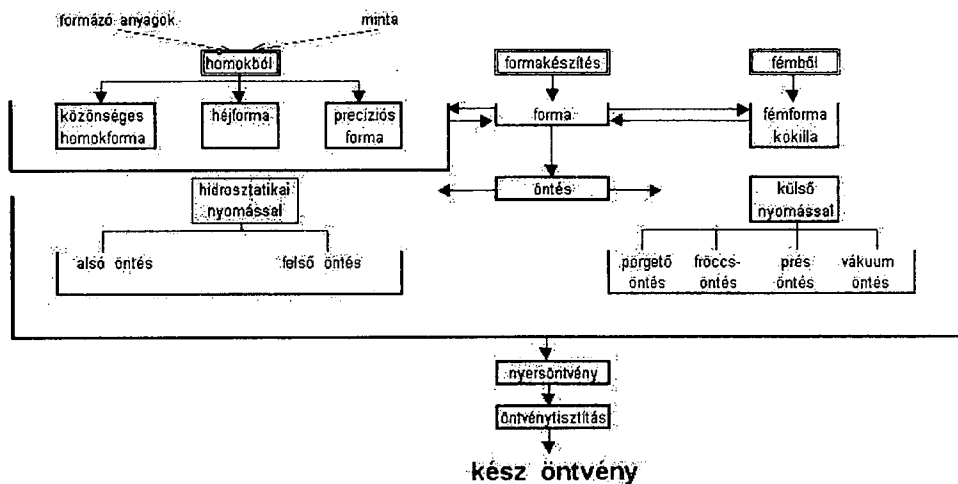
A Szegedi Finomöntőde Kft tehát nagyrészt németországi cégek számára gyárt alkat-részeket. Egyik megrendelésük a bordás csőbilincs, amelyet addig St 50-2 német (DIN) szabvány szerinti ötvözetlen szerkezeti acélból készítettek el, amely nem korrózióálló. Feladatunk az élelmiszeripari alkalmazhatóságnak megfelelően korrózióálló acélanyagra áttervezni az öntéstechnológia gyártási paramétereit. A munkánk részét képezte még az öntés gyártási folyamatainak a kiválasztása, a szükséges szerszámok és a próbagyártás megtervezése, az ehhez szükséges minőségügyi formanyomtatványoknak a kidolgozása, a gyártásközi ellenőrzések módjainak a meghatározása, a próbagyártás alapján az öntvény készremunkálásához szükséges forgácsolószerszámok kiválasztása, a gyártás várható költségeinek a kiszámítása, valamint javaslattétel a gyártás egyes szegmenseiben adódó problémák kezelésére és megoldására. Természetesen ezt az igen nagy és komplex munkát csak a Szegedi Finomöntőde Kft dolgozóinak, vezetőinek segítségével és az eszközállományának a felhasználásával tudtuk elvégezni.

2. Irodalmi feldolgozás

A 70-es, 80-as években a gépgyártástechnológiák területén – az egyszerűségüknél fogva – a forgácsoló megmunkálásokat részesítették előnyben. A 90-es években és napjainkban az alapanyagárak, az energiaárak és az egyéb kiadások robbanásszerű emelkedése, az ezzel összefüggő észszerű hulladékfeldolgozás következtében az öntéstechnológia ismét a reneszánszát éli.

Az öntés technológiájának a lényege, hogy a megolvasztott fémet tűzálló anyagból készült formába öntjük, ahol az megdermedve felveszi annak alakját. Az alkotókat az erre a célra készített kemencében olvasztják meg. Az öntődobban nem csupán megolvasztják a fémeket, hanem gyakran az összetételüket, a szerkezetüket és a tulajdonságaikat is lényegesen megváltoztatják. Az öntészet tehát egy olyan eljárás, amely ötvözi magában a gyártástechnológiák és a hőkezelések hatásait, azaz minimális hulladékképződés mellett megfelelően kiválasztott öntéstechnológia, alap-, ötvöző- és adalékanyagok, jól kiválasztott öntészeti berendezések, jól tervezett szerszámok és megfelelő hűtési sebesség esetén minden szempontból jó minőségű és gazdaságos munkadarabhoz juthatunk.

Az öntéstechnológiák bonyolult rendszeréről az 1. ábra ad felvilágosítást.



1. ábra. Az öntvénykészítés gyártástechnológiai rendszere

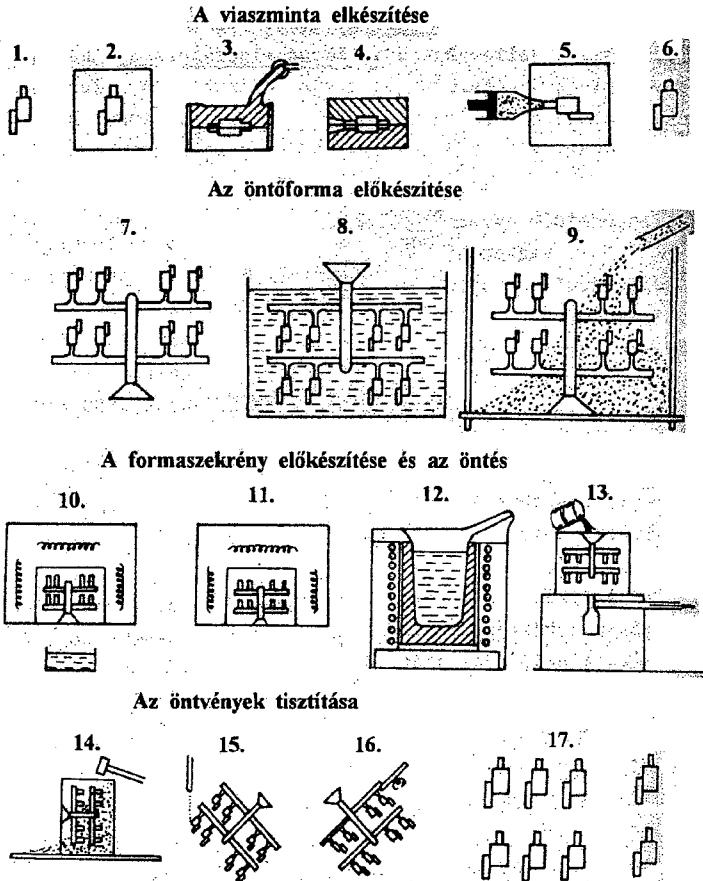
Miután a Szegedi Finomöntőde Kft a gyártott alkatrészeit döntően lágyviaszos precíziós öntéssel készíti, a mi megoldásunk is erre a technológiára koncentrált. A publikáció témájának a megértéséhez célszerű röviden áttekinteni a precíziós öntvénygyártás menetét a 2. ábra alapján.

A precíziós öntvénygyártás (viaszminta kiolvasztásos öntészeti eljárás) igen nagy pontosságú, mérhető és finom felületű öntvények előállítására alkalmas eljárás. A nagy pontosság és a finom felület előállítását az teszi lehetővé, hogy az öntvényeket általában osztatlan formában készítik, így elmaradhat az osztósík. A formázási kúposág minimális lehet, a forma anyaga pedig igen finom szemcsészetű. A precíziós öntvénygyártás a kis súlyú, forgácsolási szempontból bonyolult, nehezen megmunkálható anyagból készülő alkatrészek gyártására gazdaságos eljárás.

A precíziós öntvénygyártás munkamenete a 2. ábra alapján a következő: Az első feladat a gyártandó munkadarabnak megfelelő mesterminta (1), majd ennek alapján a viaszminták öntésére szolgáló forma (kokilla) készítése (2). A mesterminta általában acélból vagy bronzból, a forma rendszerint öntéssel könnyen olvadó fémötvözetből készül. A viaszmintákhoz 50 – 70 °C olvadáspontú viaszok (paraffin, sztearin stb.) használhatók, amelyeket 55 – 60 °C-on sajtolunk. Ha a viaszt a formába préseljük (3-4), az néhány perc alatt megdermed (5), így azt a kokillából kiemelve megkapjuk a viaszmintát (6).

Ezt követően kezdődik meg a minták fenyő alakú, ún. bokrosított szerelése. A viaszból készült mintákat összekötő viaszrudacsok – ún. központi beömlőcsatorna – segítségével egymáshoz rögzítjük, ami azt jelenti, hogy

egyszerre több darabot formázunk be (7). A bokrosítás után a viasz minta-csokor megkapja az elsődleges, igen finom szemcsézetű tűzálló mázbevonatot (kerámia) mártással, amely a mintán sima felülettel merevedik meg (8). Hogy az így kezelt minta jobban kössön a formázóanyaghoz, még egy durvább szemcséjű bevonatot is kap. A bevonat vastagsága általában 0,5 – 1,5 mm.



2. ábra. A precíziós öntvénygyártás menete

Ezután sor kerül(het) az ún. formabeágyazásra, amivel a tűzálló, vékony, rideg és kemény héj kitémasztást kap, így majdan a beöntött fém felületi nyomásának ellen fog állni (9). Ez a folyamat megoldható az elsődleges bevonathoz hasonló, de durvább szemcséjű keverékkel (kvarchomok, alumíniumoxid, kovaliszt és etilszilikát keveréke) vagy vastagabb, 2 – 3 mm-es elsődleges bevonat mellett egyszerű kvarchomokkal is.

Az elkészített formákat szabad levegőn, majd 10 – 12 órán át 40 °C hőmérsékleten kiszáritjuk. Ezután 110 °C-on a formaszekrényt a beömlőnyílásával lefelé fordítva kiolvasztjuk a viaszt a formából (10), majd a formákat – akár az ágyazattal együtt – 850 – 1000 °C-on kiizzítjuk (11), így a forma kész az öntésre.

Ezt a fém megömlesztése, összetételének megfelelő beállítása (12), majd a munkadarabok öntése követi (13). Öntéskor – mivel kevés anyagról van szó – a fém megolvasztására is szolgáló buktatható elektromos kemencét vagy csőrös öntőtégelyt használunk. Ezt a megfelelő sebességű hűtés, majd a formaanyag leverése (14) és a fémsörétes vagy homokfúvatásos eljárással (15) történő (esetenként lúgos vízben való főzéses) öntvénytisztítás követi. Utolsó mozzanat a felöntések, a beömlőrendszerek eltávolítása forgácsolással (16) a végül elkészült öntvényekről (17).

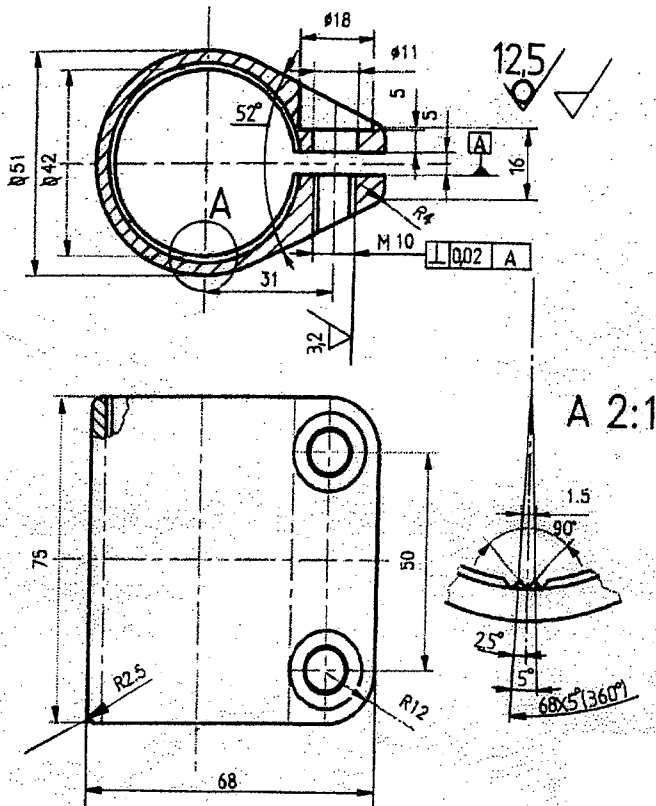
Az így öntött, pl. a rendkívül drága gyorsacél szerszámanyagból készült forgácsoló-szerszámokat (csigafúró) csak a működő felületeken kell köszörülni, amelynek az anyag- és energiatakarékosság szempontjából van nagy jelentősége.

3. A felhasznált anyagok és módszerek

Az egyes technológiai munkafázisok kidolgozása során felhasznált anyagokat, gyártási, mérés – ellenőrzési műveleteket és módszereket a könnyebb érthetőség és nyomon követhetőség miatt a megfelelő helyen említjük.

4. A téma célkitűzése és kidolgozása

A bevezetésben említetteknek megfelelően a munkánkban egy korrózióálló acélból készült bordás csőbilincs öntéstechnológiájának a kérdéseit vizsgáltuk lágymiaszos precíziós öntés során. A bordás csőbilincs a bordázott csőelemek elfordulása ellen biztosít csavarszorításos rögzítés segítségével (3. ábra). Anyagául ~ KO 33 rövid jellel ellátott ausztenites korrózióálló acélt választottunk, de a DIN szabványnak megfelelően, amely akár erős korróziós közegben üzemelő gépelemek anyagaként is javasolt. A korrózióállóságot a legfeljebb 0,05 %-os széntartalommal és esetleg a titán- vagy nióbbiumötvözással stabilizálják (karbidbomlás vagy – kiválás miatt). A korrózióálló acélok összetételére, tulajdonságaira, felhasználására vonatkozólag az MSZ 4360:1987 aktuális magyar nemzeti szabvány nyújt útmutatót. A felhasználni kívánt acél teljes jele: X5CrNi189, amely egyúttal utal az acél összetételére is.



3. ábra. A bordás csőbilincs műhelyrajza

Az általunk tervezett lágyviaszos precíziós öntés technológiai munkafázisai – a korábbiak figyelembevételével – némiképpen módosulnak és a következő lépésekből állnak:

- a viaszoló szerszám tervezése, készítése;
- a viasz összeállítása, olvasztása;
- a viaszminták elkészítése a viaszoló szerszámban;
- a viaszminták ellenőrzése, ún. átvételezése;
- a központi beömlő elkészítése;
- a bokrosítás, azaz a viaszminták elhelyezése a központi beömlőn;
- a mártás, azaz a bokor tűzálló anyaggal való bevonása több rétegben;
- a szárítás;
- a viasz kiolvasztása a kész formából;
- a forma kiégetése kemencében;

- az acél beállítása összetételének megfelelően megömlesztett állapotában;
- a beállított összetételű folyékony, forró acél beöntése a kiégetett formába;
- a meghatározott sebességű hűtés;
- a formaanyag eltávolítása mechanikus úton, majd finomtisztítás szemcseszórással;
- a bokor szétदारabolása;
- csonkköszörülés és utómunkálatok (furatok, menetek);
- minőségellenőrzés.

A továbbiakban csak azokat a munkafázisokat részletezzük, amelyek a korrózióálló acélanyag öntéstechnológiai sajátosságai miatt eltérést mutatnak az öntőde által egyéb anyag esetében alkalmazott megoldásoktól.

A szerszám tervezése és gyártása: A tervezést a Kft területén AutoCad R 14 grafikus tervezői programmal végeztük el szétszedhető kivitelben a mesterminta alapján. A viaszoló kokilla tervezése során, a szerszámfészek tervezésekor a zsugorodással megnövelt értékeket, továbbá a gyártástechnológiai és az alaki sajátosságokat kellett figyelembe vennünk.

A szerszámfészek a szerszám azon része, amely a viaszminta alakját és méreteit hivatott megadni, valamint a mérete megegyezik egy olyan elméleti mesterminta méretével, amelyek nagyságához hozzászámoljuk a munkadarab méreteit módosító tényezőket, ami szabadon zsugorodó és „kis mértékben zsugorodó” tényezőkre bontható. A mi számításainkban és a tervezésünkben összegzésként 1,5 %-os méretváltozási tényezővel számoltunk¹, azaz a megfelelő öntvény méretet 0,985-tel osztottuk el (I. táblázat).

I. táblázat. A szerszám méretezésekor a zsugorodással megnövelt méretek (a 3. ábra alapján)

Sor-szám	Ötvényméret [mm] + tűrés (a megrendelő igénye szerint)	Zsugorodással megnövelt méret [mm] (öntvényméret/0,985)
1	$75 \pm 0,46$	76,14
2	R 2,5	—
3	R 12	—
4	$\varnothing 50 \pm 0,30$	—
5	$\varnothing 51 \pm 0,38$	51,77
6	$42 \pm 0,30$	42,64
7	$31 \pm 0,25$	31,47
8	M 10	—
9	$16 \pm 0,14$	16,24
10	$5 \pm 0,08$	5,08
11	$5 \pm 0,08$	5,08
12	$\varnothing 18 \pm 0,14$	—
13	$\varnothing 11 \pm 0,12$	—

¹A „kismértékben zsugorodás” előre nem kalkulálható, de a terveink szerint a megadott tűrésekbe bele fog férni.

Mivel a Szegedi Finomöntöde Kft nem foglalkozik szerszámgyártással, a viaszkokillákat jugoszláviai és németországi székhelyű, ritkábban magyarországi szerszámgyártó cégektől rendelik meg, mivel a Kft az ún. lágyfémes szerszámtechnológiát részesíti előnyben, amely belföldön még nem terjedt el.

A viasz összeállítása és olvasztása: A viaszoló szerszám elkészülte után első lépésben a viasz összeállítását kellett elvégeznünk. A viasz 50 % sztearint és 49 % parafint tartalmazott, továbbá kb. 1 % adalékot, amely a viasz szilárdsági tulajdonságait és a formatartását kívánta megnövelni. A recepturát irodalmi adatok, üzemi tapasztalatok és helyszíni kísérletek útján határoztuk meg. A viasz összetétele nagyrészt a hőmérséklettől függ, ha nő a külső hőmérséklet, növelni kell a viasz adaléktartalmát is. Ennek adagolását a helyszínen végeztük és minden bekeverés után ellenőriztük a viasz összetételét, a dermedés idejét, a viasz állagát és a zsugorodás mértékét. A viasz megfelelő összetételét a beolvasztott összetevők számontartásával vagy vegyelemzéssel végeztük el. Más, az öntödében még alkalmazott, ún. egyszerű módszereket nem tartottuk elég egzaktnak.

A viasz az olvasztás után az előpépesítőbe került, ahol állandó keverés mellett vízhűtéssel 47 – 48 °C-ra hűtöttük. A keverés következtében a viaszba levegő került, amely elősegítette a viasz gyors hűlését és csökkentette a zsugorodását. Ezt követően a viasz a pépesítőbe került, ahol már a felhasználási

hőmérsékletére, azaz 42 °C-ra hűtöttük vissza, mert ezen a hőmérsékleten a legkisebb a viasz zsugorodása és a legjobb a formakitöltő képessége.

A viaszminták elkészítése: A pépesített viasz 3 liter űrtartalmú töltőpatronokba került, majd a patronokat egy hőntartó készülékbe helyeztük, amely biztosította a 42 °C-os hőmérsékletet a felhasználásig.

A viaszmintákat préssel készítettük el egy pneumatikus hengerrel működő présasztalon 5 bar nyomással, amelynek asztallapja a viasz dermedésének meggyorsítása érdekében vízzel volt hűtve. A besajtol viaszmintákat a teljes lehülés után a szétszedett viaszkokillából sűrített levegővel emeltük ki, majd azt a további hűtés érdekében hűtőkádba helyeztük.

A viaszminták átvételezése: A lehűtött viaszmintákat guruló szállítóállványon az átvételező részlegbe szállítottuk, ahol azokat átválogatták, osztályozták és a megfelelő minőségűeket sorjázták. A minták válogatása és osztályozása durvább esetekben szemrevételezéssel, egyéb esetekben tolmérővel (mérőórás vagy digitális, a lényeg az 1/100 mm pontosság) történt. Kritérium: ne legyen a viaszminta felületén beszívódási, fogyási üreg, hullámosodás, sérülés, a minta ne legyen deformált, a főbb méretek egyezzenek meg a viaszminta tervezett, kiszámított méreteivel és megfelelő keménységűek legyenek. A selejteket visszaolvasztottuk, a hibátlan mintákat a sorjázást követően guruló szállítóállványon a viaszminta raktárba szállítottuk, ahol a további felhasználásig 20 – 22 °C-on tároltuk.

A viaszminták bokrosítása: Elkészítettük viaszból a megfelelő alakú és méretű beömlőket az ún. körasztalos beömlőkészítővel, majd a beömlőket és a viaszmintákat a bokrosító részlegbe szállítottuk. Itt biztos kezű dolgozók egy forrasztópáka-szerű viaszolvasztó pákával a központi beömlőre forrasztották előre eltervezett helyekre a meghatározott számú viaszmintát. Az így elkészített bokrokat ún. bokorszállító kocsin a mártó részlegbe szállítottuk.

A Szegedi Finomöntöde Kft-nél kerek és négyszögletes keresztmetszetű központi beömlőket használnak. Az első sorozatban négyszögletes keresztmetszetű központi beömlővel próbálkoztunk, amelyre három sorban négy-négy mintát helyeztünk el úgy, hogy a központi beömlő tengelye és a viaszminta pofahasítéka merőleges volt egymásra. Ez a kialakítás azonban nem bizonyult eredményesnek, mert amikor a munkadarabunk már a mártás után száradt, akkor néhány minta a felső sorból leesett és lavinaszerűen a többit is magával sodorta, ami megnövelte a selejt mennyiségét.

Megpróbálkoztunk kör keresztmetszetű központi beömlővel is bokrosítani úgy, hogy a pofahasíték a központi beömlő tengelyével egy irányba essen, egy beömlőre két sorban hatot-hatot helyeztünk el, így még mindig a gazdaságos 12 viaszminta/bokor mennyiséget tudtuk biztosítani. Azt tapasztaltuk, hogy ezzel a módszerrel kevesebb lett a leszakadó viaszminta, valamint kevesebbet rántott magával, így kevesebb lett a selejt mennyisége. A stabilitást fokozandó végül két sorban ötöt-ötöt helyeztünk el a központi beömlőn (10 db öntvény/bokor).

Miután a viaszmintákat merőlegesen helyeztük el a központi beömlőn, így jobb helykihasználást értünk el, valamint könnyebb és gyorsabb a bokrosítás, a mintából ki nem folyt viasz mennyisége elhanyagolható volt és a héjkiégetés alkalmából teljesen eltűnt.

A bokrosítást szemrevételezéssel ellenőriztük.

Mártás: A mártóanyag Cr-Ni acél esetében Al-oxid kerámia. A Si-oxid (kvarc) a viszonylagos olcsósága ellenére sem választható mártóanyagnak, mert reagál a magasan ötvözött fémmel, ami abban nyilvánul meg, hogy a króm oxidálódik és ezért az öntvény felületén apró fekete pöttyök és lyukacsosság jelenik meg. Ennek a jelenségnek az elkerülése érdekében egy réteg cirkon liszt és cirkon homok került a viaszminták felületére.

A támasztóréteg tehát Al-oxid, a kötőanyag vizes etilszilikát alapú. A mártó részlegben még a mártás előtt ki kellett kevernünk az etilszilikát hidrolizált oldatát.

Az öntődében a hidrolizátumot mindig helyben keverik ki az alapanyagokból (etilszilikát, víz, alkohol, sósav), bár voltak kísérletek előhidrolizált etilszilikátos oldattal is, de az nem váltotta be a hozzáfűzött reményeket.

A hidrolizátumot (kötőanyagot) a helyi adottságoknak megfelelően a II. táblázatban szereplő arány szerint állítottuk össze, amelyet hosszú kísérletezés után állapítottunk meg.

II. táblázat. A hidrolizátum összetétele

Anyag	Bemért térfogat [liter vagy dm ³]	Sűrűség [kg/dm ³]	Tömeg [kg]
alkohol	9	0,831	7,479
víz	1	1	1
sósav	0,062	1,152	0,0714
etilszilikát	10	1,06	10,6

A hidrolizátumba kötőanyagot („lisztet”) kevertünk, amely lehet kvarc, alumíniumoxid vagy cirkon. Esetünkben az első réteg cirkon, a 2.– 5. réteg alumíniumoxid, a 6. réteg szilíciumoxid.

A munkadarabra tehát hat kerámia-réteg került fel, illetve a 3.– 4. réteg közé még kötőanyagot is felvittünk, amely biztosította a megfelelő felületi minőséget, valamint a héj is megfelelően vastag lett, így kibírta a szállítást, a kiolvasztást, a kiégetést és az öntést.

A cirkon fölötti első két réteget porfinomságú, finom alumíniumoxidból szóródobos géppel (AKWHR; 0,06 – 0,2 mm; 4 óra szárítás) készítettük a megfelelő felületi minőség miatt, a második két réteget közepes finomságú alumíniumoxidból fluidkádban (AKWHR; 0,1 – 0,6 mm; min. 4 óra szárítás) a jó

tapadás érdekében, a maradék réteget durva szilíciumoxidból vittük fel fluidkádban (AKWHR; 0,7 – 1,2 mm; 4 óra szárítás), ami biztosította a héj megfelelő szilárdságát. Minden réteg előtt egy keverőtartályban lévő kötőanyag és töltőanyag keverékébe mártottuk a bokrot. Az állandó keveréssel biztosítottuk, hogy az alkotók ne váljanak szét. A tűzálló réteg felvitele után a bevont bokrot szárítottuk. Miután az összes réteg felkerült és kiszáradt a héj, akkor bokorszállító kocsin a viaszkiolvasztó részlegbe szállítottuk.

Az etilszilikátos hidrolizátum összetételét a bekevert anyagok mennyiségének számontartásával, viszkozitásméréssel, vegyi analízissel vagy a héj megfelelő keménységét keménységméréssel ellenőriztük.

A bevont bokor szárítása 20 – 22 °C között és 70 – 80 % páratartalom mellett bizonyult a legoptimálisabbnak, mert egyébként könnyen megrepedtek a héjak. A szárítóhelyiségben ezeket a feltételeket biztosítanunk kellett. Az értékeket napi 24 órában elektromos páratartalom- és hőmérsékletmérővel ellenőriztük és regisztráltuk. A hibás, megrepedt héjakat javítani, ragasztani vagy selejtezni kellett.

Viaszkiolvasztás: Átszállítás után a kiszáradt héjak széleit a beömlőknél köszörültük, hogy a benyúló peremek ne jelentsenek gondot se a viasz kiolvasztásakor, se az öntéskor. A viasz kiolvasztása egy autokláv elven működő viaszkiolvasztó kemencében történt 15 perc alatt 1 bar nyomáson. A bokrokat beágyazás nélkül állványra tűztük fel a beömlőnyílásával lefelé. A kifolyt viasz „eleje” selejt, a többit újból fel tudtuk használni a viasz regenerálása után. A héjakat szállítótálcán a kiegészítő kemencébe szállítottuk.

A kemence hőmérsékletét hőmérővel, a nyomását nyomásmérő órával, a héjakat szemrevételezéssel vagy méréssel vizsgáltuk. A hibás, megrepedt héjakat javítani, ragasztani vagy selejtezni kellett.

A héjak kiegészítése: A héjakat kiegészítés előtt hőálló edényben, a selejtezett héjakból készített daralékkal ágyasztuk be, hogy az öntést megkönnyítsük, illetve hogy a héjak elbírják az öntés terhelését.

A beágyazott héjakat kocsi raktuk és hidraulikus munkahengerrel egy háromzónás folyamatos működésű alagútkemencébe toltuk. A kemence első zónája 500 – 600 °C, a második 700 – 800 °C és a harmadik zónája 900 – 1000 °C hőmérsékletű volt. Amikor a beágyazott héj keresztülért az alagútkemencén (~ 4 óra), akkor azonnal hűtés nélkül öntöttük bele a forró acélt, hogy a forma hőmérséklete minél közelebb legyen az öntési hőmérsékletéhez, azaz az acél hőmérsékletéhez.

A kemence hőmérséklete folyamatosan elektronikusan szabályozott volt, így ezt állandóan ellenőrizhettük.

Az acél összetételének beállítása és öntése: A bordás csőbilincset X5CrNi189 összetételű acélból kívántuk kiönteni, amely acélt az alapfém megfelelő ötvözésével indukciós tégelykemencében állítottuk elő, de először persze az ötvözők mennyiségét kellett kiszámolnunk.

Mivel a tégelykemencében 100 kg mennyiségű alapfémot szoktak ötvözni, így mi is ezzel a tömeggel számoltunk.

Az elérni kívánt X5CrNi189 jelölésű ötvözött acél adatai:

$$C \leq 0,05 \% ; Si \leq 1 \% ; Cr = 18 \% ; Ni = 9 \% ; S \leq 0,04 \% ; P \leq 0,04 \%$$

Az alapacél (amit ötvöztünk) adatai:

$$C = 0,07 \% ; Mn = 0,53 \% ; Si = 0,16 \% ; S = 0,024 \% ; P = 0,01 \% ; Cr = 0,06 \% ; Ni = 0,08 \% ; Cu = 0,23 \% ; Mo = 0,02 \%$$

Az ötvözőanyagok (amivel ötvöztünk) adatait a III. táblázat tartalmazza:

III. táblázat. Az ötvözőanyagok összetétele²

[%]	C	Cr	Ni	Fe	Mn	Si	Cu	Co	Pb	Zn	Al	P	S
króm	0,058	68,84	—	—	0,07	0,79	—	—	—	—	—	0,026	0,001
nikkel	—	—	99,95	0,016	—	—	0,0006	0,02	0,0008	0,007	—	—	—
ferro – mangán	1,12	—	—	—	83,26	1,12	—	—	—	—	—	0,19	< 0,002
ferro – szilícium	—	—	—	—	—	71,3	—	—	—	—	0,027	—	—

²A Szegedi Finomöntöde Kft adatai.

Az ötvözők mennyiségének kiszámítását az egyik legfontosabb ötvöző, a króm mennyiségének meghatározásán keresztül ismertetjük, a többi ötvözőé ezzel analóg. Az ötvözők mennyiségének számításakor a tömeg az és ötvözők mennyisége állandóságának a törvényét használtuk, azaz:

$$m_1[kg] \cdot M_1[\%] + m_2[kg] \cdot M_2[\%] = m_o[kg] \cdot M_o[\%] \quad [1.]$$

A krómötvöző mennyiségének meghatározása [1.]:

$$m_{C_{0,07}}[kg] \cdot M_{C_{0,07Cr}}[\%] + m_{Cr}[kg] \cdot M_{Cr}[\%] = m_{oCr}[kg] \cdot M_{-K033Cr}[\%] \quad ;$$

ahol: $m_{C0,07}$: az alapacél adagjának tömege (mindig 100 kg);
 $M_{C0,07Cr}$: a C 0,07 %-os alapacél krómtartalma százalékban;
 m_{Cr} : a króm ötvözőanyag tömege [kg];
 M_{Cr} : a króm ötvözőanyag krómtartalma százalékban;
 $m_{\delta Cr}$: az összes anyagmennyiség krómtartalmának tömege [kg];
 $M_{-KO33Cr}$: a megcélzott összetételű ötvözet krómtartalma százalékban.

Behelyettesítve az [1.] összefüggésünkbe (a 3. táblázat szerint):

$$100kg \cdot 0,06\% + m_{cr} [kg] \cdot 68,84\% = m_{\delta cr} [kg] \cdot 18\% .$$

Mivel:

$$m_{\delta Cr} = m_{Cr} + m_{C0,07} ,$$

így felírható:

$$100kg \cdot 0,06\% + m_{cr} [kg] \cdot 68,84\% = (m_{Cr} [kg] + 100[kg]) \cdot 18\% .$$

Ebből a krómötvöző mennyisége: **$m_{Cr} = 35,28 \text{ kg}$**

Az ötvözők mennyiségét 100 kg alapfémhez számítva a célzott összetétel elérése érdekében a IV. táblázat összegzi.

IV. táblázat. Az ötvözőanyagok mennyisége 100 kg alapfémhez számítva

króm	35,28 kg
nikkel	13,296 kg
ferro – mangán	1,34 kg
ferro – szilícium	1,494 kg
összesen:	$\Sigma 51,41 \text{ kg}$

Az ötvözők hatásait az alapacél legfontosabb tulajdonságaira az V. táblázat mutatja be

V. táblázat. A legfontosabb ötvözőanyagok hatásai az alapacél legfontosabb tulajdonságaira³

Ötvözőelemek	Cr	Ni-P	Ni-A	Mn-P	Mn-A	Si	S	P
keménység	↑↑	↑	↓↓	↑	↓↓↓	↑	—	↑
szilárdság	↑↑	↑	↑	↑	↑	↑	—	↑
folyáshatár	↑↑	↑	↓	↑	↓	↑↑	—	↑
nyúlás	↓	≈	↑↑↑	≈	↑↑↑	↓	↓	↓
kontrakció	↓	≈	↑↑	≈	≈	≈	↓	↓
ütőmunka	↓	≈	↑↑↑	≈	—	↓	↓	↓↓↓
rugalmasság	↑	—	—	↑	—	↑↑↑	—	—
hőállóság	↑	↑	↑↑↑	≈	—	↑	—	—
hűlési sebesség	↓↓↓	↓↓	↓↓	↓	↓↓	↓	—	—
karbidképződés	↑↑	—	—	≈	—	↓	—	—
kopásállóság	↑	↓↓	—	↓↓	—	↓↓↓	—	—
megmunkálhatóság	—	↓	↓↓↓	↓	↓↓↓	↓	↑↑↑	↑↑
korrózióállóság	↑↑↑	—	↑↑	≈	—	—	↓	—

³↑ - növeli; ↓ - csökkentti; ≈ - nincs hatással; — - a hatás nem ismert vagy nem jellemző

A – ausztenites szerkezet; P – perlites szerkezet (a Szegedi Finomöntöde adatai).
(Megjegyzés: Ha egy ötvözőanyag mennyiségét növeljük, az ötvözet tulajdonságai az adagolt ötvöző mennyiségével nem lineárisan változnak sőt, a több anyaggal való egyidejű ötvözés hatását nem lehet csak úgy, egyszerűen összegezni !)

Az acél anyagának összeállítása után ügyeltünk arra, hogy a kész acél félóránál többet ne maradjon az indukciós tégelykemencében, mert kiéghetnek belőle az ötvözők.

Miután a kiszámított értékeknek megfelelően összeállítottuk az „adagot”, az alagútkemencéből kiemeltük a kiégetett és kellő hőfokra felhevült héjakat, majd a megömlesztett acélt (~ 1670 °C) az öntő fiúk azt a formákba öntötték. Ez roppant veszélyes művelet a csőrös kiöntőtégellyel, csak speciális védőruhába öltözött munkatársak megfelelő szaktudás mellett végezhetik el.

Miután lehűltek a kiöntött bokrok, azokat elszállítottuk a minőségellenőrző, majd azt követően a héjtalanító és utómegmunkáló részlegbe.

Az acél összetételét és hőfokát a színképelemzés elve alapján spektrométerrel (spektrográffal), illetve egy digitális hőfokmérővel határoztuk meg, illetve ellenőriztük (lásd a videofelvételen).

Az 20 °C-on látható, döntően ausztenites szövetszerkezetnek köszönhetően a hűlési sebesség megválasztásakor a beedződés veszélyétől nem kellett túlzottan tartanunk, de az első bokroknál a biztonság kedvéért a nyugodt műhelylevegőn való lehűtést próbáltuk ki, amely bennünket igazolt. A bokrok keménysége a KO 33 acélok irodalmi értékéhez képest számottevően nem

változott, bár a kész öntvény felületén kétségtelenül igen nagy szórást mutatott. Javasolt az utólagos hőkezelésre az egyneműsítés (homogenizálás) vagy a normalizálás, főként az utólagos forgácsolásra való tekintettel. De e kérdéssel mindeddig tovább nem foglalkoztunk.

A kész öntvény utógondozása: Az öntvény utógondozásán a már korábban említett technológiai folyamatokat értjük, azaz:

- a formaanyag eltávolítása mechanikus úton, majd finomtisztítás szemcseszórással;
- a bokor szétarabolása;
- csonkköszörülés és utómunkálatok (furatok, menetek).

Miután e munkafázisok jelentősen nem különbözhetnek a más öntvényeknél alkalmazott folyamatoktól, ezért azokat alkalmaztuk, de itt nem taglaljuk. Említésre érdemes még talán az öntvényünk különleges formájához rendelt és általunk tervezett célorientált menetfúró készülék.

Minőségellenőrzés: A minőségellenőrző részlegben ellenőriztük az elkészült munkadarabok befoglaló és „működő” méreteit. Talán a viszonylag kis szériaszámnak, a precíz technológiai utasításnak és a fegyelmezett munkatársaknak köszönhetően csak néhány darabunk mérete nem fért bele a tűrésekkel meghatározott méretekbe. Ezeket selejteztük, majd az anyagukat visszadolgoztuk.

Gazdaságossági számítás: A Szegedi Finomöntöde Kft – lévén nem egy nagyvállalat – az előkalkulációt, utókalkulációt és az árajánlatot összevonva, egyben kell, hogy elküldje a megrendelő felé, pedig elméletileg egy árajánlat-adás minden más munkafolyamatot meg kell, hogy előzzön. A „Javaslat árajánlatra” esetünkben is formanyomtatványon történt.

A gazdaságossági számítás során a Szegedi Finomöntöde Kft-nél ezideig bevált és alkalmazott számítási metódust követtük, miután az árajánlat-adásra Ők a jogosultak.

Itt egy adott táblázat alapján megfelelő szorzótényezőkkel (ez egy normatíva) meghatározott képlet segítségével határoztuk meg az öntvény előállítás költséget. Ehhez a legfontosabb adat az előállítandó alkatrész tömege, amelyet a műhelyrajz alapján határozhattunk meg számításal és közelítő becsléssel, mielőtt az alkatrész egyáltalán a fizikai valójában megjelenne. Ez a számításunk és a becslésünk alapján 550 g-nak, a gyártást követően 565 g-nak bizonyult (átlagérték!).

A Szegedi Finomöntöde Kft által alkalmazott árajánlat-tevő képlet alapja 50 g–1000 g közötti tömegre:

$$\text{Öntvényár(DM)} = 0,012 \cdot \text{súly} + 0,012 \cdot \text{sorozat} \cdot \text{kihozatal} \cdot \text{összetettség} \cdot \text{anyag} \cdot \text{mártás} \cdot \text{felület} \cdot \text{selejt} + 0,002 \cdot \text{hőkezelés} \cdot \text{súly} + 0,001 \cdot \text{horganyzás} \cdot \text{súly} + \text{megmunkálás} + 0,001 \cdot \text{szállítás} \cdot \text{súly} + \text{kereskedelmi tényező} + \text{egyéb} \quad [2.]$$

A képletben szereplő változók értékei a Kft által meghatározott táblázat szerint:

- sorozat : **1,1**; lévén a közel 500 db legyártandó termék;
- kihozatal : **1,1**; miután a 10 db öntvény/bokor miatt a kihozatal közepes;
- összetettség : **1,2**; összetett munkadarabról van szó;
- anyag : **1,2**; erősen ötvözött acél a munkadarabunk anyaga (X = erősen ötvözött acél);
- mártás : **1,2**; a mártóanyag összetétele miatt;
- felület : **1,2**; az üveggyöngyözött utólagos felülettisztítás következtében;
- selejt : **0,9**; ami a jól előkészített gyártási folyamatnak és a viszonylag kis sorozatnak köszönhető;
- hőkezelés : **1**; mert a lehetősége számításba jött, azaz terveztük;
- horganyzás : **0**; miután szóba se kerülhet;
- utólagos megmunkálás : **0**; igen csekély mérvű, azaz elhanyagolható;
- szállítás : **1**; mert a gyártó szállít;
- kereskedelmi szimulációs tényező a véletlen esetekre : **0**; nem „terveztünk” véletlent a be nem látható esetekre;
- egyéb : **0**.

Behelyettesítve:

$$\begin{aligned} \text{Öntvényár(DM)} &= 0,012 \cdot 550 + 0,012 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot \\ &\cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 0,9 + 0,002 \cdot 1 \cdot 550 + 0,001 \cdot 0 \cdot 550 + 0,001 \cdot 0 \cdot 550 + \\ &+ 0 + 0,001 \cdot 1 \cdot 550 + 0 + 0 \end{aligned} \quad [2.]$$

$$\text{Az öntvényár: } \underline{8,278 \text{ DM}} = \underline{4,232 \text{ Euro}} = \underline{1074,9 \text{ Ft.}}$$

Így megkaptuk egy darab öntvény előállításának árát.

Az összes öntvényár:

$$\text{darabszám} \cdot \text{öntvényár} = 500 \cdot 8,278 = \underline{4139 \text{ DM}} = \underline{2116 \text{ Euro}} = \underline{537450 \text{ Ft.}}$$

Az árajánlat-kínálat alapja a munkadarab gyártásának költsége (azaz az összes öntvény árához hozzá kell számolni a szerszámok árát – természetesen az elkészült szerszámok árának függvényében), ami további költségnövekedést eredményezett, azaz:

$$\text{összköltség} = \left(\sum_{i=1}^n \text{szerszám} \cdot \text{szerszámár} \right) + \text{összöntvényár} , \quad [3.]$$

azaz (500 db esetében):

$$\begin{aligned} \text{összköltség} &= (320000\text{Ft} + 280000\text{Ft}) + 537450\text{Ft} = \underline{1137450\text{Ft}} = \\ &= \underline{8759,72} \text{ DM} = \underline{4478,6785} \text{ Euro.} \end{aligned}$$

Ez az elkészült munkadarabjaink összes költsége az 500 darabos próbagyártás után, amit a Kft megnövelt a cég további költségeinek egy részével, valamint természetesen némi nyereséggel is. Végül így alakult ki a munkadarabunk végső ára, amit a Szegedi Finomöntöde Kft küldött ki árajánlat-kínálatként a megrendelő felé.

6. Eredmények

A **Szegedi Finomöntöde Kft**-nél korábban a korrózióálló acélöntvények gyártása valójában nem képezte a cég fő profilját. Az élelmiszeripari alkalmazhatóságú öntvénygyártás piaci felvevőkészsége sejtetően felkeltette a cég és az érdekelt felek érdeklődését, akár hazai, akár külföldi felvásárló az érdekeit fél.

Nem volt lehetőségünk, csak kb. 500 darabból álló sorozat legyártására, mert a probléma felvetése kiinduláskor virtuális volt, azaz mi lenne, ha..., és nem volt feladatunk a piackutatás. De azóta ez a kiindulási alap már profitot hozó valóság.

A **formanyomtatványok**: A Szegedi Finomöntöde Kft az ISO 9002 minőségbiztosítási rendszer feltételeinek eleget tett, a szabványt nap mint nap alkalmazzák, ezért a termékeit jogosan e védjegy fényében bocsátják a megrendelő felé. A feladatunk a formanyomtatványok adaptálása volt a megfelelő anyagminőség és a gyártástechnológiai utasítás szerint a minőségbiztosítás feltételrendszerének eleget téve.

A munkánk egyúttal **Székely Ferenc** végzős gépészmérnök hallgatónk szakdolgozatának a témáját is képezte. A hallgató a témával a XIII. Országos Tudományos Diákköri Konferencián is szerepelt, amely Mosonmagyaróváron került megrendezésre 2000-ben. A nevezett azóta már a Budapesti Műszaki Egyetem hallgatója.

Az egész folyamatról a Szegedi Finomöntöde Kft engedélyével digitalizált videofelvétel készült két formában, amely napjainkban a SZTE – SZÉF Élelmiszeripari Műveletek és Környezettechnika Tanszékén oktatott „Műszaki anyagszerkezettan” című tantárgy megfelelő fejezeteinek üzemlátogatást helyettesítő oktatási segédleteként tartható számon CD-ROM formában és

mindenki számára nyitott. Az érdeklődők a SZTE – SZÉF Gépműhelye mellett lévő utolsó tárlóban az elmondottakra bizottságra lelnek. A publikáció közléséhez a Szegedi Finomöntőde Kft vezetősége a kérésünkre hozzájárult.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a lehetőséget a Szegedi Finomöntőde Kft vezetőségének és a dolgozóinak, név szerint **Balás Piri Tibor** ügyvezető igazgató és **Bartha Imre** termelésvezető uraknak, továbbá **Dani Géza** és **Hampel György** munkatársainknak, a lektoroknak, valamint mindazoknak, akik a munkájukkal segítettek bennünket, hogy ez a referencia megvalósuljon.



Irodalom

Komócsin, Mihály: Gépipari anyagismeret. COKOM Mémókiroda Kft
Miskolc, 1997.

Beer, György: Mezőgazdasági gépek gyártása. Mezőgazdasági Könyvkiadó –
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1988.

Szabó, Miklós: Gépészeti tervezési segédlet. Sigma 3000. Bt.
Szombathely, 2000.

Ipari minisztérium: Precíziós öntvények gyártásának irányelvei. Budapest. 1997.

A Magyar Nemzeti Szabványok Jegyzéke 2001. A vonatkozó szabványok ismerete.

(ICS 77.140.20)

- Korrózióálló acélok: MSZ 4360:1987;
- Korrózióálló acélöntvények: MSZ EN 10283:2000 (MSZ 21053:1982);
- Korrózióálló acélok 1. rész (a korrózióálló acélok jegyzéke): MSZ EN 10088-1:1998;

A Szegedi Finomöntőde Kft irányelvei és egyéb anyagok esetében alkalmazott gyártási utasítások.

Digitális videofelvételek a gyártás folyamatáról: Készült a Szegedi Finomöntőde Kft és az SZTE – SZÉF közreműködésével. Oktatási segédlet, CD – ROM, Szeged, 2000.

CORROSION-PROOF STEEL CASTING MANUFACTURING PROCEDURE

L. Gunczer

SZTE University College of Food Engineering
6724 Szeged, Mars tér 7.

Phone: +36-62/546-000, +36-20/9786506

E-mail: E-mail: gunczer@nexus.hu

ABSTRACT

In our paper we tried to give solution to problems occurred during the precision casting manufacturing process of corrosion-proof ripped pipe. We worked in cooperation with one of Szeged's well-known traditional metal-works, the Precision Foundry Ltd. (Szegedi Finomöntöde Kft). Corrosion-proof steel casting was earlier not part of the company's main profile but later on market demand indicated a wider product choice.

The feasibility of our new technology procedure was proved by a test-production of 500 sample pieces. Besides choosing the correct technology parameters we also dealt with choosing and designing tools, economical testing and quality assurance issues. The whole manufacturing process was recorded on digitalized videotape which can be used as an education aid in form of a CD-ROM in teaching Metallography.



A cikket lektorálták: **Dr. KIGYÓSSY Zsolt** főiskolai docens és

BENE László főiskolai adjunktus

(SZTE Szegedi Élelmiszeripari Főiskolai Kar)