Szerszámnyomás mérés gyakorlati alkalmazása Cavity Eye rendszer telepítésével

Bevezetés

Fröccsöntött termékek folyamatos és minőségi problémáktól mentes gyártásáig eljutni egy rendkívül összetett és viszonylag hosszú ideig tartó folyamat. A termék geometriai tervezésétől a sorozatgyártásig számos fejlesztési és előkészítési lépés vezet. Amennyiben az előkészületek során nem tapasztalható kellő körültekintés, a jóváhagyott, nagyszériás gyártás elindítása akár hónapokat is késlekedhet, vagy folyamatos minőségi problémák merülhetnek fel nem várt extra költségekkel, melyet általában sem a megbízó sem a megbízott nem szeret magára vállalni. Úgy gondolom, nem szorul bővebb magyarázatra az, hogy a fent röviden összefoglalt folyamat felgyorsítása és a nagyszériás termelés felügyelete mekkora versenyelőnyt jelenthet. A Cavity Eye rendszer a fent említett nehézségek megoldására hivatott. A márkanév arra utal, hogy szenzorok segítségével belelátunk a formaüregbe és így az ott lezajló folyamatokról egy összetett képet kapva, növeljük a gyártás hatékonyságát. A szerszámnyomás mérő rendszer három fő területen nyújt segítséget:

- Validálás - szerszámpróbák számának csökkentése, mester technológia beállítása;
- Vezérlés - folyamatos termelés és minőség felügyelet, termék válogatás és szerszámnyomás szerinti átkapcsolás;
- Analízis - mért termelési paraméterek utólagos kiértékelése.

A szerszámnyomás mérés tudományos hátterét ez idáig számos publikációnkban bemutattuk [1,2,3,4], azonban most a Cavity Eye rendszerben rejlő hatalmas lehetőségek esettanulmányokon keresztül kerülnek szemléltetésre. Fontos megemlíteni, hogy a partnereinkkel érvényben lévő titoktartási szerződés értelmében a projekteket azok részletes műszaki tartalma nélkül ismertetjük.

Autóipari termék mintázása, jóváhagyása

Az elkészített új fröccsöntő szerszámokat csak számos teszt után lehet a sorozatgyártásnak átadni. A szerszámpróba vagy mintázás első lépése a száraz teszt, mely során ellenőrzésre kerül a szerszám mozgatása, majd az előírt termékminőséget részleges kitöltési próbákkal és a fröccsöntési paraméterek beállításával érik el. A mérnökök a termék és a fröccsöntő szerszám tervezésénél egyaránt figyelembe veszik a gyártási nehézségeket, azonban a gyakorlati alkalmazás során felmerülő problémák miatt általában kisebb-nagyobb módosítások szükségesek. Ez különösen igaz a több fészkes szerszámok, fűtött csatornás szerszámok, több komponensű termékek stb. esetében. A Cavity Eye rendszer már a kitöltési próbáktól kezdve rendkívüli segítséget nyújt a gépbeállítónak. A gyártóban felmerülhet a gondolat, hogy vajon mennyi előnye származhat a műszerezett szerszámból, hiszen így vagy úgy de a korábbiakban is sikerült a megfelelő technológia beállítása. Ez pontosan így van, de ne feledkezzünk meg a gépbeállításból eredő későn észlelt termék hibákról, vagy a véletlenszerűen megjelenő majd eltűnő hibajelenségekről, amire ez idáig senki nem szolgált magyarázattal. Bizonyára sokaknak ismerős a következő kijelentés: „Tegnap tudtunk termelni, ma meg nem, pedig nem változott semmi". A termék minőségromlását okozó, gyártási folyamatban bekövetkező változást a gépbeállító személyzet műszerek hiányában nem észleli, így nem csoda a sok látszólag megmagyarázhatatlan jelenség jelenléte. Egyre több cég olyan műszaki tartalmú termékeket állít elő, ahol nem megengedhető a selejtes termékek gyártása vagy a hibás termék kiszállítása. A Cavity Eye belelát a formaüregbe és megadja a választ arra, hogy a hiba a fröccsöntő gépből, az anyag-

ból, a szerszámból vagy a beállításból ered, ezzel segítve a gyors és helyes döntések meghozását, melynek egyenes következménye a selejtszázalék és a fröccsöntő gép állási idejének radikális csökkentése. A Cavity Eye rendszer minden fröccsöntő üzem számára időt, anyagot takaríthat meg, használatával a beérkező reklamációk száma is jelentősen csökkenthető.

Szerszámindítási folyamat, hagyományos technológia összehasonlítása a Cavity Eye rendszerrel

Egy autóipari termékeket gyártó vállalat egy szigorú geometriai tűrésekkel rendelkező termék gyártásával kapcsolatos probléma miatt kereste fel a Cavity Eye Hungary Kft-t. Mérnökeink először a fentiekben ismertetett hagyományos módon, majd a Cavity Eye rendszer segítségével indították el a gyártást. A hagyományos termelés indítás esetében szerszám felfogásonként kismértékben, de változtak a szigorúan tűrésezett méretek, melynek következtében a termék a funkció teszteken megbukott. Mivel a termék nem megfelelősége csak viszonylag későn derült ki, így a hibás gyártási szériák komoly veszteséget okoztak a vállalatnak. Mérnökeink ezt követően elvégezték a Cavity Eye rendszer telepítését és a technologizálást, azaz a gépi paraméterek „finom hangolását". A kétfészkes, fűtött csatornás szerszámba fészkenként két nyomásmérő szenzor került, egy a folyási út elejére, egy pedig a folyási út végére. Az így felműszerezett szerszámmal lényegesen rövidebb idő alatt indult el a gyártás, és a termékek méretszórása is megszűnt.

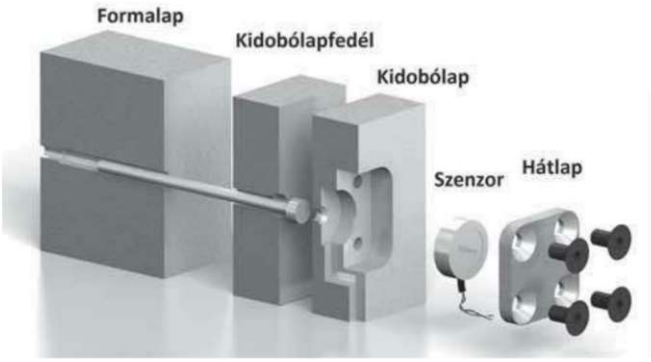
A Cavity Eye szenzorokhoz minden esetben mérő csapokat használunk. Az így kialakított konstrukciónak két nagy előnye van:

1. A szenzorok az esetek döntő többségében egy szerszámlapon belül helyezhetők el és nem szükséges azok ki és beszerelése a szerszám karbantartások alkalmával. Szerelésből adódó meghibásodásuk esélye elhanyagolható;

2. Mivel a mérőcsap és a szenzor két különálló alkatrész, így lényegesen egyszerűbb megmunkálási tűréseket kell biztosítani, ezzel kiküszöbölve a megfeszülésből szennyeződésből adódó hibákat.

A szenzorokat a legegyszerűbben az 1. ábrán bemutatott módon helyezhetjük el. A folyási út elejére elhelyezett szenzor értelem szerint nagyobb és hosszabb ideig tartó nyomásértékeket mér, mint a folyási út végén található. A gát közeli szenzorok által továbbított jelet a technológiai paraméterek „finomhangolására" használhatjuk fel. A folyási út végén található szenzorok kisebb és rövid ideig tartó nyomást mérnek, melyek intenzívebben reagálnak a termék minőségének ingadozására, így ezeket minőségi felügyelethez használhatjuk. A szerszám konstrukciójából adódóan gyakran előfordul, hogy ezektől eltérő helyen, a folyási út más szakaszán kell elhelyezni a mérési pozíciót. A legtöbb esetben fészkenként egy szenzor is tökéletesen alkalmas a szerszámban lezajlódó folyamat nyomon követésére.

1. ábra. Szenzorok elhelyezése a szerszámban



Fröccsöntőgép beállítása hagyományos módon

A hagyományos beállítás során a gépet kezelő személy részleges kitöltésekkel fröccsöntési próbákat végez. Figyeli az ömledékfront előre haladását, növeli az befröccsöntött anyagmennyiséget és megkeresi az átkapcsolási pontot. (Természetesen további paraméterek módosítása is szükséges lehet.). Cél, az adott terméknek megfelelő nyomás felépítése a formaüregben a fröccsöntési fázisban, majd ennek fenntartása utónyomás fázisban. Számos termékhiba a fröccsöntési sebesség profilozásával, az átkapcsolási pont, vagy az utónyomás módosításával megszüntethető. Az előbbi

fordítva is igaz, a nem megfelelő formaüreg kitöltés számos hiba forrása lehet. A hagyományos szerszámindítás során gépi paraméter módosítása után megvizsgáljuk a darab minőséget. Figyeljük a gépen visszamért értékeket (fröccsnyomás, fröccsidő, anyagpárna stb.) ez után arra próbálunk következtetni, hogy a szóban forgó paraméter módosítása milyen hatással volt folyamatra és a termékre.

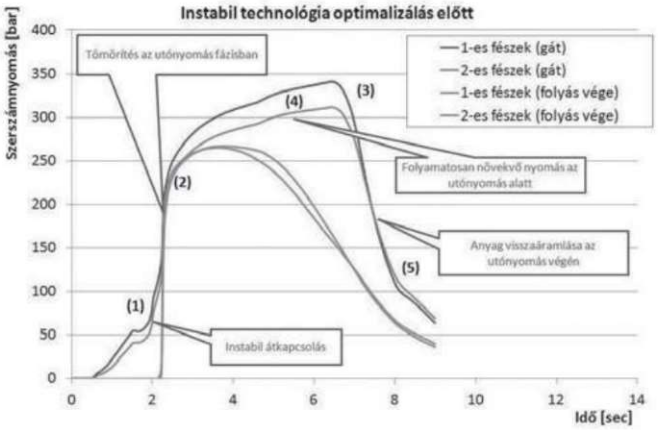
A Cavity Eye rendszer segítségével a szerszámnyomás görbét használjuk fel a finomhangolásra. A technologizálás első lépésében a fröccs-sebesség profilozását kell elvégeznünk. Az alapvető cél az üreg gyors kitöltése és a tömörítési nyomás felépítése. A fröccs-sebesség, fröccsnyomás és az utónyomási paraméterek összehangolása azt eredményezi, hogy a gép ciklusról-ciklusra, szerszám felfogásról-felfogásra megbízhatóan ismételni tudja a gyártási folyamatot. A szakirodalom szerint az utónyomás értékét a fröccsnyomás 50… 70%-ra szükséges beállítani. Ez akár igaz is lehet, azonban nagyon durva közelítés, és nem megfelelő megválasztása szintén sok hiba forrása lehet. Az utónyomás profilozásáról sajnos a szakirodalomban található adatok hiányosnak mondhatóak. Az utónyomás feladata a fröccsöntési fázisban felépített tömörítési nyomás fenntartása. Az anyag visszaáramlása vagy extra anyagmennyiség bejuttatása szintén a gyártásminőség bizonytalanságát eredményezi. A próbák során az utónyomás nagyságának és idejének fokozatos növelésével, a hirtelen ingadozásoktól mentes szerszámnyomás lefutás állítható be. A Cavity Eye rendszerrel többfészkes fűtött csatornás szerszámok esetében a fészkek azonos töltése is beállítható.

Hagyományos beállítás eredményei

A szerszámnyomást folyamatosan regisztráltuk, azonban hagyományos úton állítottuk be a gépi paramétereket, a szerszámnyomás görbék figyelembe vétele nélkül. A beállítás eredménye a 2. ábrán látható.

Az 2. ábra alapján több beállítási hiba is feltárható. Fontos megemlíteni, hogy ez nem a gépet kezelő személy hibája, hiszen Cavity Eye műszer nélkül nem áll rendelkezésére elegendő információ a megfelelő gépi paraméterek beállításhoz. A tömörítési nyomásban egy visszaesés mérhető (1), ezt a csigadugattyú nem megfelelő sebességprogramja és a korai átkapcsolás okozza. Az átkapcsolási nyomás a fröccsöntő gépen meghaladta az 1000 bart, ami jól szemlélteti, hogy a gépen regisztrált értékek nagyságrendben is eltérhetnek a formaüregben mérttől. Ezt követően a tömörítési fázis végén 250 bar szerszámnyomás mérhető (2), amit az utónyomás hoz létre. További érdekesség, hogy az utónyomási fázisban a nyomás folyamatosan növekszik 250 bar-ról 350 bar-ra a beömlési pont közelében (3), ami a fűtött csatorna kialakításával hozható kapcsolatba. A két fészek között folyamatos nyomáskülönbség látható (4), amit a fúvóka csúcsok hőmérséklet eltérése vagy az apróbb geometriai különbségek okozhatnak. Az utónyomás végén (7 sec) a szerszámnyomás 300 bar-ról pillanatszerűen 100 bar alá csökken (5). Ez egyértelmű jele az anyag beömlő rendszerbe történő visszaáramlásának, ami tömeg és méret ingadozást okoz. Tisztán fűtött csatornás szerszámoknál nehéz definiálni a hasznos utónyomási időt, mivel a beömlési pont megdermedése eltér a hidegcsatornás szerszámok gátjának pecsételődésétől.

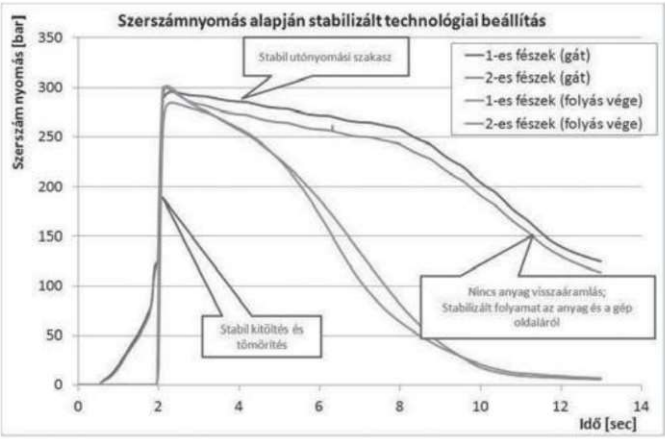
Összességében megállapítható, hogy a hagyományos úton beállított technológia számos komoly kitöltési hibát tartalmaz, ami a termék méretszórását okozhatta.



2. ábra. A hagyományos gépbeállítás hatására kialakult szerszámnyomás

Fröccsöntő gép beállítása Cavity Eye rendszerrel

A műszerrel optimalizált gyártási technológia szerszámnyomás görbéje a 3. ábrán látható.



3. ábra. Cavity Eye rendszer alapján optimalizált szerszámnyomás görbék

Első lépésben korai átkapcsolás mellett gyorsítottuk a csigadugattyú sebességét, a kitöltési fázist. Ezzel elkerülhető a szerszám túltöltése. Megkerestük azt a csigapozíciót, ahol a nyomás elkezdett pillanatszerűen növekedni a formaüregben, azaz a tömörítési fázist. Ebben a pillanatban a csigadugattyú sebességét lelassítottuk a kezdeti fröccssebesség kb. 10%-ra. Ennek köszönhetően a gép fokozatosan építi fel a tömörítési nyomást, melyet megbízhatóan tud reprodukálni, a vezérlés a relatív lassú folyamatot kézben tudja tartani. A tömörítési nyomás nagyságát az átkapcsolási pont pozíciójával növelhetjük, vagy csökkenthetjük. Mivel az egyes fészkekben a tömörítési nyomás eltérhet, akkor már a fészkekhez tartozó fúvókacsúcs hőmérséklet állítást is elkezdhetjük. A fúvóka hőmérsékletének növelésével az anyag viszkozitása és áramlási ellenállása csökken, mely gyorsabb kitöltést és nagyobb szerszámnyomást eredményez. A beállítások alapján azt találtuk, hogy a 300 baros belsőnyomás csúcs megfelelően leképezte a darabokat. Egy rendkívül érdekes részhez érkeztünk, ami az utónyomás beállítása. Ahogy azt már említettem, az utónyomást gyakorlatilag máig találgatásszerűen állítják be. A műszerezésnek köszönhetően a szerszámnyomás csúcsa láthatóvá válik a tömörítési fázis végén. Célunk az ingadozásoktól mentes nyomáslefutás beállítása. Az utónyomást addig növeltük a gépen, ameddig az üregben 300 bar nyomást fenntartva, a visszaáramlás megakadályoztuk. Az utónyomás végén kialakuló anyag visszaáramlást úgy kerültük el, hogy az utónyomást folyamatosan csökkenő értékre állítottuk be a gépen.

A szerszámnyomás vizsgálata „csak" egy eszköz a kezünkben, hogy az előírt termékminőséget hatékonyan és gyorsan érjük el. Ebben az esetben a termékkel szemben támasztott számos minőségi előírás mellett a legfőbb célunk megfelelő geometriájú termékek reprodukálható gyártása volt. Az új beállításokkal gyártott termékek méretszórása megszűnt, azonban néhány érték az előírt mérettartományon kívül esett. Fontos megemlíteni, hogy ezeknél a métereknél sem tapasztaltunk méretszórást. A szerszámot többszöri le- és felszerelés után újraindítottuk a beállított technológiával. A gépi paraméterek minimális módosításával az előírt szerszámnyomás görbék könnyen reprodukálhatónak bizonyultak, a termékek geometriája ciklusonként is és felfogásonként is azonos volt. Megállapítható, hogy stabilizáltuk a gyártási paramétereket. A korábban említett két méretproblémát a szerszámüreg kismértékű módosításával orvosoltuk. Egy érdekes meglátásbeli különbségre szeretném felhívni a figyelmet. Mivel a technológia stabilizálódott, így **nem a technológiát igazítottuk a szerszámhoz, hanem a szerszámot a technológiához**. Ez a fordított gondolatmenet alapvetően megváltoztatja a szerszám validálásának folyamatát és hosszú távon biztosítja, hogy a szerszámok rövidebb ciklusidővel, hatékonyabban és selejtmentesen termeljenek.

Automatikus termékválogatás a Cavity Eye rendszerrel

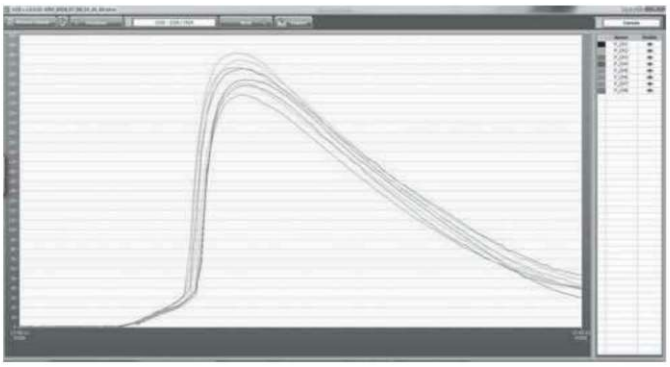
A nagyszériás gyártásnál is gyakran számolni kell azzal, hogy véletlenszerűen megjelenhetnek termékhibák. Ezek kiszűrése főleg nagy darabszámok miatt nagyon nehézkes, a termékválogatás pedig magas költséggel jár. Ha már megtörtént

az alkatrészek kiszállítása vagy szerelése, akkor pedig a költségek még tovább növekednek, ezzel együtt csökken a vevő bizalma. Egy szerszámcserét követően a termék gyártásindításakor a minőség ellenőrök jóváhagyják a darabokat és kezdődik a folyamatos termelés.

A Cavity Eye szoftver segítségével az egyes fészkekhez tartozó szerszámnyomás görbéket mint referenciákat elfogadjuk. Ezt követően a Cavity Eye rendszer minden ciklusban ehhez fogja hasonlítani az aktuális ciklus nyomás görbéjét, így a szerszámnyitást megelőzően a rendszer döntést hoz, hogy a darabokat jónak, vagy selejtesnek minősíti és egy 24 V-os digitális jelet küld a robotnak, vagy a válogatónak. A referenciától való megengedett eltérés tolerancia tartományát szintén rögzíthetjük. A szerszám memóriának köszönhetően a felügyeleti paraméterek a szerszámmal együtt mozognak, beállításuk csak egyszer szükséges.

Megkeresést kaptunk, miszerint egy 8 fészkes fűtött csatornás szerszám használatánál véletlenszerűen hiányos darabok jelennek meg. A hibát a szerszám módosításával nem lehetett megszüntetni, a gépi paraméterek felügyeletével nem lehetett a hibát felismerni, a hibás darabokat leválogatni. A hiba előfordulása 1%-ra tehető, azaz nagyságrendileg minden századik ciklusban keletkezett hibás termék. Általában elmondható, hogy a nagy darabszámban gyártott termékek közül a hiányos darabokat 100%-ban el kell különíteni, illetve le kell válogatni. A gyártás körülményeit részletesen megismerve úgy ítéltük meg, hogy a Cavity Eye rendszer 100%-ban lehetővé teszi a hibás termékek leválogatását, ami az egy hónapos teszt időszak alatt beigazolódott. Az automata válogató rendszer mellett a gyártó cég kézi erővel történő ellenőrzést is alkalmazott.

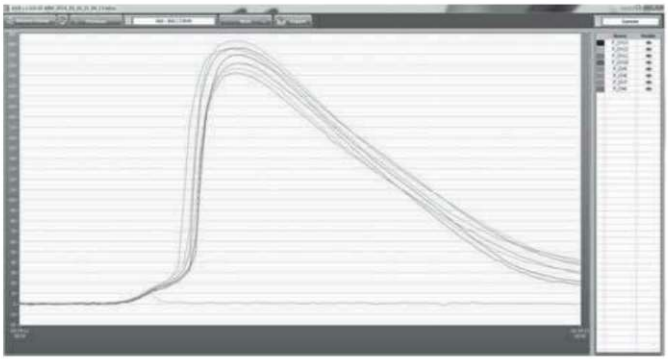
A szenzorokat a felfogó lapban elhelyezve, a folyási út utolsó 1/3-ban található kidobó-és segéd csapokon keresztül valósítottuk meg a mérést. A folyamatos gyártás során regisztrált, megfelelőnek minősített 8 db szerszámnyomás görbét 4. ábra mutatja. Függőleges tengelyen a nyomás, vízszintesen az idő látható, a színek az egyes fészkeket jelölik



4. ábra. A 8 fészkes szerszám nyomásgörbéi

Ez esetben a technologizálással nem foglalkoztunk, mivel a hibát nem a gépbeállítás okozta. A legfontosabb feladat a kellően szigorú szerszámnyomás tűréstartomány meghatározása volt. Túl nagy tűréstartomány esetén a hibás darabok is elfogadásra kerülhetnek, túl szűk tűréstartomány indokolatlan gépmegállásokat okozhat. A tűrés meghatározásához statisztikailag megvizsgáltuk a görbék szórását.

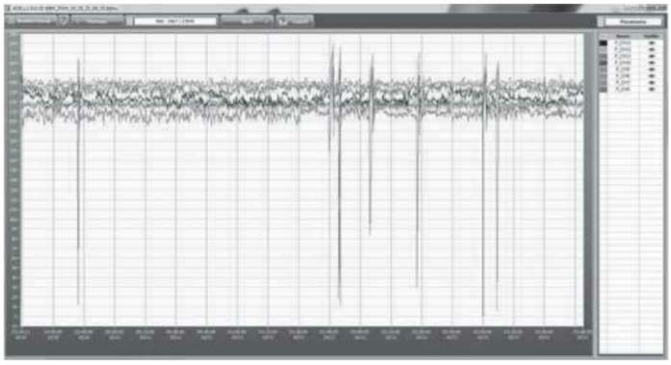
Rövid lövés esetén a problémás fészkekben vagy semmilyen jelet nem mértünk, vagy drasztikusan lecsökkent a nyomás csúcs értéke és a görbe alatti terület. Egy rövid lövés görbéjét az 5. ábra mutatja.



5. ábra. Hibás ciklus nyomásgörbéi (egy fészekben a nyomás 0 bar)

Mivel a Cavity Eye rendszer minden ciklusban menti a görbéket, így egy kiértékelő modullal lehetőségünk van utólag is elemezni a gyártási folyamatot. A 6. ábrán a vízszintes tengelyen az egyes ciklusok időpillanatai, a függőleges tengelyen a mért nyomás csúcs látható. A színek az egyes fészkeket jelölik. Jól láthatóak a nyomáscsúcsoknak jól látható a néhány báros szórása. Az

alacsony nyomású ciklusok, azaz a hibás lövések száma ránézésre meghatározható.



6. ábra. Nyomáscsúcsok a formaüregben ciklusonként megadva (2000 ciklus)

Összefoglalás

A Cavity Eye műszer egy extra információs csatorna a mérnökök és a szakemberek számára. A rendszer felhasználásával:

1. csökkenthető a ciklusidő;
2. stabilizálható a technológia;
3. automatikusan elkülöníthetőek a hibásnak ítélt termékek;
4. statisztikailag könnyen kiértékelhető a gyártási folyamat.

2014-ben számos sikeres projektet zártunk, ami egy-egy gyártási probléma megoldását célozta meg. A Cavity Eye rendszer pénzt és időt takarít meg, ezzel egy időben gondoskodik a folyamatos minőségi felügyeletről, egy szóval növeli a termelékenységet, ami a beszállító és a megrendelő közös érdeke.

5. Irodalomjegyzék

[1] Szűcs András: *Rheological and thermal analysis of the filling stage of injection moulding,* eXPRESS Polymer Letters, **6(8)**, 672-679, 2012

[2] Szűcs András, Belina Károly: *Reológiai jellemzők meghatározása műszerezett fröccsöntő szerszámmal*, Műanyag és Gumi **12.**, 476-478, 2009.

[3] Szűcs András, Belina Károly: *Polimerek folyásának tanulmányozása spirál szerszám alkalmazása*, Műanyag- és gumiipari évkönyv 13-14. oldal 2008.

[4] Szűcs András, Belina Károly: *Kitöltési folyamat tanulmányozása fröccsöntőszerszám formaüregében*, Műanyag- és gumiipari évkönyv 2006. 13-15. oldal, 2006.

Szerző: Dr. Szűcs András
Tel: 06-30-313-86-75
email: andras.szucs@cavityeye.com
Cavity Eye Hungary Kft.
6000, Kecskemét, Szellő utca 1.

CAVITYEYE
INTELLIGENCE IN MOLDING

www.cavityeye.com

CAVITY EYE

INTELLIGENCE IN MOLDING

- Rövid lövés
- Sorja
- Méretszórás
- Selejt válogatás
- Gyorsabb termelés indítás
- Átkapcsolási pont vezérlés
- Ciklusidő csökkentés
- Termelési kimutatások

Cavity Eye a megoldás

www.cavityeye.com