

Műanyag-feldolgozás az energia jobb kihasználásával

A műanyag-feldolgozás központi problémája ma az energia minél hatékonyabb felhasználása, ami egyúttal a versenyképesség alapfeltétele. A felhasználókat ennek elérésében egyetemi tanszékek, tanácsadó szervek és a gépgyártók segítik. Azt azonban magának az üzemnek kell eldöntenie, hogy szükség esetén egy régebbi gépet felújít, korszerűsít vagy új gépet vásárol.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; energiahatékonyság; gépgyártó; felújítás; korszerűsítés; új gép.

A műanyag-feldolgozó ipar szereplőiben egyre inkább tudatosul, hogy versenyképességüket csak akkor tudják megőrizni, ha a berendezéseikben és eljárásaikban felhasznált energia hatékonyságát növelik. Az USA nagy országos műanyag-kiállításán, a 2009. júniusi NPE-n is két fő irányzat jelent meg: az olyan újítások, amelyek révén a műanyag-feldolgozó ipar egyre kisebb „lábnyomot” (terhelést) hagy a környezetben, továbbá olyan fejlesztések a gyártóberendezésekben és az eljárásokban, amelyek révén jobban kihasználható a felvett energia.

A műanyag-feldolgozás energiaigényes tevékenység; az USA iparának teljes energiafelhasználásából 6%-ot vesz igénybe. A növekedő energiaköltségek versenyképtelenné tehetnek egy üzemet, különösen ha az egy kis vagy közepes vállalat. Az USA energiaügyi minisztériuma (**Department of Energy, DOE**) becslései szerint az USA iparának 1%-os energiamegtakarítása 100 millió USD-vel csökkenthetné az ipar kiadásait.

Nem véletlen tehát, hogy a legkülönbözőbb szinteken – az egyetemi mérnöki karoktól a feldolgozó üzemeken át a gépgyártókig – keresik az energia jobb kihasználásának lehetőségeit.

Felmérések és javaslatok

A DOE 2003-ban publikált egy általa szponzorált felmérést, amelyet az ország különböző részein található 26 egyetem mérnöki karai és hallgatói (**IAC, Industrial Assessment Centers**) készítettek el, és amelyben számos hasznos tanácsot adtak a feldolgozóüzemeknek. A felmérés 11 vállalatra terjedt ki, amelyek méreteik, eljárásaik és termékválasztásuk alapján az USA műanyag-feldolgozó iparának teljes keresztmetszetét képviselték. A vállalatok évente átlagosan 690 000 USD-t költöttek 53 000 mil-

lió BTU energiára (1 BTU = 1,055 kJ vagy kW_s; ill. 252 cal; 53 000 millió BTU = 56x10⁶ MJ vagy MW_s. ill. 13,35x10⁶ Mcal). Az energiafelhasználás csökkentésére vonatkozó 100 javaslat átfogta a gyártás teljes folyamatát; voltak közülük gyorsan és kevés költséggel végrehajtható, azonnali eredményt ígérő tanácsok; és nagy költséggel járó, csak a jövőben megtérülő beruházásokra vonatkozó javaslatok. *Azok a vállalatok, amelyek megvalósították a javaslatok egy részét, átlagosan évi 45 000 USD-vel, 9,7%-kal tudták csökkenteni éves energiaköltségeiket.*

Az IAC különböző szempontok szerint rendszerezte a javaslatokat (rövid vagy hosszú távra kiható intézkedések, költségráfordítás nélkül vagy csak sok pénzzel megvalósítható tanácsok) és a várható éves megtakarítás szerint rendezte sorba őket. Megvalósításuk által évente összesen 872 000 USD-re becsülték a lehetséges megtakarítást; az egyes intézkedések feltételezett költségei 0 és 390 000 USD közé estek. *A javaslatok kiterjedtek az üzemek sűrítettlevegő-rendszerére, a világításra, a hűtésre és a fűtésre.* Kis és közepes vállalatok is jelentős költséget tudnak megtakarítani, ha növelik a felhasznált energia hatékonyságát. Csak a levegőellátó rendszerben 27 000 USD-t tudtak megtakarítani azáltal, hogy megszüntették a szivárgásokat, kisebb kompresszorokat vásároltak, és a rendszerbe köztes szabályozókat is beépítettek. A szerzők szerint a 11 átvilágított vállalat átlagosan 6000x10⁶ BTU energiát, ezáltal 72 000 USD-t tudna megtakarítani, ha mindegyik legalább 10 javaslatot megvalósítana.

A javaslatok kitértek a feldolgozandó anyag előkészítésére, a vízhűtésre, a nagy feldolgozógépek átállítási idejének csökkentésére, a hűtővíz nyomásának növelésére és a burkolatlan fröccsöntő gépek hőszigetelésére. Az egyes vállalatoknak speciális tanácsokat is adtak. A 11 cég közül 9 két éven belül valamilyen formában megtapasztalta az energiatakarékosság költségcsökkentő hatását. Az **N-K Manufacturing Technologies** (Grand Rapids, Michigan) pl. előszárítva vitte a granulátumot a feldolgozógéphez, és nem a gyártósoron végezte a nedvességmentesítést, amivel folyamatosabbá tette a gyártást. Másik példa a **Superfos Packaging** cég (Cumberland, Maryland), amely hőszigetelő burkolattal látta el fröccsöntő gépeit. Ezáltal a cég 2005-ben majdnem 100 000 USD-t takarított meg.

A feldolgozógépek „zöldítése” költségtakarékos hőszabályozással

Jelentősen növelhetik a feldolgozó az energia hatékonyságát, ha módosítják vagy kicserélik hőszabályozó rendszereiket. A feldolgozandó polimer megömlésztéséhez nagyon sok energia szükséges. Formaadás után a darabot le kell hűteni, a hőenergiát el kell távolítani. Mind a fűtést, mind pedig a hűtést hőszabályozó rendszer irányítja, amelynek négy fő eleme „tartja kezében” a folyamatot: a fűtést vagy hűtést, az érzékelést, a közeg áramlását és magát a szabályozást. A **Carbon Trust** és a **Polymer Machinery Manufacturers and Distributors Association (PMDA)** tanulmánya szerint hűtéskor meg lehetne takarítani az erre fordított energia 25%-át anélkül, hogy a gyártott termék minősége változna. A szokásos vizes hűtőrendszer folyamatosan vesz fel energiát függetlenül attól, hogy milyen a környezet hőmérséklete. Hűvös környe-

zetben egy egyszerű és olcsó levegőfűvőkával lehűthető vagy előhűthető volna a víz-száramló meleg víz.

Nagyon gyakori – mindenekelőtt a kis vállalatoknál – a túlméretezett hűtőrendszer, amelynek üzemeltetése évente igen sokba kerül. Régebben ugyanis úgy gondolták, hogy ha a berendezés teljesítménye a drága karbantartás elmulasztása miatt csökkenne, még mindig alkalmas lesz feladata ellátására. Valójában egyszerű karbantartással és néhány intézkedéssel (az üzemcsarnok hőmérsékletének csökkentése, a csövek és más elemek hőszigetelése, a kondenzátorok levegőárammal végzett hűtése, a hő hasznosítása) sok pénzt lehet megtakarítani.

A **Wittmann Battenfeld** és az **Aqua Control Systems** korszerű vízáramszabályozója hozzájárulhat a feldolgozási folyamat optimalizálásához. Ez lehetővé teszi a szakaszos vagy párhuzamos körök ellátását vízzel, dinamikus áramlást is meg tud valósítani. A *Water Flow Control* elnevezésű kompakt berendezés 2–40 l/min közötti sebességgel tudja a vizet az egyes körökben áramoltatni, maximális üzemi hőmérséklete 100 °C, maximális nyomása 16 bar.

A műanyag-feldolgozók rendelkezésére állnak különféle szenzorok és szabályozók is, amelyekkel módosíthatják hőszabályozó rendszerüket. A hőszabályozó rendszer hőáram-érzékelője az áramló gázok hőmérséklet-változását méri a beépített fűtőegységben. Az **Omron Electronics, LLC MEMS Flow Sensor** 1 mm/s sebességgel érzékeli a gázok áramlását tüzelőanyag-cellákban, lélegzőkészülékekben és más orvosi berendezésekben. A kisebb szenzor pontosabban mér és egyúttal kevesebb energiát is fogyaszt. Az érzékelő „krepp” szerkezete révén növeli az érzékelt felületet, megakadályozza a hővesztést, ami növeli az érzékenységet. Az Omron cég 2009 januárjában Mexico City-ben az *Expo Pack* alkalmából mutatta be *E5CZ* jelzésű digitális hőmérőt, amelyekkel gyorsan meg lehet találni az élelmiszerek vagy gyógyszerek csomagolásának hegesztési hibáit. Az **Omro Canada** cégnél a műanyagipar számára terveznek érzékeny hőmérő és –szabályozó eszközöket.

A szoftver is része lehet az energiamegtakarításnak

A hőmérséklet-szabályozásban, a nedvességtartalom meghatározásában, a motorsebesség vezérlésében a szoftvernek is szerepe van, amely ezáltal csökkenti az emberi hibát és az energiafelhasználást. Ha a szenzor egyértelmű jelet ad a központi szabályozásnak, kevesebb emberi beavatkozásra van szükség, csökken a selejt.

A fröccsgépeket és termékkezelő automatákat gyártó **Engel** cég elektromos és hidraulikus gépekhez *energiaszámító szoftvert fejlesztett ki*. A cég *CC200 AOI* szabályozórendszerével alkalmazható szoftver lehetővé teszi, hogy a gépkezelő különböző gépparaméterek mellett reális idő alatt információt kapjon a gép energiafelvételéről. Ezáltal 15–20%-kal csökkenthető a darab előállításához szükséges energia.

A **Wittmann Battenfeld** a **Wille System**-mel közösen ugyancsak új szoftvert kezdett forgalmazni, amely megkönnyíti a gyártási adatok előhívását és a kommunikációt a teljes fröccsöntési folyamat alatt. A *K4* nevű szoftver összegyűjti és kezeli a különböző folyamatok adatait, amelyek a gyártás egyes szakaszainak ellenőrzéséhez

szükségesek. Ezeket egy egységes vállalati rendszerben tárolja, amelyből meg lehet állapítani a gépek elhelyezését, időbeli leterheltségét, az üzemcsarnok elrendezését, és még a leltárt is lehet ellenőrizni. Ezáltal csökken a selejt, jobb hatásfokkal lehet a gépeket működtetni, jobban ki lehet használni a helyet és a munkaerőt.

Újítsuk fel, modernizáljuk vagy cseréljük le a régi gépet?

A műanyag-feldolgozó versenyképességét alapvetően meghatározza az, hogy mennyibe kerül neki a gyártott termék egy darabjának előállítás. A gyártási költségek legnagyobb részét általában az anyagköltség teszi ki, egy új gépen ezt az értékcsökkenési leírás (amortizáció) összege követi. Régi gépen az anyagköltség ugyanannyi, a leírás kevesebb, viszont a régi gép karbantartási és üzemeltetési költségei nagyobbak. A darabköltséget azonban akkor lehet a legeredményesebben csökkenteni, ha a gépet tartósan és optimálisan üzemeltetik, azaz lehetőleg az éppen elegendő energiával és karbantartással.

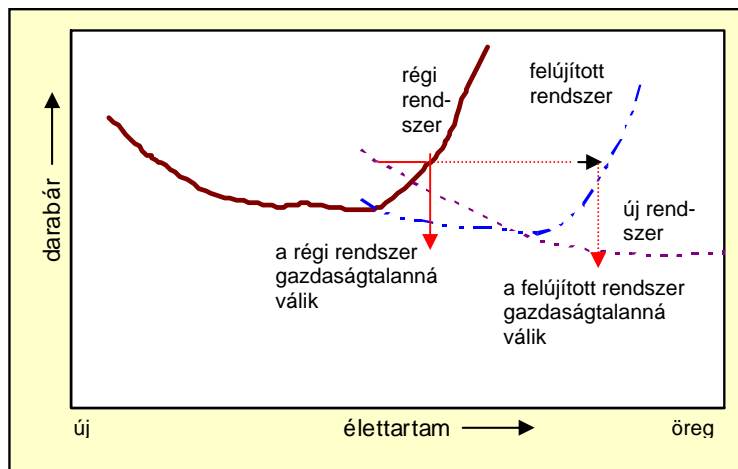
Minden gép azonban eljut élettartamának egy olyan szakaszába, amikor egy vagy több alkatrésze elöregszik, és a gép már nem képes eredeti teljesítményére. Ilyenkor romlik a gép megbízhatósága, meredeken emelkednek a karbantartási költségei. Üzemeltetésének időtartama alatt a technika is fejlődött, az új gépek magasabb műszaki teljesítményt tudnak nyújtani. Egy új fröccsöntő gép beruházási költségei viszont igen magasak. Ilyenkor „fel van adva a lecke” az üzemvezetés számára, hogy újítsa fel a régi gépet, amely egy darabig még kielégíti a piaci igényeket; szánjon pénzt néhány kiegészítő berendezésre és korszerűsítse a régi gépet; vagy nyúljon mélyen a zsebébe, és vásároljon egy minden szempontból az aktuális műszaki színvonalat képviselő új berendezést.

A felújítás a legolcsóbb megoldás, de magában hordja azt a veszélyt, hogy a felújítást követően újabb alkatrészek mennek tönkre, ami a gép időleges kiesésével és újabb költségekkel jár együtt. A még működő, de kopott alkatrészekkel esetleg nem tudják a termék megkövetelt minőségét szavatolni. A pótalkatrészek beszerzése és beszerelése is nehézkes. Korszerűsítéssel egy gép élettartama meghosszabbítható és jövedelmezősége (rentabilitása) rövid ideig jelentősen növekedhet. Mindkét megoldás esetében belátható időn belül bekövetkezik az állapotromlás, ennek következtében pedig a darabár meredek emelkedése.

Egy új gép viszont hosszú élettartam előtt áll és hosszú ideig biztosíthatja a versenyképességet. A darabár (a leírás csökkenése miatt) néhány évig mérséklődik, majd a gép öregedése előtt beáll egy állandó értékre (*1. ábra*). A feldolgozónak alapos számítások alapján kell eldöntenie, hogy számára melyik megoldás a legkedvezőbb.

Amikor egy szerszámot vagy egy gépet energiatakarékosabb üzemmódhoz alakítanak át, legtöbbször a darab tömegét is igyekeznek csökkenteni. Egy fröccsöntött PET előforma 28 g-os tömegét pl. 10%-kal mérsékeltek, ennek következtében a fröccsöntő gép energiaigénye 15%-kal, a darab előállításához szükséges energia 24%-kal lett kisebb. A gyártóegységként évente előállított 150 millió előforma fröccsöntése 370 tonnával kevesebb CO₂-emisszióval járt, ami a közlekedésre vetítve 70 gépkocsi

emissziójának felel meg. Ha ehhez hozzászámítják a kisebb anyagfelhasználás miatti korlátozottabb szállítást is, a ki nem bocsátott szén-dioxid mennyisége elérheti az 1500 tonnát, ami 290 gépkocsi levegőszennyezésével azonos mennyiség.



1. ábra
Az előregedett rendszer felújításának, ill. egy új rendszer vásárlásának hatása a gép élettartamára és a darabárra

A fröccsöntő üzemek döntését a felújítás, korszerűsítés vagy új berendezés vásárlása dilemmájában mindenkor az üzem egyedi adottságai alapján kell meghozni. A döntésben segítséget adhat az 1. táblázat, amely többféle szempontból hasonlítja össze a döntések következményeit.

1. táblázat
Régi fröccsöntő gépek felújításának, korszerűsítésének és új gép vásárlásának összehasonlítása

Döntés	Állapot	Költség-igény	Teljesítmény-javulás	Érték	Infra- struktúra változása	Szerszám- illesztés	Képzés	Hatás a környezetre
Felújítás	az eredeti teljesítmény és élettartam helyreállítása	csekély	nincs v. csekély	a kicserélt alkatrészekével azonos	nem szükséges	új szerszámok ritkán illeszthetők	nem szükséges	kisebb javulás, ismert hibák kiiktatása
Korsze- rűsítés	a meglévő teljesítmény javulása és/vagy a jövőbeni költségek csökkenése	közepes	csekély-jelentős	korlátozott értéknövekedés, ill. teljesítményszavatosság lehetséges	nem szükséges vagy csekély mértékű	új szerszámok könnyebben illeszthetők	nem szükséges vagy csekély mértékű	nagyobb javulás lehetséges
Új gép vásárlása	új rendszer a legmodernebb technikával	magas	a technika legújabb állása szerinti	új gép értéke és szavatossága	általában új kiegészítő berendezések	régi szerszámok ritkán illeszthetők	szükséges lehet	jó alkalom a javításra

A döntésben segítséget nyújthatnak a feldolgozógépek gyártói. A **Husky Injection Molding Systems**-nek pl. van olyan szolgáltatása, amely a lehető legkisebb darabárat biztosítja a termék teljes gyártási időtartama alatt. A szolgáltatás magában foglalja a formadarab alakjának az optimalizálását; a fűtött csatornák és az előformaszerszám átalakítását a darab tömegének csökkentésére, ill. a magas minőség elérésére; a berendezés állapotának felülvizsgálatát és a folyamatoptimalizálást a rendszer jobb hatékonysága érdekében; a gép kiegészítését új elemekkel az élettartam megnövelése céljából; új szoftver alkalmazását a gép és a folyamat könnyebb ellenőrzésére; megelőző karbantartást a teljesítmény megőrzésére a gép teljes élettartama alatt.

A Husky cég egyik ügyfelének 0-ra leírt 15 éves gépén PET előformákat gyártanak. A gép kielégítően dolgozik, de egyre nehezebben kapnak alkatrészeket hozzá, emiatt gyakori a hosszabb leállás. Számításokat végeztek arra vonatkozóan, hogy a gép felújításával, korszerűsítésével vagy új gyártóberendezés vásárlásával jár-e jobban a cég (2. táblázat). A korszerűsített berendezés gyorsabban amortizálódik; az új berendezésnél magasabb renditre lehet számítani. (A „rendit” nem pontosan körülhatárolt fogalom, jelentheti a beruházás megtérülését, némely esetben a kiadások és a bevételek arányát. A tömörítő megjegyzése.) A 2. táblázatból látható, hogy új gép vásárlásakor hatszoros, a régi gép korszerűsítésekor négyszeres a beruházás megtérülése. Ha az üzem igényeit kielégíti a korszerűsített gép 3–5 éves várható élettartama, ez a gazdaságosabb megoldás, mert a befektetés ennél korábban (2,4 év alatt) megtérül. Ha az elvárt élettartam 5 évnél hosszabb, célszerűbb új gépet vásárolni, mert – a versenyképesség más jellegű előnyei mellett – ez hosszú ideig megtartja rentabilitását.

A KraussMaffei cég BluePower programja

Nemcsak a Husky cég próbál segíteni a feldolgozóknak az energia hatékonyabb felhasználásban, hanem más gépgyártók is. A **KraussMaffei** cég *BluePower* csomagjában kínálja fel modulszerűen továbbfejlesztett problémamegoldásait a jobb hatásfokú géptechnika megvalósítására. A modulok a korábban megvásárolt gépekbe utólag is beszerelhetők, és elsősorban a hajtástechnikát, a hőháztartást és a folyamatoptimalizálást érintik.

A müncheni cég két teljesen villamos hajtású gépsora, a szokásos feladatok elvégzésére szánt AX és az igényesebb munkákra szánt EX a hidraulikus hajtású gépeknél 60%-kal kevesebb energiát vesz fel. A hidraulikus és a hibrid hajtású gépekben szervohajtást alkalmaznak, amellyel ugyancsak energiát takarítanak meg. A szinkronszervomotorból és konstans szivattyúból álló hajtórendszer nemcsak az összehangolt hajtórendszer összesített hatásfokát növeli, hanem szinte nullára csökkenti az üresjáratot. Tovább javítja az energia hatékonyságát az energia visszatáplálására szolgáló teljesítményelektronika; a cégnél kifejlesztett *Economisers* rendszer, amely a meddő teljesítményt kompenzálja; továbbá a hidraulikus hajtás aktív motorszabályozása.

Egy meglévő, egy korszerűsített és egy új feldolgozógépre jellemző adatok

Jellemző adat	Egység	Meglévő gép	Korszerűsített gép	Új rendszer
Beruházás	USD	–	600 000	1 500 000
Ciklusidő	s	18	16	12
Fészekszám	db	96	96	72
Berendezések hozzáférhetősége	%	90	94	97
Teljesítmény	millió db/év	138	162	168
Viszonylagos darabköltség (a következő négy évben)				
Anyagköltség	USD/1000	40,00	40,00	40,00
Gyártási költség (amortizáció, energia, karbantartás, infrastruktúra, adó)	USD/1000	7,30	6,77	7,07
Darabár	USD/1000	47,30	46,77	47,07
Éves megtakarítás	USD	bázis	86 750	39 480
Amortizáció	év	bázis	2,4	4,3
Élettartam (maradék)	év	4	6	15
Várható plusz nyereség a maradék élettartam alatt	50 USD/1000	bázis	2 605 920	8 913 115
Beruházás teljes visszatérülése	%	–	434	594

A fröccsöntés legnagyobb energiafogyasztóját, a fűtést és a hűtést az *EcoPac* csomaggal lehet szolidabb energiafelvétellel bírni. Ez a csomag tartalmazza a plasztikáló egység utólagos hőszigetelését, a fröccsöntés hőáramát pedig felhasználja a hűtőrendszerben. A csigák speciális kialakítása révén csökkenthető az ömledék-hőmérséklet, ami mind a fűtéskor, mind a hűtéskor energiamegtakarítást eredményez.

A gépi berendezések korszerűsítése mellett a cég arra ösztönzi a feldolgozókat, hogy optimalizálják feldolgozási eljárásaikat, ezáltal növeljék teljesítményüket. Pl. a poliuretánok fröccsöntéssel történő feldolgozásával rövidebb lett a teljes ciklusidő, nincs köztes tárolás, nincs szükség a darabot mozgó segédberendezésre, jobban kihasználható az energia.

A KraussMaffei a *Fakuma* kiállításon tartott sajtótájékoztatóján bejelentette, hogy a 2010-es düsseldorfi műanyag-kiállításon első alkalommal fogják kiadni a *BluePower díjat*, amellyel az energia és a források jobb hatásfokú kihasználásában élen járó feldolgozókat szándékoznak kitüntetni.

Összeállította: Pál Károlyné

Inman, H.: The greening of plastics machinery = *Plastics Engineering*, 66. k. 2. sz. 2010. p. 6–12.

Cooke, G.: Modernisieren oder neu anschaffen? = *Kunststoffe*, 100. k. 3. sz. 2010. p. 26–29.

BluePower für mehr Energieeffizienz = *Gummi, Fasern, Kunststoffe (GAK)*, 62. k. 11. sz. 2009. p. 648.