

Műanyag-feldolgozás: energiatakarékosság mindenáron

A műanyag-feldolgozás költségeinek nem a legnagyobb, de nem is elhanyagolható tétele az energiaköltség, amely folytonosan növekszik. A fejlesztők és a feldolgozók ezért a gyártási folyamatok elemzésével keresik az energiamegtakarítás lehetőségeit a fröccsöntő és az extrudáló üzemekben.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; extrudálás; energiaköltség; energiamegtakarítás.

A Würzburg-Schweinfurti Egyetem (**Universität Würzburg-Schweinfurt**) műanyag-feldolgozási tanszékének professzora és a Német Mérnökök Egyesülésének (**VDI, Verein Deutscher Ingenieure**) elnöke azt nehezményezi, hogy ha a műanyag-feldolgozó üzemekben mérsékelni akarják a termékek darabköltségét, először mindig olcsóbb alapanyag alkalmazására és a falvastagság csökkentésére gondolnak. Igaz ugyan, hogy *a felhasznált alapanyagok ára legalább tízszer akkora, mint a felhasznált energiáé*, az utóbbi távolról sem elhanyagolható. Az elnök nem érti például, hogy miért terjed olyan lassan az energiatakarékos villamos fröccsgépek alkalmazása a fröccsöntő üzemekben. Míg Európában a feldolgozók 2007–2009 között évente 12 000–13 000 fröccsgépet vásároltak, az új villamos fröccsgépek száma ebben az időszakban évi 500-ról csak évi 700-ra nőtt.

A VDI-ben végzett felmérés szerint a németországi műanyag-feldolgozó üzemek 46%-ában alakítottak ki valamilyen elképzelést az energiafogyasztás csökkentéséről. 23%-ban beruházást is eszközöltek energiát jobban hasznosító épületek kialakítására. Az üzemek mindössze 7%-ában tértek át energiatakarékosabb gyártási folyamatok alkalmazására.

Az elnök szerint *a teljesen villamos hajtású fröccsgépek önmagukban is jelentős mennyiségű energiát takaríthatnak meg a feldolgozónak*. De a gép hajtása és hőszigetelése mellett sok a tartalék a hűtési technológiákban, a hővisszanyerésben, a sűrített levegő, az anyagszállítás és a szárítás végrehajtásában is.

Az elnök bosszúsága a statisztikai számok láttán érthető, de a szakmai hírek arról tanúskodnak, hogy az egyetemeken és a fejlesztőintézetekben lázas munka folyik a műanyag-feldolgozó folyamatok energiaáramainak megismerésére és az energia minél jobb hatásfokú kihasználására. Egyre szélesebb körben terjed az a vélemény, hogy az energia, az alapanyagok és a személyi költségek folyamatos növekedése a műanyag-feldolgozók számára mindennél fontosabbá teszi – különösen az olyan magas munkabérrű országokban, mint Németország – az energiafelhasználás csökkentését. Az árampiac liberalizálása után a századfordulón az ipar a költségek mérséklődésére számított,

ezzel szemben az elmúlt tíz évben megduplázódott az áram ára, és ennek a folyamatnak még nincs vége.

A vállalati hírek között is vannak olyanok, amelyek energiatakarékosabb technológia bevezetéséről számolnak be. Közülük a fröccsöntés és az extrudálás területéről mutatunk be néhány példát.

Energiatakarékosság a fröccsöntő üzemekben

Egy egyetem és egy gépgyártó együttműködése

2010 januárjában a **KraussMaffei** cég (Berstorff, Németország) együttműködési szerződést kötött a Duisburg-Esseni Egyetem (**UDE, Universität Duisburg-Essen**) mechanikai tanszékével, elsősorban a műanyag-feldolgozó gépek alternatív hajtási technológiának fejlesztésére és optimalizálására. A közös kutató-fejlesztő munka kiterjed az energiafogyasztásra, az energia visszanyerésre, a precizításra és a hatékonyságra.

A KraussMaffei cég már eddig is sokat tett gépei hatásfokának javítására. A *Fakuma kiállításon* mutatta be *EcoPac* márkanévű hőszigetelő rendszerét, amellyel 20–40%-kal csökkenthető a henger fűtéséhez felhasznált energia mennyisége. A rendszer beruházási költségei a cég szerint két év alatt megtérülnek, további nyereséget hoz a felmelegítés rövidebb időtartama.

Az *EcoPac* hőszigetelő rendszer a cég *Blue Power* (kék energia) nevű, hatékonyságot növelő programjának egyik eleme, amelynek további elemei az alternatív hajtás, a hőfejlesztés és a folyamat optimalizálása. A program részeként vizsgálják a szervoszivattyúk alkalmazását, amelyek mindig a csak éppen szükséges mennyiségű hidraulikaolajat szállítják, és a veszteség nullához közelít. További terveik között szerepel az energiavisszanyerés elektronikájának, a hidraulikus hajtás reaktív és aktív működtetésének, a szervohajtású hibrid fröccsegységnek a kifejlesztése.

A *Blue Power* program elemeinek hatását a cég egy kétfélszkes szerszámban PP-ből fröccsöntött margarinos dobozok példáján mutatta be. A *Fakuma kiállításon* alacsony olvadáspontú műanyagok feldolgozására alkalmas *HPS* csigát tartalmazó villamos hajtású *EX 160-1000 Ultra* típusú fröccsgépen 33,2 g-os fröccsadaggal 3,9 s ciklusidővel gyártották a dobozokat. A fajlagos energiafelhasználás 0,489 kWh/kg volt, 37%-kal kevesebb, mint amikor ugyanezt a két dobozt azonos nagyságú hidraulikus gépen fröccsöntötték.

30% üvegszálat tartalmazó PA6-ból egy billentyűzet keretét fröccsöntötték *AX 180-750* típusú gépen 48,8 g fröccsadagból 14,8 s ciklusidővel. A cég szerint az energiamegtakarítás ebben az esetben 48% volt.

Egészen egyszerű lépésekkel is el lehet indulni

Az **Allod Werkstofftechnik** (Burgbernheim, Németország) szerint az *energiatakarékosság felé egészen egyszerű lépésekkel is el lehet indulni*. A gyártás ésszerű megtervezése, a gépállási idők minimálisra csökkentése sokat hozhat a konyhára. Ha vulkanizálható termoplasztikus elasztomert (TPV-t) dolgoznak fel, a formaadás és a térhálósítás két lépcsőjét egyetlen lépésre lehet csökkenteni pl. egy nagy sebességű előkeveréssel.

Energiatakarékosság az extrúziós üzemekben

A nagyon nagy gépállománnyal rendelkező feldolgozóüzemek hatalmas összegeket fizetnek ki az áramért. Ezek az összegek gyakran meghaladják a gépkezelők személyi költségeit, ezért mindent meg kell tenni az energia jobb kihasználásáért, az energiaköltségek leszorításáért. A szolgáltatókkal való tárgyalás, a korábbi szerződések módosítása nem látszik járható útnak. Ehelyett olyan műszaki megoldásokat kell kiötleni, amelyek bevezetésével optimalizálható a termelés és hosszú távon fenntartható az energiatakarékosság.

A gyártás műszaki optimalizálása jelentheti a gyártási folyamat módosítását, de jelentheti a gyártóberendezés célirányos átalakítását is. Egy villamos motor fordulatszámától és forgatónyomatéktól függő hatásfoka miatt a munkapont megválasztása gazdaságossá vagy gazdaságtalanná teheti a berendezést. Nagyon fontos szerepe van a berendezés elemeinek a rendszer hatékonyságában. Túldimenzionált vagy aluldimenzionált elemek ugyanúgy veszteséget okozhatnak, mint a rendszerben lévő előregedett elemek. Egy-egy elem akár egy-két év alatt is amortizálódhat, és ronthatja a gyártósor hatásfokát.

Az extrudersorok energiaáramainak elemzése

Hogy hol érdemes optimalizálni vagy melyik elemet kell kicserélni, az legjobban a teljes gyártósor energiaáramainak elemzésével deríthető ki. Nem mindig a legnagyobb gépeken és a legerősebb hajtással érhető el a legnagyobb megtakarítás.

A Duisburg-Esseni Egyetem Gyártmányfejlesztési Intézete (**Universität Duisburg-Essen, Institut für Produkt Engineering, IPE**) 15 csőextruderen és annak kiegészítő berendezésein, az ún. periférián (keverő, hűtőberendezés, szivattyúk, aprítóberendezés) igen nagy számú energiahatékonysági mérést végzett. Valamennyi gépen ugyanolyan munkaponttal dolgoztak, az egyes extrudereken külön-külön határozták meg a csigahajtás, a fűtés és a periféria energiafelvételét.

Az elektromos teljesítményeket (hatásos/wattos teljesítmény, meddő/wattnélküli teljesítmény, látszólagos teljesítmény) közvetlenül a feszültségből határozták meg. Az áramerősséget Rogowski-tekercekkel mérték, mert ezek alkalmazásakor nem kellett a feszültség-hozzávezetést megszakítani. Egyidejűleg gyors Fourier transzformációval (fast Fourier transformation, FFT) ellenőrizték a hálózat minőségét.

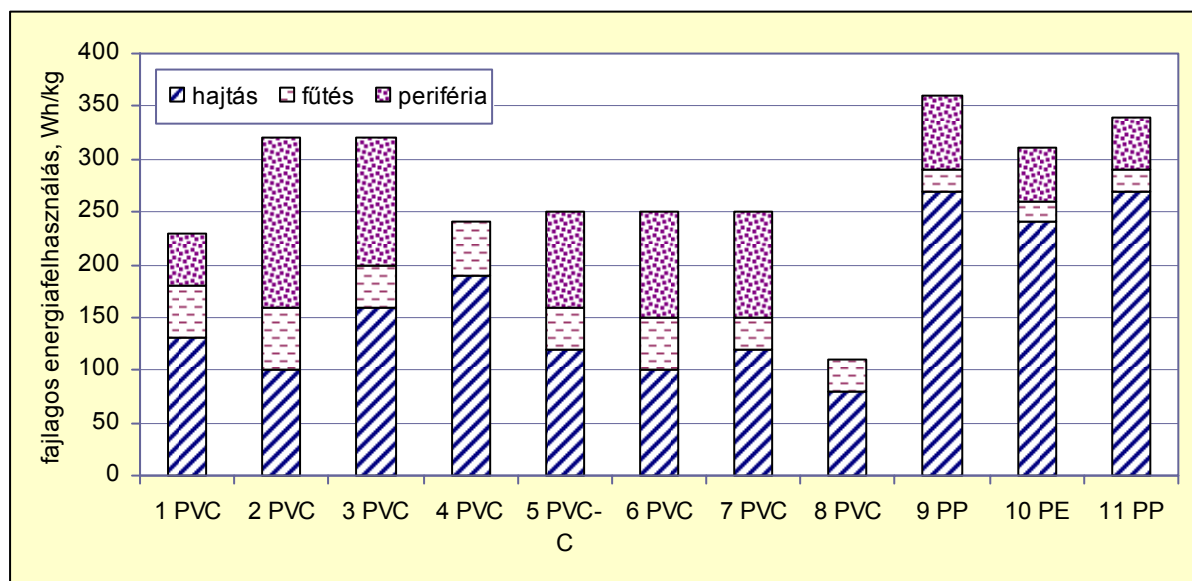
11 extrúziós gyártósoron kb. 100 mérést végeztek. Ezeket következetesen összehasonlították a gyártási és tételadatokkal. Az extrúziós sorok lényeges elemei az extruder (csigahajtás, fűtőszalagok, fűvóka) és a periféria (hűtés, lehúzás, aprítás). A kapott eredményeket elemezték és értékelték.

Ha az extrudersorok hatásos teljesítményét a már említett módon osztották fel, kiderült, hogy *a periféria az összes energia 25%-át használja fel*. A hengerfűtő rendszer nagy névleges teljesítménye ellenére *az egyes zónák fűtéséhez az összes energia mindössze 10%-a használódott fel*. Ez némileg ellentmondásban van azzal a ma szorgalmazott irányzattal, amely szerint jobb hatásfokú fűtéssel és a henger szigetelésével igyekeznek jelentős mennyiségű energiát megtakarítani.

A fűtési energia kis hányadának oka a disszipációval bevitt hőenergia, amely a hajtómotorral forgatott csiga nyíró hatása révén képződik az ömledékben. Lehetséges olyan munkapont, amelyen a fűtés csak a környezet felé leadott és elvesztett energiát pótolja. A fűtési zónák ellenállásfűtésének hatásfoka megközelíti a 100%-ot, ezért a szabályozó szabálytalan időközönként ki- és bekapcsolja a rendszert. Hosszabb időt megfigyelve a teljesítményfelvétel a folyamatosan üzemelő perifériával és csigahajtással összehasonlítva csupán 10%.

A gyártóberendezések fontos és energetikai osztályozásra alkalmas mérőszáma a fajlagos energiafelhasználás, azaz az 1 kg tömegű termék előállításához felhasznált energia kilowatt-óraban (kWh) kifejezve. A fajlagos energiafelhasználás alkalmas jellemző a különböző feldolgozóberendezések összehasonlítására.

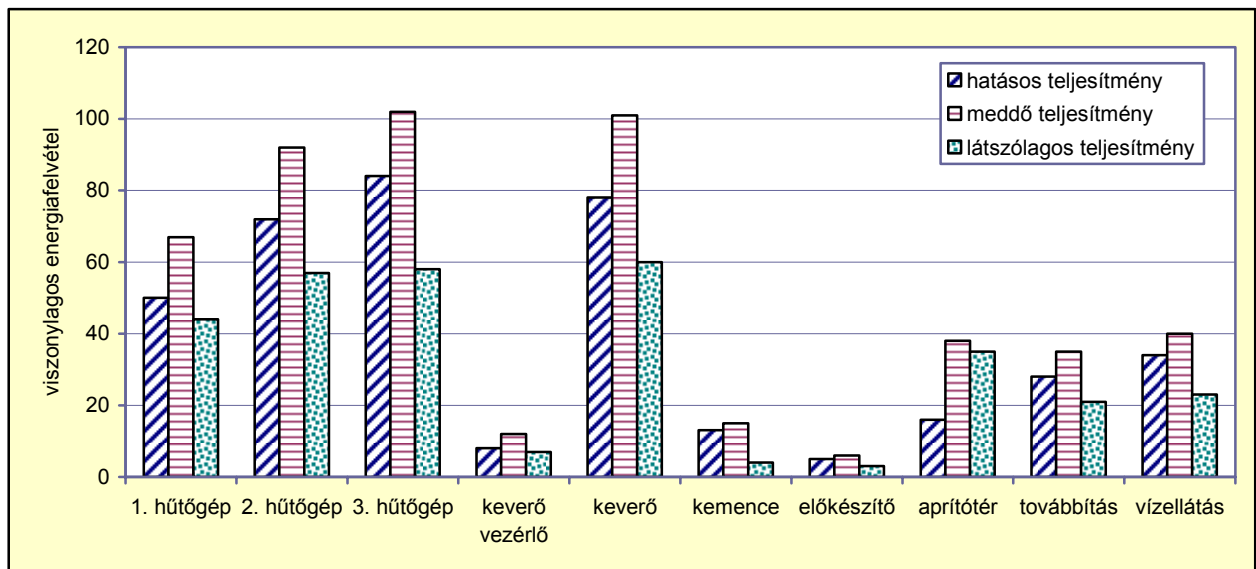
Az 1. ábra a 11 vizsgált gépen PVC, illetve poliolefin (polietilén és polipropilén) feldolgozásakor mért fajlagos energiafelhasználást hasonlítja össze a gépek három fő energiafogyasztó egységében. Látható, hogy a PVC feldolgozásakor (ha a kompaundálástól eltekintenek) kisebb a fajlagos energiafelhasználás, mint a poliolefin feldolgozásakor. A hajtás energiafelvétele PVC extrudálásakor legfeljebb 200 Wh/kg, poliolefin extrudálásakor viszont eléri a 250–300 Wh/kg-ot. Ez nagyon jó hatásfoknak számít, és azt jelzi, hogy itt az optimálástól nem lehet nagy eredményeket várni. Az ábrán az is látható, hogy a fűtési energia a teljes energiafelvételnek csak kb. 10%-a.



1. ábra A hajtás, a fűtés és a periféria 11 extrudersoron különböző polimerek feldolgozásakor mért fajlagos energiafelhasználása

A kiegészítő elemek energiafelvétele ezzel szemben jelentős megtakarításokra ad lehetőséget. A kis névleges teljesítményű (<1 kW) berendezések fogyasztását a nagy (>>100 kW) fogyasztásúak mellett gyakran figyelmen kívül hagyják, pedig ezek együttes fogyasztásának csökkentése jelentős energiamegtakarítást hozhat.

A tulajdonképpeni gyártóberendezés – az extrudersor – mellett számos központi berendezés (hűtőgép, keverő, hulladékaprító, vízellátó, raktári eszköz) energiafelvételét is mérték. Mivel ezeket nem folyamatosan használják, nehéz kiszámítani havi energiaigényüket, amely a 24-órás üzemben dolgozó extrudersorokra rendelkezésre áll. A központi berendezéseket ezért maximális terhelés alatt vizsgálták, és energiafelvételüket egymáshoz viszonyították (2. ábra). Feltűnő a hűtőgépek magas energiafelvétele és viszonylag nagy a selejtet daraboló-aprító berendezése is. De míg az utóbbi csak ritkán van üzemben, a hűtőgépek sokkal gyakrabban dolgoznak.



2. ábra Az üzem központi berendezéseinek viszonylagos energiafelvétele

A hűtőgépek magas energiafogyasztása jelentős költségeket okoz az üzemnek. Ezeket nem lehet teljesen kiküszöbölni, de vannak vállalatok, amelyek a feldolgozás közben keletkező hőt raktárfűtésre, parkolók felületének temperálására vagy a feldolgozandó anyag előmelegítésére használják fel.

Kemény falú műanyag csövek extrudálásakor a por vagy granulátum formájú műanyagot villamos energia betáplálásával plasztikálják és formázzák. Hogy a formadás után a cső megtartsa alakját, lehetőleg rövid idő alatt kell anyagát a lágyuláspont alá hűteni. A hűtést általában vízzel végzik. A felmelegedett hűtővizet a központi hűtőberendezésbe szivattyúzzák, ahol ugyancsak árammal működtetett kompresszorokkal hőcserélőn hajtják keresztül. Itt leadja hőtartalmát, amelyet a szabadba engednek. A viszonylag csekély mennyiségű mechanikai energia mellett, amely az extruderben a nyomásfelépítéshez szükséges, az alakadáshoz szükséges összes energiát tehát az extrudálás végén újabb villamos energia felhasználása mellett vonják ki az anyagból.

Az extrudálási folyamat teljes energiaköltségének csökkentése érdekében az IPE munkatársai kérdéseket vetnek fel a plasztikálás esetleges alternatív módját és a folyamat során felhalmozódó hőmennyiség fokozottabb hasznosítását illetően. Vannak-e elképzelések alternatív energiaforrások – kőolaj, földgáz – felhasználására a plasztici-

kálásban? Vannak-e további lehetőségek a fölösleges hő értelmes és jó hatásfokú felhasználására?

Két csőgyártó próbálkozása az energiafelhasználás csökkentésére

Az ausztriai **Rehau** (Rehau) cég neulengbachi csőgyártó üzemében létesített hűtőüzem révén évente 550 000 kWh energiát takarít meg, amely évi áramszükségletének kb. 6,5%-a. A hűtővíz automatikus visszaforgatását végző rendszer beruházási költségei kb. 300 000 EUR-t tettek ki. A cég számításai szerint a beruházás 66 hónapon belül megtérül.

A Rehau hűtőüzemének telepítését megelőzte egy másik beruházás, amely a sűrített levegőt előállító kompresszorok által fejlesztett hő hasznosítását tette lehetővé. A két beruházást az *osztrák kormány klímaaktív programjának keretében* évente kiosztott díjak második fokozatával ismerte el.

A **Fränkische Rohrwerk** (Königsberg, Németország) ugyancsak a hűtővíz optimális felhasználását oldotta meg hullámos falú csöveinek extrudálásában. A nagy hatásfokú szivattyúk és motorok mellett a csőátmérőhöz és a felülethez igazodó optimális hűtést végző szabályozórendszer beruházási költsége 52 800 EUR volt, általa évente 130 000 kWh energiát, ill. 19 000 EUR-t takarítanak meg. Ez 13%-kal kevesebb energiafelhasználást, 34%-os beruházás-visszatérülést és 78 tonnával kisebb széndioxid-emissziót jelent.

A **KraussMaffei** cég *HSP* típusú extrudereibe olyan csigát épít be, amellyel alacsonyabb olvadáspontú műanyagok is feldolgozhatók. Ezáltal kisebb a feldolgozás energiaigénye, amihez hozzájárul az is, hogy alacsonyabb hőmérsékletről kell a terméket lehűteni.

Mennyi valójában a megtakarítás?

A VDI fröccsöntéssel foglalkozó 2010-es konferenciáján a **Süddeutsches Kunststoffzentrum** (SKZ, Würzburg, Németország) előadója megállapította, hogy a feldolgozási folyamatok költségelemzésekor nem az energiaköltség a legnagyobb tétel, de nem is elhanyagolható, a gyártási költségek 3–8%-át teszi ki. Ritka az a gyártási folyamat, amelynek energiafelhasználását nem lehet 20%-kal csökkenteni, ami a gyártás hasznát 1,5%-kal növelheti. Arra is rámutatott, hogy ha ebben az évben 8%-os haszonnal dolgoztak, a következő évben ezt csak a forgalom 20%-os növelésével érhetik el. Ez is egy szempont az energiafelhasználás csökkentésére.

Összeállította: Pál Károlyné

Vink, D.: Making sense of energy saving = European Plastics News, 37. k. 3. sz. 2010. p. 33–34.

Wortberg, J.; Saul, K.; Kruppa, S.: Im Zusammenhang betrachtet = Plastverarbeiter, 61. k. 1. sz. 2010. p. 26–28.