

## Hűtés-fűtés a fröccsöntő üzemben kevesebb energiával, mégis jobb hatásokkal

Az energiaköltségek meredek emelkedése miatt a műanyag-feldolgozók számára rendkívül fontos a takarékos energiafelhasználás. Ezért egyre nagyobb figyelmet fordítanak a szerszámok temperálására és a gépek fűtésére. Nem mellékes, hogy a szerszámtemperálás és a gépfűtés új módszerei a minőséget is javítják. Ha a feldolgozás alatt keletkező hőt nem hagyják veszendőbe menni, az üzem fűtésére használt fűtőanyag árának 95%-át takaríthatják meg.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; energiafelhasználás; szerszámtemperálás; henger; indukciós fűtés; hővisszanyerés.*

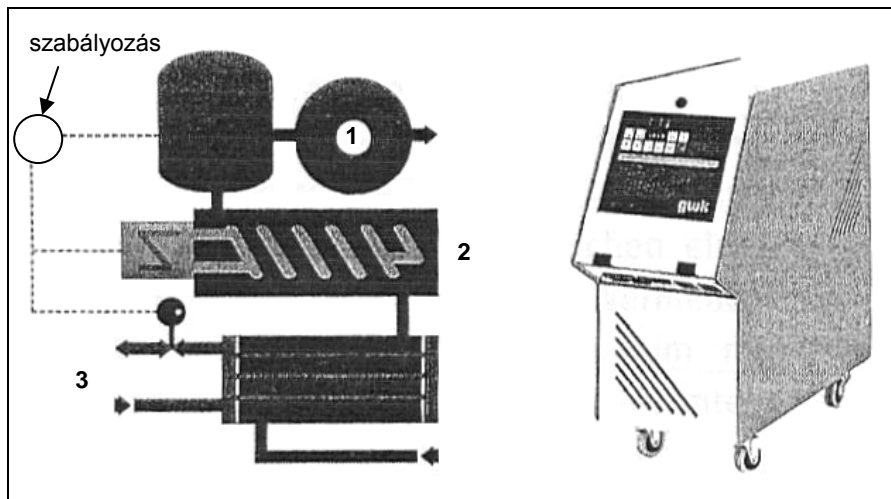
A műanyag-feldolgozás folyamatának megvannak az anyagtól függő hőmérséklet-határai, amelyek betartásához néha fűteni, néha pedig hűteni kell a szerszámot vagy a gép más részeit. A plasztikáló henger és formaadáskor a szerszám hőmérsékletét szűk határok között kell tartani. Ezt villamos fűtéssel vagy szabályozott hőmérsékletű folyadék áramoltatásával (temperálóberendezéssel) oldják meg (1. ábra). Fűtéskor hőt közölnek a rendszerrel, hűtéskor hőt vonnak el a rendszerből. *Akármilyen technológiát alkalmaznak, a fűtéshez és a hűtéshez is elektromos energiát használnak fel*, és a gyártási költségeket, ezáltal a versenyképességet alapvetően határozza meg a temperálás energiaköltsége. *A rendszer legkényesebb része a fröccsöntő szerszám*, amelyet a legtöbbször 200 °C feletti műanyagömladék erősen felmelegít, és ezt kell a néhány másodperces ciklusidő alatt a benne lévő ömléddel együtt a műanyag dermedéspontja alá – általában 100 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletre – hűteni. A percenként többször erősen változó hőmérséklet előállítása nagyon energiaigényes, és az energia egy jelentős része egyszerűen elvész, eltávozik a környezetbe. Nem csoda, hogy a feldolgozók és a feldolgozógép-gyártók nagy erőfeszítéseket tesznek a műszakilag egyre jobb, emellett energiatakarékosabb szerszámtemperálási eljárások kifejlesztésére. Nem feledkeznek meg azonban a hengerek korszerű fűtéséről sem, és egyre inkább igyekeznek a gyártástechnológia „hulladékhőjét” is hasznosítani, pl. télen a munkahelyi tér fűtésére.

## Korszerű megoldások, tervek és ötletek a fröccsöntő szerszámok temperálására

*A rossz temperálásnak nagyok az energiaköltségei*

Míg a „tiszta” hűtés beruházási és üzemi alkalmazási költségei viszonylag egyszerűen kiszámíthatók, a „temperálás” azaz a váltakozó hűtés és fűtés ilyen adatai egy-

részt kevésbé átláthatóak, másrészt az energetikai előnyöket a teljes folyamat alapján lehet csak megítélni, és nem a ki/bekapcsolások számából vagy a berendezés áramfelvételéből. Ha a folyamat szükségleteihez képest túl nagy fűtőteljesítményt vagy szivattyút használnak, sok felesleges energiát pazarolnak el. A felesleges energiát a szabályozás eltávolítja ugyan a rendszerből, de az egész folyamatot rosszul, szakszerűtlenül, a termodinamikai alapelvektől eltérően kezelik, és felületesen bánnak a rendszer hőátviteli elemeivel.



1. ábra A temperálóberendezéseknek három eleme fogyaszt elektromos energiát:  
1 – a szivattyú, 2 – a fűtés, 3 – a hűtés (indirekt módon,  
a hozzá csatlakoztatott hűtőgép kompresszora, szivattyúja és ventilátora révén)

*Az első komoly hibát általában már a szerszám tervezésekor és kivitelezésekor követik el. Az összeillesztéseknél nem elég finom a megmunkálás, nem gondolnak arra, hogy a szerszám formaadó feladatán kívül a hőcserélő szerepét is betölti. Ha a temperálócsatornákat nem a termék formájának megfelelően alakítják ki, és azok nem a fészek közelében, a darab körvonalait követve futnak, indokolatlanul hosszú ciklusidőre és nagyszámú selejtre lehet számítani. A termelékenység csökkenése nem csak az érintett fröccsgépre és szerszámra hat ki, hanem a gyártósorba beépített valamennyi berendezésre. A gyártási többletköltségek tehát sokkal nagyobbak, mint amelyek a szakszerűtlen temperálásból közvetlenül származnak.*

#### *Költségsökkentés a temperálás optimalizálásával*

A hibás temperálás következményeit egy példán mutatjuk be. Egy műszaki műanyagból készített formadarab termogramján egy ún. forró pontot fedeztek fel, olyan helyet, ahol a felületi hőmérséklet kb. 40 °C-kal volt magasabb, mint a formadarab többi részén. Kiderült, hogy egy vastag csavar hőhidat képezve ezen a ponton pótlólagos hőenergiát juttatott a szerszám belsejébe. *Általában azzal számolnak, hogy 1 °C*

*hőmérséklet-emelkedés 2%-kal növeli meg a hűtési időt.* Műszaki műanyagok feldolgozásakor a hűtési idő a teljes ciklusidő kb. 2/3 részét teszi ki. A 40 °C-os hőmérséklet-emelkedés eszerint kb. 53%-kal növelte a ciklusidőt.

A hibás felépítésű szerszámmal évente gyártott darabszámot eddig 1530 munkaóra alatt készítették el, a temperálás optimalizálásával 530 órával kevesebbet kellett volna ráfordítani. Mivel a feldolgozó gép 1 órai üzemköltsége kb. 30 EUR, 15 900 EUR-t megtakaríthattak volna. A temperálás optimalizálása kb. 6500 EUR-ba került volna, tehát a költségek már 5 hónap alatt megtérültek volna.

### *Homogén hőmérsékletprofil fészkek közeli hőcserével*

Számos formadarab geometriája nem teszi lehetővé, hogy a szokásos módon, furatok kialakításával ideális hőcserét hozzanak létre a gyártószerszám minden részén. Annak érdekében, hogy a temperálócsatornák hűen kövessék a darab körvonalait, a szerszámot több célszerűen kialakított darabból kell összeépíteni („konstruktív szerszámosztás”). A fészkek közvetlen közelébe olyan szerszámbetéteket illesztnek be, amelyekben a temperálócsatorna szinte csókígyóként veszi körül a fészket. A szerszám falától meghatározott távolságban a szerszám magjába ugyancsak lehet temperálócsatornákat elhelyezni. A kis átmérőjű, de sűrűn egymás mellett futó bemart csatornák felülete akár háromszorosa is lehet a fűréssel készített csatornának, és legalább 30%-kal gyorsabban képesek a meleg ömledékkel töltött fészkekből a hőt elvezetni. Az ilyen hőcserélő felület nem csak a ciklusidőt csökkenti, hanem a minőséget is javítja.

### *Optimális szerszám gyártása folyamatos ellenőrzés alatt*

A konstruktív szerszámosztás elve szerint előállított szerszámelemeket a temperálócsatornák kimunkálása után az osztósíkok mentén megfelelő módszerrel egységes egészé kell összeépíteni. Erre legtöbbször a *vákuum alatti keményforrasztást* alkalmazzák. Általa a szerszám részei olyan erősen kötődnek egymáshoz, hogy mechanikailag egységes darabként viselkednek. A kötési helyek hibátlanságát ultrahanggal ellenőrzik, a csatornák tömörségét nagy nyomású vízzel vizsgálják; ilyenkor egyúttal az egyes temperálókörök áteresztőképességét is mérik. A készre szerelt szerszámot hőkezelésnek vetik alá, amely a felület keményítését is szolgálja.

### *Csökkenő energiaköltség jelentős teljesítménynövekedés mellett*

Az energiaköltség csökkenése teljesítménynövekedés mellett csak akkor valósul meg, ha a szerszámba ideális módon beépített temperálócsatornában az optimális temperáló közeg optimális hőmérsékleten és mennyiségben kering. Az optimális azt jelenti, hogy se túl sok, se túl kevés, hanem éppen annyi, amennyi szükséges. A szerszámra vonatkozó termikus számításokkal meghatározhatók a szükséges adatok, amelyek néha igencsak eltérnek a szokásos üzemi gyakorlattól.

Sok tapasztalattal rendelkező feldolgozótechnikusok is úgy vélik, hogy ha a feldolgozás alatt hőmérsékleti problémák merülnek fel, meg kell növelni a víznyomást és az átáramló víz mennyiségét. Ilyenkor gyakran a hűtőgép elégtelen teljesítményére is gondolnak. Szinte senkinek nem jut eszébe, hogy a víz nem megfelelő elosztására gyanakodjanak, bár a minőségi hibák és a hosszú hűtési szakasz oka elsősorban itt keresendő. „Krizishelyzetben” senki nem törődik a szükségtelenül magas energiaköltségekkel, amelyek egy erősebb szivattyú vagy egy nagyobb kapacitású hűtőgép beállítása miatt merülnek fel. Az innovatív szerszámtemperálás mai lehetőségeinek felhasználásával számos esetben jelentős teljesítménynövekedést érnek el nem elhanyagolható mértékű költségcsökkentés mellett akkor, ha felére csökkentik a vízmennyiséget és optimális hőmérsékletet alkalmaznak.

### *Egy-két temperálóberendezés nem elég*

Egy fröccsöntő szerszám termikus tulajdonságai attól is függenek, hogy hány temperálókört tartalmaz, és hány temperálóberendezésnek kell ezeket kiszolgálnia. A legritkább esetben elegendő egy-két temperáló. Műszakilag és gazdaságilag is a legelőnyösebb a *szegmentált szerszámtemperálás*. Ezt már 20 éve felismerték, és egy ideig próbálták a modulszerűen felépített temperálóegységeket a szerszámhoz közel, magába a fröccsöntő gépbe beépíteni. Volt egy olyan időszak – az 1990-as évek elején – amikor a „temperálóberendezés” mint külön egység nem is szerepelt a düsseldorfi műanyag-kiállításon, mert magától értetődően tartozéka volt a fröccsöntő gépnek, akár az elektromotor vagy a hidraulika. Később újra megjelentek a temperálóberendezések a vásáron, mert kiderült, hogy ezek nem mindig építhetők össze a fröccsöntő géppel.

Ennek ellenére felmerül a kérdés, hogy miért olyan későn születtek meg az első sorozatgyártáshoz közeli, integrált temperálórendszerrel tartalmazó fröccsöntő gépek. Lehetséges, hogy a korai temperálók nem voltak elég univerzálisak, és a szabályozástechnika sem volt még a mai szinten. Az átlagos fröccsöntő üzem és a legtöbb gépgyártó azonban még ma is legtöbbször a viszonylag olcsó kombinált megoldást választja, és a szokásos temperálóberendezések használata mellett dönt. Ezek azonban elfeledkeznek arról, hogy a feldolgozási folyamattal össze nem hangolható univerzális megoldást a fröccsöntő gép vezérlése nem szabályozza és nem ellenőrzi, ezért a gyártás minőségbiztosítását a formadarab vizsgálatával kell megvalósítani, ami teljes egészében költségesebb, mint a teljesen automatikus gyártás. Az egyes temperálókörök egyedi szabályozása, ellenőrzése, a rajtuk átáramló vízmennyiség dokumentálása és ezek kapcsolata a fröccsgép vezérlésével ma jellemzője a korszerű, versenyképes feldolgozásnak.

### *Szerszámok dinamikus temperálása*

Az optikai célú formadarabok gyártása rendkívül kényes feladat. Ezeket az adott polimer feldolgozási ablakának felső határa körül kell fröccsönteni. Kiderült azonban, hogy a szerszámfal magas – a feldolgozott anyag olvadáspontja közelében lévő – hő-

mérséklete csak a fészek kitöltése alatt fontos, a hűtési szakaszt viszont szükségtelenül megnyújtja. Ilyenkor alkalmazható a *dinamikus temperálás*, amelyet „varieterm temperálás”-nak is neveznek. A szerszámfészek dinamikus temperálása kétlépcsős eljárás, két temperálóberendezést igényel, az egyik fűt, a másik hűt. A folyamatvezérlés egy szelep átfordításával gondoskodik arról, hogy a temperálócsatornában mindenkor a megfelelő temperáló folyadék áramoljék.

Ha a hűtési szakasz meghosszabbítása nélkül akarják elkerülni az összezapási varratokat, az egyenetlenül fényes felületet és más felületi hibákat, akkor dinamikus hűtést kell alkalmazni. A szerszám felfűthető folyadékkal, gőzzel, de a szerszámba épített villamos fűtéssel, fűtőpatronnal, kerámia- vagy induktív fűtéssel is. A hűtést szakaszosan, általában vízzel végzik. Ha a meleg szerszámba beáramló ömledék már leképezte a szerszám belső felületét, a lehető leggyorsabban le kell hűteni annyira, hogy a formadarabot ki lehessen venni a szerszámból. .

Az 1970-es években, az első szerkezeti habok gyártásakor ugyancsak kétféle temperálóberendezést használtak, amelyek váltakozva meleg vagy hideg folyékony közeget áramoltattak át a temperálócsatornákon. Magas hőmérsékletű közegként olajat használtak, mert abban az időben még nem voltak magas nyomáson biztonságosan működő vizes berendezések. Az olaj azonban sem műszaki, sem gazdasági szempontból nem vált be, mert hőátvitele tízszer gyengébb a vízénél. A víz azonban a hűtési szakaszban akkor is nagyon energiaintenzív volt, ha a felfűtés nagyon hosszú ideig tartott.

### *A gyors, pontos és az energiát jól hasznosító kerámiafűtés*

A jól tervezett szerszám elektromos árammal tizedannyi idő alatt és tizedannyi energiával fűthető fel, mint folyékony közeg hőátadásával. Különbségek vannak azonban a felfűtés módjai között. Az induktív fűtéssel és folyadékos hűtéssel dolgozó rendszereknek megvannak a maguk gyengéi. Nem igazán jó az energiahasznosításuk, és biztonsági kockázatuk is van, amelynek csökkentése kiegészítő költségekkel jár. A fűtőpatronok hibája, hogy hőleadásuk nem irányított, rosszul szabályozhatók és rövid az élettartamuk. A villamosan vezető kerámiák még fejlesztés alatt állnak, de nagy reményeket fűznek hozzájuk. Ezekkel helyben és időben nagyon pontosan lehet nagy energiasűrűséget közölni.

*Egy új eljárással hővezető és hőszigetelő rétegeket tudnak egymással kombinálni.* Ezáltal rövid idő alatt lehet előre kijelölt és lehatárolt szerszámrészeket felfűteni, amelyeket a fészek kitöltése után gyorsan és egyenletesen le lehet hűteni. Ezzel az eljárással nagyon dinamikusán lehet a szerszámot temperálni. Előfeltétel a fűtési és a hűtési szakasz tökéletes összehangolása és bekapcsolása az egységes vezérlőrendszerbe.

### *Vízminőség*

Ha egy üzemben a termelékenységet állandó szinten akarják tartani, különösen a magas hőmérsékleten végzett feldolgozáskor nem szabad elfeledkezni a temperáláshoz

használt víz minőségéről, amit gyakran tized rangú kérdésnek tartanak. A természetben tiszta víz nincs, az mindig tartalmaz olyan anyagokat – szerveseket és szervetleneket – amilyenekkel korábban érintkezésbe lépett. A vízben oldott sók kationjai pozitív, anionjai negatív töltést hordoznak, a temperálóberendezésben keringő vízből – különösen magas hőmérsékleten – kiülepedhetnek vagy bevonatot hoznak létre a vezetékek falán, ami rontja a csövek hőátadó képességét. A kiválások el is tömhetik a csöveket, megakadályozzák a temperáló folyadék áramlását. Agresszív vizek, pl. sok oxigént tartalmazó vizek magas hőmérsékleten korrodálhatják a csövek belsejét. *Mindezek akár 60%-kal növelhetik a hűtési időt, 30%-kal emelhetik a gyártási költségeket és rontják a termék minőségét.* A nagymértékben automatizált fröccsöntő berendezés képes arra, hogy tartósan nagy termelékenységgel és kis energiafogyasztással dolgozzék, de ehhez hozzátartozik a valamennyi temperálókörben keringő víz rendszeres tisztítása és valamennyi kör rendszeres karbantartása.

## **Energiatakarékos hengerfűtés**

A **Xaloy Inc.** a 2007-es düsseldorfi kiállításon *elektromágneses indukción alapuló egészen újszerű hengerfűtő rendszert* mutatott be. A cég szerint az *Indx-rendszer* „drámai” módon csökkenti az energiafelhasználást, ezenkívül könnyebben szerelhető fel és gyorsabban hajtja végre a kapott parancsokat, mint a fűtőszalagokon alapuló rendszer. Az elektromágneses indukció régóta alkalmazott és jól ismert elv; nagyméretű kemencék, fémömlédek fröccsöntő berendezések, hőre keményedő műanyagokat feldolgozó szerszámok, Japánban forrócsatornás fröccsöntő szerszámok fűtésére alkalmazzák. Fröccsöntő gépek és extruderek hengerének fűtésére azonban a Xaloy Inc. a világon elsőként használta fel.

*Az Indx rendszerben maga az acélhenger tölti be a fűtőtest szerepét.* A henger falának külső felülete közelében ugyanis örvényáramot indukál, a fémhenger pedig vilámos ellenállása révén felmelegszik. Az örvényáramot a hengert körülvevő, de vele nem érintkező folytonos kábeltekercs hozza létre. És bár a rendszer jóval drágább a szokásos fűtőszalagos rendszerénél, bőven behozza az árát – hogy milyen gyorsan, az a gép méretétől függ.

### *Miért nem sikerült korábban?*

Felmerül a kérdés, hogy miért nem alkalmazták az elektromágneses indukciót már korábban is műanyag-feldolgozó gépek fűtésére. A Xaloy Inc. szerint azért, mert eleinte az indukciós kemencékhez használt kisfrekvenciás, nagy amperszámú, terjedelmes eszközökkel próbálkoztak, amelyek túl sok hőt termeltek, nagyon drágák voltak, és rengeteg energiát fogyasztottak. *A változtatható sebességű váltóáramú motorokhoz a közelmúltban kifejlesztett nagyfrekvenciás, kis áramerősségű indukciós technológia tette lehetővé, hogy megszülessék az új hengerfűtés.* Ehhez az is hozzájárult, hogy az elektromágneses indukcióhoz szükséges eszközök ára folyamatosan csökken,

az energia ára pedig folyamatosan nő. A cég ezért úgy véli, a vásáron bemutatott fűtőrendszerüknek jók a kilátásai.

A korábbi próbálkozások sikertelenségének másik oka az volt, hogy a kábelt közvetlenül a hengerre tekercselték, ami nem tette lehetővé, hogy az optimális ellenállású tekercset használják fel, a felmelegedett henger hőjének egy része pedig a környezetét felmelegítve veszendőbe ment. Az *Indx rendszer* ezt a henger és a tekercs közötti habosított hőszigetelő réteggel akadályozza meg. A hőszigetelő habból hőformázással félhengereket készítenek, amelyek külső felületén árkok vannak a tekercs huzalának befogadására. A hengert csőszerűen beborítják a hőszigetelő elemekkel, a spirál alakú árokba belefektetik a kábelt. A kábel üzem közben legfeljebb 50 °C-ra melegszik fel. Minden egyes fűtőzóna két félhenger alakú szigetelőelemből és egy bepattintható csatlakozóból áll. Az egész rendszer még kap egy külső burkolatot. Felszerelése sokkal könnyebb és gyorsabb, mint a fűtőszalagoké, mert nincs szükség relékre, és a Xaloy cégtől kapott kábelt is csak be kell helyezni az előre elkészített spirálba. A cégtől készre szerelt hengert is lehet rendelni. Ha a hengert a helyére tették, be kell kapcsolni a gépet, és máris lehet használni.

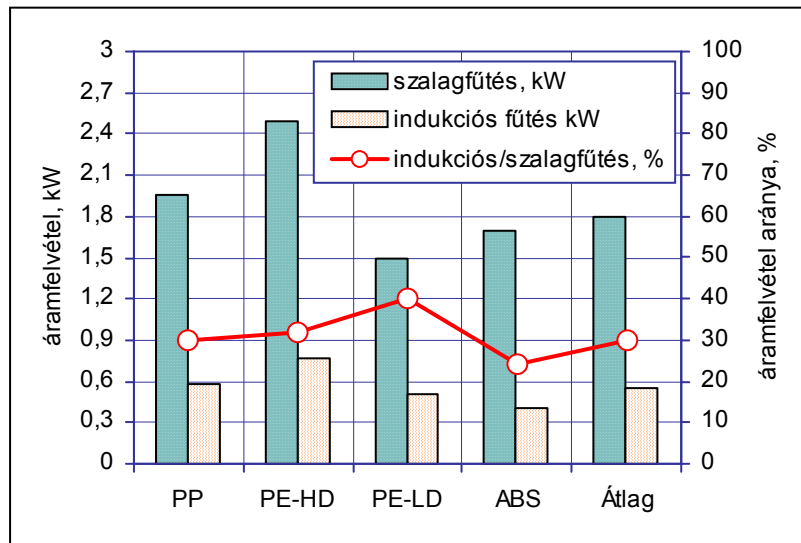
### *Az új rendszer előnyei*

A Xaloy cég laboratóriumi mérései szerint *a csillámmal szigetelt fűtőszalagok a 200–300 °C-os feldolgozási hőmérséklet-tartományban 40–60%-os, a kerámiaszigetelésűek 50–75%-os hatásfokkal dolgoznak.* A veszteség hőszugárzás vagy hővezetés útján a környezetbe jut. Az új csillámos fűtőszalagok pedig hatásfokuk 10%-át az első 6 órában elvesztik, mert elsötétedésük miatt felületük hőemissziója megnő. A műszaki műanyagok magasabb feldolgozási hőmérsékletén a hatásfok tovább romlik. Az *Indx rendszer a betáplált villamos energia 95%-át hővé alakítja, a hőveszteség a hőszigetelő réteg miatt minimális.* Üzem közben a fűtőtekercset akár meg is lehet érinteni.

A cégnél egy 85 tonnás **Toshiba** gyártmányú fröccsöntő gépen végeztek feldolgozási kísérleteket. A henger belső átmérője 36 mm, külső átmérője 90 mm, és három fűtőzónája van. Minden egyes zónát vagy négy csillámos fűtőszalaggal (maximális áramfelvételük 3,2 kW), vagy egy indukciós tekercsel (áramellátás max. 2 kW) fűtöttek. Többféle műanyagból ugyanazt a 40 g tömegű darabot fröccsöntötték 30 s ciklusidővel. Ugyanahhoz a műanyaghoz mindkét fűtőrendszerrel ugyanazt a hőmérséklet-programot állították be. 1 másodpercenként mérték az áramfelvételt és a henger hőmérsékletét, továbbá az ömledék-hőmérsékletet a fűvókánál. Az eredményeket a *2. ábra* mutatja. Látható, hogy az indukciós fűtéshez a szalagos fűtés energiafelvételének átlagosan mindössze 30%-ára volt szükség, azaz *70% energiát takarítottak meg.*

A gyártó szerint az indukciós fűtés mind a henger hossza mentén, mind pedig a kerülete mentén egyenletesebb hőmérsékletet ad, és sokkal gyorsabban követi a számára küldött utasításokat. A henger hőmérséklete csak akkor emelkedik, ha a fűtőtest melegebb a hengernél és akkor hűl, ha a fűtőtest hőmérséklete alatta van a hengérének. Mivel a fűtőszalagok tömege viszonylag nagy, időbe telik, amíg maguk is felmelegsznek vagy lehűlnek. Az indukciós tekercs tömege ezzel szemben a hengéréhez ké-

pest szinte nulla, ezért a henger felmelegedésének vagy lehülésének sebességét csak a henger acélfalának hővezetése korlátozhatja.

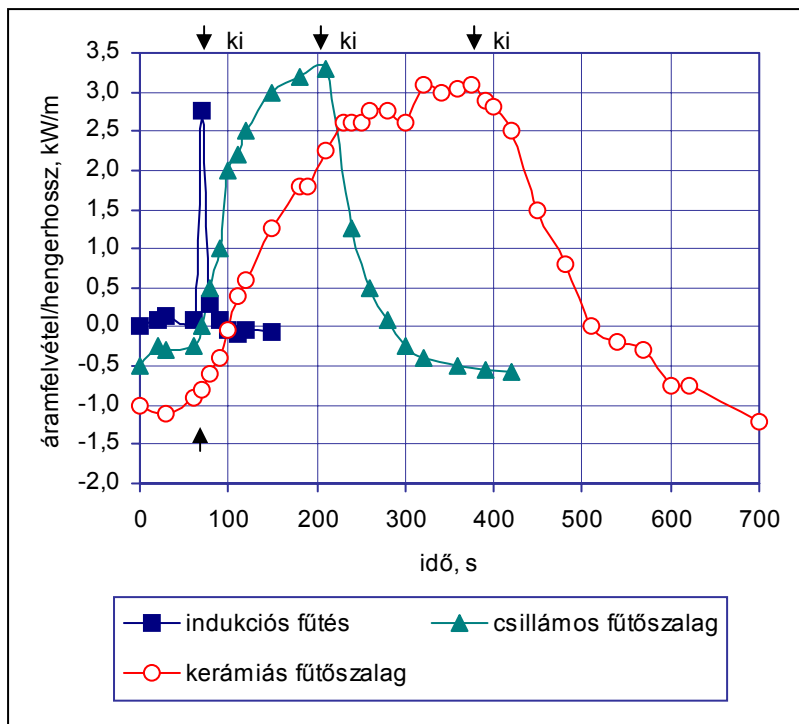


2. ábra  
Szalagfűtéssel és indukciós fűtéssel üzemeltetett 85 tonnás fröccsöntő gép hengerének melegítéséhez felhasznált energia egy laboratóriumi kísérletben

A Xaloy cégnél a fröccsöntő gép egyik kiválasztott zónájánál (belső átmérő 38 mm, külső átmérő 89 mm, hossza 368 mm) vizsgálták a különböző fűtőrendszerek reakciósebességét. A hőmérsékletet hat hőelempárral másodpercenként tízszer mérték hat különböző mélységben a henger falában, és ugyanilyen gyakorisággal vizsgálták az energiafelvételt is. A 3. ábrán látható, hogy az indukciós fűtés az áram bekapcsolása után szinte azonnal – 15 másodpercen belül – átadja a hengernek a maximális energiát, a kikapcsolás után pedig energiaátadása azonnal megszűnik. A csillámos fűtőszalagnak több mint 2 percre, a nagyobb tömegű kerámia fűtőszalagnak 5 percre van szüksége ahhoz, hogy maximális energiát közöljön a hengerrel, és ezeknek a szalagoknak 1, ill. 3 percig tart, amíg kikapcsolás után megszűnik a hőközlésük.

Ugyanebben a kísérletsorozatban mérték a henger hőmérsékletét a hengerfal belső felületének közeléig érő furatban. Az ebbe helyezett hőelem érzékelt a friss, hidegebb ömledékáram érkezését, és ennek nyomán a szabályozórendszer bekapcsolta, majd amikor a hőmérő optimális hőmérsékletet jelzett, kikapcsolta a fűtőrendszert. Indukciós fűtéssel a hőmérsékletkorrekció kb. 30 másodpercenként következett be, azaz a szabályozás gyakorisága szinkronban volt a ciklusidővel. Fűtőszalagos fűtéssel a korrekció időtartama ötszörösére nőtt, és kb. 12 ciklusonként következett be. A gyakorlatban ez a folyamat még lassúbb, mert a hőérzékelőket nem az ömledékáram közelébe, hanem a henger külső felszíne alá építik be, ami tovább növeli az egész rendszer tehetetlenségét.

Az indukciós fűtés további előnye a megbízhatóság. A gyártó szerint az indukciós kábel meghibásodásának kicsi a valószínűsége. A fröccsöntő üzemben viszont gyakran csak későn veszik észre, hogy valamelyik fűtőszalag meghibásodott, és ilyenkor nem is könnyű megállapítani, hogy melyik. Ez leállással, váratlan és költséges karbantartással, a szereléssel óhatatlanul bekövetkező gépkopással jár.



3. ábra  
Különböző fűtőrendszerek hőátadásának időbeli felfutása bekapcsolás után, ill. a hőátadás megszűnése (a hengernek) kikapcsolás után

### A költségek

Az Indx rendszer jelenleg kb. ötször annyiba kerül, mint a hagyományos fűtőszalagos fűtőrendszer, de ha alkalmazása általánosabbá válik, ára is csökkenni fog. Az Indx rendszert elsősorban a közepes, 50 mm átmérőjű vagy nagyobb, ill. a nagy, 400 tonnás vagy nagyobb záróerejű fröccsöntő gépek fűtésére ajánlják. A gyártó azt állítja, hogy egy 70 mm átmérőjű csigát tartalmazó gépen, amely nagy kihozatallal dolgozik, 0,10 USD/kWh áramárral számolva 18 hónap alatt megtérül az indukciós fűtés magasabb ára. Minél nagyobb a gép kihasználtsága, minél nagyobb a henger, annál nagyobb a megtakarítás. További megtakarítást eredményez az új gépeken a csökkentett huza-lozás, a ritkább csere és karbantartás, a tartalék fűtőszalagokba fektetett pénz és a termék jobb minősége.

### További tervek

A Xaloy cég az indukciós fűtés fröccsöntő gépeken való elterjesztése mellett a jövőben ki akarja fejleszteni az extrudereken, a fúvóformázó gépeken, és más műanyagformázó berendezésen is alkalmazható indukciós fűtést. Az extruderek fűtése bonyolult feladat, mert ezeknél a henger hűtéséről is gondoskodni kell.

### Fűtőolaj és földgáz megtakarítása hulladékhővel

A műanyag-feldolgozó üzem energiateljesítményének csökkentésére nagyon hatásos módszer a technológiai folyamatokban keletkező hő hasznosítása. Botorság a

csarnok fűtésére drága kőolajat vagy földgázt használni, amikor számos hőforrás található az üzemben. Ilyen forrás pl. a *felmelegedett hidraulikaolaj*, amelyet hűteni kell. A hidraulikus hajtórendszer teljesítményének kb. egyharmada hővé alakul, amely a semmibe vész, ha nem hasznosítják; ellenkező esetben költségmentes energiaként szolgálhat. Ha egy üzemben pl. 10 fröccsöntő gép dolgozik, amelyek hajtásához egyenként 22,5 kW energia szükséges, 75 kW hőenergia képződik. Ha az üzemben 15 gép a hajtáshoz 600 kW energiát igényel, ebből 200 kW alakul át hővé. Ekkora hőmennyiséggel az üzem nagyságától és az évi üzemórától függően a fűtési költségek akár 95%-a megtakarítható.

Irodák, gyártó- és tárolócsarnokok, szerszámkészítő vagy csomagolóhelyiségek egyenletesen kellemes hőmérsékletét egyaránt biztosítani lehet 35 °C-os vízzel. A fröccsöntő gépek, extruderek, sajtológépek hidraulikaolajának hűtésekor kb. ilyen a hőmérséklete az elfolyó hűtővíznek. Az alacsony vízhőmérsékletű fűtőrendszer sokkal egyenletesebb hőmérséklet-eloszlást eredményez a fűtött térben, mint a magas vízhőmérséklettel működő rendszer. A hűtővíz fűtésre való felhasználásával mindenekelőtt a fűtőolaj vagy földgáz árát lehet megtakarítani. További megtakarítást hoz az, hogy a hűtővizet nem kell lehűteni, mielőtt kieresztik a természetes vizekbe. Az sem közömbös, hogy a kisebb fűtőanyagigény következtében kisebb „fűtőházra”: kisebb kazánra, kisebb kazántérre és kisebb kéményre van szükség.

Az **ONI-Wärmetrafo GmbH** (Lindar, Németország) segítséget nyújt a műanyag-feldolgozóknak, hogy megoldják üzemükben a hulladékhő hasznosítását.

Összeállította: Pál Károlyné

Gries, H.: Energie sparen durch Heizen und Kühlen – ein Widerspruch? = Kunststoff Berater, 52. k. 9. sz. 2007. p. 52–58.

Naitove, M.H.: Induction barrel heating may use up to 70% less energy. = Plastics Technology, 53. k. 9. sz. 2007. p. 50–53.

Energieeinsparungen. Kostenlose Abwärme ersetzt Heizöl und Erdgas. = KunstStoff Trends, 7. k. 4. sz. 2007. p. 34.

---

---

### *Egyéb irodalom*

Gries, H.: Temperierprozesse sicher und reproduzierbar gestalten. (A temperálás biztos és reprodukálható kézbentartása.) = K-Berater, 51. k. 9. sz. 2006. p. 50-54.

A cikkben a szerszámtemperálás egyenletességének vizsgálatára a hőkamera alkalmasságát mutatják be.

Johannson, B. F.; Marschalek, F.: Von den Basics zur processoptimierende Temperierung. (Az alapoktól a folyamatra optimált temperálásig.) = K-Berater, 51. k. 9. sz. 2006. p. 44–48.

A fröccsöntés teljes idejének 60–70%-ában hűtés szükséges (utónyomás és szerszámhűtés). Ennek optimalizálásával foglalkozik a cikk.