

## Egy elhanyagolt terület: a fröccsszerszámok hűtése

A fröccsöntő üzemekben a szerszámhűtést gyakran alárendelt kiegészítő tevékenységnek tartják, és kevés figyelmet fordítanak rá, pedig mind a minőséget, mind a gazdaságosságot erősen befolyásolja. Egy hűtéstechnikával foglalkozó német cég vezetője és egy szerszámgyártásban és fröccsöntésben egyaránt otthonos amerikai szakember mondja el véleményét a hűtésről. Egy ausztriai gépgyártó pedig új szerszámhűtő rendszerét mutatta be a sajtónak, amely már teljesen az Ipar 4.0 elvei szerint működik, és amelyet a vásárlátogatók az októberi K 2016 kiállításon ismerhettek meg.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; szerszámhűtés; technológia; Ipar 4.0.*

A fröccsöntő üzemekben a szerszámok hűtésére viszonylag kevés figyelmet fordítanak, és nem is gondolják, hogy ennek milyen nagy hatása van a termék minőségére és a gyártás gazdaságosságára. A következőkben egy hűtő/fűtő rendszereket gyártó vállalat egyik vezetőjének és egy első életszakaszában szerszámgyártással, második életszakaszában fröccsöntéssel foglalkozó szakembernek a gondolatatait idézzük fel a szerszámhűtésről. Bemutatunk továbbá egy új, korszerű hűtőrendszert, amelyet gyártója első alkalommal a 2016 októberében rendezett düsseldorfi műanyag-kiállításon, a K 2016-on tárt első ízben a szélesebb nyilvánosság elé.

### A hűtés az ideális és a lehetséges kompromisszuma

A Kunststoffe nevű német szaklap interjút készített a Gesellschaft Wärme Kältetechnik mbH (gwk) egyik vezetőjével, Helmut Gries-zel, aki kifejtette nézeteit az ideális hűtésről, és arról, hogy milyen kompromisszumokat kell tenni a valóságos viszonyok között az optimális megoldás megvalósítása érdekében. Arról is beszélt, hogy milyen – néha hihetetlen – hibákat észlel az üzemekben

Ha egy műanyag-feldolgozó ügyfélként megjelenik a vállalatnál, az a cél vezérli, hogy egy új terméket megfelelő minőségben, rövid ciklusidővel minél rövidebb időn belül gyártani tudjon. A szerszámtemperálás kivitelezésével megbízott szakember viszont azonnal azon kezd töprengeni, hogy – figyelembe véve a tervezett darab bonyolultságát és az elvárt ciklusidőt – mi volna a legjobb megoldás. Hány különböző temperáló kört kell a szerszámba építeni és milyen lesz azokban a megfelelő hőmérséklet? Jó lesz a konstans hőmérséklet, vagy inkább az előmelegítés és az egyes

körökben áramló víz mennyiségének szabályozása előnyösebb, esetleg a varioterm rendszer a legjobb megoldás? Alkalmazzon két vízáramú kört vagy legyen egy hűtőkör kerámiafűtéssel kombinálva? Kontúrközeli temperálást válasszon? El lehet helyezni a temperálócsatornákat ott, ahol termikusan a legjobb helyen volnának? Ezekre a kérdésekre persze nem egyenként kell válaszolnia, hanem azok összefüggéseinek figyelembevételével.

A szükséges elemeket és a keretfeltételeket úgy kell összeegyeztetni, hogy a végeredmény egy jó hatásfokú rendszer legyen. Utána kell nézni, hogy az olyan temperálórendszerekhez, amelyekben akár 200 °C is előfordulhat, van-e megfelelő mennyiségű víz. Előkezelés nélkül magas hőmérsékleten a vízben végbemenő kémiai reakciók néhány hét alatt tönkreteszik a szivattyúkat és a szelepeket. Banális kérdés, de meg kell nézni, milyen átmérőjű a csatlakozó. Az első kérdések közé tartozik az is, hogy milyen anyagot fognak feldolgozni. Ennek összecsapási varrata kerülhet-e látható helyre? Milyen a felülete a kiválasztott műanyagnak? A legalább 35% üvegszálát tartalmazó műanyag felülete *varioterm temperálással* biztosan nem lesz sima. A kérdésekre a válaszokat az adatbankokon és a tapasztalatokon kívül anyagkísérletek segítségével is lehet keresni.

Az elveket a gyakorlatnak kell igazolnia. A gwk Meinerhangenben ezért egy technikumot rendezett be, ahol hűtőrendszereiket kipróbálhatják és ügyfeleiknek is bemutathatják. Itt optimálhatják a gyártási paramétereket, és különböző fröccsöntési technológiákat is kipróbálhatnak, pl. a *Mucell* fröccsöntést; a szerszámon belüli hőhátartást pedig közvetve a formadarab hőkamerás felvételén tanulmányozhatják. Ezzel rendkívül sok feldolgozástechnikai tapasztalatot szereznek, ami a temperálóberendezések gyártóira nem jellemző. Ha a vásárló igényli, a gyártás beindításakor a helyszínen segítséget nyújtanak egészen a stabil termelés beálltáig.

Ez persze az ideális eset, és csak akkor működik, ha a gwk-t már a projekt indításakor bevonják a munkába. A gyakorlatban inkább akkor hívják a céget, ha valami probléma van a termékkel, vagy túl hosszú a ciklusidő. Ilyenkor kiderül pl., hogy a hűtőberendezés nem képes olyan nyomást és annyi vizet szolgáltatni, mint amennyire szükség lenne. Néha ki kell cserélni a hűtőrendszer egyes elemeit, mert azt különböző gyártóktól vásárolták, és nem illeszthetők össze. *Fontos alapelv, hogy egy rendszer akkor működik jól, ha teljes egészében „egy kézből” származik.*

Hibaelhárításra már futó termeléshez is hívhatják a cég szakértőit. Ilyenkor látványosan bebizonyosodik, hogy mekkora hatása van a temperálóberendezés és a fröccsgép közötti távolságnak. Egy feldolgozó ismételten reklamált, mert a megvásárolt temperálórendszer nem szolgáltatta a szükséges hőteljesítményt. A helyszínre kiküldött technikus 200 m-es gumitömlőt húzott ki a fröccsgép alól. A rendszer természetesen nem volt képes az útközben bekövetkezett hőveszteséget pótolni. A feldolgozókkal beszélgetve mindig újra kiderül, hogy a termelési határidők nyomása alatt az üzemben nem marad idő és energia a folyamatok optimalizálására. Ez az autógyártásra fokozottan jellemző. Az az ember, aki kicserélte a túl hosszú gumitömlőt, és a saját szemével látta, hogy a hiba elhárult, egy másik gép körül mégis továbbra is elviselte a zavaros környezetet. Az üzemben csak ritkán próbálják a

veszteséget a temperálás optimalizálásával csökkenteni, mert az csupán a kisegítő berendezések, a „periféria” egyik eleme.

Az autógyártásra jellemző, hogy folytonosan változtatják a fröccsöntött formadarabok részleteit. Ezért a fröccsszerszámban egy kidobó vagy egy mozgatható mag van ott, ahol korábban temperálócsatorna volt. A temperálórendszert ilyenkor nagy kompromisszumok árán kell megváltoztatni. Előfordult, hogy egy azonos alapelvek szerint készített szerszámtípuson hússzor változtatták meg a részleteket.

A szerszám lényegében egy hőcserélő. A temperálás célja, hogy a hűtő/fűtő csatornák intelligens elrendezésével a lehető leggyorsabban érjék el a szerszámfészek falának egyenletes hőmérsékletét. Ennek nehézségét az okozza, hogy a szerszám felépítése miatt nem lehet mindenütt azonos távolságot tartani a temperálócsatorna és a fészek felületei között. Azokon a helyeken, ahol a legtöbb hőenergia halmozódik fel, pl. a bordáknál, kidobókat helyeznek el, pedig ott egy temperálócsatornának kellene lenni. A csatornarendszer elhelyezése, az egyes csatonaszakaszok nyomásának és a rajta átáramló hőközeg mennyiségének beállítása a fészek falának egyenletes hőmérséklete érdekében nagy tapasztalatot és hozzáértést igényel.

Optikai alkatrészek fröccsöntésekor a temperálócsatornák hálózatát közvetlenül a szerszámfészek felülete mögött kellene elhelyezni az egyenletes hőmérséklet érdekében, de ismert jelenség, hogy ilyenkor a formadarab felületén láthatóan megmaradnak a csatornák nyomai. Ezért a termodinamikai számítások ellenére a szerszámfaltól 1–2 mm-rel mélyebbre süllyeszti őket. Fordítva: újra és újra azt tapasztalják, hogy a szerszámok hőcserélő felülete legfeljebb fele akkora, mint amekkora el tudná vezetni a kiszámított hőmennyiséget – az egyenletes hőeloszlásról nem is beszélve.

Az újságíró *kontúrközeli temperálással* kapcsolatos kérdésére válaszolva Gries azzal kezdte, hogy évekig – néhány egyetértőt kivéve – egyedül küzdöttek a piacon elterjedt vélemény ellen, amely szerint a szerszámok temperálásához tökéletesen elegendők a temperáló furatok. A szerszámbetétek generatív felépítésének lehetősége egyszerűbbé tette a kontúrközeli temperálást. Ma jó néhány ismert szerszámgyártó készít lézerszinterező berendezéssel ilyen szerszámbetéteket. A kontúrközeli temperálás ezáltal egyre elfogadottabbá válik a korszerű szerszámgyártásban, elsősorban a nagyon bonyolult és termikusan kritikus formadarabok szerszámaiban.

Az újságíró érdeklődött a gwk „integrat 4D”-nek nevezett technológiája felől is, amelyben előre kifűrt fémlemezket magas hőmérsékleten és vákuumban egymáshoz forrasztanak, és így építik fel a szerszámbetétet. Ez az eljárás a generatív felépítés alternatívája lehetne. A válasz szerint egyelőre a méretekkal bajlódnak. Ha a betét mérete nagy, az eljárás túl drága. Ha a betét kicsi, nem elég nagy a felület a vákuumhegesztéshez. Ha piacéretté válik, mindkét eljárásnak meglehet a maga létjogosultsága. A betétcserével többféle termék gyártására alkalmas alapszerszámok ára nem tér majd el túlságosan az egyetlen formadarabhoz használható szerszámétól. A betété azonban a mérettől függ. Egy 50 tonnás szerszám árában a viszonylag kicsi kontúrközeli temperálással ellátott formaadó betét nem lesz meghatározó tétel. Egy kis szerszámhoz készített ilyen betét viszont már a teljes ár nagyobb részét teszi ki. Ilyen

szerszámot csak nagy darabszámú termék (pl. a milliós sorozatban fröccsöntött csomagolószerek) gyártásához érdemes készíteni.

Nem kérdéses, hogy a jó temperálásnak pozitív hatása van a termék minőségére. De mennyire befolyásolja a gazdaságosságot? A sikeres vállalatok már régen rájöttek arra, hogy nagyon is, csak nem beszélnek róla, mert számukra ez magától értetődik. De a közelmúltban egy vállalatnak el kellett magyarázni, hogy ha többáramú hűtőrendszerének minden egyes csatornájában csak a valóban szükséges vízmennyiséget áramoltatja át, fele annyi vizet kell hűtenie vagy fűtenie, aminek már érzékelhető a hatása a temperálórendszer energiamérlegében.

Ami a dinamikus temperálást, pl. a *variaterm eljárás*t illeti, erről ma sok szó esik. A dinamikus temperálás jó megoldás lehet nagy értékű formadarabok gazdaságos fröccsöntésekor, de alkalmazásának bonyolult feltételrendszere van. Ha pl. a szerszám kialakítása termikusan nem optimális és a temperálórendszer hozzárendelése sem elég szakszerű, az energiafelhasználás drasztikusan megnövekedhet. Van olyan feldolgozó, aki egész kis erőművet üzemeltet, hogy a rövid ciklusidő energiaigényét ki tudja elégíteni, mert rendszerében túl nagy a fűtendő/hűtendő tömeg. Van, aki azért reklamál, mert az új hűtőrendszerrel nem javult, hanem romlott a termék minősége. Mert nem gondolt arra, hogy ha hirtelen felfűti a szerszámot, megváltozik a műanyag viszkozitása, és a fröccsöntés paramétereit ennek megfelelően kell módosítani.

A temperálást a teljes rendszer figyelembevételével kell megoldani. Mit ér egy variaterm temperálás. ha a csatornák elhelyezésekor nem ügyeltek arra, hogy hol alakul ki az összezapási varrat? Emellett a variaterm rendszert termikusan jól el kell szigetelni a szerszám többi részétől, hogy a ciklusonként felmelegítendő és lehűtendő tömeget csökkentsék. Ebben a temperálórendszerben is fontos a víz minősége, amellyel számos üzemben egyáltalán nem törődnek.

Visszatérve a szegmentált temperáláshoz, ennek tervezésekor célszerű a 3D részletrajzok alapján meghatározni, hány temperálókört építsenek be a vékony és hányat a vastag falú részekbe. Hogy milyen hőmérsékletű vizet mekkora mennyiségben kell áramoltatni az egyes körökben, hogy a szerszámfelszkek felülete egyenletes hőmérsékletű legyen, az legtöbbször csak néhány darab fröccsöntése után derül ki. A gwk nem akar drága és bonyolult rendszereket eladni, inkább az egyszerűsége törekszik. Egy temperálóberendezést félszerszámonkénti előfűtéssel (Vorlauftemperatur pro Werkzeughälfte) és automatikus vízmennyiség-szabályozással a felhasználó könnyen tud kezelni. A csomagolóeszközök fröccsöntéséhez a vízáram szabályozása jó megoldás. A műszaki cikkek gyártásakor viszont nem mindig sikerül az egyes körök eltérő hőmérsékletét elkerülni.

A közeljövőben bizonyára fokozódik a szerszám és a temperálószerszám közötti kommunikáció jelentősége. Ekkor egy adott termék gyártásához szükséges szerszámcsere után gyorsan beáll majd az optimális hőmérsékletprofil. Ma a hőmérsékletet gyakran a szerszámon kívül, a temperáló közegben mérik. A szerszámon belüli érzékelőknek külön specialistái vannak. Még kérdéses, hogy az ilyen érzékelőknek elsősorban mérniük vagy szabályozniuk kell.

A sokat emlegetett új ipari korszakot, az Ipar 4.0-t a gépek és gépelemek kommunikációja fogja jellemezni. A fröccsöntő gép és a temperálórendszer között a mai „kommunikáció” mindössze az előírt és az aktuális értékek kiegyenlítését, az áramló víz mennyiségét, esetleg a teljes vízáram kijelzését érinti. A jövőben ez kiterjedhet pl. a helyes csatlakoztatásra, a teljesítményadatokra, a karbantartás szükségének jelzésére. A temperálóberendezés emellett kapcsolatban áll majd azokkal a gépelemekkel, amelyek részt vesznek az ömledék előkészítésében és lehűtésében, ill. gondoskodnak a termikus folyamatok energiahatékonyságáról, és maga is alkalmazkodik a változásokhoz. A gwk-nak ebben az a feladata, hogy megfelelő adatbázist és a gépgyártóktól független hozzáértést kínáljon fel. Hogy ez technikailag hogyan valósítható meg, az már más kérdés.

Visszatérve a jelenbe és az elmondottakat összefoglalva: egy temperálási feladat megoldásakor mindig többféle megoldás lehetséges. A végül megvalósított rendszernek harmonizálnia kell a szerszámmal és a formadarabbal, továbbá megfizethetőnek és kezelhetőnek kell lennie a vevő számára. Adódhatnak ugyan olyan esetek, amikor a lézerszinterézéssel, fűrésszel és vákuumforrasztással kombinált temperálócsatornáknak, a többkörös temperáló vagy a varioterm rendszer volna az ideális megoldás, de ügyelni kell arra, hogy ágyúval sose löjünk verébre.

## **Vegyük komolyan a szerszám hűtését**

*Randy Kerkstra* a *Plastics Technology* című szaklapban megjelentetett kétrészes cikkében ugyancsak arra figyelmeztet, hogy komolyan kell venni a fröccsszerszám hűtését, amelyet számos feldolgozóüzemben elég lazán kezelnek. Sokat lehet ugyan hallani és olvasni az újabb hűtési technológiákról, de a régi, évek óta alkalmazott eljárásokkal nem sokat törődnek. A szerző áttekintést szeretne adni a hűtés lehetőségeiről és a véleményekről szóló vitákról.

Kerkstra pályája első felében szerszámépítéssel foglalkozott, a másodikban műanyagot fröccsöntött. A témát tehát mindkét oldalról ismeri. Mindkét terület nagyon bonyolult és nagyon különböző világ, és ha valaki nem ismeri mindkettőt, nem képes átlátni, hogy ezek milyen hatással vannak egymásra. Szerszámgyártó korában valójában nem realizálta, hogy a hűtés mekkora mértékben hat a fröccsöntött darab minőségére, és kreativitásuk soha nem terjedt ki arra, hogy hogyan maximálják a hűtés hatását a bonyolult területeken. A fröccsöntő üzemben felmerülő problémák megoldásakor viszont nagyon is szükségük volt a kreativitásra ezeken a területeken. Az évek tapasztalatai során jobban megismerte a lehetséges hűtési eljárásokat, és jobban fel tudja mérni, hogy egy adott esetben melyik technológia volna célravezető.

A víz l/min-ben kifejezett áramlási sebessége és a megfelelő turbulencia kritikus feltétele a jó hűtésnek, amely befolyásolja a ciklusidőt, a feldolgozási ablakot és a darab minőségét. Az ún. Reynolds szám fejezi ki azt, hogy az áramló víz folyása meddig lineáris, és mikor válik turbulenssé. Ha nem megfelelő az áramlási sebesség, ha a víz áramlását valami akadályozza vagy ha a vezetékrendszer valahol elszűkül,



nem találják el a megfelelő Reynolds számot, nem alakul ki turbulens áramlás, gyenge hatásfokú lesz a hűtés.

Az iparban a folyadék-hőmérsékletet szabályozó egység (TCU, temperature control unit) többnyire centrifugálszivattyúval működik. Az ilyen szivattyú nem képes fenntartani az áramlási sebességet, ha a szerszámban szűkebb csőátmérők vagy akadályt jelentő szakaszok vannak. A pozitív kiszorítású szivattyúkról (ezek bemenő nyílásánál lévő üreg a folyadék beszívásakor tágul, a kimenő nyílásnál lévő üreg a folyadék kiáramlásakor összehúzódik) azt állítják, hogy ezek saját maximális teljesítményük és nyomásuk határain belül fenntartják a konstans áramlási sebességet, de eddig csak kevéssé terjedtek el.

A hűtővezeték-rendszer kialakítására többféle megoldás van, de mindig meg kell gondolni, hogy hogyan befolyásolja az áramlást a kiválasztott módszer. A szerszámon egy csőelosztó (manifold) szerszámfelenként egy bevezető és egy kivezető csatlakozót igényel. De összetettebb, többkörös csőhálózattal is beáramoltatható a hűtőközeg.

További lehetőség egy olyan belső áramlási rendszer, amelyben egy nagyobb átmérőjű főcsatornából kiágazó tápcsatornában jut el a víz a szükséges helyekre. Az ilyen rendszer hátránya, hogy ha nem elég nagy az áramlási sebesség, a víz a kisebb ellenállás irányába folyik, és egyes oldalcsatornába kevés (vagy semmi) hűtővíz jut. Ha egy ilyen rendszerben eldugul egy csatorna, azt nehéz észrevenni; csak a termék minőségének romlásából vagy hőkamerás felvételtől lehet erre következtetni. Hasonló hiba a külső elosztórendszerben is bekövetkezhet, de gyanú esetén az egyes körök ott egyenként ellenőrizhetők.

Nagyon sok szerszámtervező követi el azt a hibát, hogy nem veszi figyelembe, milyen fajta műanyagot fognak feldolgozni a tervezett szerszámban. Pedig vannak olyanok, amelyek különösen érzékenyek a hűtésre, mert könnyen beragadnak a fészekbe, felhólyagosodnak, vetemednek vagy más minőségromlást szenvednek.

A szerző felidézi egy emlékét kezdő feldolgozó korából. Egy üvegszálás műanyag fröccsöntésekor a fúvóka és a szerszám beömlőnyílásának találkozásánál erős eróziót észleltek, és a beömlőcsonc is beragadt a szerszámnyitáskor. Ha kicserélték a beömlőnyílás perselyét, a jelenség egy-két ciklus után újra kialakult. Hosszas vizsgálódás után kiderült, hogy a persely átmérője kisebb az előírtnál. A szerszámgyártó azt mondta, azért szűkítette, mert túl szorosnak találta az illeszkedést. Emiatt azonban a beömlőcsatorna és a fészkeket tartó blokk között kisebb lett az érintkezési felület, csökkent a hőveszteség a perselyben. Amikor beépítették a megfelelő átmérőjű perselyt, a betapadás megszűnt.

Ez a példa is mutatja, hogy milyen fontos a beömlőnyílás körüli és közeli hűtés, de ugyanilyen fontos a fészkek szakszerű hűtése, mert ellenkező esetben a termék is hibás lesz, vagy beragad a fészekbe.

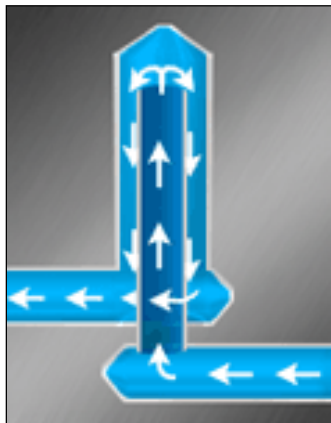
A kopató vagy erodáló hatású műanyagok feldolgozására szánt szerszámok alapanyagát is nagy gondal kell kiválasztani. Üvegszálás műanyagok szerszámait lehet ugyan nagyobb hővezető képességű de kisebb kopásállóságú acélötvözetből

(Ampco, MoldMax, Moldstar) készíteni, de ilyenkor a felületet kopásálló bevonattal kell ellátni.

A keményített acélok hővezető képessége kisebb, mint pl. a kezeletlen P20 acélé, a H13 keményített acélé pl. 15–20%-kal, amit figyelembe kell venni a hűtőcsatornák tervezésekor. Karbantartási megfontolásokból koptató hatású műanyagok szerszámaihoz érdemesebb keményített acélt választani.

Ugyanez vonatkozik a magokra és a betétekre. Ha sikerül olyan hűtőcsatornát kialakítani, amely teljesen körülveszi az elemet, azt nem szükséges nagy hővezetésű acélból készíteni. Szűk helyeken nagyon jó hatásfokú lehet a *buborékhűtés*.

A buborékhűtés elvét az 1. ábra mutatja. A hűtőcsatorna felső függőleges szakaszát a hűtendő elem furatába építik be. A hűtőcsatorna alsó szakaszából ebbe felül nyitott csőszakasz (buborékfej) nyúlik be, amelyből a víz folyamatosan kibuborékol, és folyamatosan hűti a vastagabb cső falát, majd ennek a csőszakasznak a vízszintes ágán áramlik tovább. Ez a hűtésforma nagyon jó hatásfokú a finom részletek hűtésére. A buborékoló mindkét szakaszában azonos áramlási ellenállásnak kell lennie. A belső és a külső cső átmérőjének optimális hányadosa 0,7. Buborékolók kaphatók a kereskedelmi forgalomban. Vannak, akik félnek attól, hogy a buborékolók könnyen eldugulnak. Ez megelőzhető megfelelő vízelőkészítéssel. A szerző maga is sokat küszködött a dugulással, de ezt a szerszámok rendszeres savas átöblítésével sikerült kiküszöbölni. Ha a hűtőrendszerben a víz áramlásának zavarai miatt többször meg kell növelni a ciklusidőt, nem elég a hibát elhárítani és nem szabad azonnal más hűtési lehetőségeken gondolkodni, hanem fel kell deríteni a hiba okát, és ezt kell kiküszöbölni.



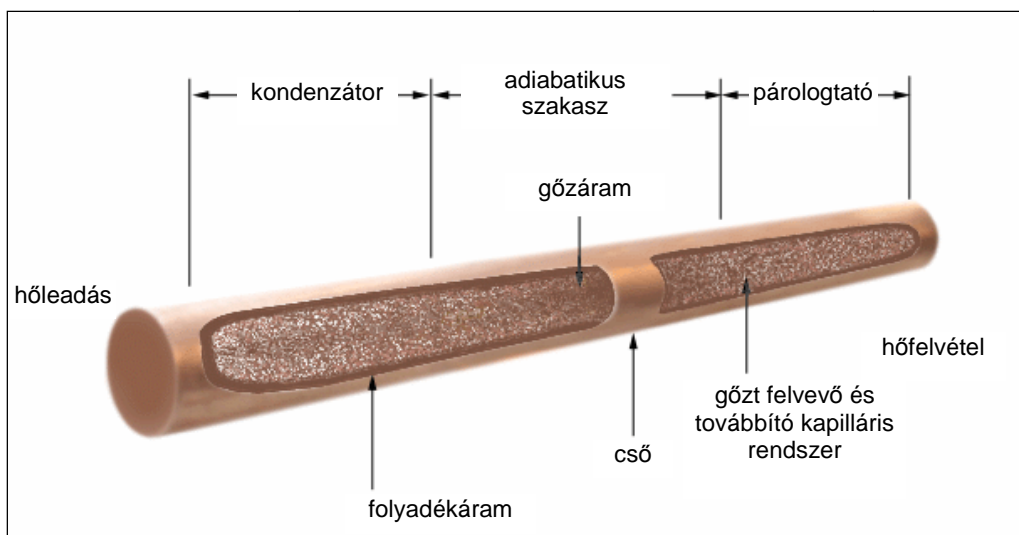
1. ábra A buborékoló hűtés elve

Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy mennyire kell figyelni a fészek részleteire, mert ezektől függ az acélfelületek mindenkori hőállapota, ami meghatározza a termék minőségét és a ciklusidőt. A fészek finom részleteinek hűtésekor felmerül a kérdés, hogy hol van a hűtővízcsatornák alsó mérethatára. Van egy új technológia, amely szerint nagyon szűk helyeken 1,5 mm átmérőjű csövekben folyékony széndioxidot alkalmaznak hűtőközegként. Bizonyos helyeken ez valószínűleg nagyon hatásos lehet. A szerző szerint azonban a legtöbb esetben némi kreativitással ott is lehet vizet használni, ahol sokak szerint az lehetetlen. Ezt egy saját példával támasztja alá.

Egy kisméretű négyfészkes szerszámban gyártandó termék középső részén volt egy U alakú horony. A hornyot kialakító acélelem vastagsága mindössze 2,5–3,8 mm, hossza és szélessége 19 mm volt. Ez az acélelem annyira visszatartotta a hőt, hogy csak 40 s ciklusidővel kaptak megfelelő minőségű darabot. Ha rövidebb ciklusidővel dolgoztak, a műanyag a horony körül kevésbé zsugorodott, és a horony szűkebb volt a

kelleténél. Az acélelem helyett egy rézből készített, jobb hővezetésű elem valószínűleg kiküszöbölte volna ezt a problémát, de a már majdnem teljesen elkészült szerszámban a csere nagyon költséges lett volna. Ezért szikraforgácsolással 1,5 mm átmérőjű vízcsatornát alakítottak ki a szerszámban, amely átvezetett mind a négy fészek alatt. Maguk sem tudták előre, hogyan fog ez működni. A csatorna olyan szűk volt, hogy a víz csak csörgedezett belőle. Az eredmény azonban elképesztette a stábot. A ciklusidő 17 s-mal csökkent, és a horony ezúttal túlságosan tág lett. Végül az átáramoltatott víz hőmérsékletének emelésével sikerült pontos méretű formadarabot gyártani.

Szerszámot hűteni fűtött csövekkel is lehet. Az ilyen cső egy zárt párologtató-kondenzáló rendszer, amelynek belsejében az elpárolgó gőzt adszorbeáló és továbbító mikropilláris szerkezetű anyag van. A cső a fröccsöntő szerszámban felveszi a műanyagömledék hőtartalmát, ettől a benne lévő folyadék (víz vagy más megfelelő forráspontú folyadék) elpárolog, a mikropilláris a gőzt felveszi és a cső alacsonyabb hőmérsékletű vége felé szállítja, ahol forráspontja alá hűlve és kicsapódva leadja a felvett hőt, majd visszaáramolva a szerszámba ismét elpárolog, és ez a ciklus ismétlődve hűti a szerszámot (2. ábra). A szerző kipróbálta ezt a módszert, alkalmasnak találja kiegészítő hűtésként egyes szerszámrészekben, de továbbra is a vízárammal végzett hűtés mellett áll ki.



2. ábra A fűtött csöves hűtés elve

A buborékfűtés változatlanul a kedvencei közé tartozik, de ennek méretezése, kivitelezése nagy hozzáértést kíván, hiszen a buborékolóhoz vezetett cső legkisebb mérete 3 mm-nél alig több, magának a buborékolónak az átmérője ilyenkor nem egészen 2,3 mm, és csak akkor működik megbízhatóan, ha a buborékoló és a vízáramot vezető cső keresztmetszete megfelelő arányban van egymással.



Összefoglalva az a véleménye, hogy az alapvető hűtési eljárásokkal – kicsit túllépve a megszokott rutinon – meglepő eredményeket lehet elérni. Ha egy feldolgozó kicsit alaposabban körülnéz ezen a területen és kiszámítja a megtérülést, maga is rájön, hogy a rossz vízkezelés miatt eldugult hűtővízcsatorna milyen sok pénzbe kerül.

## **Az Engels cég új „smart” szerszámhűtése**

Az Engels cég 2016 júniusában schwertbergi központjában (Ausztria) a műanyagokkal foglalkozó nemzetközi szaksajtónak beszámolt azokról az újdonságokról, amelyeket a cég az októberben sorra kerülő düsseldorfi kiállításon, a K 2016-on készült bemutatni a szélesebb közönségnek. Az újdonságok között vannak fröccsöntő gépek és robotok, továbbá ezek kiegészítő berendezései. Ezek révén be akart számolni arról, hogy milyen eredményeket ért el az energiahasznosítás, a rendszermegoldások, az intelligens gyártás és általában a már nyomokban elkezdődött Ipar 4.0-nak nevezett új ipari korszak kitűzött céljainak megvalósításában. A továbbiakban az ebben a szellemben kifejlesztett szerszámhűtésről elhangzottakat idézzük fel.

A „*smart*” jelzöt szívesen használják a közeljövő műszaki eszközeinek és technológiáinak jellemzésére. Sokféle magyar jelentése van ennek a szónak, az adott esetben az „*intelligens*” illik hozzá a legjobban. Ezzel jellemzi a cég fröccsöntő gépekhez kifejlesztett új hűtési rendszerét.

A cég előadói elmondták, hogy egy 50 tonnás elektromos hajtású *e-mac 50* típusú fröccsgép a felvett energia 42%-át szerszámhűtésre használja. A világ fröccsöntő üzemeiben keletkező selejt legnagyobb részének oka pedig az lerakódásoktól leszűkült vagy eltömődött hűtőrendszer és a vízellátás fluktuáló nyomása. És amit kevesen tudnak: *a szerszámfal 1 °C változása a hűtés időtartamának 2%-os változásával jár.*

Az Engel cég egyik fő bemutatandó újdonsága egy fröccsszerszámok hőmérsékletét szabályozó rendszer, amelynek része a *iQ flow control* szoftver. Ezzel a cég szoftvercsaládja, amelyik eddig két tagból, az *iQ weight control*ből és az *iQ clamp control*ből állt, egy harmadik taggal bővül. Ez az új tag arról gondoskodik majd, hogy a hűtőközeg a szerszámokban mindig optimális áramlási sebességgel keringjen, amit eddig csak kísérletekkel vagy hibák árán tudtak beállítani. Ez a funkció nagyon fontos, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a különböző hűtőkörökben gyakran eltérő áramlási sebességgel érhető el a jó hatásfokú hűtés.

A szerszámhőmérsékletet szabályozó új rendszerben a hűtőkörben mérik a hőmérsékletet, és a nyomás beállításával csak a hűtéshez optimálisan szükséges mennyiségű folyadékot áramoltatja át a szivattyú a rendszeren. A rendszer részét képezi az Engel elektronikus áramlást monitorozó és szabályozó *e-flo* nevű egysége, amely a vízáramokat elosztó csőelágazásnál funkcionál, továbbá egy víz hőmérsékletet szabályozó új egység (TCU) változó sebességgel dolgozó szivattyúkkal. Az utóbbit az Engel és a svájci HB-Thermhof közösen fejlesztette ki, akárcsak az *iQ flow control* szoftvert. Az Engel kidolgozta az *OPC-UA* (open platform

communication unified architecture) protokollt a TCU interfészeként *CC300* típusú, fröccsgépet szabályozó rendszeréhez. A cég szerint az *OPC-UA* új ipari standarddává válhat, amelyet korábban nem alkalmaztak a fröccsöntésben. Ennek univerzális, teljes platformon bonyolítható kommunikációs készsége magas szintű alternatívája lehet a ma csak az egyes pontok közötti kommunikációt lehetővé tevő *RS-232* vagy *RS-485* standard. Ebben az esetben az *OPC-UA* megengedi majd az e-flomo egységnek, hogy „beszélgessen” a TCU-val a *CC300* gépszabályozás *iQ flow control* szoftverje révén.

Az első lépés, hogy meghatározzák a publikált irodalmi értékek alapján  $\Delta T$  értékét (a beáramló és a kiáramló víz hőmérsékletének különbségét) minden egyes hűtőkörre (pl. 1–3 °C a nagy értékű műszaki cikkekre, >5 °C a nagy méretű darabokra). A hűtőkörökben elhelyezett érzékelők alapján az *iQ flow control* szoftver beállítja a TCU szivattyú sebességét arra a minimális áramlási sebességre, amellyel teljesíthető a kívánt  $\Delta T$ . Az *Engel* szerint ezzel a szerszámhűtés energiaigényét akár 80%-kal lehet majd csökkenteni. Az új *HB-Therm TCU* a variálható szivattyúsebességgel csak az Engelen keresztül lesz hozzáférhető, de az *Engel OPC-UA* kommunikációs rendszere és *iQ flow controlja* más TCU-khoz is felhasználható lesz.

Összeállította: Pál Károlyné

Gries, H; Dorat, C. „Man möchte nicht glauben, was in der Praxis alles schiefgehen kann” = *Kunststoffe*, 106. k. 3. sz. 2016. p. 52–85.

Kerkstra, R.: Tooling: Let’s get serious about mold cooling Part 1 = *Plastics Technology*, 2016. júl., [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com)

Kerkstra, R.: Tooling: Let’s get serious about mold cooling Part 2 = *Plastics Technology*, 2016. aug., [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com)

Bubblers (concept) = Autodesk, 2014. okt. 07. <https://knowledge.autodesk.com>

Naitove, M. H.: Engel previews K 2016 introductions = *Plastics Technology*, 2016. aug., [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com)

Aavid – The worldwide leader in thermal management solutions. How a heat pipe works = <http://www.aavid.com/product-group/heatpipe/operate>