

Temperálás a műanyag-feldolgozó üzemben

A temperálás „jósága” közvetlenül befolyásolja a gyártási technológiát (pl. a ciklusidőt) és a termékminőséget. A megfelelő berendezés kiválasztásán túlmenően egy sor ellenőrző és karbantartó műveletet kell elvégezni, hogy a temperálás hosszú távon hatékony maradjon.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; temperálás; szerszám; fűtés; hűtés; hűtőgép; hűtővíz; energia-visszanyerés.

A németországi gazdasági nehézségek a műanyag-feldolgozókat is erősen érintik. De amíg a nagyobb vállalatok áttelepíthetik gyártásukat az alacsony munkabérű kelet-európai vagy ázsiai országokba, a német gazdaságban meghatározó kis- és középvállalatok számára nincs más választás, mint a költségcsökkentés. *Nagyon jelentős megtakarításokat hozhat pl. a feldolgozás közben alkalmazott fűtés és hűtés felülvizsgálata.*

Egy fröccsöntő üzemben a szerszámok temperálásának vagy hűtésének elve sokkal többet jelent, mint a megfelelő teljesítményű berendezések beszerzése. A takarékoságnak pedig teljesen hibás módját választja az a cég, amely csupán az ára miatt vásárol meg egy olcsó temperálóberendezést. *A szerszámtemperálás az egész gyártási folyamatnak egy nagyon meghatározó része, ezért nagy figyelmet kell neki szentelni a folyamattervezéskor, de a szerszámtervet is össze kell hangolni a temperálórendszerrel. Gondolni kell a feltétlenül szükséges karbantartásra, annak egyszerű kivitelezhetőségére. Nem szabad megfelelkezni a rendszerben keringetett víz minőségéről sem.*

Számos üzemben elhanyagolják a temperálóberendezés ellenőrzését és karbantartását. Reklamációkor nem egy esetben kiderül, hogy a szerszámon belüli hűtővezeték teljesen el van tömődve, és a hűtővíz kizárólag a szerszámot elkerülő vezetékszakaszon (bypass) keresztül kering. Emiatt a szerszám nagyon lassan hűl le, megnő a ciklusidő, a feldolgozó nincs megelégedve a berendezéssel.

Jó temperálás nélkül nincs jó minőségű termék

A szerszámtemperálásnak nagyon komoly hatása van a mechanikai tulajdonságokra, a felület szépségére, a pontos méretekre, a vetemedésmentességre. Közvetlenül határozza meg a hűtési időt, ezáltal a ciklusidőt, azaz a gyártás gazdaságosságát.

Ma még ritka az olyan fröccsöntő szerszám, amelyben a formadarab egyetlen hőmérsékletprofil mutat a hűlés alatt, mert a szerszámok tervezésekor a termodinami-

kai szempontokat figyelmen kívül hagyják. Ha ilyenkor infravörös elemzésnek vetik alá a hűlőfélben lévő darabot, és termikus számítások után szakszerűen módosítják a szerszámot, meglepően jó eredményeket kaphatnak. Csak termikusan optimalizált szerszámokban lehet gazdaságosan, biztonságosan nagy értékű fröccsöntött darabokat gyártani.

A megfelelő teljesítményű és üzemmódú temperálóberendezést csak akkor lehet kiválasztani, ha pontosan ismerik a gyártandó formadarab valamennyi részletének termikus tulajdonságait. Ezek kiszámítása meglehetősen időigényes, de az ilyen munka gyorsítására szoftverek állnak rendelkezésre. A temperálócsatornákat a számításoknak megfelelően kell kialakítani és méretezni. *Mivel a gyártandó darab formája nem mindig teszi lehetővé a szokásos furatos csatornakialakítást, a szerszámfészkek közelében marással, valamilyen kötéstechikával oldják azt meg, esetleg a temperálást segítő mechanikai eszközöket alkalmaznak. A sarkok „körbefűrése”, az áttörések, a kidobók pl. néha háromszor annyi hőmennyiséget tudnak elvezetni, mint a hagyományos hűtőcsatornák.* Ha a formadarabot különböző magasságban, „szinten” veszik körül a hűtőcsatornák, nagyon egyenletes hőmérsékletprofil lehet elérni. Számos szerszámgyártó már sorozatban gyártott szerszámaiban alkalmazza az egyenletes hőelvonásnak ezeket a „trükkjeit”.

A jó temperálás növeli a termelékenységet

Az optimális temperálásnak nem csak az azonnal érzékelhető, kb. 30%-kal rövidebb ciklusidő a „hozadéka”, hanem az ebből következő más megtakarítások is. A rövidebb ciklusidővel növekszik a gépkapacitás, esetleg meg lehet takarítani egy új szerszám elkészítetését vagy akár egy újabb gép beszerzését (a hozzá tartozó hellyel, kiszolgálóberendezésekkel és energiaigénnyel együtt). A jó minőségű termék kevesebb utómegmunkálást igényel.

A feldolgozónak ma ki kell elégítenie a megrendelő különleges kívánságait, akkor is, ha csak kisebb darabszámot rendel meg. Emiatt gyakori az üzemben a szerszámcsere, ami tetemes idővesztést okoz. A néhány perces szerszámcsere követő felfűtés – különösen pl. az autógyártásban használt nagyméretű szerszámoké – óras nagyságrendű lehet. Ilyenkor hasznosak az előfűtő programmal (vagy azzal is) dolgozó temperálóberendezések, amelyeket csak egy gyors felfűtés után kapcsolnak át temperáló üzemmódba.

A temperálóberendezéseknek nem az a fő feladata, hogy a kívánt hőmérsékletre melegítse fel a vizet, hanem az, hogy a fröccsöntő szerszám valamennyi részében pontosan beállítsa a kívánt hőmérsékletet. Ez optimálisan teljesíthető a *szakaszos többtartományú temperálással* (segmentierte Mehrbereichtemperierung). *Ennek a több mint tíz éve alkalmazott technikának az a lényege, hogy a meleg formadarab minden egyes felületeleméből annyi hő távozzon el a szerszám falán keresztül, hogy a teljes formadarab egyenletes hőmérsékletprofil adjon. A rendszer számos hűtőkört tartalmaz, és minden hűtőkör a többitől elkülönítetten szabályozható. A direkt hűtéssel ezek össze vannak kapcsolva, és együttesen optimális tulajdonságú terméket eredményeznek a*

lehető legkisebb ciklusidővel. Ezek a speciális többkörös berendezések helytakarékosak, és könnyen beilleszthetők a gyártósorba.

A jó temperálás a gyártás biztonságát szolgálja

A folyamatellenőrző képernyője kijelzi minden egyes hűtőkör előírt és tényleges hőmérsékletét, az átáramló folyadék mennyiségét és a visszaáramló folyadék hőmérsékletét, és ezeknek az adatoknak az alapján a szabályozórendszer a szükséges helyeken beavatkozik. Valamennyi adat bekerül a tárolóba. Az átáramló folyadék mennyiségének mérése és dokumentálása magas fokú biztonságot ad a gyártási folyamatnak, mert azonnal felfedezhető bármilyen tömítetlenség vagy más hiba a rendszerben.

A leggyakoribb hiba a hőátadást rontó szerves vagy szervetlen anyagok lerakódása a temperálócsatornában. Ilyen lerakódások kialakulása rövid idő alatt leronthatják a fáradságosan optimalizált temperálás hatását. Lerakódásokat okozhat a nem megfelelő minőségű víz a rendszerben. Általában érvényes, hogy *minél melegebb a víz, annál hamarabb lép fel korrózió vagy lerakódás,* és emiatt akár 60%-kal nőhet a hűtési idő és 30%-kal az üzemi költségek. *Ennek elkerülésére célszerű a szerszámokat levételkor a hűtőcsatornák megtisztítása után a tárolóban elhelyezni, vagy még szerencsésebb, ha felfogás előtt vizsgálják át és tisztítják meg őket.* Számos üzemben csak az előre betervezett időben végzik el az átvizsgálást, és a termelés sürgető nyomása alatt nem foglalkoznak megelőző karbantartással. A korszerű, automatikus tisztítóberendezések sokat segíthetnek ebben a munkában. A rendben tartott szerszámokkal mindenkor elérhető az elvárt teljesítmény és a megbízható működés. *Az elhanyagolt szerszámokkal ezzel szemben rosszul megy a munka, és tisztításuk többszörös erőfeszítésbe kerül, sőt selejtes termék eredményez vagy akár a termelőberendezés károsodását is okozhatja.*

Berendezések „trópusi” kivitelben?

A gyártás biztonságának feltétele az is, hogy maga a temperálóberendezés szobahőmérsékleten dolgozzék. Erről a beépített hűtőkör gondoskodik. Az elmúlt évek forró nyarai azonban számos helyen meghaladták a hűtőgépek teljesítőképességét, és emiatt fröccsöntő gépeket kellett leállítani. A gyártók egy része ugyanis bízott a németországi mérsékelt időjárásban, és kisebb kapacitású hűtőberendezéseket vásárolt, mint amilyenre szükség lett volna. Úgy tűnik, hogy az időjárás-változás tartós lesz, és a német műanyag-feldolgozók is kénytelenek lesznek „trópusi” kivitelű berendezéseket vásárolni.

A **GWK Gesellschaft Wärme Kältetechnik mbH** (Kierspe) 2003 forró nyarán (amikor hiánycikké váltak a hűtőgépek) döntött úgy, hogy kínálatát kibővíti ilyen berendezésekkel, annál is inkább, mert a meteorológusok szerint a jövőben sem lesznek ritkák az ilyen nyarak. Hűtőgépeinek két új sorozatát – a *weco* és a *CIC* sorozatot – fejlesztette ki, amelyekben magas hőmérsékleten is hatásosan működő klórmentes és ezért az ózonpajzsra ártalmatlan *R 134a* hűtőfolyadékot alkalmaz. A *weco* sorozat gé-

peibe *scroll-kompresszorokat*, a nagyobb teljesítményű *CIC sorozat* gépeibe *csavar-kompresszorokat* építenek be, és ezekben a gépekben megnövelték a kondenzátort és az egész hűtőrendszert. A weco sorozatban jelenleg 7, a CIC sorozatban 8 különböző nagyságú hűtőgépet kínálnak 11–71 kW, ill. 100–300 kW teljesítménnyel. Mindkét géptípusnak van levegő- és vízhűtéses változata. A levegővel hűtött változat kondenzátora beépíthető a gyártóüzemben, vagy elhelyezhető azon kívül, egy központi berendezésben. A CIC berendezéseket külön kívánság esetében energiatakarékos *Hermeticool* változatban szállítják. Messzemenően figyelembe veszik a megrendelő egyéb kívánságait is.

A hűtővíz előkészítése

Korábban már utaltunk arra, hogy a hűtési folyamatban nagyon fontos a hűtővíz megfelelő minősége. *Az alkalmatlan hűtővíz számos hiba forrása lehet: korróziót, lerakódásokat hoz létre, ezek rontják a hőátadást, emiatt nem csak a ciklusidő nő meg, hanem egyre több vízre van szükség, ami egyre több villamos energiát fogyaszt.* A korrózió tömítetlenséget válthat ki, és akár a szerszám meghibásodásához is vezethet. A víz kellemetlen hatásainak kivédésére a szerszám legkényesebb részeit korrózióálló anyagból célszerű elkészíteni, pl. rozsdamentes acélból vagy a fészkeket krómozott felülettel.

Mindenekelőtt azonban a víz megfelelő minőségéről kell gondoskodni. Tájékozódni kell a rendelkezésre álló helyi vízforrásokról, és azokat széles körű laboratóriumi vizsgálatnak kell alávetni. *Az 1. táblázat* javasolt felső határértékeket tartalmaz – a szerszámhűtéshez használt vízre szigorúbbakat, mint a gép hűtőrendszerében alkalmazottéra. A táblázatban feltüntetett értékek nem jelentik azt, hogy bizonyos értékek felett – pl. eltérő pH miatt – a víz nem alkalmas hűtésre, és főképpen nem jelenti azt, hogy ezeknek az értékeknek a megléte mentesít az adott célra használt víz előkezelésétől (pl. keménység- vagy pH-beállítás).

A víz nem csak a gyártóberendezést károsíthatja, hanem a kezelőszemélyzetre is veszélyes lehet. Okozhat bőrrallergiát, de kórokozók is elszaporodhatnak benne, ezért erre is figyelemmel kell lenni.

Egy műanyag-feldolgozó üzemben nem csak zárt, hanem nyitott rendszerben is alkalmazhatnak hűtővizet, pl. extrudáláskor a profilok hűtésére. Az ilyen víz csak szűrés után használható fel újra. Erre a célra a spanyol **Azud** cég (Alcantarilla/Murcia) kínálja automatikus öblítéssel működő *Helix* márkanevű tárcsás szűrőberendezését.

Hűtés energia-visszanyeréssel

Ha a hűtés célhőmérséklete 20 °C körül van, hűtővízként alkalmazható kútvíz, felszíni víz; ezek hőmérsékletében azonban nagyok lehetnek a különbségek. Hőcserélő alkalmazásával azonban hőmérsékletük 12–90 °C között szabályozható. Az erre alkalmas berendezések beruházási költségei viszonylag alacsonyak.

Műanyag-feldolgozó szerszámok és -gépek hűtővizének ajánlott minőségi jellemzői

Jellemző	Egység	Szerszámhűtés (zárt rendszer)	Géphűtés
pH-érték	pH-egység	7,2–9,5	7,2–9,0
Vezetőképesség	μS/cm	<3000	1000-2000
Összes keménység (CaCO ₃)	mg/l	<10	60-800
Kalciumkeménység (CaCO ₃)	mg/l	<10	60-800
Összes alkálitartalom, (CaCO ₃)			
Kationok			
Összes vas (Fe)	mg/l	<0,5	<1,0
Réz (Cu)	mg/l	<0,05	<0,5
Alumínium (Al)	mg/l	<0,1	<0,1
Anion			
Szabad klór (Cl ₂)	mg/l	0	<1,0
Összes klorid és szulfát	mg/l	<400	<400
Szulfát (SO ₄)	mg/l	<300	<300
Szilikát (SiO ₂)	mg/l	<150	<150
Mikrobiológiai aktivitás			
Szulfátot redukáló baktériumok	koli/ml	<1	<1
Összes aerob baktérium	koli/ml	<10	<10
Szilárd anyag			
Lebegő részecskék	mg/l	<10	<10
Szilárd részecskék nagysága	μm	<5	<10
Max. korróziós sebesség (90 napos próba)			
Lágy ötvözetlen acél	μm/év	<1,0	<3,0
Réz	μm/év	<0,5	<0,5
Alumínium	μm/év	<0,5	–

Ha 35 °C-ig kell hűteni, hűtőtornyokban vagy szabad hűtőkben lehet 25–55 °C-ig visszahűteni a vizet. A hűtőtornyokban visszamaradó vízben azonban feldúsulnak az oldott sók, az ilyen vizet ezért csak előkezelés után lehet ismételten felhasználni.

A szabad hűtők (amelyekben a víz a környezetnél 4–5 °C-kal magasabb hőmérsékletre hűl le) zárt rendszerben is jól működnek, és nagyon gazdaságosak a 28–90 °C közötti hőmérséklet-tartományban.

Nagyon pontos hőmérséklet beállításához azonban temperálóberendezéseket kell használni megfelelő hűtőgéppel. A mai energiainséges világban egyre nagyobb az igény arra, hogy a hűtés eredményeképpen felmelegedett víz hőenergiáját hasznosítsák.

A **Wenz Kunststoff GmbH** (Lüdenscheid) pl. számos hűtőberendezést állított fel különböző műanyag-feldolgozó üzemekben, amelyek az üzemi munka szüneteltetésekor is fűtik a munkahelyet. Az **Industrielle KühlSysteme GmbH (IKS)** (Schwarzhofen) szabadalma alapján gyártott berendezésekben hőcserélőt építenek be a kondenzátor elé, amely elvezeti a visszaáramló vízből a fölös energiát. Szabályozórendszer gondoskodik arról, hogy a kondenzátorban konstans legyen a hőmérséklet, és hogy a temperáló víz hőmérséklete soha ne legyen kevesebb 55 °C-nál. Munkaszünetkor a berendezés csökkentett teljesítménnyel dolgozik, és csak annyi hőt termel, hogy a munkahely ne hűljön a megengedett hőmérséklet alá. Ha a hő egy részét a tűzvédelmi sprinklerrendszer részét képező víztárolóba vezetik, az ilyen módon hőtárolóként is szolgálhat, és tovább növeli a hővisszanyerés hatásfokát.

Ha egy hűtőberendezés 5–30 °C-os hőmérséklet-tartományban dolgozik, energiamegtakarítás céljából „téli üzemben” a felmelegedett hűtővizet szabad hűtőn keresztül vezethetik vissza a rendszerbe, ahol a környezeti hőmérséklet hatására lehűl, és a hűtőgépnek már csak korrigálnia kell a hőmérsékletet. Előfordulhat, hogy a hűtőgépet teljesen ki lehet kapcsolni. A kompresszor teljesítménye kb. 20%-kal csökken a szabad hűtőben bekövetkező minden 1 °C-os hőmérséklet-csökkenés nyomán.

Hőszivattyús hűtőberendezést akkor alkalmaznak, ha a zárt rendszerben nagyon alacsony és nagyon állandó hőmérsékletet kell fenntartani, mégis van lehetőség a fűtési költségek csökkentésére. A visszanyert energiát technológiai célokra is fel lehet használni, pl. egy lakkozóberendezés fűtésére. Németországban néhány tartományában az ilyen megoldásokat dotációval támogatják.

Összeállította: Pál Károlyné

Gries, H.: Ist Werkzeugtemperierung neu zu definieren? = Kunststoffberater, 2005. 9. sz. p. 46–50.

Zuverlässig kühlen in heißen Zeiten. = Kunststoffberater, 2004. 6. sz. p.12.

Weber, A.: Immer gut gekühlt. Management von Prozesswassersystemen. = Plastverarbeiter, 55. k. 1. sz. 2004. p. 28–29.

Aus der Praxis – Neue Wege in der Kühlwasserfiltration. = GAK, Gummi Fasern Kunststoffe, 57. k. 5. sz. 2004. p. 308.

Liefert Energie auch in den Pausen. Wärmerückgewinnung: Mit IKS-Kühlanlage verzichtet werden. = Kunststoffberater, 2004. 6. sz. p. 13.

Abschied vom Energiefresser. = Plastverarbeiter, 57. k. 4. sz. 2006. p. 74–75.