

A fröccsöntés jövője

A fröccsöntési technológia állandó megújulást mutatott az utóbbi évtizedekben, és ez a tendencia a jövőben is folytatódni fog. A súlycsökkentés egyik módszere a habosítás tovább bővül. A mechanikai jellemzőket és a hajlítási modulust új, hosszú szálerősítési eljárásokkal javítják. Új felületkialakító eljárásokat fejlesztenek ki, és a termékminőséget adaptív szabályozással teszik állandóbbá. Fontos kérdés a fröccsgépek és perifériáik energiafogyasztásának mérséklése, a ciklusidők csökkentése is.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; habosítás; szerszámkészítés; felületkezelés; erősített műanyagok; PP; TPO; ABS.

A fröccsöntés, a műanyag-feldolgozás legjellemzőbb technológiája, már régóta, széleskörűen alkalmazott eljárás, mégis egyre újabb technológiai újdonságok teszik még hatékonyabbá, feszegetve a műszaki és gazdaságossági korlátokat. A jövő fejlesztési eredményeire vonatkozó jóslatok a meteorológusok időjárás előrejelzési munkájához hasonlít, mégis, a jelenlegi trendek extrapolációjával bizonyos irányvonalak meghatározhatók.

Súlycsökkentés habosítással

Számos iparágban (pl. autógyártás, légitörekedés, mobil eszközök, stb.) fontos követelmény az alkatrészek súlycsökkentése. *Az új anyagok, szerkezeti megoldások és az additív gyártástechnológia kínálja funkcióintegrálás mellett várhatóan nagy jelentősége lesz a fröccstermékek habosításának.*

A hőre lágyuló műanyagok kémiai habosítása is sok évtizedes múltra tekinthet vissza. Ennél az eljárásnál a habosító szert a granulátummal együtt adagolják be a fröccsgépbe, ahol az ömledék hőmérsékletét elérve elbomlik, és eközben jelentős mennyiségű gázt (általában: N_2 , CO_2) szabadít fel, ami a fizikai habosításhoz hasonlóan beoldódik az ömledékbe.

A hőre lágyuló műanyagokat többféle eljárással lehet habosítani. Ezek egyike a *fizikai habosítás*, amikor valamilyen inert hajtógázt, túlnyomórészt nitrogént (N_2) vagy szén-dioxidot (CO_2) kevernek be a nyomás alatt álló műanyag ömledékbe. Amikor a szerszámüregbe jutva az ömledék nyomása egy kritikus érték alá csökken, az oldott gáz felszabadul és kihabosítja a terméket. A gáz felszabadulása általában már a befröccsöntésnél megindul, amikor az ömledék nyomása a folyási front környékén a

beoldási nyomás alá csökken, ami a CO₂ esetében 70 bar, az N₂-nél pedig 34 bar. Viszonylag új eljárás a Trexel cég *MuCell* eljárása, amelynél a hajtógázt a fröccshenger oldalán vezetik be szuperkritikus állapotú folyadékként az ömledékbe. Ennél a módszernél speciális keverőelemeket használó csigakiképzés biztosítja a hajtógáz finom eloszlását. Általában N₂-t használnak, mivel ez olcsóbb, mint a finomabb cellaszerkezetet eredményező CO₂.

Szintén új megoldást kínál a német RWTH aacheni IKV intézete, ahol a hajtógázt az etető tölcserbe vezetik be, amelyet azután, hogy granulátummal feltöltötték, légmentesen lezárnak. A tölcserben a hajtógáz nyomása 50 bar, ezen a nyomáson és az etetőtölcser hőmérsékletén a gáz bediffundál a granulátumba. Itt főleg CO₂-t használnak, mert ennek diffúziós sebessége kb. kétszer akkora, mint a nitrogéné. A módszer hátránya a *MuCell* eljáráshoz képest a kissé magasabb gázfogyasztás, ami a tölcser időszakos feltöltésénél kiszökő gáz következménye.

Szintén a hajtógáz bediffundálásán alapul a Lüdenschied Kunststoff Institute, a Linde AG és a ProTec cég együttműködésével a kidolgozás végső fázisában álló eljárás, ahol a hajtógázt egy nagyméretű autoklávban nagy nyomáson nyeletik el a műanyag granulátummal, amelyet azután, az autokláv felnyitását követően, rövid időn belül több fröccsöntő géppel dolgoznak fel. Ez a módszer azon a megfigyelésen alapszik, hogy a PET palackokban tárolt szénsavas víz/üdítő CO₂ tartalmának egy része, huzamosabb tárolás esetén, beoldódik a palack anyagába, és ott, mérsékelt hőmérsékleteken, viszonylag sokáig megmarad.

A mechanikai szilárdság növelése

A hagyományos szerkezeti anyagokkal történő összehasonlításoknál a hőre lágyuló műanyagok Achilles sarka a viszonylag kis E-modulus, vagyis a gyengébb merevség, ami a hőmérséklet emelkedésével tovább csökken. Ez gyakran meggátolja, hogy a műanyag termékek jelentős hajlítási terhelést viselhessenek el. A merevség azonban szálerősítő anyagok bekeverésével növelhető, és hosszabb szálak esetén nő az ütésállóság is. Az erősítő hatás a szálak elrendezésének mentén erősen irányfüggő, amit a szerkezetek méretezésénél jól ki lehet használni.

A hosszú szálakkal történő erősítést ez ideig főleg az ún. *szerves bádóg* néven ismert félkész termékekkel oldották meg, amelyek 90 fokos elrendezésű „végtelen”, szálakból álló szöveteket, vagy egy irányba rendezett szálakból álló szalagokat hőre lágyuló műanyagokkal itattak át, mely utóbbiak csak a szálak irányában fejtenek ki erősítő hatást. Ezeket a félkész termékeket megfelelő elrendezésben egy fröccsöntő szerszámba helyezték be, majd rájuk fröccsöntötték a műanyag mátrixot, ezáltal kialakítva a komplex geometriájú, de a szálak irányában mégis nagy szilárdságú és merevségű termékeket. A szerves bádógok készítésénél általában üvegszalakat vagy szénszalakat elegyítenek hőre lágyuló műanyag szálakkal, majd az emelt hőmérsékleten megolvadó műanyaggal átítatott lemezeket, szalagokat préselnek belőlük, amelyek lehülve megszilárdulnak. A fröccsszerszámba helyezés előtt általában szükség van a sík formátumú szerves bádóg melegen történő formára sajtolására és méretre vágására. Az

előformázott darabokat a fröccsgép mellett elhelyezett kamrában kell előmelegíteni. A hőkezelés és préselés előtti állapotban az erősítő- és műanyag szálakból álló együttes, még flexibilis és formázható, azonban eddig ezt nem tudták kihasználni, mert a fröccs-szerszámba áramló műanyag ömledék hője nem elegendő a félkész termék összeolvasztásához.

Ez az eljárás azonban gyenge pontokat is tartalmaz. Egyrészt a szerves bádóg féltermékek viszonylag drágák. Másrészt alkalmazása növeli a fröccsöntés ciklusidejét még akkor is, ha a féltermékek előmelegítése a fröccsöntéssel párhuzamosan történik. További hátrány a késztermék felületének viszonylag gyengébb minősége és az, hogy az előgyártmány behelyezése és elrendezése következtében a szerszám hőmérséklete egyenetlenül változik.

A nagy terhelhetőségű műanyag alkatrészek iránti igény azonban jelentős mértékű, így több ilyen célú párhuzamos fejlesztés van folyamatban. A Fraunhofer Intézet LBF részlege a vékonyfalú, nem összeolvasztott kétrétegű szálszerkezeteket tartja előnyösnek, amelyek közé műanyagömledéket fröccsöntenek be. Így a két szál-együttesből álló réteg alkotja a termék külső felületét. Ez mechanikai szempontból ésszerű, mivel így a termék keresztmetszetének belső rétegére hajlító igénybevételnél alig jut terhelés. Amikor az előgyártmány réteget olyan helyeken, mint pl. a bordák, bevágják, az ömledék e vágásokon áthatolva a komplex alakú részeket kitöltheti.

Így az alkatrész terhelhetősége a szokásos szerves bádógot alkalmazó fröccsöntéssel készültéhez képest számottevően nagyobb lesz, ahol a műanyagömledéknek meg kell olvasztania a szerves bádógot ahhoz, hogy összehegedjen vele. Az új megoldásnál a szerves bádóg réteg összeolvasztása nem jelent problémát, mivel ennek rétegei nagyon kis, kb. 0,5 mm vastagságúak.

Az ipari megvalósításhoz közelebb áll az aacheni IKV eljárása. Itt a különösen nagy igénybevételeknek kitett alkatrészek szilárdságát és merevségét egyirányú szálakkal rendelkező szerves bádóg szalagokkal javítják fel. E szalagokat vékony fólia-csíkok formájában alkalmazzák, amelyek meghatározott szélességekben, végtelen szálakkal erősített szalagtekercek formájában szerezhetők be. E szalagokat azután a szerszám mindkét felére tartóbélyegekkal rögzítik. Amikor a befröccsöntésnél a műanyagömledék ezeket a bélyegeket eléri, azok a forrócsatorna kaszkádokhoz hasonlóan vezérelve visszahúzódnak a szerszám falába, így az ömledék a szalagokat teljesen körülölelheti. Kihívást jelent azonban a szalagok kezelése. Egy sík erősítéshez több szalagot kell előre konfekcionálni. Ezért egyes gépgyártók, mint az Engel GmbH, a Neue Materialien Bayreuth GmbH céggel együttműködve olyan berendezést készítettek, amely a különböző hosszúságúra vágott szalagokat mintába rendezi és az egyes pontokat összehegeszti. Ezt a szerkezetet lehet azután hőformázni, vagy közvetlenül ráfröccsöntve felhasználni.

Kitűnő felületi minőség változó temperálással

A hosszadalmas utókezelések, mint pl. a lakkozás nélküli jó felületi minőség eléréséhez többféle módszer ismeretes. Például, ha a szerszám belső felületének hőmér-

séklete felváltva lesz meleg, majd hideg, akkor a darab könnyen kivehető és rövidebb ciklusidők érhetők el.

Az ilyen változtatott temperálásra szolgáló eljárás a szerszámüreg indukciós fel-fűtése, amelyet rögtön a szerszám összezárását követően kapcsolnak be. A váltakozó villamos erőter frekvenciájától és intenzitásától függően lehet a behatolási mélységet, és ezáltal a felmelegítés rétegvastagságát szabályozni. Amikor a váltakozó villamos erőteret lekapcsolják, azonnal megkezdődik a termikus kiegyenlítődési folyamat a szerszám addig hideg részeivel. Minél kisebb térfogatú acélmennyiséget kell felmelegíteni, annál alacsonyabbak lesznek az energiaköltségek. Noha rövid ideig nagy teljesítményt használnak, az egész ciklusra számítva azonban az energiafelhasználás mégis viszonylag alacsony értéken marad.

Egy másik, költséghatékonyabb módszer a két, eltérő hőmérsékletű (fűtő és hűtő) temperáló kör alkalmazása. Megoldás lehet a villamos ellenállás fűtés kombinálása a hagyományos folyadék keringetésű hűtéssel, azonban ennek már nagyobb az energiaigénye.

A gépgyártó KraussMaffei a szerszám-specialista Roctool céggel közösen komplett szolgáltatási csomagot kínál az építőelemek kifejlesztéséhez, hogy az indukciós fűtést megvalósíthassák a szerszámokban. A szerszám belső felületét rövid időre 160 °C-ra emelik, ami jelentősen növeli az ömledék folyási távolságát. Így például az 1,5 mm falvastagságú próbatesteknél ABS esetén mintegy 40%-kal, PP-nél pedig 70%-kal lesz hosszabb a folyási út. Az olyan speciális részek, amelyeket utólag galvanizálni kívánnak, nagyon jó felületi minőséget igényelnek.

A KraussMaffei emellett kifejlesztette a *ColorForm* eljárást, amelynél a fröccsöntést követően még a szerszámokban polikarbamid lakkal vonják be a műanyag alkatrészt. Ennek két előnye van. Egyrészt, a kikeményedő lakkréteg karcállóbb felületet biztosít, mint a közönséges hőre lágyuló polimerek. Másrészt a nagy folyóképességű lakk nagy felületeket képes igen vékony réteggel bevonni, miáltal a fröccsöntési felületi hibákat letakarja. Fekete szín esetén az eredmény egy csillogó, a zongoralakkhöz hasonló felület lesz. Ennél a módszernél egy olyan hagyományos fröccsöntő gépre van szükség, amelynek nagy nyitótávolsága van. A szerszámot egy függőleges elforgató egységgel kell ellátni, így nincs szükség egy második fröccsaggregátra, amely helyett egy adagoló berendezés táplálja be a kétkomponenses polikarbamid lakkot. A két alapkivétel összekeverését a fröccsszerszámba épített keverőfej végzi el. A svájci Weidplas ezzel a technológiával gyártja a Peugeot 3008 gépkocsi A-oszlopjának burkolatát.

Egy további lehetőség speciális felület előállítására a fóliák hátoldalára történő fröccsöntés. A gépgyártó Engel, a szerszámkészítő Kaufmann és a felületek specialista-jának számító Benecke-Kaliko cég együttműködésével kidolgozott eljárásnál a fóliákat a szerszámba helyezés előtt hőformázással alakítják. Ez tulajdonképpen a szerszámokban végzett felületkiképzés, melynek során valamilyen felületi texturát alakítanak ki. Egy kb. 0,5 mm vastag, PUR lakkal bevont TPO fóliát melegítenek fel infravörös besugárzással, majd a nyitott szerszám kidobó oldalán mélyhúzzák. Itt tehát a fröccs-szerszámnak két funkciót is el kell látnia. A mélyhúzásnál a nyomás hatására a TPO

fólia a szerszám strukturált felületére nyomódik. A felületi struktúra kialakításáról egy többrétegű nikkel héj gondoskodik, amelyet a megfelelő recézéssel és a levegő elszívására szolgáló furatokkal láttak el. A két réteg közötti üreges teret egy mikro-porózus, levegőt áteresztő gyanta biztosítja. Ez az eljárás még nem terjedt el az ipari gyakorlatban, ezért gazdaságossága még kérdéses. A konzorcium számításai szerint mintegy 14%-os megtakarítás várható a többlépéses eljáráshoz, vagyis a fröccsöntést követő lakkozáshoz képest.

A fóliák hátsó felületére történő fröccsöntés nem csak dekorálásra, illetve a felületi hibák eltakarására alkalmas. Az autóiipari beszállító Heyco cég a fóliára vezetőképes festékekkel áramköröket nyomtatott, és így például a fröccsterméket kapacitív érintő billentyűzettel is el lehet látni. Megfelelő színezéssel elérhető, hogy a termék a megfelelő helyeken átlátszó legyen, és így bekapcsolt hátsó megvilágítás esetén a szimbólumok láthatóvá válnak. A megszakítás nélküli fóliaréteg külsején kialakított színes karakterek hátsó megvilágítás nélkül is láthatók lesznek.

Termékminőség ingadozásának visszaszorítása

A KraussMaffei és a Duisburg-Essen Egyetem kooperációja *az önzáró fűvókák alkalmazásának kívánt búcsút inteni*. A kiindulási pontot a visszaáramlást megakadályozó fűvókák problémás zónája jelentette. Az ilyen fűvóka tulajdonképpen olyan visszacsapó szelepként működik, amely megakadályozza, hogy a szerszámüregbe nagy nyomáson befröccsöntött műanyagömladék a csigahengerbe visszaáramoljon. Mivel ez a szelep ciklusonként nem mindig teljesen egyformán zár le, a befröccsöntött anyag mennyisége kb. 1%-kal ingadozik, amit az utónyomási fázisban ki kell egyenlíteni. Ez még nem lenne baj, ha nem jelentkezne az ezzel járó folyamatos koptatás és az ennek okán szükségessé váló javítási igény. E probléma megoldását jelentheti, ha a csigacsúcsot úgy alakítják ki, hogy az torlóhatású legyen. A barrier csigákhoz hasonlóan, a plasztikálásnál az ömladékra torlónyomás hat. Az ezt követő befröccsöntésnél a fröccsnyomás jelentősen nagyobb, és ez visszaáramlást idéz elő. Ezt a visszaáramlást kompenzálják azzal, hogy a befröccsöntésnél a csiga fordulatszámát alacsonyan tartják és ezáltal tovább plasztikálnak. A hagyományos visszacsapó-szelepes megoldásokhoz képest számottevően csökken a befröccsöntött adagsúlyok ingadozása. Hátrányt jelenthet viszont a némileg hosszabb plasztikálási idő, mivel az ilyen csigáknál megnő a torlónyomás. A meghajtás áramfelvétele nő, viszont a palástfűtés csökkenése ezt kompenzálja. Az ömladék hőmérséklete kb. 10 °C-kal emelkedik és az adagsúly nagyobb lesz. Így csökkenthető a csigához palástfűtés-hőmérsékletének beállítása.

A termék minőségének eltéréseit nem csak a fűvóka záródásának ingadozásai befolyásolják. Gyakori eset, hogy az etetőtölcsér újbóli feltöltésénél az új tétel kiszárítotttsági foka eltérő, vagy az anyag folyási tulajdonságait befolyásoló valamelyik más tényező változik meg. Ilyenkor a fröccstermék minősége eltérhet az előírt értékektől és ezt a rendszert vezérlő mikroprocesszor nem tudja korrigálni, a gépkezelő beavatkozása szükséges. E problémán segít az *adaptív szabályozás*, amelynél, nagyobb számítási teljesítmény felhasználásával, még a cikluson belül korrigálják az eltérést.

Az Engel gépeknél erre szolgál az *iQ weight monitor* (súly monitor), a KraussMaffei cégnél pedig az *APC* (adaptív folyamat kontroll). Ez utóbbinál a befroccsöntés során a csigadugattyú előremozgását az idő függvényében vizsgálva összehasonlítják azt egy referenciacyklussal. Az első fejlesztési lépésnél a megváltozó nyomásgörbe esetén az utónyomásra történő átkapcsolási pontot változtatták. A további fejlesztések során ezt az utónyomás korrekciójával egészítették ki.

Az Engel cég már minden új fröccsgépébe beépíti az *iQ weight monitor* szoftvert. Ezáltal a csigamozgás nyomás-idő referencia görbéjéből kiszámítják az aktuális fröccsvolumen és a viszkozitásváltozásokat. E számított értékek sokkal jobban tükrözik az éppen fröccsöntött alkatrész minőségét, mint a korábban használt anyagpárna vagy fröccsmunka (nyomás-csigaelmozdulás görbe alatti terület) értékek. A felhasználó később eldöntheti, hogy a tapasztalatok alapján megvásárolja-e a programot.

A KraussMaffei cég *APC plus* fejlesztésével a *duroplasztok fröccsöntését* célozta meg, ahol általában nem használnak visszacsapó szelepet a fűvókánál, mivel a viszonylag nagy tartózkodási idők miatt a térhálósodás már a csigahengerben megindulhat. Az anyagminőség változásai a duroplasztoknál gyakoribbak, mint a hőre lágyuló polimereknél. Ha tehát az átkapcsolási pont és az utónyomás magasságának korrigálása a hőre lágyuló műanyagoknál jól működő korrekció, miért ne lenne az így a duroplasztoknál is?

A svájci gépgyártó Netstal a minőség szabályozáshoz a ténylegesen mért minőségi jellemzőket használja. Így pl. zárókupakok gyártásánál a ciklusidő lerövidítése érdekében a szokásos hűtési időhöz képest jóval hamarabb, még nagyon meleg állapotban dobják ki a kupakokat a fröccsszerszámból. A kupakok egy szállítószalagra kerülnek, amelyen előrehaladva hideg levegővel hűtik le őket. Eközben egy optikai minőségellenőrző egység (az Intravis cégtől) fotóz le minden egyes kupakot, és a képet összeveti egy referencia kupak képével. Ha eltérés tapasztalható a termék méreteiben, az információt rövid késleltetéssel visszacsatolják a fröccsöntési folyamathoz, és így a fröccs gép a folyamat beállításait automatikusan korrigálni tudja.

A perifériák energiafelhasználása

A fröccsöntés energiaintenzív eljárás. Minden ciklusnál a műanyagot a fröccshengerben meg kell olvasztani, majd a szerszámban le kell hűteni. Noha az *energia-költségek az összköltség kevesebb, mint 5%-át teszik ki*, mégis egyre többen gondolják fontosnak az energiafelhasználás csökkentését. Közismert, hogy az elektromos meghajtású fröccsgépek hatékonyabbak, mint a hidraulikusak, és ezért energiafogyasztásuk kisebb. Emellett az Engel cég, amely nem csak fröccsgépeket, de a hozzá szükséges perifériákat tartalmazó rendszereket is szállít, felismerte, hogy *az energiafelhasználás jelentős mennyisége a perifériákra esik*. Vizsgálataik kimutatták, hogy az energiafelhasználás 37%-áért a szerszámtemperáló berendezések felelősek. Ezért az ilyen berendezéseket gyártó HB-Therm céggel közösen olyan temperáló berendezéseket fejlesztettek ki, amelyek a keringető szivattyú fordulatszámának változtatásával szabályozza a hűtést egy cikluson belül. A szivattyú energiafelvétele a fordulatszám harmadik hatványával változik. A felhasználónak a szerszám hőmérsékletét kell mérnie és meghatá-

rozni azt a hőfokintervallumot (ált. 5 °C-on belül), ahol a hőmérsékletet tartani kívánja. E módszer eredményeképpen a fröccsgép és a vele kommunikáló temperáló berendezés összes energiafelhasználása 20%-kal csökken.

A szakemberek között is elterjedt az a nézet, hogy a szerszám hőmérséklete alapvetően a ciklusidőt befolyásolja. Tulajdonképpen ez igaz is, de fontos észben tartani, hogy a szerszám nem csak egyetlen hőmérséklettel bír. Különösen a keskeny/kis átmérőjű magoknál a hőátadást nem olyan könnyű megvalósítani. Ennek gyakran a ciklusidő meghosszabbodása lesz az eredménye, mivel az ilyen részek csak lassan hűlnek le. Ezért ilyen esetben két kérdéskomplexumot kell megvizsgálni:

- Milyen alacsony hőmérsékletre van szükség a szerszám leghidegebb részén? Milyen hőfokon érhető még el a kívánt felületi hőmérséklet?
- Hol van a szerszám legmelegebb része a ciklikus üzemeltetésnél? Milyen nagyok a lokális hőmérséklet-eltérések, illetve milyen magas hőmérsékleten lehet a darabot biztonságosan, formastabilan kiemelni?

Az FH Bielefeld cég olyan szerszámokat fejlesztett ki, amelyeknél nincs szükség a szokásos hűtőközeggel történő temperálásra. Ehelyett intenzíven azt kalkulálják, hogy a ciklikus üzemben hol, mennyi hő fejlődik az idő függvényében. Tudják, hogy magasabb szerszámhőmérsékleteken, vagyis kb. 70 °C felett, a sugárzással és konvekcióval elvezetett hőenergia nagyjából egyensúlyban van az ömledék által bevitt hőmennyiséggel. A probléma a keskeny magoknál jelentkezik, ezekben viszont hőelvezető csöveket alkalmaznak. Ezek általában pálcikaszerű patronok, amelyek az atmoszférikusnál kisebb nyomáson vizet tartalmaznak. Kis nyomáson a víz már 40 °C-on is felforr, gőze pedig a hidegebb részeken kicsapódva újra lekondenzál. A víz halmazállapot-változásának hőtartalma igen magas, tehát onnan, ahol a víz felforr, sok hőt von el, amelyet így elvezetnek a szerszám hidegebb részeihez, illetve végső soron az üzem környezetébe. A hőelvezető csövek alkalmazása nélkül a keskeny magokból nehezen lehetne a hőt hatékonyan elvezetni, mivel itt a hagyományos hűtőcsatornák kialakítása és különösen a hűtőközeg jó hőátadást biztosító turbulens áramlása nem megvalósítható.

A Linde cég és a Lüdenscheidi Műanyag Intézet „*Platinum Spot Cooling*” (Platinum helyi hűtés) módszere is megoldást kínál a keskeny magok intenzív hűtésére. Ez tulajdonképpen a *Stemke*- és a *Toolvac-hűtés* kombinációja. A Toolvac-hűtésben egy 1991 évi szabadalom szerint folyékony szén-dioxidot vezetnek egy porózus szerszámmagba, ahol az kiterjed. A nyomásesés hatására a CO₂ elgőzölög és ezzel környezetéből hőt von el. Ezzel egyidejűleg egy bizonyos gáznyomás lép fel, amely a maggal szomszédos szerszámelemek felületére hat.

A *Stemke*-hűtés, amelyet először 2007-ben mutattak be, a hűtőszekrény elvét alkalmazza. Egy nyomás alatt álló hűtőközeget egy kanülön át a szerszámmagba vezetnek, és ott kiengedik a nyomás alól. Ezáltal a hűtőközeg elgőzölög és így elvonja a környező részek hőjét. Akár –78 °C hőmérséklet is létrejöhét. Ha a hűtőközeg beinjektálást egy rövid impulzusra korlátozzák, akkor a fröccsöntés számára érdekes hőmérsékleteket lehet elérni. Előnye a Toolvac eljáráshoz képest a zárt hűtőközegkör.

A *Platinum Spot* hűtés a *Stemke* eljáráshoz hasonlóan, szintén egy kanülön bevezetett szén-dioxidot használ.

A hűtési idő lerövidítését nem csak a szerszám hűtésével lehet elérni. A szokásos forrócsatornás szerszámcsatornáknál az ömledék kénytelen erősen felgyorsulni. Ez jelentős energiát hordoz a befröccsöntési fázis során, vagyis az ömledék tovább melegszik, ami meghosszabbítja a hűtési időt. Ez ellen hat az osztrák Haidlmar szerszámkészítő cég eljárása, akik széles, lapos forrócsatornát (FDU) dolgoztak ki. A jelentősen megnövelt keresztmetszeten át csökken a szerszámfészkekhez vezető úton az ömledék nyomásesése és az áramlás sebessége. A gyártó adatai szerint ez 15%-kal csökkenti a hűtési időt. Az áramlást szimuláló reológiai szoftverek szerint az ömledék hőmérséklete csökken a hagyományos forró csatornákéhoz képest. Különösen vékony falú és a nehéz, sok anyag befröccsöntését igénylő termékek gyártásánál előnyös ez a megoldás. Ilyenek például a bőröndök, szállítódobozok és általában a nagy, lapos felületű termékek.

Új ötletek

Néhány új vállalkozás meglepő ötletekkel áll elő. Így például a hat éve alapított Pheneo cég kis, fogköztisztító keféket gyárt, ahol a problémát a fém hordozónyel jelenti. Ezért a cég igyekezett teljesen műanyagból készülő keféket kifejleszteni. A nehézség abban áll, hogy amíg a kefeszálaknak puhának, ruganyosnak kell lenniük, addig a szár esetében merevséget kell biztosítani. A megoldás meglepően egyszerű. Az alkalmazott anyag egy egymással nem teljesen elegyedő polimerek keverékéből (PP/PTE) áll, amely adalékokat és üvegszálakat is tartalmaz. Az anyagkeveréket a fröccsgép etetőjébe volumetrikus adagolással juttatják be, majd egy közönséges csigával plasztikálják. Bizonyos mértékű inhomogenitást itt nem lehet elkerülni, sőt ez kifejezetten kívánatos.

Az ömledék egy 8 fészkes szerszámba (Hack Formenbau) jut. A kefeszálak fészektartománya olyan szűk (\varnothing 0,2 mm), hogy ez az anyagok szétváláshoz vezet, és a kefeszálak teljesen mentesek maradnak az üvegszáaktól. Kialakításához piciny egymás mellé rendezett csúszkák sokaságát használják, amelyek a nélkülözhetetlen légtenítést is elvégzik. A kicsi kefék 200–500 kefeszálat tartalmaznak.

A termelés digitalizációja (Industrie 4.0) a fröccsöntést sem kerüli el. Várható, hogy a gyártási folyamatokat úgy alakítják, hogy személyre szabott igényeket is ki lehessen elégíteni. Ennek egy példáját mutatta be az Arburg cég a K2016 kiállításon, ahol a lágy és merev részeket tartalmazó kerékpár nyereg fröccsöntésénél digitalizált perszonalizációt alkalmaztak. A ráhabosított részekkel a nyeret a felhasználóra szabott helyeken elhelyezett szalagokkal és laminátokkal erősítették meg.

Az Industrie 4.0 szerinti megoldások autóiipari alkalmazása is napirenden van, különösen az olyan esetekben, amikor egy berendezés több részből tevődik össze, amelyek egymással kommunikációs kapcsolatban állnak. Az itt bemutatott újdonságoknak még ki kell állniuk az ipari gyakorlat próbáját, és mindenekelőtt el kell nyerniük a felhasználók melegegettségét.

Összeállította: Dr. Füzes László

Jaroschek C.: Klappern für die Kunststofftechnik = Kunststoffe, 10. sz. 2018. p. 28–39.