

Technológiai újdonságok a fröccsöntésben

A műanyag-feldolgozás legelterjedtebb technológiája, a fröccsöntés terén állandóan új eljárásokat és eljáraskombinációkat fejlesztenek ki, amelyek kibővítik e technológia alkalmazhatósági területeit és növelik gazdaságosságát.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; fémföccsöntés; kompozitok; PS; EPS; PE; PP; PA6; EVOH; ABS; lakkbevonatok; additív technológiák; duroplasztok.

A fröccsöntés talán a leginkább jelképezi a műanyagok feldolgozásának jellegzetességeit, és noha régóta elterjedt eljárás, állandóan újabb fejlesztések jelennek meg, amelyek kitágítják e technológia alkalmazhatóságát a termék formája, mérete vagy anyaga, az eljárás gazdaságossága vagy más technológiákkal történő kombinációja stb. tekintetében. Az alábbiakban, a teljesség igénye nélkül, néhány újabb fejlesztés eredményeit mutatjuk be.

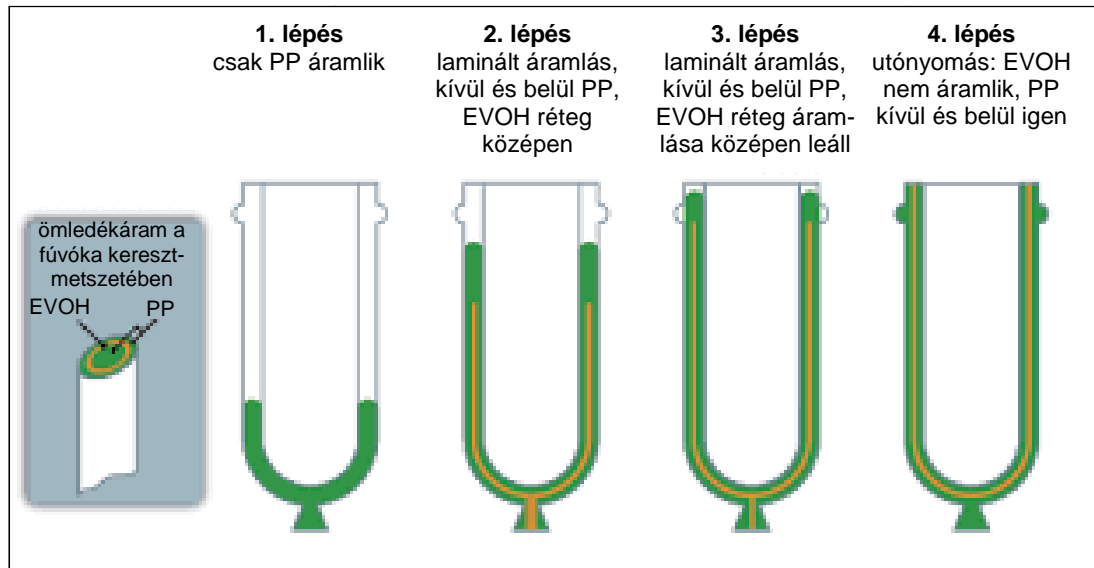
Műanyag konzervdobozok

A szerkezeti anyagként használatos műanyagok oxigénnel szembeni gázzáró képessége gyenge, ezért nem alkalmasak élelmiszerek hosszabb idejű tárolására. Fóliák esetében azonban már régóta használják a jó gázzáró képességű EVOH (etilén/vinil-alkohol) polimerrel vagy/és poliamiddal végzett koextrúziót, amely a mechanikai szilárdságot biztosító (általában PE) polimer rétegei közé helyezi a gázzáró réteget. Hasonló elven működő, kétkomponensű fröccsöntésen alapuló eljárást fejlesztett ki a ma már a Milacron konzernhez tartozó Kortec cég (1. és 2. ábra). Ennek során a vastagabb PP külső és belső réteg közé egy vékony EVOH polimer réteget fröccsöntenek. A Milacron konzern hagyományos aktivitásai és akvizíciói révén jelenleg már kész megoldásokat kínál a csomagolási rendszerek terén. A gázzáró csomagolóanyagok fröccsöntésére a meglévő fröccsgépeket is át lehet alakítani, ha megvásárolják a speciális fröccsaggregátot és a működtetéséhez szükséges vezérlő egységet. Ez az új eljárás elsősorban a konzervdobozok terén lehet nagy piacokat elérő alkalmazás.

Villamosan vezető műanyag alkatrészek speciális lakkréteg segítségével

Számos műanyag alkatrészt használnak elektromos készülékekhez, illetve ilyen készülékek (védő)burkolataként. Ilyen esetekben gyakran felmerül az igény arra, hogy

a műanyag termékek vagy azok egyes részei villamosan vezetőképesek legyenek. Az ún. (fröccs)öntött, elektromosan összekötött berendezéseknél (angol nevük rövidítése: MID) a műanyag burkolat egyúttal szerelő platform is, amelyen az egyes villamos alkatrészeket vezetőképes sávok kötik össze. Az ilyen termékek gyártásához különböző módszerek ismertek, amelyek egy részénél a vezetőképes sávokat galvántechnikával készítik el. Ilyen eljárás az, amikor olyan *kétkomponensű ráfröccöntést alkalmaznak, amelynél az egyik műanyag alapanyag galvanizálható.*



1. ábra A konzervdobozok egyenletesen vékony, légzáró, belső gázzáró (EVOH) rétegének kialakítása kétkomponensű fröccsöntéssel



2. ábra A Milacron többrétegű, gázzáró műanyag konzervdoboz

Finomabb struktúrákat lehet a lézersugaras módszerrel kialakítani, amikor a nagyon apró fémszemcséket tartalmazó fröccsöntött műanyag alkatrész felületéről az irányított lézersugár meghatározott részekben „lemarja” a polimert, és a szabadabbá váló

fémrészecskékre kémiai eljárással, oldatból, nikkell vagy rézréteget lehet kicsapni. E rétegekre azután galvanizációval lehet kellő vastagságú vezetőképes fémréteget felhordani (3. ábra).

Ennek a módszernek egy finomított változatát fejlesztették úgy, hogy fémrészecskéket tartalmazó lakkréteget visznek fel a fröccsöntött műanyag termék felületére, és ezen alakítják ki lézersugárral a vezeték mintázatát. Így egyrészt bármilyen műanyagot használhatnak az adott alkatrész fröccsöntéséhez, másrészt akár fém burkolatok és alkatrészek felületén is alkalmazhatják az eljárást, mivel a lakk a lézersugárral nem maradtott részen szigetelőréteggé működik. A fémburkolat alkalmas a villamos alkatrészek (pl. lámpák) generálta hő elvezetésére. A vezetőképes lakk alkalmazásával lehetőség nyílik a különböző eljárásokkal (pl. lézer sztereolitográfia, szelektív lézer szinterelés, 3D nyomtatás) készített prototípusok funkcionalizálására is.



3. ábra Fröccsöntött ipari robot ujjja a felületén kialakított (MID) vezetőképes rétegekkel összekötött villamos alkatrészekkel. A lézersugár nemcsak háromdimenziós alakkövetésre képes, de a fal áttöréseinél is kialakítja a vezetőképeséget



4. ábra 3K eljárással előállított asztali lámpa. A lámpatest és a szigetelés műanyag, közöttük a vezetőréteg fröccsöntött cinkötvözet

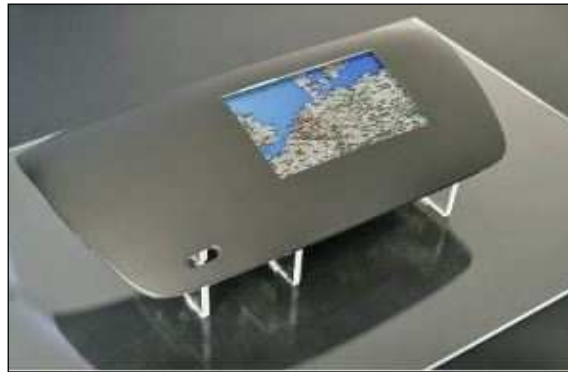
Integrált fém-műanyag fröccsöntés

Az aacheni műanyagkutató intézet a Krallmann szerszámgyártó céggel közösen kifejlesztett IMKS (integrált fém-műanyag rendszer német nevének rövidítése) eljárásának nagyon egyszerű az alapelve. *Egy gyártógépbe kombinálják a műanyagok fröccsöntését és a fémek nyomás alatti öntését.* Fémkomponensként a cink és az ólom ötvözetét használják, amelynek olvadáspontja az elegy eutektikus pontja környékén 200 °C körüli érték, vezetőképesége 6×10^6 S/m, vagyis a réz vezetőképeségének mintegy 10%-a. Az olyan alkalmazásokban, ahol nem kell nagy áramerősségeket továbbítani, a rézhuzalozás ezzel az anyaggal helyettesíthető. A gyakorlati megvalósítás

(4. ábra) tulajdonképpen egy többkomponenses fröccsöntés speciális változata, háromállomásos (3K) fröccsszerszám alkalmazásával.

Vezetőképes, kapacitív fóliák

A finn Canatu cég, amely átlátszó, vezetőképes fóliákat gyárt, a német Display Solution AG-vel együttműködésben fejlesztett ki egy három dimenziósan alakítható érintőszenzort az autógyártás igényeihez (5. ábra). A műszerfalba és a középkonzolba építhető érintőképernyős vezérlések fóliájába vezetőképes nanorészecskéket (szén nanogömböket) kevernek be, amelyekkel a fólia átlátszó marad. A fólia hátuljára az ún. szerszámon belüli címkézés (IML) módszerével hátulról ráfröccsöntik a háromdimenziós műanyag elemeket. A fólia 120%-ig nyújtható, és akár 1 mm-es görbületi sugarakat is képes követni, azaz könnyen felveszi az adott felület megfelelő térbeli alakzatát.



5. ábra Átlátszó, nyomtatott, vezetőképes sávokkal ellátott fóliára hátulról IML eljárással ráfröccsöntött érintő képernyő gépkocsik műszerfalához

Fröccsszerszámban kialakított PUR lakkbevonatok

A műanyag fröccstermékek felületének optimalizálása valószínűleg soha véget nem érő történet. A cél lehet az esztétikusabb megjelenés, a mechanikai, fizikai vagy kémiai hatásokkal szembeni jobb ellenállás stb. A KraussMaffei gépgyártó, a Duro autóiipari beszállító és a Panadur karbamidlakkokat előállító cég közösen kifejlesztett, *Colorform* eljárása sok műszaki problémára kínál gazdaságos megoldást. Ennek során kétkomponenses fröccsöntést alkalmaznak, ahol a második fajta műanyag helyett polikarbamidalapú, jól folyó lakkot fecskendeznek be a fröccsszerszámba. A kétkomponensű lakk alkotórészeit röviddel a befecskendezés előtt keverik össze, és 70 °C körüli hőmérsékleten injektálják be a szerszámba, az első lépésben elkészített, szilárd műanyag termék felületére. A lakk kis viszkozitása miatt itt inkább elárasztásról beszélhetünk. A még nem kitérhálósodott lakk kis (0,3 mm) falvastagságok esetén is hosszú folyási utakat képes megtenni, és kis rádiuszú irányváltásokra is képes. A

térhálósodási reakciót úgy szabályozták, hogy a kikeményedő lakk már néhány másodperces tartózkodási idő után is ellenáll a fröccsterméket a szerszámból kiemelő robotkar érintésének, azaz a robot nem hagy nyomot a termék felületén. A lakkréteg néhány óra elteltével térhálósodik ki teljesen, vagyis ekkor éri el ellenálló képességének maximumát. A lakkrendszer oldószermentes, a hasonló célokra alkalmazott porbevonatos megoldásokhoz képest környezeti hatásoknak jobban ellenálló bevonatot alkot. Ha szintelen változatban alkalmazzák, már 0,3 mm vastagságnál is mélységi hatást érhetnek el vele, míg a fedett, színes változatok elfedik a fröccsöntési hibákat, mint az összezsapási helyek vagy eltérő fényességű felületi részek. Ha csak egyes részfelületeken alkalmazzák, egyszerűen lehet pl. feliratokat, grafikákat kialakítani, noha csak egy színnel és nem túl erős kontraszthatással. A bevonat haptikai tulajdonságai széles tartományban, a kemény lakktól a bőrszerűig változtathatók. A felület strukturáltságát a szerszám felületével lehet befolyásolni.

Dinamikusán temperált fröccsszerszámok

Ismeretes, hogy ha a fröccsöntő szerszám hőmérséklete magasabb, az anyag jobban követi a felület finom részleteit, és a termék felületi minősége (pl. fényessége) és több más tulajdonsága is javul. Ugyanakkor viszont a ciklusidő nő, vagyis a gyártás gazdaságossága romlik. Ha egy cikluson belül gyorsan változtatni tudják a szerszámüreg falának hőmérsékletét, feloldható ez az ellentmondás.

Ehhez a szerszámüreg(ek) falához közel elhelyezkedő hűtőcsatornákra van szükség. A szerszám falának felhevítését vagy két eltérő időpontban üzemelő temperáló körrel – ahol az egyik magas hőmérsékletű, a másik hideg folyadékárammal működik – vagy pedig indukciós fűtéssel (*ld. pl. Rock Tool eljárás*) lehet biztosítani. Energetikai szempontból az indukciós fűtés előnyösebb, mivel ez csak a szerszámüreg felületét és azt is csak a kívánt részekben melegíti fel néhány másodpercre. A Rock Tool cég mérései szerint egy 3,5 t tömegű fröccsszerszámnál 100 kW-os indukciós fűtéssel 5 s alatt 85 °C-ról 170 °C-ra lehet emelni a szerszámüreg hőfokát, ami 20 kJ energiafelhasználásnak felel meg.

A problémás geometriájú szerszámrészek, mint pl. a kis keresztmetszetű, hosszú magok esetében a nagynyomású szén-dioxid alkalmazása vezethet eredményre. Ha ugyanis a szén-dioxidot 50 bar nyomás fölé komprimálják, az szobahőmérsékleten is folyadékként viselkedik. Ezért, ha a temperáló csatornarendszerbe például 300 °C-os hőmérsékleten vezetik be, akkor az a felületet a kívánt magas hőmérsékletre tudja felmelegíteni. Ha a fröccsciklus megfelelő pillanatában a túlnyomást megszüntetik, a gázzá alakuló szén-dioxid kiterjedve lehűl, és a halmazállapot-változás energiáját elvonva intenzíven lehűti a szerszám falát. A gázt ezután visszavezetve a rendszerbe, újból lehet komprimálni.

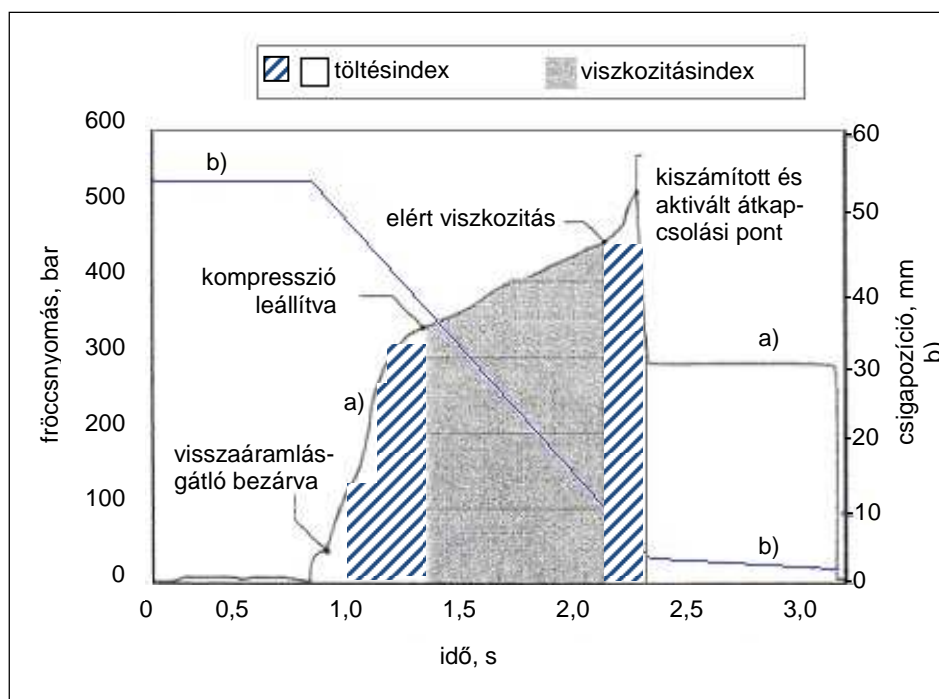
Hatékonyságot növelő fejlesztések

Számos gépgyártó fejlesztése a folyamat stabilitásának és biztonságának javítására irányul. A korábbi években a gépgyártók fő törekvése az volt, hogy a fröccsgép cik-

lusról-ciklusra azonos módon ismételje meg működését. Ha azonban a rendszer bemeneti értékei, mint például az alapanyag minősége változik, ez a megoldás eltérő minőségű terméket eredményez. Ezért az új trend az adaptív szabályozás különféle módszerein alapul.

A Lego eljárás szerint például a fröccsnyomást mindig a műanyagömladéknek az utolsó 10 ciklus során mért folyási száma szerint változtatják, vagyis a fröccsnyomást a szerszámüreg gyorsabb kitöltése esetében csökkentik, nehezebben folyó műanyagömladék esetében pedig növelik. A nyomás változtatása kiterjed az utónyomás értékeire is.

A jelenlegi nagy számítókapacitású vezérlések esetében már lehetséges a cikluson belüli módosítás is. Több gépgyártó is kínál ilyen rendszert. Ilyen például az Engel cég *iQ* csomagja, amely egyúttal a szerszám jobb légtelenítését is biztosítja, vagy a KraussMaffei *APC (Adaptiv Process Control)* rendszere (6. ábra), ahol az utónyomásra történő átkapcsolási pontot a ciklus közben mért viszkozitás integráljából számítva, automatikusan állítják be. Az ilyen rendszerek alkalmazása különösen hasznos a részben vagy teljesen reciklált anyaggal dolgozó fröccsgépekben, ahol az alapanyag minősége természetesen jóval nagyobb mértékben ingadozik.



6. ábra Az APC munkafázisai: amikor az anyagminőség ingadozásai miatt a folyóképesség és a fröccsnyomás a) megváltozik, az utónyomás még ugyanabban a ciklusban arányosan követi

Könnyűszerkezetű termékek

A járműgyártásban és más iparágakban is fokozott igény merül fel a minél kisebb tömegű és/vagy méretű alkatrészek, termékek iránt.

Ennek eléréséhez számos módszert lehet használni, ezek közül az egyik a „végtelen” szén-, üveg-, textil- stb. szálakkal történő erősítés, ami főleg ott előnyös, ahol a terméket csak egy irányba, kell (vagy annak csak bizonyos részeit kell egy-egy irányba) megerősíteni. Ugyanis, ha sikerül biztosítanunk, hogy az erősítő szálak (majdnem) mind az igénybevétellel párhuzamosan helyezkedjenek el, nagy szilárdságnövelést lehet elérni. Ily módon nem csak műanyagokat, de fémeket és más anyagokat (pl. textilstruktúrákat) is meg lehet erősíteni. Az erősítő szálak megfelelő elrendezését úgy is el lehet érni, ha a szálakat kötőanyaggal egymáshoz rögzítik és ezáltal szalagokat készítenek, ahogyan azt az Ems Chemie teszi, amikor különböző szálakat poliamiddal impregnálva készít erősítő szalagokat. A számos alkalmazási területen használható szalagok nemcsak a termék szakítószilárdságát duplázzák meg, de csökkentik kúszási hajlamát és javítják hosszú távú igénybevételekkel szembeni ellenállását is.

A könnyű szerkezetű termékek előállításának egy másik módja, amikor a fröccsöntést a habosítható polisztirol (EPS) gyöngyökből készíthető termékek gyártástechnológiájával kombinálják. Ennek példáját mutatja be a 7. ábra, ahol egy áramlásmérőt tokozta be jó hőszigetelő és mechanikai hatásoktól is jól védő EPS házba. A fémcsatlakozóra először kis méretű műanyag részburkolatot fröccsöntenek, ami azután a nagy méretű EPS ház kialakításához szükséges lemezszerszámba helyeznek. Az EPS gyöngyök kihabosítását T_g -jük feletti hőmérsékleten, forró gőzzel végzik, az expandáló gyöngyök egymáshoz szintereződnek, de egyúttal hozzátapadnak a fém alkatrész tömör műanyag burkolatához is.

A projektben részt vevő Krallman és Ruch Novaplast az Arburg céggel közösen most azon dolgoznak, hogy a technológia két lépését egyetlen gépbe integrálják, illetve, hogy az EPS termékeket fröccsöntött szilárd műanyag burkolattal lássák el. A két technológia integrálásával számos területen, mint pl. a mobil berendezések, elektronikai eszközök burkolatai, gépkocsik utasterének és karosszériájának alkatrészei stb. lehetne alkalmazásokat találni.



7. ábra Fröccsöntött adapter a jóval nagyobb EPS tokozat ráhabosításához



8. ábra Cirkónium ötvözetből fröccsöntött finom részletekkel rendelkező alkatrészek

Könnyűfémek fröccsöntése

Noha a műanyagok számos területen előnyösen alkalmazhatók, vannak olyan termékek, amelyeknél a fémek tulajdonságaira van szükség. A fémek fröccsöntésének egy régóta sikeresen alkalmazott módszere a *fémporok zagyként történő fröccsöntése, majd az ezt követő szinterezés*. Az Engel cég nemrég egy olyan fémfroccsöntő technológiát dolgozott ki, amelyben szilárd fémből indulnak ki. Ehhez cirkóniumötvözeteket használnak, a cirkóniumot pl. réz, nikkel, alumínium és titán hozzáadásával módosítva. Az ilyen ötvözetek olvadáspontja 750 °C környékén van. Feldolgozási hőmérsékletként az 1100 °C-ot ajánlják, ahol nem jön létre olvadt fémet és kristálygócokat tartalmazó, kétfázisú rendszer. A nagyon jó folyóképességű olvadékból vékony falú, komplex szerkezetű termékek is kialakíthatók (8. ábra). Hűlési sebessége 10 K/s, amely elég nagy ahhoz, hogy a 250 °C-ra temperált acélszerszámokban a termék amorf állapotban maradjon. A kristályosodás elkerülésével a zsugorodás is csekély (0,4%), ami nagy méretpontosságú gyártást tesz lehetővé. Az ilyen alkatrészek korrózióállósága jó, rugalmasak, szakadási nyúlásuk 1,8%. A termékek 450–500 °C-ig használhatók, e felett ugyanis megindul az anyag átkristályosodása.

E vonzó tulajdonságokkal rendelkező anyag azonban drága (150 USD/kg), ezért elsősorban kis méretű, nagy értékű alkatrészek (pl. orvosi eszközök, mobiltelefonalkatrészek) és ékszerek készítéséhez használják.

A gyártásnál előre gyártott henger alakú darabokat táplálnak be az Engel öntőgép integrált indukciós kemencével ellátott fröccsaggregátjába a szerszámoldal felől. A szerszámából kiszivattyúzzák a levegőt, hogy elkerüljék a forró fém oxidációját. A fröccsöntés nagy sebességű (500 mm/s), nehogy a gyorsan lehűlő fém a szerszám ki-töltése előtt megdermedjen.

Kis méretű termékek gyártása

E téren megkülönböztetnek ún. mini- és mikrotermékeket. Esetenként nagyobb alkatrészeknek is lehet mikrostrukturált részeleme.

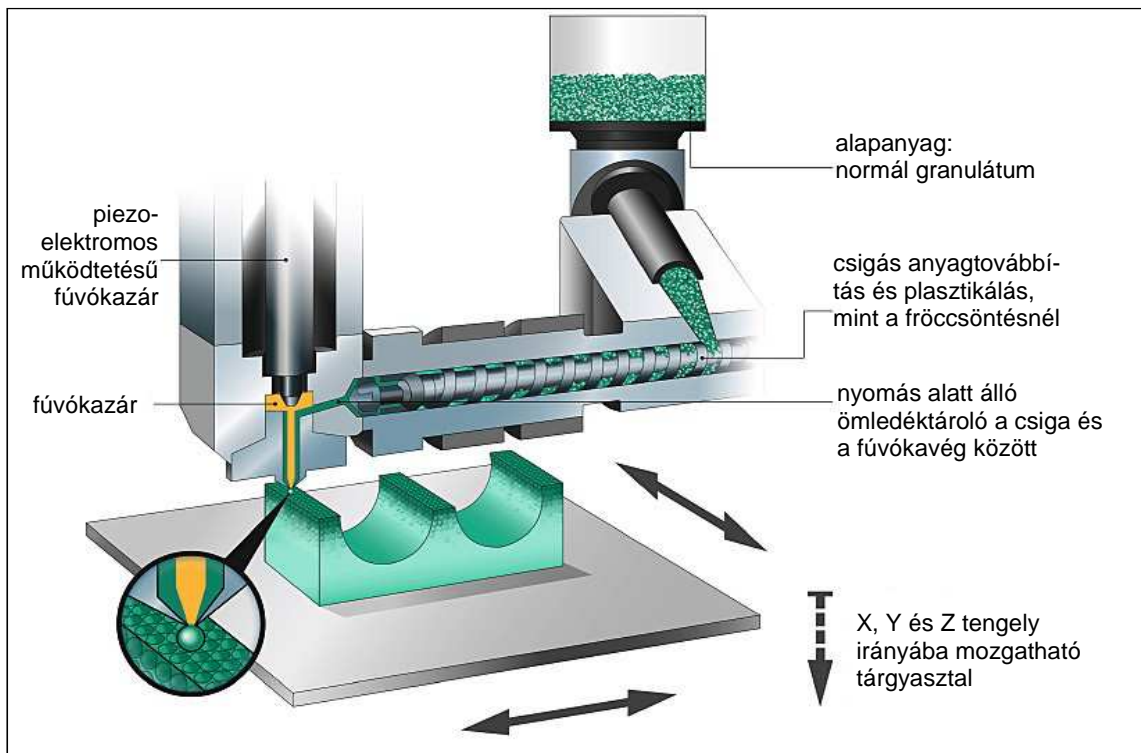
Az Arburg cég kifejlesztett egy mikrofröccsöntő gépet, amely nagyon precíz szabályozással és kis elmozdulásokkal dolgozik. A plasztikálást és a befröccsöntést szétválasztották, az előbbiről egy 15 vagy 18 mm átmérőjű csigahenger gondoskodik, amely egy vele 45°-os szögben elhelyezkedő 8 mm-es csigával ellátott fröccshengert táplál műanyagömléddel. A nagyobb átmérőjű plasztikáló csiga lehetővé teszi a normál méretű granulátumok használatát, vagyis ezzel a berendezéssel bármilyen műanyagtípus feldolgozható. A kisebb átmérőjű fröccshenger pedig a kis adagsúlyok pontosabb befröccsöntését biztosítja.

Másféle megoldást dolgozott ki a kanadai Mold Hotrunner Solution cég, amely egy csigahengerben plasztikált műanyagömléket a fröccsszerszámra erősített pneumatikus működtetésű hengerek segítségével juttatja be a szerszámüregbe. A négy szerszámüreg csoporttal rendelkező szerszámkiképzés lehetővé teszi, hogy amíg a többi szerszámüregben hülnek a darabok, az egyik szerszámüregcsoportot egy pneumatikus

működtetésű fröccshenger feltöltse, vagyis a szerszám „önfeltöltő”. Mind a fröccs- mind az utónyomást a kis méretekhez szabályozták be. A kis méretek miatt a záróerő maximumát még nagy fröccsnyomások esetében sem érik el, vagyis a folyamat állandó térfogaton játszódik le. A szerszámot elektromágnesekkel rögzítik.

Additív technológiák

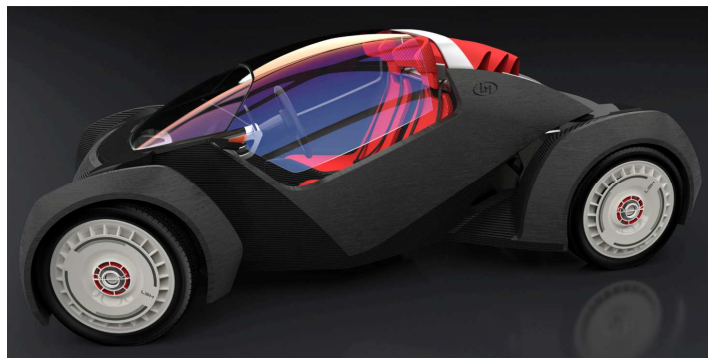
Az ún. additív gyártástechnológiákat gyakran nevezik 3D, vagyis háromdimenziós nyomtatásnak. E nagyon eltérő eljárásokat magába foglaló gyártástechnológia egyik változatát dolgozta ki az Arburg cég, amely *Freiformer* márkanéven hozott forgalomba olyan „fröccsöntő” gépet, amely szerszám nélkül képes termékeket előállítani (9. ábra). Ennek során a normál granulátum feldolgozására alkalmas, de kisméretű csigahengerben a műanyagot megömlesztik és plasztikálják. A csigahenger végén zárható fúvóka helyezkedik el, amelyből gyors időközökben (max. 200/min) az állandóan tartott nyomás hatására egy apró (0,1–0,3 mm) ömledékcsepp kerül a tárgyasztalra. A berendezés a tárgyasztalnak a cseppadagolással összhangban végzett mozgásával az egymáshoz tapadó, egymással összehegedő cseppekből rétegenként építi fel a kívánt geometriájú terméket.



9. ábra A *Freiformer* additív eljárással működő berendezés működési sémája

Az így előállított termékek jó mechanikai szilárdságúak, például a szakítószilárdságuk elérheti a fröccsöntött próbatestek 90%-át, de felületük nem sima, érdességük középértéke mintegy 20 μm . Bonyolultabb darabok előállításakor gyakran először vízoldható polimerből támasztószervezetet készítenek, és ezen kezdik el a termék felépítését, amelyből a végén a támasztást kioldják. Az eljárás elsősorban kis darabszámú gyártásnál gazdaságos, hiszen ilyenkor nem kell a drága fröccsszerszám költségeit megfizetni.

Az additív technológiák ma már túlléptek a korábbi évek prototípus- és modellkészítés fázisán, és kereskedelmi célú gyártástechnológiaként egyre nagyobb szerepet játszanak a kis darabszámú és egyedi termékek esetében. Ma már nagy méretű termékek is elkészíthetők, mint pl. egy villamos meghajtású autó (10. ábra) váz- és karosszériaelemei és utastéri alkatrészei. Ezeket 3D nyomtatással szénszál-erősítésű ABS-ből gyártották le.



10. ábra A *Strati* villamos meghajtású gépkocsi 3D nyomtatással készült váz- és karosszériaelemei

Kis sorozatú termeléshez fröccsöntő szerszámokat is lehet 3D nyomtatással készíteni. A *Polyjet 3D* eljárással akrilmonomer-alapú polimerből készíthető el a fröccs-szerszámok alakadó része, amelyet azután a többi funkció ellátására alkalmas fémkeretbe helyeznek be. Az ilyen szerszámok rövid ideig 240 °C-ig használhatók, de miután nincs hűtés és az utónyomás is csak csökkentett értéken lehetséges, hosszabb üzemelésre nem alkalmazhatók.

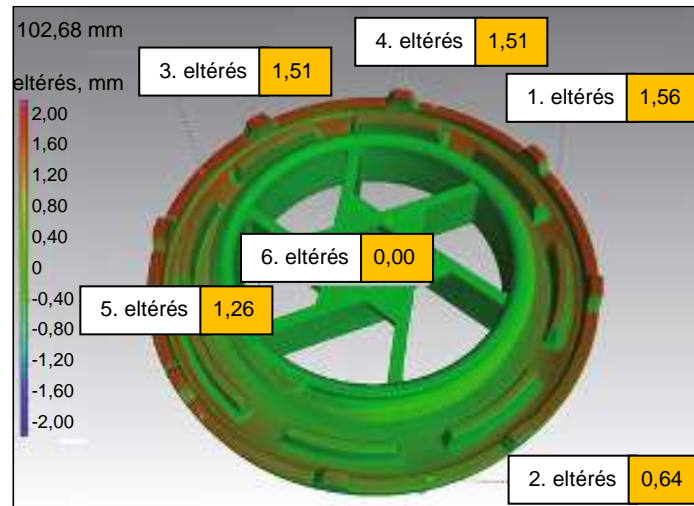
A fröccstermékek méretellenőrzése CT technikával

Számos alkalmazási területen szükséges a fröccsöntött termékek méreteinek az első gyártásnál a gépbeállításához, majd pedig a gyártásközi, rendszeres ellenőrzése, illetve az eredmények tárolása és felhasználása az időbeli és egyéb tényezőktől függő trendek feltárása és követése érdekében. Míg korábban ezt háromdimenziós mérő-automatákkal végezték, ma már lehetséges a komputertomográfia (11. ábra) alkalmazása erre a célra, ami különösen akkor előnyös, ha bonyolult alakú terméken számos méretet kell vizsgálni. E módszerrel ugyanis nemcsak egyes méretek vizsgálhatók, hanem a darab teljes geometriája, és ezáltal például rejtett hibák (pl. lunkerek) is felfe-

dezhető. A tárolt adatokból később a termék bármilyen korábban nem vizsgált mérete is ellenőrizhető, míg erre a mérőautomaták esetében természetesen nincs mód.

Hőre keményedő műanyagok (duroplasztok) térnyerése

Az utóbbi időben megfigyelhető tendencia, hogy a hőre keményedő műanyagok, amelyek alkalmazása korábban egyre inkább visszaszorult, újra az érdeklődés előterébe kerültek.



11. ábra Az előírt és a ténylegesen mért értékek feltüntetése egy fröccsöntött rögzítőgyűrű méreteinek CT ellenőrzése során

Ennek oka részben az egyre nagyobb hőállósági követelmények (pl. alkatrészek a gépkocsik motorterében), részben pedig a duroplasztok alacsony ára (kb. 1,5 EUR/kg). Emellett az ilyen anyagok hőtágulási együtthatója is jóval közelebb áll a fémekéhez, mint a hőre lágyuló műanyagoké, ezért fém/műanyag kombinációkban kevesebb problémát okoznak. Az alacsonyabb ömledék-hőmérséklet és nyomás következtében a szerszámok kevésbé kopnak, a termékek kúszásra jóval kevésbé hajlamosak és felületük is esztétikus megjelenésű. A folyamat energiamérlege is kedvezőbb, mint a hőre lágyuló műanyagoké. Duroplasztok esetében is lehetséges a többkomponensű fröccsöntés, beleértve pl. elasztomerekből készített tömítések ráfröccsöntését is.

Hátrányuk, hogy az ömledék kis viszkozitása miatt szinte elkerülhetetlen a sorjá-képződés, tehát sorjátlanító technológiai művelet(ek)re is szükség van, illetve a szer-számrészek illesztésénél nagyobb pontosság szükséges. Emiatt a duroplaszt fröccs-szerszámok átlagosan mintegy 20%-kal drágábbak.

Összeállította: Dr. Füzes László

Jaroschek Ch.: Nobelpreis für Spritzgießen = Kunststoffe, 105. k. 10. sz. 2015. p. 24–26.

Kircher W.: Ergänzung, nicht Verdrängung = Kunststoffe, 105. k. 3. sz. 2015. p. 30–33.