

Nyomás- és hőmérsékletszenzorok a fröccsszerszámokban

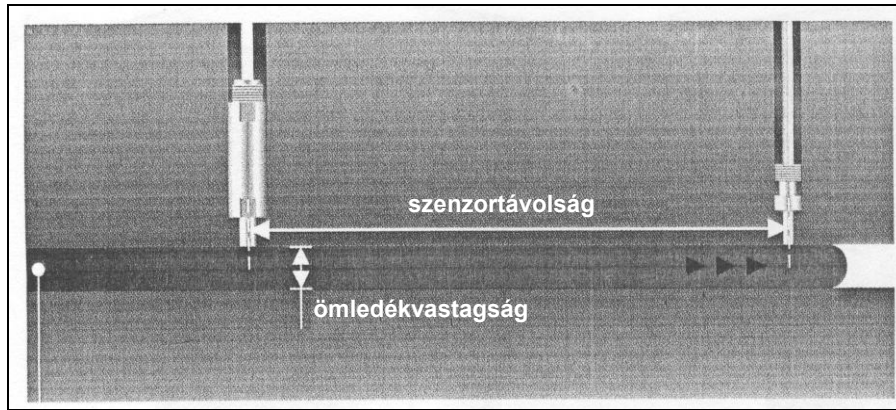
A különböző fröccsöntő gépeken is azonos, jól reprodukálható termékminőség csak a szerszámüregbe beépített nyomás- és hőmérsékletszenzorok kombinációjával biztosítható. A mechanikai szilárdság és a méretpontosság mellett az előírt felületi struktúrák, hologramok kialakítása is csak a műanyag áramlási jellemzőinek szabályozásával tartható kézben. Német kutatók olyan új, mindössze 10 µm vastagságú hőmérsékletszenzorokat fejlesztettek ki, amelyek a szerszámüreg belső felületére több ponton is felrétegelhetők.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; folyamatszabályozás; nyomás- és hőmérsékletszenzorok.

A fröccsöntő cégekkel szemben egyre fokozódó elvárás a reprodukálhatóan egyenletes, jó minőségű termékek szállítása még akkor is, ha ugyanazt a terméket több fröccsöntő gépen kell hosszú ideig, eltérő alapanyag-szállítmányok felhasználásával gyártani. Ugyanakkor a termelés gazdaságossága megköveteli, hogy az ehhez szükséges optimális feldolgozási paraméterek beállítását gyorsan, kevés beállítási ciklussal lehessen elérni. Mindez csak a fröccsszerszámba beépített nyomás- és hőmérsékletszenzorokkal és az azok információit feldolgozó, valamint a fröccsgép megfelelő paramétereit ennek alapján szabályozó számítógépekkel lehet biztosítani.

A fröccsöntési folyamat megfelelő kézben tartásához egy nyomás- és egy (esetleg több) hőmérsékletszenzort kell a szerszámüregbe beépíteni. E kétféle szenzor jelének kombinációjával lehetővé válik a műanyagömledék áramlásának és viszkozitásának detektálása, és ezen keresztül akár eltérő méretű és/vagy vezérlési rendszerű (hidraulikus vagy szervomotoros) fröccsgépeken az azonos termékminőséghez vezető áramlási viszonyok, nyomásprofilok és zsurorodási folyamatok szabályozása. Így változtatni lehet a fröccssebességet, a csigahengerben vagy a forrócsatornás szerszámok esetében az elosztócsatornában az ömledék hőmérsékletét, a szerszámüreg falának hőmérsékletét, stb. Fontos, hogy a nyomásérzékelőt a gát közelébe, a hőmérséklet-érzékelőt pedig attól távol, a folyási út végéhez közel helyezték el (1. ábra). Az egymáshoz túl közel elhelyezett szenzorok sokkal kevesebb hasznos információt tudnak szolgáltatni.

Megfelelő távolságban elhelyezett szenzorokkal információkat lehet gyűjteni olyan fontos ömledékjellemzőkről, mint pl. a nyírási sebesség, nyírási feszültség, illetve az ezekből számítható viszkozitás. A számításokhoz felhasználhatják (az átlagos falvastagság ismeretében) azt az időtartamot, amely alatt az ömledék a nyomásszenzortól elér a hőmérséklet-érzékelőig, illetve az ebben a pillanatban mérhető nyomásértéket. Természetesen e gyors folyamat milliszekundumos mérési érzékenységet igényel.



1. ábra A nyomás- és hőmérsékletszenzor elhelyezésének elvi sémája

A mért értékeket részletesen elemezni kell, a nyomás és a hőmérséklet egyszerű, küszöbértékeken alapuló szabályozása nem nyújt megfelelő megoldást, *magát az ömladék viszkozitását kell szabályozni, mivel ez nagymértékben befolyásolja a fröccstermék minőségét.* Az ömladék különböző folyási körülményei ugyanis eltérő minőségű összecsapási varratokhoz, eltérő felületi minőséghez, szemikristályos polimerek esetében eltérő kristályszerkezetű felületi réteg kialakulásához, de szélsőséges esetben hiányos szerszámkitöltéshez is vezethetnek.

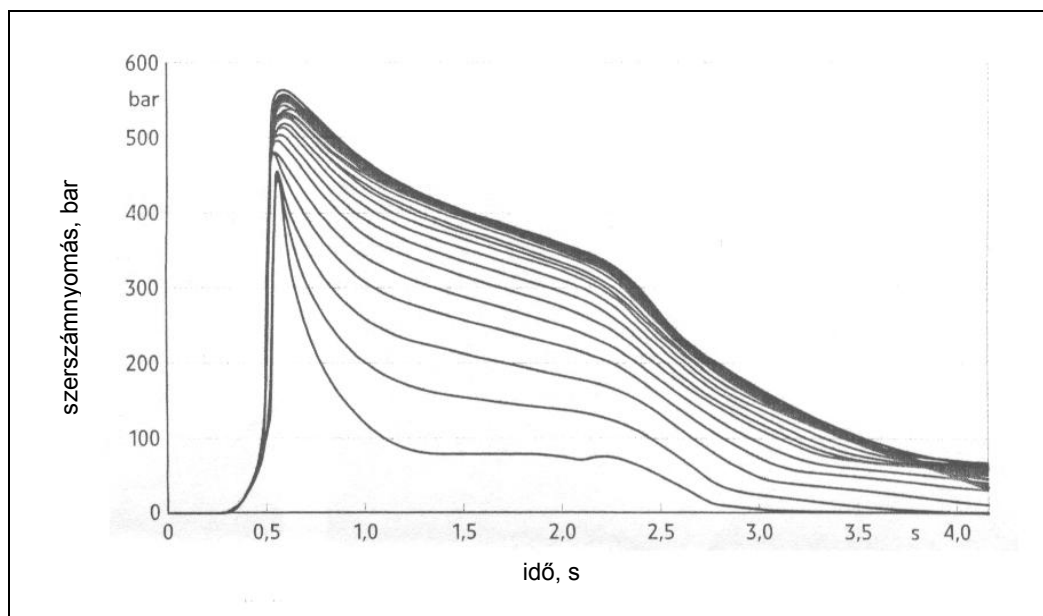
A szerszámnyomás szabályozása

Ahhoz, hogy egy adott fröccsterméket mindig azonos anyagkomprimálással, azaz azonos szilárdsággal állíthassanak elő, biztosítani kell a reprodukálható ömladéknyomást a szerszámüregben. Mivel azonban a szerszámüreg nyomásviszonyai jelentősen függenek a feldolgozási paramétereiktől, az adott fröccsgépen állandóra beállított utónyomásértékek önmagukban nem biztosítják azt. Ezért az utónyomást a szerszámüregben mért nyomásértékek alapján kell szabályozni. Fontos, hogy – a szerszámüregben mért nyomáslefutási görbék alapján – a fröccsnyomás és az utónyomás egymástól világosan elválaszthatóak legyenek, és az utónyomás egyes szakaszait e görbék ismeretében állítsák be. Ezért tehát helytelen az a megközelítés, amikor csak a szerszámüregben mérhető maximális nyomásértékre szabályozzák a folyamatot, mivel ez a maximum gyakran csak a túl gyors befröccsentés következménye. A 2. ábra szerinti, többszöri fröccsciklus alapján felvett görbesereg lefutása alapján már biztonsággal lehet következtetni a helyes anyagkomprimálást biztosító nyomásprofil kialakítására.

A szerszámüreg falának hőmérséklet-szabályozása

A zsugorodás szabályozásához is hasonló feltevésekből lehet kiindulni, vagyis, hogy függetlenül az éppen használt fröccsgép méreteitől, vezérlési rendszerétől és beállításaitól, a műanyagömladék mindig azonos körülmények között töltse ki a szer-

számüreg. A zsugorodás szempontjából nagyon fontos paraméter a szerszámüreg falának hőmérséklet-szabályozása, a hőmérséklet értékét a szenzortól egy megfelelő interfészen át kell a (gép vezérlését végző) számítógépbe táplálni. A fröccstermék zsugorodását és ezáltal a végtermék méreteit a p-v-T összefüggések ismeretében lehet meghatározni és szabályozni. Nem elegendő a szerszámhőmérsékletet egy adott értékre szabályozni, hanem ezt az értéket arra az időpontra kell beállítani, amikor a szerszámüreg belső nyomása újra az atmoszferikus értéket éri el. Ez az időpont a különbözően alakuló feldolgozási körülmények kölcsönhatásai következtében egyáltalán nem lesz állandóan ugyanaz az érték. A különböző szerszámtemperáló (folyadékot keringető) termosztátok által létrehozott hőáram mértéke is eltérő.



2. ábra Több ciklus során a szerszámüregben mért nyomás-idő görbék a megfelelő utónyomásprofil kialakításához

A felületi struktúra és különösen a hologramok jó minőségű, reprodukálható kialakítása szintén csak a szerszámüregben elhelyezett szenzorok információin alapuló folyamatszabályozással biztosítható. A legfontosabb befolyásoló tényezők a szerszámüreg falának hőmérséklete és a polimerömladék folyási jellemzői, vagyis viszkozitásának hőmérséklet- és nyírósebesség-függése.

A szerszámüregben elhelyezett hőmérséklet-érzékelők kialakításánál fontos szempont, hogy az érzékelő ne zavarja meg a termék felületét és minél kisebb időkésséssel jelezze a műanyagömladék hőmérsékletének változását. Német kutatók nemrég kifejlesztettek egy olyan módszert, amelynek segítségével 10 μm vagy még ennél is vékonyabb hőelemes szenzorokat lehet a fröccsszerszámok formaadó üregeibe beépíteni. Az eljárás során vákuumkamrában magnetron DC szórással 1 μm vastagságú nikkell/krómnikkel hőelem párt rétegelnek fel a szerszámüreg felületére. Természetesen

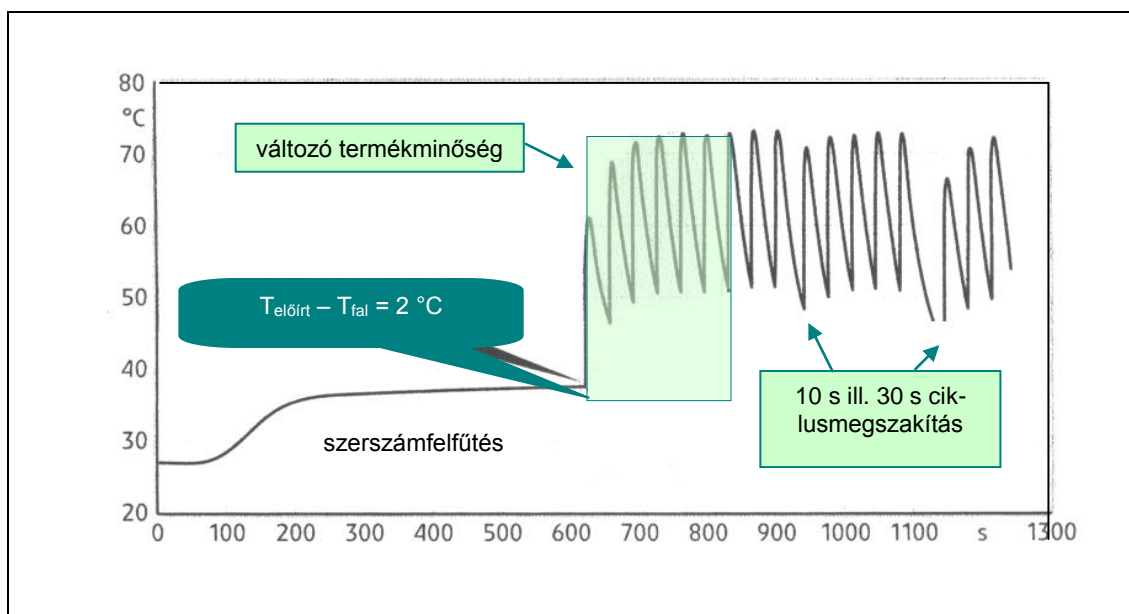
ezt villamosan el kell szigetelni a szerszám fémanyagától, erre a célra kb. 3 μm vastag alumínium-oxid (Al_2O_3) réteget használnak. A hőelemeket a műanyagömladék koptató hatásától szintén egy kb. 2 μm vastag felső Al_2O_3 réteggel védik, amire esetenként további védőréteget is fel lehet hordani. A rétegelési folyamat a szerszámüreg teljes felületét érinti, ezért azokat a helyeket, ahol nem kívánják az adott réteg felhordását, azt le kell maszkolni vagy a német kutatók által kifejlesztett speciális, szelektív bevonatképzési eljárást kell alkalmazni. Természetesen az eljárás során egy lépésben több hőmérsékletszenzort is felrétegelhetnek.

Az így kialakított hőmérsékletszenzorok csekély eltéréssel lineárisan változó hőmérséklet/feszültség karakterisztikával rendelkeznek. A hőmérsékletmérés időkésését általában a hőmérséklet-változás mértékének 90%-át elérő jellel (T_{90}) jellemzik. Ennek értéke természetesen függ a hőelemek védőrétegének vastagságától (1. táblázat).

1. táblázat

A 90%-os hőmérsékletérték-követés (T_{90}) alakulása az Al_2O_3 védőréteg vastagságának függvényében

| Védőréteg vastagsága, μm | T_{90} (μs) |
|-------------------------------------|----------------------------|
| Védőréteg nélkül | 27 |
| 1 | 51 |
| 5 | 214 |
| 10 | 586 |



3. ábra A fröccsöntés indítása és a folyamat stabilizálódása során a szerszámüregben mért fal-, illetve ömladék-hőmérsékletek az idő függvényében

Tehát a vékonyrétegű hőelemek kis hőkapacitásuk révén sokkal gyorsabban követik a hőmérséklet-változásokat, mint a hagyományos huzal formátumú hőelemet tartalmazó szenzorok. E szenzorok alkalmazásával sok, közel valós idejű információt lehet kapni a szerszámüregben lévő műanyagömladék hőmérsékletének alakulásáról. A 3. ábrán jól látható, hogy egyrészt a szerszámüreg falának hőmérséklete a gép és a szerszám felfűtésének végére 38°C értéket vett fel, ami 2 fokkal eltér a beállított (40 °C) értéktől. Ezután a fröccsciklusokra jellemző fűrészfogas hőmérséklet-lefutásokat regisztráltak, melyek maximuma csak néhány ciklus után érte el stabil értékét. A diagramon egy 10 és egy 30 másodperces folyamat-megszakítás hatása is jól követhető.

Összeállította: Dr. Füzes László

Bader Ch.; Kristiansen P. M.: Auf den Punkt gebracht = Kunststoffe, 101. k. 6. sz. 2011. p. 16–20.

Librizzi A.: Temperatursensitive Werkzeugbeschichtung = Kunststoffe, 103.k. 9. sz. 2013. p. 154–156.