

Hőre keményedő műanyagok (duroplasztok) alkalmazásának növekedése

Tulajdonságaik alapján a duroplasztok jól kitölthetik azt a rést, amely a fémek és a termoplasztok között van. Feldolgozásuk során kémiai reakcióval is számolni kell, ami pl. a szerszámüregekben mért nyomás szabályozását igényli. Nagyobb méretű autóiipari alkatrészek, csatornafedelekek vagy akár gördeszka egyik rétegeként a duroplasztok reális alternatívaként jönnek szóba.

Tárgyszavak: duroplasztok fröccsöntése; műanyag-feldolgozás; telítetlen poliészter gyanta; fenol-formaldehid gyanta.

Tulajdonságaik alapján a duroplasztok jól kitölthetik azt a rést, amely a fémek és a termoplasztok között van. Az utóbbiak ugyanis nem tudják helyettesíteni a fémeket abban az esetben, ha az alkalmazás hőmérséklete – például egy fékberendezésben – akár 400 °C is lehet, vagy ha terméknek hosszú távon méretstabilnak kell maradnia magas hőmérsékleten és/vagy agresszív közegben is, például az olajpumpákban. A duroplasztok tulajdonságai megfelelnek az ilyen magas követelményeknek, ráadásul kifejezetten gazdaságos az alkalmazásuk. A fémmel szemben bonyolult formák esetén sem igényelnek utólagos megmunkálást, és sűrűségük is alacsonyabb a fémekénél. Töltőanyaggal a gazdaságosság tovább növelhető.

A duroplasztok alkalmazásának kulcsa a precíz feldolgozás

A duroplasztok felhasználása az igényes alkatrészek gyártásában a formázási folyamat precizitását, reprodukálhatóságát kívánja meg. Ez azonban a termoplasztokkal összehasonlítva nagyobb kihívás, mivel itt a formában történő megszilárdulásnál kémiai reakció játszódik le, amelynek pontos kézbe tartása speciális szabályozást igényel.

A műanyagok feldolgozása során mind a termoplasztoknál, mind a duroplasztoknál számos zavaró tényezővel kell számolni: a tételek közötti egyenlőtlenség, a hőmérséklet és a nedvességtartalom változásai, az anyag öregedése stb. Ezek mind hatással vannak az ömledék viszkozitására, ezáltal befolyásolják a szerszámüreg kitöltését és a termék súlyát. *A viszkozitás ingadozása okozza leginkább az előírt tömegtől való eltérést.* A duroplasztoknál nem elegendő az ömledék szabályozása a gépi paraméterek beállításával. A szerszámüregben mért nyomás szabályozásával már jobb

eredményeket lehet elérni. Ennél a szabályozásnál a befröccsentési fázisról az utónyomási fázisra való váltás időpontját egy meghatározott szerszámüregben mért nyomásértékhez kötik, illetve a gyakorlati megvalósítás során a rendszer automatikusan kilöki azokat a munkadarabokat, amelyeknél a figyelt nyomásérték erősen eltért a megadott értéktől. Ez a megoldás a Baumgarten cégnél – amely évek óta gyártott már egy 10 µm toleranciájú alkatrészt, üvegszálat és ásványi anyagot is tartalmazó fenolformaldehid gyantából PF(GF+MD) – egyértelműen stabilizálta a minőséget, bár a selejt mennyisége még nem volt elfogadható. Az eljárás költségigényes is, nagyobb a karbantartási igény a szerszámüregben elhelyezett érzékelők miatt. Ez a szempont különösen fontos a nagy mennyiségű töltőanyagot tartalmazó és ezért koptató hatású duroplasztok esetében.

A felmerült problémák megoldására és a duroplasztok alkalmazhatóságának további szélesítése céljával indították a *QuaProDur* (Qualitätsoptimierte Produktion von Duromeren) kutatási projektet, amelynek keretében a KraussMaffei másik három intézménnyel (Rosenheim Főiskola, Deckerform Produktionssysteme GmbH és a HBW-Gubesch Thermoforming GmbH) együtt optimalizálta a duroplasztok fröccsöntési technológiáját. A projektben a KraussMaffei által már korábban kifejlesztett önkorigáló *APC plus* (Adaptive Process Control) rendszert adaptálták a duroplasztok fröccsöntéséhez.

Az *APC plus* a folyamat során állandóan ellenőrzi a szerszámüregben az ömledék viszkozitását és összehasonlítja egy az előzetes vizsgálatok és a kitűzött cél alapján beállított referenciagörbével. A fázisváltás időpontját és az utónyomás nagyságát úgy állítják be, hogy a befröccsentett mennyiség állandó legyen. Ez a szabályozás minden egyes darabnál automatikusan bekövetkezik. Ha például a hengerhőmérséklet 2 °C-kal emelkedik, és emiatt csökken a viszkozitás, az *APC plus* hamarabb átkapcsol az utónyomásra, és azt csökkenti is, hogy ne lépjen fel a szerszámüreg túltöltése.

Az *APC* hatásosságát a projekt során a Baumgarten cégnél 2x24 órás kísérletben értékelték PF(GF+MD) alapanyagánál. Az első 24 órában az *APC* nélkül, a második részben az *APC* bekapcsolásával dolgoztak. A kísérletben az *APC* bekapcsolása után a szerszám belsejében mérhető nyomás variációs koefficiense 4,1%-ról 2,51%-ra csökkent.

Egy másik kísérletben egy telítetlen poliésztergyanta alapú BMC (BMC: bulk molding compaund = fröccsönthető üvegszálas duroplaszt) (BMC UP(GF+MD)-ből gyártották le egy teljesítmény-védőkapcsoló házát. A kísérletnek ezúttal is két – 130 ciklusból álló – szakasza volt, az első szakaszban a pozíciótól függő fázisváltást, a második szakaszban az *APC* szabályozást használták. A kísérlet során mindkét szakaszban szándékosan csökkentették az ömledék viszkozitását a hőmérséklet emelésével. A csökkenő viszkozitás hatására az első szakaszban megnőtt a termék súlya, az *APC plus* azonban korigálni tudott, alkalmazásakor a termék súlya a viszkozitás csökkenése ellenére nem változott.

A *QuaProDur* projekt vizsgálatai bebizonyították, hogy az *APC plus* a duroplasztok fröccsöntésénél is jelentősen javítja a termékminőséget. A duroplasztok fröccsöntésének és ennek során az *APC plus* további fejlesztéséhez azonban további

ismeretekre, vizsgálatokra van szükség. Ezeken a KraussMaffei a gépeit használó Baumgarten céggel dolgozik együtt. A további vizsgálatok ahhoz is szükségesek, hogy a ma még csak termoplasztokat használó feldolgozók körében is terjedhessen az egyébként nagyon perspektivikus tulajdonságokkal bíró duroplasztok alkalmazása.

A fröccsöntés és a termékminőség szempontjából a duroplasztoknál nem elég a viszkozitási tulajdonságokat ismerni, a reaktivitás is döntő. A duroplasztok az anyag előélete iránt érzékenyek, ezért a tárolást ellenőrizni kell a hőmérséklet és a nedvesség tekintetében. Nem szerencsés a hosszú tárolás, szállítás. A feldolgozás során a hőmérséklet változása nemcsak a viszkozitást, hanem a reaktivitást is befolyásolja. A duroplasztok, főleg a nagy mennyiségű erősítő- és töltőanyagot tartalmazók sokkal kevésbé összenyomhatók, mint a termoplasztok. Minél kisebb egy anyag összenyomhatósága, annál érzékenyebb lesz a kisebb változásokra is, és annál fontosabb az APC plus szabályozás használata. A kompresszibilitás nagyságát figyelembe kell venni az anyagösszetétel, a töltőanyagok mennyiségének megválasztásánál is.

A duroplasztok alkalmazásának egyik fontos területe a nagyobb súlyú alkatrészek előállítás, amelyek iránt folyamatosan növekszik az igény, főleg az energiaiparban, ahol 2 kg-nál is nehezebb alkatrészeket is használnak. Ezeknél a nagyméretű alkatrészeknél a korai térhálósodás jelenti a legnagyobb kihívást, mert a komplex nagyméretű daraboknál nehezebb a folyamat kézbe tartása. A Baumgartennél ma már milliós nagyságrendben gyártanak duroplaszt autóalkatrészeket a KraussMaffei 800–3000 kN záróerejű, és 35-70 mm átmérőjű csigával dolgozó fröccsöntő gépein. De míg az USA-ban 1,3 milliárd fékdugattyút gyártanak évente duroplasztból, Európában csak most kezdenek foglalkozni ezekkel a termékekkel.

Néhány új duroplaszt termék

Az amerikai Society of Plastics Engineers (SPE) idei Thermoset TOPCON konferenciáján több érdekes előadás hangzott el az egyre nagyobb érdeklődésnek örvendő duroplasztokról. Új alkalmazási területként a Composite Access Products (CAP) *csatornafedeleket gyárt hőre keményedő kompozitból.* A műanyagok alkalmazására először azért került sor, mert a fémből készült fedeleket rendszeresen ellopták. De ezen kívül is több előnye van. *Súlyra fele az öntött vasból készülnél,* ami az alkalmazását is megkönnyíti. Fontos a műanyagkompozit korrózióállósága, mivel a csatornafedeleknél számolni kell a szennyvízből származó kénsav gőzök jelenlétével. Fémfedelekek esetében ez gyakran vezet ahhoz, hogy a fedelet a keretétől csak rombolással lehet elválasztani. Az alkalmazott duroplasztoknak elegendő nagy sűrűséggel kell rendelkeznie, maszszívnak kell lennie, hogy bírja a felette haladó közlekedő eszközök terhelését. Ezt erősítő szál és töltőanyag hozzáadásával érik el. A CAP az általa gyártott fedeleket detektálhatóság és megtalálás érdekében fémdetektorral látja el, sőt lehet beépített rádiófrekvenciás azonosítóval is rendelni.

A fenntarthatóság növelését szolgálja a Zila Works LLC fejlesztése, amellyel kendermagból nyert olajat használt epoxigyanta gyártásához. A fejlesztést az amerikai Környezetvédelmi Ügynökségnek a kisvállalati innovációt segítő kutatási programja,

az SBIR támogatta. A termoplasztok körében ma már sok biopolimer ismert, de *a hőre keményedők között a bioalapú polimer viszonylag ritka*. A bioepoxi gyantából üvegszálszövet-erősítéssel gördeszkát gyártottak. A gyantát felvitték az erősítő szövetre, majd a kikeményítést melegen történő préseléssel végezték. Az epoxi kompozit a gördeszka felső rétegét alkotta. A gördeszka testét a rendkívül alacsony felületi feszültségű nagy molekulatömegű polietilénből készítették. A fejlesztés egyik legnagyobb kihívása volt a megfelelő tapadás elérése a két kevésbé kompatibilis anyag között. A projekt további fejlesztéseként megvizsgálják a kenderszál alkalmazhatóságát az üvegszál helyett, aminek eredményeként egy még „zöldebb” termék fejleszthető ki.

A duroplasztokat általában erősítő- és /vagy töltőanyaggal használják. Ez részben a költséget csökkenti, de egy sor mechanikai, optikai tulajdonságra is előnyösen hat. Ezen anyagok nagymértékben befolyásolják a viszkozitást és ezen keresztül a feldolgozhatóságot. A konferencia egyik előadója volt az Omya Inc. szakembere. Az Omya cég kalcium-karbonát töltőanyagot szállít a műanyagipar számára. Előadásában arról beszélt, hogy a töltőanyag mennyisége, a részecskeméret-eloszlás, a részecskék elhelyezkedése a szuszpenzióban miként befolyásolják a gyanta-kalciumkarbonát szuszpenzió viszkozitását. A cég minden vásárlójának segít a viszkozitás optimalizálásában.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Schiffers,R.,Topic, N.: Mehr Stabilität erhöht die Attraktivität = Kunststoffe, 107. k. 7. sz. 2017. p. 48–51.

Wieland, C., Topic, N., Hirz, J.: Mehr Präzision für störungsanfällige Frühvernetzer = Kunststoffe, 108. k. 12. sz. p. 38–41.

Lamontagne, N. D.: Thermosets bring benefits to new markets and applications = Plastics Engineering 2019. január p. 56–59.