

Kombinált eljárások a műanyag-feldolgozásban

A műanyag-feldolgozás két legfontosabb mai elve az energia minél jobb hatásfokú felhasználása és a minél nagyobb termelékenység, azaz a minél rövidebb ciklusidő. Az energiatakarékosságot a gépi eszközök módosításával és a feldolgozási folyamatok optimalizálásával akarják fokozni. A termelékenység növelésére a korábban több lépésben gyártott termékeket igyekeznek egyetlen lépésben előállítani, és ennek érdekében gyakran különböző feldolgozási módszereket kombinálnak egymással. Ez elsősorban a fröccsöntésben tapasztalható, de érinti a hőformázást is. A gépgyártók számos ötlettel igyekeznek a feldolgozók igényeit kielégíteni.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; kombinált eljárások; energiamegtakarítás; gépgyártók; gép; szerszám; periféria; fröccsöntés; hőformázás; lakkozás.

Energiamegtakarítás szervomotorokkal

A **Ferromatic Milacron** és a **Wittmann Battenfeld** cég villamos fröccsgépeiben, amelyekben minden egyes tengelyt külön motor forgat, egyre gyakrabban alkalmaz szervo-elektromos hajtást. A **Wittmann Battenfeld** ezenkívül szervohidraulikus gépeket is gyárt, amelyekben a szivattyúkat fordulatszámmal szabályozható szervomotorok működtetik. Ezt az energiatakarékos megoldást az **Engel** és a **Ferromatic Milacron** is bevezette, mert a szivattyúk csak akkor vesznek fel energiát, ha hasznos teljesítményt nyújtanak, ennek következtében a felesleges energia hővé alakulása is elkerülhető. Ilyen hatás a villamos hajtású gépeken is érvényesül, ha nem forog a motor, nem is vesz fel energiát. A villamosan hajtás egyre szélesebb körben, pl. a kiegészítő mozgásokban (forgó egységek, kidobók) is terjed.

Hogy a nagyméretű villamos gépek teljesítménye és gyorsulása elérje az azonos méretű hidraulikus gépeké, a **Windsor** cég az előbbieken néha kettőzött hajtást alkalmaz. Ilyenkor speciális szabályozástechnikával kell gondoskodni a rendkívül dinamikus mozgások tökéletes szinkronizálásáról.

A hajtás mellett a fröccsöntési folyamat valamennyi elemének optimalizálása hozzájárulhat az energia jobb hasznosításához. Ilyen lehet a plasztikáló egység hőszigetelése, az alacsonyabb feldolgozási hőmérsékletet lehetővé tevő csigakonstrukció (**Arburg**), az energiatakarékos periféria, temperálóberendezés, szerszámtechnika (**Wittmann Battenfeld**). Kontúrközeli hűtőcsatornákkal és a hűtővíz mennyiségének optimalizálásával sok energiát lehet megtakarítani (**Ferromatic Milacron**).

A **Wittmann Battenfeld** gépeinek felületei a mai irányzatnak megfelelően magas fényűek, ami gazdaságosabbá teszi a gyártást. A **Ferromatic Milacron** a csoma-

golóeszközök és a használati tárgyak előállítására kínált gépein a nagy teljesítményű feldolgozásra, a kis falvastagságra koncentrálnak.

A gépgyártók az élelmiszeripari csomagolóeszközök gyártására könnyen tisztán tartható gépeket fejlesztettek ki, amelyek tisztatéri termelésre is alkalmasak.

A részleteken is finomítani kell

A **Ferromatic Milacron** szerint a klasszikus gépsorok ideje lejárt. Az igényeknek megfelelő rugalmas, korszerű feldolgozógépeket modulokból rakják össze. A közeli jövőben már nem lesznek „teljesen villamos” vagy „teljesen hidraulikus” fröccsöntő gépek, hanem szabadon összeállítható hibrid gyártósorok. Ezek elsősorban az energiát jó hatásfokkal felhasználó hajtórendszert és intelligens gépvezérlő rendszert tartalmaznak majd, hogy kiküszöböljék a szükségtelen fogyasztású csúcsokat és a hibás beállítást. Ennek az elvnek megfelelően az **Arburg** is áttért a modulszerű felépítésre, a **Billion** cég pedig „polivalens” berendezéseket gyárt. A **KraussMaffei** a gépgyártás és az automatizálás jobb harmonizálásától vár további eredményeket. Általában megfigyelhető az az igény, hogy a feldolgozók az egyszerű fröccsgépek helyett komplex gyártócellákat szeretnének, hogy elkerüljék az összekapcsolásokból eredő nehézségeket.

Továbbra is az energia felhasználásának jobb hatásfoka a legfőbb cél, ami nemcsak a gépre, hanem a perifériára is vonatkozik, azaz a teljes gyártási folyamatot egységes egésznek kell tekinteni. A gépek felállításához rendelkezésre álló helyek egyre kisebbek, ezért a megrendelők „kompakt” gépeket keresnek, olyanokat, amelyek nem túl zajosak és amelyeket könnyű tisztán tartani, vagy amelyek alkalmasak orvosi eszközök gyártására is.

A **Windsor** cég szerint a mai villamos hajtású gépek kielégítik a globális versenyben egyre fontosabb precizitás, jó teljesítmény és nagy hatásfok iránti igényeket. Ez érvényes a 3500 kN feletti záróerejű gépekre is, amelyekben a teljesen villamos hajtású gépek speciális hatásai és megtakarítási lehetőségei látványosan érvényesülnek. Ilyeneket tartalmazó teljes gépsorok, amelyek záróereje akár 25 000 kN is lehet, ma még kevés feldolgozónál láthatók. Az **Engel** cég egy ilyen gyártósorán záróelemeket fröccsöntenek 96-félszemes szerszámban nagyon kis energiafelhasználással, 3 s-os ciklusidővel.

Intelligens szerszámok

A fröccsöntésben egy újabb irányzat kezd érvényesülni, amely szerint acél- vagy alumíniumlemez helyett „szerves bádóg”-ból, azaz folyamatos üvegszállal erősített hőre lágyuló anyagokból készített félkész termékekre mint vázanyagra fröccsöntenek rá egy második hőre lágyuló műanyagot. Ilyen technológiával előállított poliamid kormányrudat mutatott be az **Engel** cég. A **KraussMaffei** ezt a technológiát ugyancsak az autópárhuzamban, a szállítási eszközök gyártásába és a gépgyártásba szeretné bevezetni. Az előmelegített hőre lágyuló üvegszálalás lemez szerszámzárásakor hőformázáson és esetleg prégelesen esik át, majd erre fröccsöntik rá a formaadó réteget. Ezáltal egyetlen lépésben állítanak elő nagyon nagy szilárdságú, stabil, mégis tetszetős formadarabot.

A **Ferromatic Milacron** és a **Foboha** cég többállomásos forgó asztalon függőleges tengelyük körül forgó kocka alakú szerszámokat kínál, amelyek elforduló oldalain a fröccsciklus különböző fázisait lehet elvégezni. Ennek következtében egy ciklusidő alatt az egyik szerszámban a befröccsentés, a másikban a hűtés, a harmadikban a kidobás megy végbe, ami nagyon lerövidíti a ciklusidőt.

Az **Arburg** fröccsprézelésnek nevezett eljárása lehetővé teszi funkciós elemek, pl. elektronikus eszközök fröccsöntés alatti beépítését és mikrofröccsöntését.

Bonyolult formájú üreges testek fröccsöntéséhez kínálja az **Engel** cég *Multitube* nevű szerszámrendszerét. A ciklus folyamán a korábban elkészített formát két vagy három lépésben automatikusan áthelyezik majd körülfröccsöntik. Az eljárás előnye, hogy a szerszámból utómegmunkálást (pl. hegesztést) nem igénylő kész darab jön ki. A hasonló formadarabok gyártásához alkalmazott gázzal segített fröccsöntéssel szemben az ezzel a technológiával készített elemek belső üregeinek szép felülete van és egyenletes a falvastagságuk.

Feldolgozógépek bioműanyagokhoz

A **KraussMaffei** felismerte, hogy a megújuló alapanyagokból készített vagy a növényi szálakkal erősített műanyagok fröccsöntéséhez kíméletesebben dolgozó gépekre van szükség. Az ilyen műanyagok lehetnek hőérzékenyek, tartalmazhatnak nedvességet, de lehet kellemetlen szaguk is, a feldolgozásnak ezeket a tulajdonságokat figyelembe kell vennie. A szokásos gépeket módosítani kell, pl. kíméletesebb plasztikáló egységgel vagy az anyag előkészítését és fröccsöntését lehetővé tevő egyszeri felmelegítéssel (pl. ún. fröccskompaundálással).

A **Windsor** cég rámutatott arra, hogy a teljesen villamos fröccsgépeket még sok olyan területen nem alkalmazzák, ahol nagyon jól lehetne őket használni. Ezeknek a gépeknek az egyik előnye, hogy a feldolgozási paraméterek nagyon széles tartományban állíthatók be. A befröccsentési sebesség pl. <1 mm/s-tól egészen nagy sebességig változtatható a pontosság és ismételhetőség csorbulása nélkül. Vastag falú lencsék előállítására éppúgy alkalmasak, mint nagy felületű, vékony falú termékek gyártására. A közeljövőben megjelennek majd a két- vagy többkomponensű fröccsgépek teljesen elektromos kiegészítő aggregátokkal, ami lehetővé teszi majd a villamos hajtású gépek előnyeinek érvényesítését a többkomponensű fröccsöntésben is.

Többkomponensű fröccsöntés

A fröccsöntést gyakran kombinálják más műanyag-feldolgozási eljárással, ami által egyetlen munkafázisban korábban csak több lépésben elvégezhető műveleteket tudnak elvégezni. A fröccsöntéshez ma már nem mindig elegendő egy fröccsgép, azt kiegészíthetik még egy vagy több fröccsgéppel, ill. plasztikáló egységgel, de a gyártósorba beépíthető extruder és számos más feldolgozóegység is.

Ilyen összetett eljárás a többkomponensű fröccsöntés is, amikor két egymás utáni fröccsöntést hajtanak végre egy fázisban ugyanabban a szerszámban. A vezető európai feldolgozógép-gyártók (**Arburg, Billon, Ferromatic Milacron, KraussMaffei, En-**

gel) érzékelik az erre irányuló keresletet, és fejlesztőik mindent megtesznek, hogy ki-elégítsék az igényeket.

A **KraussMaffei** egylépcsős eljárásában (*Ein-Stufen Prozess*) a fröccsöntést, az extrudálást és a reaktív gyantaöntést kombinálja, amivel többfunkciós, nagyon bonyolult 3D-s formákat képes előállítani, és ezeken a formákon puha tapintású részek és a magas fényű felületek egyaránt megtalálhatók. Az eljáráshoz forgólapos szerszámfel-fogással és nagynyomású poliuretángyanta-keverővel és -adagolóval egészíti ki fröccsgépeit. Az **Engel** cég *Clearmelt* elnevezésű folyamatos eljárásában a fröccsszer-számba fektetett dekorfólia hátoldalára fröccsönti a műanyagömlédket, majd átlátszó PUR lakkal vonja be felületét. Ezáltal nagyon tetszetős mélységhatást és erős karcálló-ságot ér el. Vannak olyan eljárások, amelyekkel igen jó termelékenységgel több na-gyon vékony lakkréteget lehet a felületre felhordani, amelyek együttes vastagsága cse-kély, a bevonat mégis rendkívül ellenálló. A **KraussMaffei** ún. *Coverform* eljárásában fröccsöntött PMMA formadarabjait többkomponensű reaktív akrilbázisú gyantával fedi le mikrométer vastagságú rétegben. A szerszámleképezés többfészkes szerszám-ban is kifogástalan. Az ezzel a technológiával készített darabok karc- és vegyszerálló-sága kiváló, ezért nagy igénybevételnek kitett helyeken, pl. háztartási eszközök, gép-kocsik, mobiltelefonok felületi elemeiként jól beváltak. Korábban az ilyen elemeket 14 lépésben állították elő. A **Wittmann Battenfeld** cég magas- és zongoralakkfényű felü-leteket képes előállítani a variotherm eljárás két új változatával, amelyet *BFMold*, ill. *E-Variotherm* eljárásnak nevezett el.

A kasírozás, a hőformázás és a fröccsöntés kombinálása

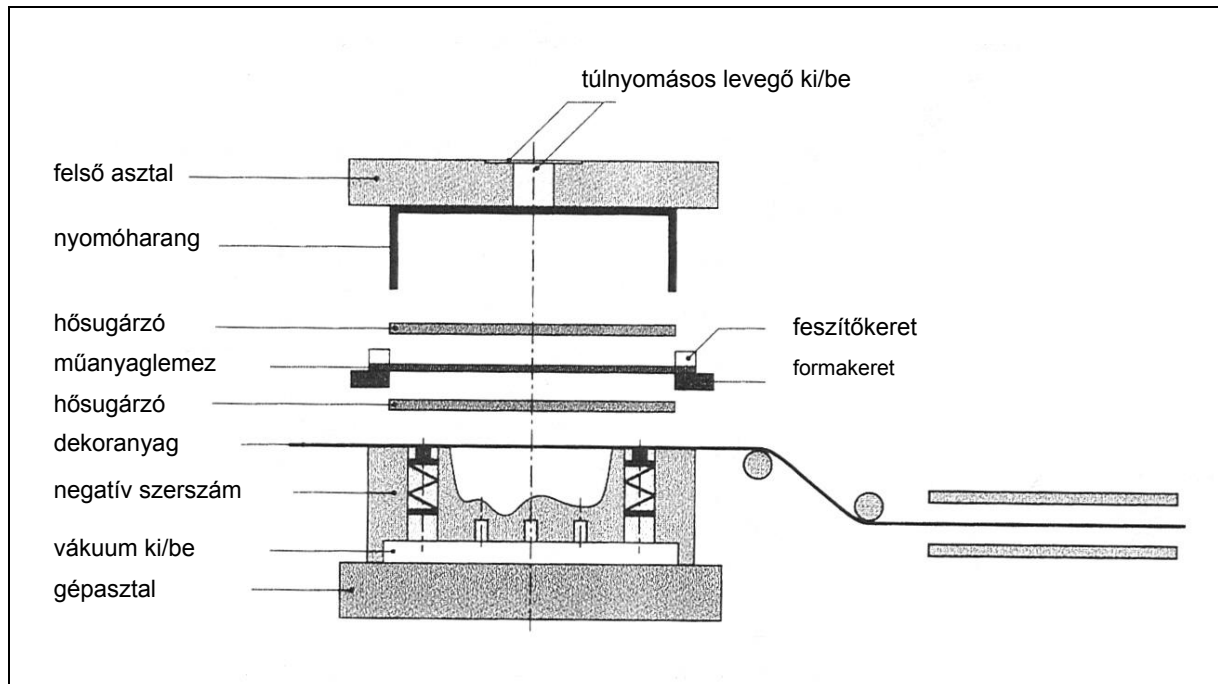
A gépkocsikba épített műanyag elemektől ma gyakran elvárják, hogy felületük fához, fémhez hasonlítson, esetleg matt vagy ellenkezőleg magas fényű legyen. Az ilyen felületet legtöbbször különböző optikai hatású fóliákkal, sajtolással vagy az ún. szerszámban díszítés technológiájával állítják elő. Erre különböző eljárásokat (hátol-dalra habosítás, hátoldalra fröccsöntés, hőformázó sajtolás, prézelés) fejlesztettek ki.

A **Reiss Kunststofftechnik GmbH** kifejezetten textilekkel fedett műanyagfelü-letek előállítására fejlesztette ki *Textil-Insert-Molding-Dekoration (T-IMD)* elnevezésű eljárását. Ennek lényege, hogy első lépésként egy hőre lágyuló műanyag hordozóra (általában poliolefinlemezre) ráfeszített textilt együtt hőformáznak vákuumos mélyhú-zással, aminek következtében a textil külön ragasztó nélkül összeépül (rákasírozódik) a műanyagra. Az így kapott formát szélezés után betétként (inzertként) fröccsszer-számba helyezik, és a hátoldalára ráfröccsentik a végső formát adó másik műanyagot. Arra is van lehetőség, hogy a textilfelületet átlátszó műanyagréteggel vonják be, amely nagyon tetszetős „mélységhatást” kölcsönöz a felületnek.

A vákuumos mélyhúzással végzett direkt kasírozás a következő lépésekből áll (*1. ábra*):

- a dekoranyag bevezetése és rögzítése a szerszámban,
- a műanyag hordozólemez elhelyezése a dekoranyag felett,
- a műanyaglemez felmelegítése,

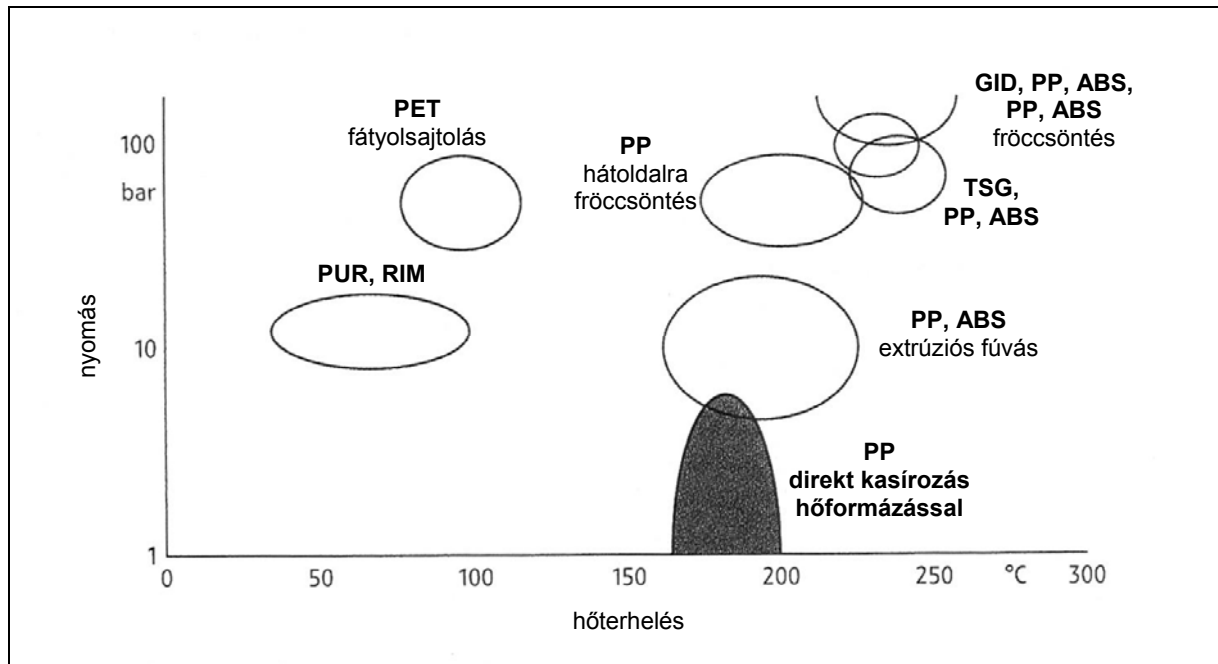
- vákuum és/vagy túlnyomásos levegő bevezetése a mélyhúzáshoz,
- a dekoranyag és a lemez együttes formázása,
- a formázott darab lehűtése és kivétele a szerszámból,
- utómegmunkálás.



1. ábra Direkt kasírozás mélyhúzással

A hőformázás gazdaságosságát az utóbbi években az előkészítés időtartamának rövidítésével, az automatizálással, az anyagbevezetés, a formakiemelés és a mikroprocesszoros vezérlés fejlesztésével növelték. Ha a lemezt a hőformázás előtt közvetlenül extrudálják, annak maradék hőtartalma is csökkenti a feldolgozási költségeket, ezekívvül nem kell a lemezt feltekerceselni, és a vastagabb lemezeket folyamatosan lehet a hőformázó gépbe bevezetni.

A vákuumos hőformázás kíméletesebb, mint a hőformázó sajtolás, a hátulról prézelés vagy a hátulról fröccsöntés, az alakadás kb. 1 bar nyomással történik a kizárólag túlnyomással végzett alakadás 6 bar-os nyomásával szemben (2. ábra). A részlegesen kristályos polimereket éppen csak a kristályos olvadáspontjuk fölé kell felmelegíteni. A dekoranyag (textil, hab, nemszőtt szálfátyol) nem sérül, a felület kifogástalan lesz. Alájuk nem kell védő- vagy záróréteget beépíteni, a hőre érzékeny dekoranyagok színe nem változik el. Nagy felületű és vékony falú (pl. 2000x1000 mm-es, 2 mm vastag) termékek is könnyen állíthatók elő ezzel az eljárással. A méretek nagysága csak a hőformázó berendezés és rögzítőelemek méreteitől függ. Más direkt kasírozó eljárásokban a műanyag megolvad, a dekoranyagot meg kell védeni az ömledékáram okozta elmozdulástól vagy meggyűrődéstől. Előnye az eljárásnak az alacsony szerszámköltség; a vákuumos hőformázó szerszám 20%-kal olcsóbb, mint egy prézelő vagy fröccs-szerszám és a hőformázó gép ára sem igényel nagy beruházást.



2. ábra A direkt kasírozáshoz alkalmazott módszerek összehasonlítása (GID: gázzal segített fröccsöntés, TSG: hőre lágyuló műanyagok fröccsöntése mikropórusos habszerkezettel)

A hőformázó gépből kiemelt darabot szalagkéssel, kivágószerszámmal, CNC megmunkálógéppel vagy lézersugárral szélezzik, majd a fröccsszerszámba helyezik. Ezt lehet kézzel vagy többtengelyű robottal végezni. A hőformázott betétet a fröccs-szerszám geometriájával, támasztótükkel vagy áttörésekkel, vákuummal rögzítik a fészekben. Textilfelületek helyben tartásához a sztatikus töltés nem elegendő.

A betét hátoldalára a műanyagot hagyományos fröccsgéppel fröccsentik rá. A betét pontos pozicionálása alapvető követelménye a hibátlan darabnak. A betét zsugorodása nemcsak a hordozólemez anyagától és vastagságától függ, hanem az alkalmazott textiltől is. A szeszámokat és az alkalmazott anyagokat gondosan össze kell hangolni, a hordozóréteg anyagának pl. tökéletesen össze kell épülnie a ráfröccsentett műanyaggal.

Az eljárás előnye a nagy rugalmasság. Egyszerűen lehet általa egyedi igényeket kielégíteni. A felületet sokféle funkcióval lehet gazdagítani (kellemes tapintás, fényt-eresztés, villamos vezetőképeség, zaj- és hőszigetelés stb.). A hordozóréteg anyaga legtöbbször poliolefin [polipropilén (PP) vagy polietilén (PE)], amely lehet töltetlen vagy talkummal, üveggyönggyel, növényi szálakkal erősített, esetleg habosítható típus], ilyenkor nem kell ragasztóanyagot alkalmazni. Választható azonban más hőre lágyuló műanyag is [polisztirol (PS), akrilnitril-butadién-sztirol (ABS), poli(metilmetakrilát) (PMMA), poli(etilén-tereftalát) (PET), polikarbonát (PC)], ezeken azonban ragasztóréteggel [poliamid (PA), poli(éter-szulfon) (PES), poliuretán (PUR), etilén/vinilacetát kopolimer (EVA)] rögzítik a dekorfóliát.

A hátoldalra fröccsentett műanyag kiválasztásában ugyanazokat az elveket kell alkalmazni, mint a többkompenensű fröccsöntésben. A hordozó anyagával való összeférhetőség mellett ügyelni kell a hasonló hőtágulásra, zsugorodásra és a jó tapadásra. A poliolefinnek csak egymással férnek jól össze, az ABS-re viszont ráfröccsenthető akrilnitril-sztirol-akrilát (ASA), PC, PMMA, sztirol-akrilnitril (SAN), PC és poli(butilén-tereftalát) keveréke (PC/PBT) vagy PC/ABS keverék is.

Az eljárást elsősorban az autógyártás számára fejlesztették ki, de hasznos lehet a bútorok, a csomagolóeszközök és a használati tárgyak gyártásában is.

Poliuretán formadarabok funkciós lakkozással

A RIM (reactive injection moulding, reaktív fröccsöntés) eljárással előállított poliuretán formadarabok felülete nem mindig kifogástalan, ezért felületüket lakkozással javítják. A lakkrétegnek azonban nemcsak optikai szerepe (szín, fényesség, különleges vizuális hatások) lehet, hanem növelheti a mechanikai hatások (kopás, ütés, deformáció) elleni védelmet, a vegyszerállóságot (lúgok, savak, oldószer, hidraulikaolaj, hűtőfolyadék ellen), javíthatja az időjárásállóságot, megkönnyítheti a nyomtatást és a ragasztást.

A **Thieme GmbH & Co** (Teiningen, Németország) ilyen lakkozott poliuretán formadarabokat állít elő, és elsősorban nyomtatással díszíti őket, de egyéb funkciós feladatokat végző lakkozást is végez.

Nagy kopás- és vegyszerállóság igényekor ún. *mikroeffektlakkokat* alkalmaz. Ezek kültéri alkalmazásra is jól beváltak. Az ilyen lakkok jól keverednek egymással és más anyagokkal, ezért sokféle változatuk van. Üveggyönggyel töltve finom gyöngyházfényt kapnak. Az ún. *struktúrlakkok* színe, fényessége, struktúrhatásai nagyon változatosak és ezek mechanikai hatásokkal és vegyi anyagokkal szembeni erős védelmet adnak.

Ha az optikai hatás a fő cél sima lakkokat alkalmaznak, mert ezek szép fényük mellett könnyen tisztíthatók. Rezet tartalmazó akrilátlakkot akkor használnak, ha széles frekvenciatartományú elektromágneses árnyékolás a cél; a lakkot ilyenkor a belső felületre viszik fel.

A lakkok között vannak egy- és kétkomponensűek; az utóbbiak tartósabbak, valamennyi könnyen nyomtatható. Ha a formadarabokat ragasztani kell, a durvább felületű struktúrlakkok használata célszerű. A ragasztók és a nyomtatófestékek is lehetnek egy- vagy kétkomponensűek, ezek közül is az utóbbiak tapadása erősebb.

Összeállította: Pál Károlyné

Kombination führt weiter = Plastverarbeiter, 61. k. 10. sz. 2010. p. 91–93.

Wissin, G.: Oberflächen veredeln mit Echtdekoren = Kunststoffe, 100. k. 10. sz. 2010. p. 178–182.

Bührer, H.: Mehr als nur schöne Oberflächen = Plastverarbeiter, 62. k. 1. sz. 2011. p. 22–23.