

## Ömledék homogenitásának javítási lehetőségei fröccsöntésnél és extrúziónál

A reprodukálható termékminőséghez elengedhetetlen a homogén ömledék biztosítása. Színhibák elkerülése, a szennyezett műanyag hulladék problémamentes feldolgozása, habfóliák gyártása és az érzékenyebb polimerek – pl. a PET, PA – fröccsöntése nagyobb odafigyelést igényel a feldolgozóktól az ömledékszűrők kiválasztásában is. Ehhez nyújt segítséget az ömledékszűrés műszaki megoldásainak bemutatása.

*Tárgyszavak: fröccsöntés; extrúzió; ömledékszűrés; habfólia; újrafeldolgozás; mesterkeverék; optikai alkalmazás.*

### Színhibák elkerülése fröccsöntéskor

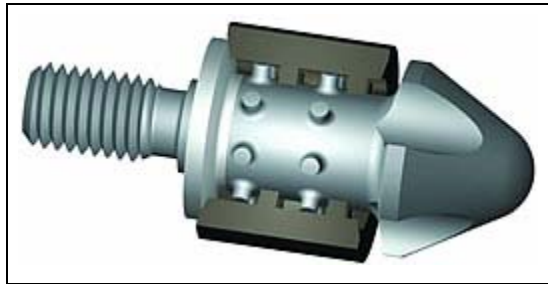
Manapság az egyre nagyobb hatékonysági és minőségi követelmények még a legspeciálisabb berendezéseknél is komoly kihívást jelentenek. Az alapanyag kiválasztása mellett nagy gondot kell fordítani az ömledék homogenitására, különösen, ha színező mesterkeveréket vagy erősítő/töltőanyagokat alkalmaznak az alapanyag tulajdonságainak beállítására. *A reprodukálható termékminőség előfeltétele a minél homogénebb ömledék.* Minden homogenizáló eljárás lényegében abból áll, hogy az anyagon belül új határfelületeket hoznak létre, és ezeket átrendezik, vagy a keverés és a transzportfolyamatok egyszerre zajlanak. Hagyományos háromzónás csigával ezt csak bizonyos feltételek mellett lehet elvégezni, ezért sokféle megoldást találtak ki arra, hogy miként lehet tovább javítani az ömledék homogenitását. A csigákon levő dinamikus keverőelemek mellett szívesen igénybe vesznek úgynevezett *statikus keverőelemeket* is, amelyeket a plasztifikáló egység és a szerszám között helyeznek el. A különleges keverőcsigák alakja igen bonyolult, ami gyakran növeli az L/D értéket, hiszen az új elemeket a szokásos három zónán felül kell elhelyezni a csigán. Az ilyen csigák előállítására meglehetősen drága, és egy-egy speciálisan előállított csiga gyakorlatilag csak az adott célra használható fel. A statikus keverőket viszont könnyen kombinálhatják bármelyik közönséges háromzónás csigával, jó a keverési hatásfokuk, nem kopnak, és viszonylag nem nagyon növelik meg a nyomásigényt olyan esetekben, ahol a rendszer további nyomáscsökkentő elemeket már nem viselne el.

### A dinamikus VIP keverő

Annak érdekében, hogy ne legyen nagy a nyomásvesztés, és a keverő viszonylag kis helyet foglaljon el, a svájci **Sulzer Chemtech** cég kifejlesztette a *dinamikus VIP* (Vortex intermeshing pin = örvénylő, illeszkedő felületű csap) *keverőt* (1. ábra), amelyet utólag is fel lehet szerelni a szokásos visszaáramlás-gátló keverőelem helyett.

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)

A visszaáramlás-gátló rotort és a gyűrűt számos keverőtüskével látják el, amelyek a plasztifikálás során egymás mellett elmozdulnak. Az egymáshoz illeszkedő keverőfelületek miatt a rövid szakaszon is nagy keverési hatások érhetőek el. A keverést azzal érik el, hogy miközben az ömledék előre mozog, a határfelületek reorientálódnak (más irányba terelődnek), és közben nyújtó igénybevételnek vannak kitéve. Ez csökkenti az adalékok (többek között a színezőanyagok) koncentrációkülönbségeit az ömledékben. Az egyenetlen színeződés ellen a fröccsöntők rendszerint a kicsit nagyobb mesterkeverők-mennyiséggel védekeznek, de hosszú távon ennél olcsóbb egy jó hatásfokú keverő alkalmazása.



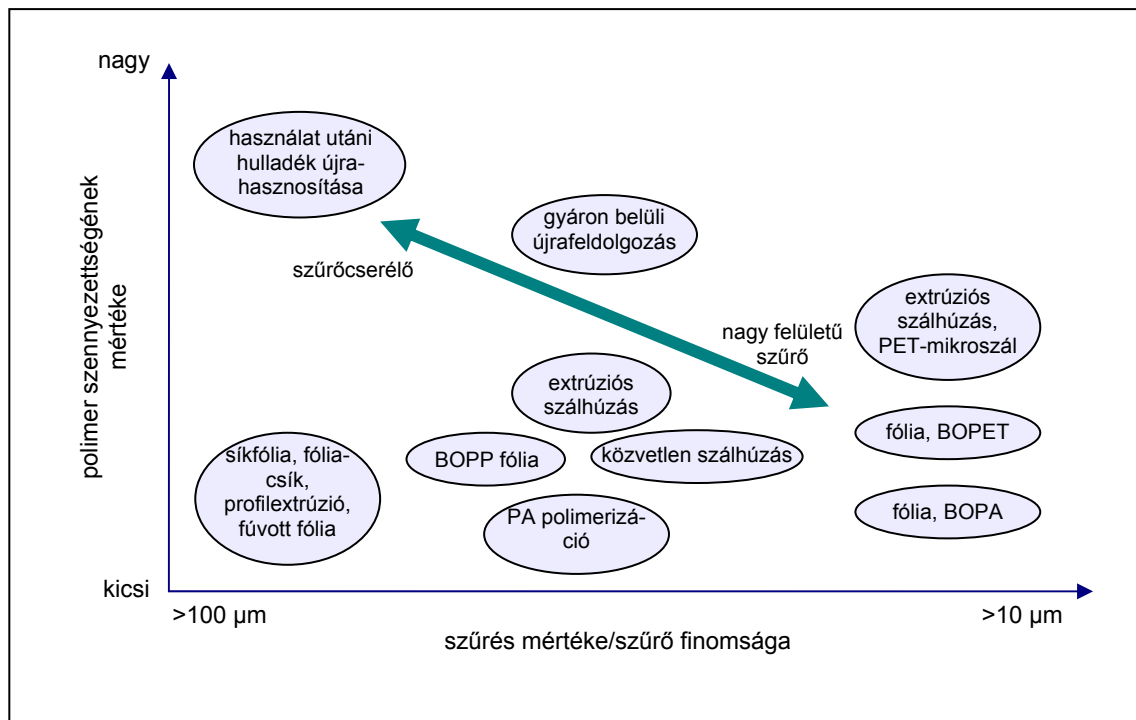
1. ábra A dinamikus VIP keverő alakja

Különösen nagy homogenitási követelmények lépnek fel az optikai elemek (pl. napszemüveg-lencsék) készítésekor. A különböző keverési eljárások hatékonyságát egy összehasonlító vizsgálattal állapították meg. Egy átlátszó PA12-be (az **EMS Chemie Grilamid TR XE3805** márkanevű termékébe), 4% színező mesterkeveréket tettek, amelyet napszemüveg-lencsék készítésekor is szoktak használni. Először a terméket hagyományos háromzónás csigával, keverő nélkül állították elő, a homogenitást kvalitatív módszerrel, egy kivetítő ernyő segítségével vizsgálták. A hagyományos csiga azonban nem biztosított az alkalmazáshoz elegendő homogenitást, ezért *a visszaáramlás-gátlót dinamikus keverőelemre cserélték*. Azonos feldolgozási körülményeket alkalmazva is sokkal jobb eredményeket kaptak, a színingadozás gyakorlatilag eltűnt. A vizsgálatot speciális keverőcsigával megismételve ugyancsak (a várakozásnak megfelelően) jó eredményeket kaptak, de nem jobbat, mint a dinamikus keverő alkalmazása esetén. A nyíró igénybevételre érzékeny alapanyagnál a dinamikus keverő alkalmazásának még előnye is volt a speciális csigával szemben, ugyanis kíméletesebben keverte az anyagot. A dinamikus keverő másik előnye, hogy nem jelent további nyomáscsökkentő „fogyasztót” az áramlásban, hiszen az amúgy is alkalmazott visszaáramlás-gátló elemet cserélik ki vele. Ez különösen fontos, pl. vékony falú termékek előállításakor vagy nagy viszkozitású anyagok feldolgozásakor. A visszaáramlás meggátlása szempontjából a dinamikus keverő ugyanolyan jól funkcionál, mint az eredeti elem. *A dinamikus keverő tehát átmeneti megoldást jelent a speciális keverőcsiga és a statikus keverő között.*

## Nagy felületű ömledékszűrők

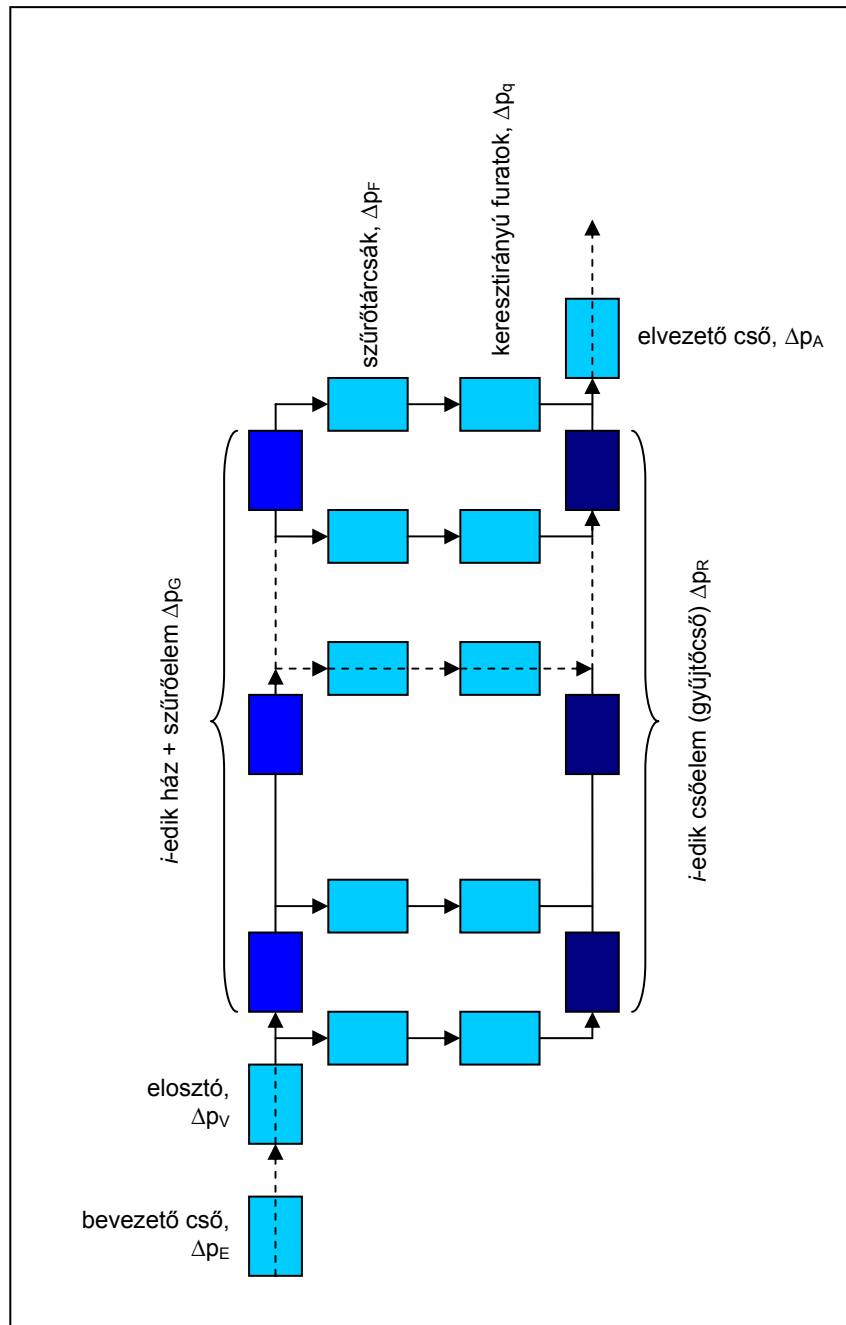
Az ömledékek szűrésére különböző területeken eltérő méretű és teljesítményű szűrőket használnak. *Műanyag hulladék újrafeldolgozásánál*, ahol elég szennyezett

lehet az anyag, gyakran cserélhető szűrőbetéteket használnak, de vannak olyan alkalmazások is, pl. a fóliagyártás vagy a szálgyártás, ahol eleve nagy tisztaságú nyersanyagokból indulnak ki, és a berendezésekben célszerű nagy felületű szűrőket használni. A különböző feldolgozási eljárások szűrési igényeit vázlatosan a 2. ábra foglalja össze. Az érzékenyebb alkalmazásokban a szűrő felülete akár a  $40\text{ m}^2$ -t is elérheti, és a tartózkodási idő is hosszabb, mint a szítaszűrők esetében. Vannak úgynevezett tárcsa-szűrők és gyertyaszűrők.



2. ábra Különböző ömledékszűrők alkalmazási területei

Gondosan kell megválasztani a tartózkodási időket, különösen az olyan érzékenyebb polimereknél, mint a PET vagy a poliamid. A nyomást úgy kell beállítani, hogy az ömledék mindenhol egyenletesen áramoljon át a szűrőn. Egy ilyen komplex berendezésnél az áramlás végelesemes szimulációja túl drága lenne, ezért inkább analitikus megoldást kerestek a villamosságtanból átvett hálózati modellek alkalmazásával. A hálózatelméletből lényegében a sorba kapcsolt fogyasztókra, az elágazásokra és a hurkokra vonatkozó egyenleteket kell átvinni, az áramot tömegáramokkal, a feszültséget nyomáseséssel kell helyettesíteni. Egy ilyen modell segítségével a szűrők méretezhetők, és még a felépítés előtt megvizsgálhatók főbb jellemzőik. Megbecsülhető a teljes nyomásigény, az egységnyi szűrőhosszra jutó nyomásesés, a tartózkodási idő és a nyírósebesség. Ezekkel az adatokkal már viszonylag kis számítási igénnyel méretezhető a szűrő és hozzáigazítható az adott polimer reológiai tulajdonságaihoz.



3. ábra A tárcsaszűrő elemeinek megfelelő áramlási ellenállások rendszere

A tárcsaszűrőbe bejutó ömledéket szétosztják, és ezután kerül sor a tulajdonképeni szűrésre. Az egyes szűrőtárcsák közti térben lép be az ömledék a szűrőközegbe, amely visszatartja a nem kívánt részecskéket. A szűrőközeg lehet drótháló, fémfilc, vagy szinterezett lemez. A szűrt ömledék a furatokon keresztül jut vissza a gyűjtőcsőbe és elhagyja a szűrőt. Az áramlási ellenállások rendszerét a 3. ábra mutatja be. Az adódó lineáris egyenletrendszer (stacionárius áramlás esetére) viszonylag egyszerűen

megoldható. Az egyszerű geometriájú elemek ugyancsak egyszerű analitikus egyenletekkel leírhatók, a bonyolultabbak pedig elemek sorára bonthatók, amelyek mindegyike leírható az alábbi egyszerű egyenlettel, amely a csőáramlásra vonatkozó *Hagen-Poiseuille egyenlet* módosított változata:

$$\Delta p = \frac{8\eta \dot{m} L}{F_G \rho}$$

ahol  $\Delta p$  a nyomásesés,  $\eta$  a viszkozitás,  $\dot{m}$  a tömegáram,  $L$  az elem hossza,  $F_G$  a geometriai tényező,  $\rho$  a sűrűség. A szűrőközegre ilyen egyszerűsítés nem alkalmazható, ott a szűrőgyártó által megadott fajlagos nyomásesés értéket ( $dp_F$ ) kell használni, amellyel az  $i$ -edik szűrőelemre vonatkozó nyomásesést az alábbi egyenlet segítségével lehet kiszámítani:

$$\Delta p_{F,i} = dp_F \frac{m_i \eta_i}{n}$$

A teljes nyomásesés az egyes elemi nyomásesések összegeként számítható ki (legalábbis sorba kapcsolt elemeknél). A viszkozitásnál figyelembe veszik annak nyírósebesség-függését (*Carreau-egyenlet*) és hőmérsékletfüggését (*Williams-Landel-Ferry egyenlet*). Az össznyomás állandó, az áramlási sebesség a nyírósebességtől való függés miatt függ a lokális áramlási ellenállástól, és a disszipatív melegedés miatt adiabatikus körülmények között visszaáramlás alakul ki. A hőmérséklet-emelkedést némi leegyszerűsítéssel az alábbi egyenlettel lehet kiszámolni:

$$\Delta T = \frac{\Delta p}{\rho c_p}$$

ahol  $c_p$  az állandó nyomáson mért fajhő.

A szűrő számítása és optimalizálása iteratív módszerrel történik. A bemenő adatok között szerepel a beömlő ömledékáram nagysága, a bemeneti hőmérséklet, a polimer anyagjellemzői és a szűrő geometriai adatai. Ezután következik a teljes nyomásesés kiszámítása (és olyan paraméterek grafikus meghatározása, mint a nyírósebesség, a tartózkodási idő, a viszkozitás változása stb.). Ezeket a mennyiségeket a szűrő hosszának függvényében ábrázolva hamar meg lehet találni az optimális jellemzőket. *Az a cél, hogy az áramlási teljesítmény eloszlása minél egyenletesebb, a tartózkodási idő minél rövidebb, a hőmérséklet-emelkedés minél kisebb legyen* (ez utóbbi kettőtől függ, hogy milyen mértékű lesz az ömledék termikus degradációja). A számításokkal történő méretezés jelentősen csökkenti a költségeket és a szükséges utólagos javítások mennyiségét.

## Forgó szűrő habfóliák gyártásánál

A habfóliák tömegükhöz képest jó mechanikai és szigetelő tulajdonságokkal rendelkeznek. Sok helyen kerülnek alkalmazásra, pl. égésgátolt építőipari szigetelésekben, élelmiszer-csomagolásban, védőcsomagolásként érzékeny áruk csomagolásakor stb. Nem csak az alkalmazások sokfélék, hanem a gyártástechnológiák is: vannak kémiailag habosítószeresek, de alkalmaznak fizikai gázelosztatást is. A gyártás történhet egy lépésben vagy úgynevezett tandem módszerrel is, ahol a megömlésztés, a habosítás és a lehűtés külön lépésekben zajlik. Ez utóbbi sokkal nagyobb rugalmasságot tesz lehetővé a gyártás során. Ha egy tandem gyártósorba két extruder közé építenek be szűrőegységet, a szűrésre meglehetősen alacsony viszkozitású állapotban kerül sor, aminek következtében viszonylag kis szűrőfelület is elegendő. Erre a célra a **Gneuss** cég *SXFmagnus* nevű szűrőjét ajánlja, amely 3 részből áll: egy bevezető és egy elvezető egységből, valamint egy forgatható tárcsaszűrőből. A tárcsaszűrő vese formájú üregekre van osztva, amelyet keskeny bordák osztanak további részekre – ezek ugyanazt a szerepet játsszák, mint a lyukas lemezek a megszokott tárcsaszűrőkben. Az ömledék útját úgy tervezik meg, hogy ne legyenek holt terek, ahol az anyag leülepedhet. A nyomást mérik a bevezető és az elvezető egységben, és ha a nyomáskülönbség 1 barnál nagyobb mértékben eltér a beállított nyomástól, egy hidraulikus vagy pneumatikus henger elforgatja a tárcsaszűrőt a következő pozícióba. Ilyenkor az elszennyeződött szűrő egy kis szakasza kikerül az ömledék útjából, és egy hasonló új felület jelenik meg. A felületek nagyságát úgy választják meg, hogy a változás ne okozzon jelentős nyomásingadozást. Ha egy elmozdulás után nem csökken elegendő mértékben a nyomáskülönbség, akkor a rendszer addig ismétli a műveletet, amíg be nem áll a kívánt nyomáskülönbség. A mozgatás elvégezhető rendszeres időközönként vagy a mért nyomáskülönbség függvényében. Ahhoz, hogy folyamatosan egyenletes habszerkezetet kapjanak, lényeges, hogy az áramlási viszonyok állandóak maradjanak.

Azzal, hogy a tárcsát 1°-os lépésekben mozgatják, azt is elérik, hogy a habosításhoz használt gáz folyamatosan és kontrolláltan jut az ömledékbe. Az üregek kis térfogatából következően ebben a fázisban a habosodás mértéke is csekély. Ha a szűrőtárcsa mozgása elegendő mértékben előrehaladt, a rendszer jelzést ad a kezelőszemélyzetnek, hogy egy szűrőcikkely cserélhető – amit a szűrési és gyártási folyamat megzavarása nélkül el lehet végezni – miközben az aktív szűrőcikkelyen folyik az ömledék áramlása. A szűrőlemezeket rendkívül kemény, felületkezelt acélból készítik, igen nagy méretpontossággal. A forgó tárcsa és a ház között vékony polimerfilm alakul ki, ami biztosítja a megfelelő kenést. A tömítés sem a polimert, sem a gázt nem engedi át. Ezzel biztosítják a holt terek kiküszöbölését és a súrlódásmentes működést. A habfóliáknál alkalmazott szűrők 75 000 órán át működnek a kopás legkisebb jele nélkül. A berendezést úgy tervezték, hogy többször egymás után is felújítható legyen – ugyanolyan garanciák mellett, mint az új berendezésnél.

*RSFgenius* néven kapható a rendszer továbbfejlesztett változata, ahol a forgó szűrő egésze zárt házban helyezkedik el, hogy az ömledékkel érintkező felületek ne is lépjenek közvetlen érintkezésbe a külvilággal – ezzel is csökkentve a külső elszennyeződés, oxidáció stb. kockázatát. Ebben a rendszerben a szűrőfelületek tisztítása is au-

tomatikusan, ellenáramú rendszerben történik. Ennek során előre beállított mennyiségű, tisztított ömledékkel 30–80 bar-os nyomással öblítik át az elszennyeződött szűrőfelületet. A tisztítás ideje és paraméterei beállíthatók, és elvégzésére automatikusan kerül sor. Egy lépésben a teljes szűrőfelületnek kb. 1%-át tisztítják meg. A beállíthatóság azt jelenti, hogy minden egyes alkalmazáshoz az optimális nyomás és az éppen szükséges ömledékmennyiség választható ki. *A felületek tisztulása 100%-os, és minden egyes szűrőelem kb. 400-szor használható fel.* A tisztításhoz felhasznált ömledékvesztés mindössze 0,05%. Ez a rendszer különösen a nagy reciklátumhányaddal dolgozó eljárásoknál fontos. A rendelkezésre álló berendezések PS, PE, PET tandem extrúziós sorokhoz, PE habfóliákhoz, utánkapcsolt ömledékszivattyúval ellátott egylépcsős PS és PE extrúziós sorokhoz használhatók.

*KSF* néven rendelkezésre áll még egy hasonló rendszer úgynevezett „hideg” (140 °C alatti) ömledékek szűrésére. Itt az jelenti a problémát, hogy a megosztott ömledékáramok nem szívesen egyesülnek újra homogén ömledékké, és kerülni kell azt is, hogy a szűrés után tovább csökkenjen az ömledék hőmérséklete. A *KSF* szűrő működési elve hasonló, mint a korábban bemutatott szerkezeteké, de itt nagyobb lépcsőkben történik az új felület váltása: egyszerre a szűrőüreg felületének fele cserélődik. Ezzel a nyomásstabilitás nem lesz olyan mértékű, mint a fentebb bemutatott változatoknál, de a rendszer jobban megfelel a „hideg” ömledékek követelményeinek.

Összeállította: Dr. Bánhegyi György  
www.polygon-consulting.ini.hu

Schlummer, Ch.: Schlierenfrei. = Plastverarbeiter, 58. k. 4. sz. 2007. p. 26–27.

Ernst, W.: Grossflächen – Schmelzefilter auslegen. = Kunststoffe, 98. k. 2. sz. 2008. p. 50–54.

Prangnell, A.: Gleichmässig und konstant. = Plasverarbeiter, 58. k. 9. sz. 2007. p. 82–84.

## Röviden...

### Arab kézben a Radici Film BOPP fóliagyártó cég

A dubai székhelyű **Taghleef Industries** megvásárolta az olasz **Radici Film** céget, amelynek két gyára van Olaszországban és egy Magyarországon, Tiszaújvárosban. A Radici Film egyike Európa legnagyobb BOPP fóliagyártóinak, éves kapacitása 150 ezer tonna, munkatársainak száma 460 fő, éves árbevétele 2007-ben mintegy 200 millió EUR volt. A Taghleef először 2006-ban hallatott magáról Európában, amikor bejelentette, hogy BOPP gyártókapacitását 135 ezer tonnára bővítette. Az Egyesült Arab Emirátusokban és Egyiptomban működő gyárai mellett 50%-os részesedése van egy ausztrál BOPP üzemben is, és 2007-ben Németországban kereskedelmi elosztóbázist létesített. Ezekkel a lépésekkel a Taghleef a BOPP fóliagyártás vezető szereplői közé került.

28.04.2008. KI /210731/  
www.ti-films.com

O. S.

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)