Ömledék homogenitásának javítási lehetőségei fröccsöntésnél és extrúziónál

A reprodukálható termékminőséghez elengedhetetlen a homogén ömledék biztosítása. Színhibák elkerülése, a szennyezett műanyaghulladék 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.

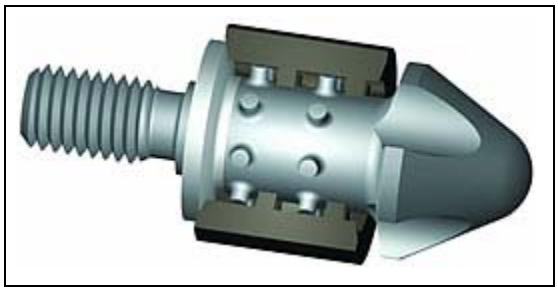
Színhibák elkerülése fröccsöntéskor

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 előállítása 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 nyomásveszteség, 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.

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 hatásfok érhető 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 mesterkeverék-mennyiséggel védekeznek, de hosszú távon ennél olcsóbb egy jó hatásfokú keverő alkalmazása.



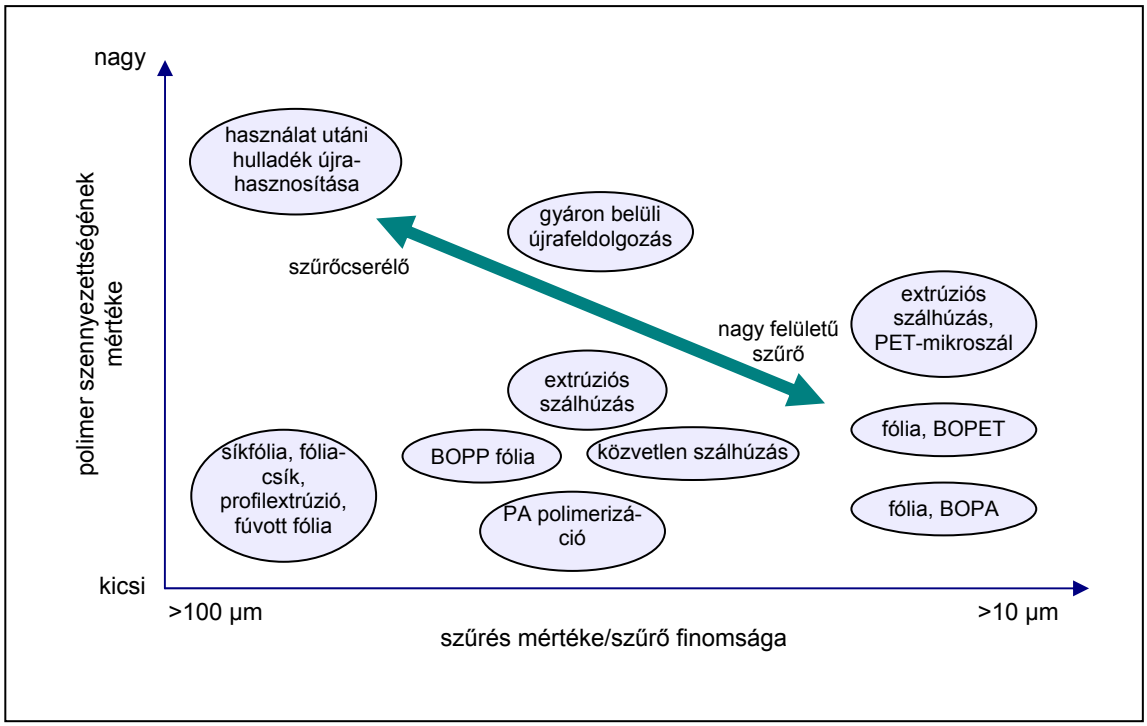
1. ábra A dinamikus VIP keverő alakja

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

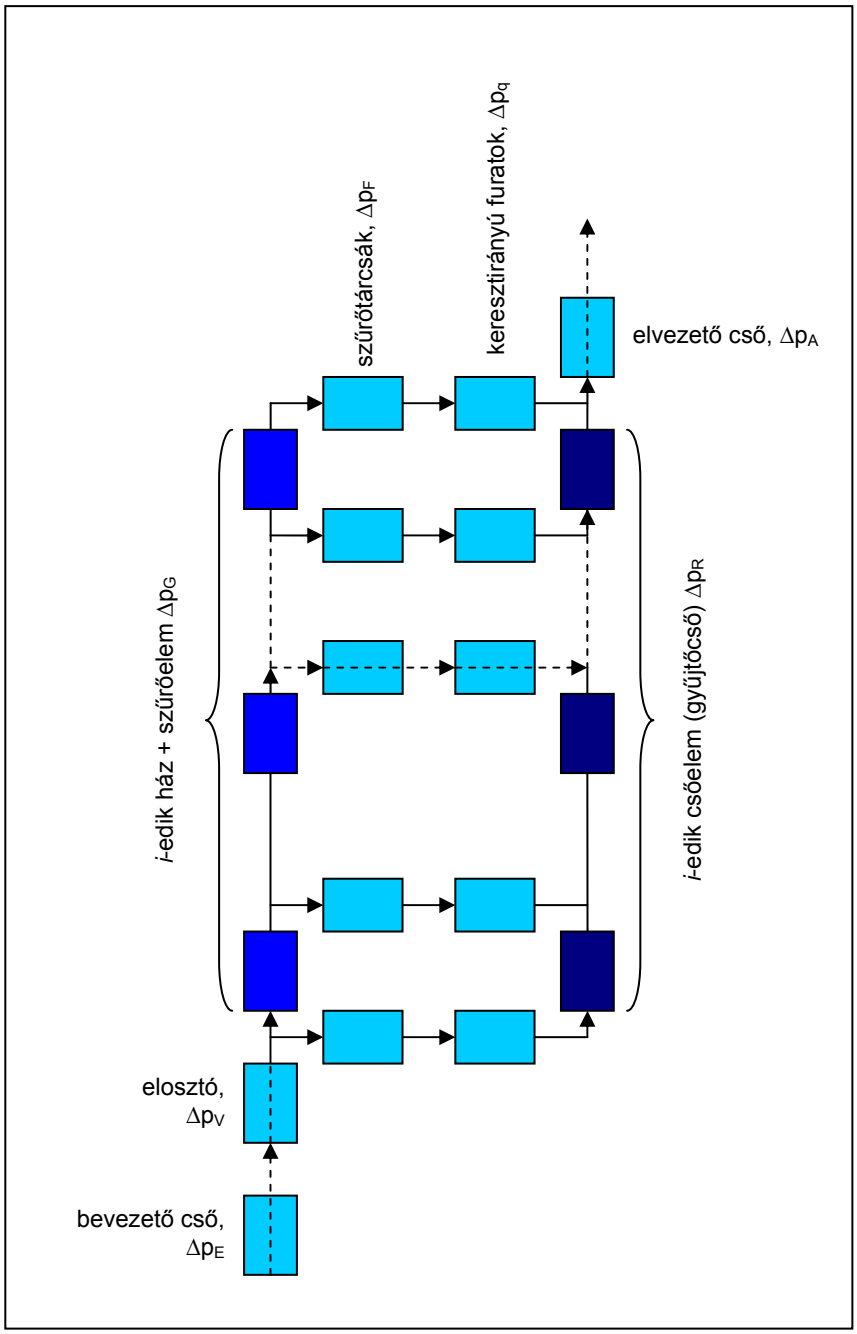
Az ömledékek szűrésére különböző területeken eltérő méretű és teljesítményű szűrőket használnak. *Műanyaghulladék újrafeldolgozásánál,* ahol elég szennyezett

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 m^2-t is elérheti*, és a tartózkodási idő is hosszabb, mint a szitaszűrők esetében. Vannak úgynevezett tárcsaszűrők 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 végeselemes 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 átvenni, 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 tulajdonképpeni 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 Δp a nyomásesés, η a viszkozitás, $\dot{m}$ a tömegáram, L az elem hossza, F_G a geometriai tényező, ρ 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:

$$\Delta p_{F,i} = dp_F \frac{\dot{m}_i \eta i}{n}$$

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, élelmiszercsomagolásban, védőcsomagolásként érzékeny áruk csomagolásakor stb. Nem csak az alkalmazások sokfélék, hanem a gyártástechnológiák is: vannak kémiai habosítószerek, de alkalmaznak fizikai gázeloszlatást is. A gyártás történhet egy lépésben vagy úgynevezett tandem módszerrel is, ahol a megömlesztés, 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 szűrőlemeket 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 ömledékveszteség 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/ O. S.
www. ti-films.com