

MŰANYAGOK FELDOLGOZÁSA, ADDITÍV TECHNOLÓGIÁK

A fólia minőségének javítása a gyártás során

A műanyagfóliák minőségét döntően befolyásolják a feldolgozás során a fóliában megjelenő hibahelyek és a fólia vastagságának egyenetlensége. A fóliaminőség javítása érdekében nagy jelentőségűek azok a vizsgálatok, amelyek a fenti jelenségek mérésére, okainak felderítésére, ezen okok kiküszöbölésére és ezáltal a hibák keletkezésének megelőzésére irányulnak.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fóliafűvás; gélképződés; vastagságmérés; extrudercsiga.

Az alapanyag váltásakor fellépő gélképződés a fóliák extrudálásakor

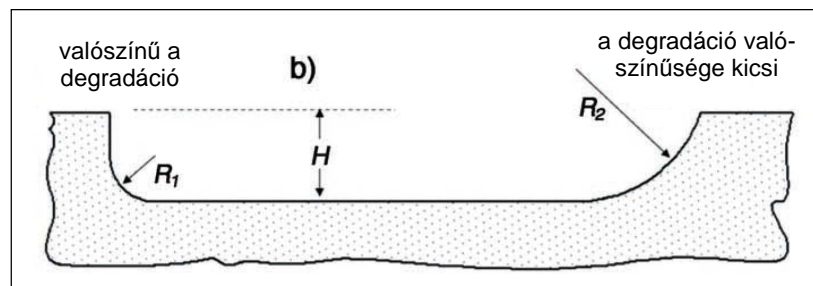
Teljesen hibamentes fólia nem létezik, a csomók, inhomogenitások a műanyagok természetéből és a technológiai folyamatból adódóan elkerülhetetlenek. A fóliákban megjelenő elszíneződött csomókat általában géleknek nevezik. Ezek a gélek az extruderben keletkezhetnek a polimer oxidációja következtében. A szilárd sötétebb színű részecskék erősen oxidálódtak, a barna puhább gélrészecskék térhálós, kisebb mértékben oxidálódott vastagabb csomókat eredményeznek.

A gélrészecskék az extruder holt tereiben képződnek, ahol az ömledék áramlása lelassul, és emiatt tartózkodási ideje bizonyos helyeken meghosszabbodik, ami kedvez az oxidációs folyamatoknak. Egy adott alapanyag hosszabb használata esetén a gélképződés rendszerint nem jelentkezik zavaró mértékben. A keletkezett gélrészecskék ugyanis stabilan a csigához tapadnak, és kialakul egy minőségileg még elfogadható állapot, anélkül, hogy a fóliában a vastagodások nagy számban megjelenének.

Észrevehetően növekedik azonban a gélrészecskék száma az alapanyag megváltoztatásakor. Gyakran előfordul ez, amikor valamilyen célból, például költségcsökkentés érdekében új alapanyagot adagolnak az extruder tisztítása nélkül. Ennek azonban feldolgozási tulajdonságai – hacsak kismértékben is – eltérnek az előzőleg használt anyagétól. Ez a kis változás azzal jár, hogy az addig az extrudercsigán tapadva maradt degradált részecskék elmozdulnak, és kb. öt perc után hibahelyként megjelennek a fóliában. Az előző anyagnál feltapadt részecskék leszakadása sokszor hirtelen, „záporozva” jelentkezik. Kézenfekvőnek tűnik, hogy ilyenkor az új polimernek tulajdonítják a gélrészecskék számának növekedését, pedig az inkább az előző polimerből származ-

hat, amelyet végül a kísérlet után tovább használnak, bár hosszabb menet után a verseny társ polimerrel is stabilizálni lehetne a minőséget.

A gélképződés végső oka persze nem annyira az egyik vagy másik polimer, hanem a csiga rossz tervezése, ami miatt az ömledék áramlása nem teljesen egyenletes. Az Észak-Amerikában működő extruderek általában egy barrier ömlesztőszakaszból és az ezt követő Maddock keverőből állnak. A csiga tervezésében a két leggyakoribb hiba: a túl kis sugár az adagolószakasz meneteinek kialakításánál (1. ábra) és a Maddock keverőelemekben a nem megfelelően kialakított menetek. A csigákat gyártó cégek általában úgy tervezik a csigákat, hogy a csigaszárnycsatlakozási sugara a menetmélység (H) fele legyen. Ez sem elég mindig, de gyakran előfordul még ennél is kisebb sugár. Az 1. ábrán látható, hogy a kisebb R_1 sugárnál nagyobb a valószínűsége a polimer degradációjának, mivel ebben az esetben az áramlás turbulenssé válik, ún. *Moffat örvények* keletkeznek. Ez okozza, hogy bizonyos polimerrészecskék hosszabb ideig tartózkodnak és degradálódhatnak ezekben a sarkokban. A nagyobb R_2 mellett ez a jelenség nem lép fel, így elkerülhető a polimerek lerakódása és degradációja.



1. ábra A csigaszárnycsatlakozási szögének nagysága és annak hatása a degradációra

Az általános elvek szerint a barriercsigák a 70 mm feletti átmérőjű hengereknél adnak optimális eredményt. Kisebb átmérőnél már inkább kockázatos a barrier szakasz, akár növelheti is a degradációt és a gélképződést. A spirális Maddock keverőnél is problémát okoz a hornyok nem megfelelő méretezése. A túl mély horony ez esetben is lerakódást okozhat. Jobb eredmény várható, ha a horony mélysége nagyjából a szélesség felének felel meg. *A gélképződés helye megállapítható, ha az extrudercsigát még melegen kiszereleik azután, hogy az extrudert adagolás nélkül üresre járatják.* Ekkor a lerakódások nem ürülnek ki, jól megfigyelhetők és el is távolíthatók. De a csigát változatlanul hagyva a lerakódások nyilván később újra képződnek.

A fóliavastagság ellenőrzése a gyártás során

A műanyag fóliák vastagsága széles tartományban változik, ennek ellenőrzése kritikus a minőség szempontjából. Az utóbbi időben is sok új megoldással jelentkeztek a fejlesztők.

A német BST elromat International *PCI6S-wave* márkanévű új transzmissziós érzékelőjét a K2016 kiállításon mutatták be. Mivel nem ionizáló sugárzással dolgozik, kezelése olcsó és egyszerű. Érintésmentes abszorpciós vastagságmérést valósít meg gyorsan és pontosan. Az egyéb, pl. röntgen- vagy IR sugárzáson alapuló mérésekkel szemben ezt az eljárást nem befolyásolják a fóliákban levő töltőanyagok, színezékek. A műszer egészen 2000 g/m^2 felületi sűrűségig mér, pontossága eléri a $0,05 \text{ g/m}^2$ értéket. A mérési adatokat a *Profinet* protokolt alkalmazva továbbítják egy Siemens analízáló egységbe.



2. ábra: A Sikora cég érintésmentes vastagságmérő eszköze a *Planowave 6000*

A német Sikora cég *Planowave 6000* mérőműszere érintés nélkül méri a vastagságot és minden műanyagtípushoz alkalmazható (2. ábra). A mérőműszer a gyártásba integrálva használható folyamatos ellenőrzésre, de alkalmazható a végtermék minősítésére is. A mérés milliméteres hullámokkal történik az FMCW módszer szerint frekvenciamodulált mérőjellel. A folyamatosan mozgó adó-vevő az időkülönbségeket méri. A mért értékeket a műszer valós időben jeleníti meg. Az adatokat feldolgozó *Ecocontrol* processzor numerikusan is megjeleníti a mért értékeket, mutatja a változásokat és statisztikát is készít.

Ugyancsak a K2016-on mutatta be új mérőrendszerét a német Mesys GmbH. Az új rendszer a hagyományos pásztázó mérést kombinálja fix pontokon elhelyezett érzékelőkkel. Így teszik lehetővé a fólia vastagságának mérését teljes szélességben. A lényegesen több érzékelővel a fólia jobban letapogatható, és a mérési eredményeket a folyamatszabályozásban felhasználva a korábbinál jobb fóliaminőséget eredményez.

A német ISRA Vision AG *Smash* rendszere a felületi optikai tulajdonságok mérésével ellenőrzi a bevonatok, fóliák minőségét. A rendszer a fény elemzése útján ad széles körű minőségi információt. A cég ezt a rendszerét most a *Touch & Inspect* rendszer integrálásával fejlesztette tovább, amely Wi-Fi-n keresztül kapcsolja össze a rendszer valamennyi komponensét, a megvilágítást, a kamerákat. Így az ellenőrzés mobil eszközökkel is végezhető. A *Touch & Inspect* rendszerek az adatokat strukturált, további analízisre alkalmas formában szolgáltatják.

A hibahelyek detektálására az ISRA Vision a *Smart Line LED* megvilágítást használja. Ennek egyik speciális alkalmazása a *Pattern LED* megvilágítás, amikor a beeső fény szögének változtatásával fénymintát mozgatnak a fólián, a minta torzulása felfedi a fóliában és a fólia felületén levő hibákat és inhomogenitásokat. Az eredményeket felhasználóbarát grafikává alakítják át.

Az amerikai Testing Machines Inc digitális mikrométercsaládját fejlesztette tovább. A legújabb módosítás két modellre vonatkozik, a *TMI 49-86* és a *49-87* típusok-

ra. A fejlesztés eredményeképpen egyszerre 100 leolvasott értéket tud kiértékelni. Ezekből egy összegező kijelzőn megjelenik az egyes sorozatok átlaga, a legkisebb és legnagyobb érték és a standard eltérés. A 49-86-os típus 0–1,27 mm tartományban mér 1 µm pontossággal. A 49-87 a 0–12,7 mm tartományban 5 µm pontosságot ér el. Mindkét típus 0,5 µm felbontással rendelkezik. A műszerek adatait a *Graph-Master* szoftverrel dolgozzák fel, amellyel valós időben jelenítik meg a vastagság változását.

A brit NDC Technologies moduláris felépítésű *FilmPro* mérőműszere nagy pontossággal képes mérni a fóliák vastagságát, legyenek azok akár átlátszóak, áttetszőek, pigmentáltak, porózusak, színesek vagy éppen feketék. Hasonlóan képes kezelni a többrétegű, a biaxiálisan orientált, a perforált és a nyújtott CPE (klórozott polietilén) fóliákat is. *A koextrudált fóliákban egyszerre hat különböző réteg vastagságát tudják mérni.*

Az NDC további fejlesztése lehetővé teszi, hogy a *FilmPro* közvetlen vastagságmérést végezzen olyan fóliákon is, mint a perforált fóliák vagy az akkumulátorokban használt szeparátorfóliák, amelyeken az egyenlőtlen fóliasűrűség miatt a mérés nehezebb. Az új mérési rendszerben diszkrét NIR (közeli infravörös) szűrőket hatékony mérőalgoritmusokkal kombinálnak.

Az NDC az amerikai papír- film- és fóliafeldolgozási kiállításon (ICE USA) mutatta be legújabb mérőrendszerét keskeny fóliákhoz. Az új *8000-SLIM* mérőrendszert a *Slim Track* szkennelőrrel kombinálták. Valós idejű adatokat lehet vele nyerni gyorsan a 200-1600 mm szélességtartományban. A *SlimTrak* használható az NDC *IG710* és *SR710* érzékelőivel is. A rendszer az NDC ún. TDi (Total Distributed Intelligence) minőségbiztosítási menedzsment szoftverplatformjára épül. Alkalmas az olyan paraméterek folyamatos ellenőrzésére, mint a vastagság, a bevonat tömege, a hordozó tömege és a fólia nedvességtartalma.

A bevonatolás (coating) folyamatos ellenőrzésére szolgál a *ConverIR*, amely fix ponton a bevonat tömegét méri online módon nagy mérési sebességgel. Az infravörös műszer az NDC optikai szűrőjét használja. Két konfigurációban lehet alkalmazni: külön műszerként operátorinterface-szel (OI) a szárítás utáni nedvesség vagy a bevonat tömegének mérésére, vagy két műszert egy OI-hez kapcsolva a bevonat tömegét lehet mérni a fólia két oldalán.

Az NDC Technologies-hez tartozó Beta LaserMike Inc. *LaserSpeed* műszere $\pm 0,03\%$ pontossággal képes érintésmentesen mérni a hosszúságot és a sebességet bármilyen mozgó felületen. Ideális megoldás a gyakran meghibásodó és jelentős karbantartást igénylő kontaktérezékelők helyettesítésére. A lézeres mérés technikával papírok, fóliák és lemezek egyaránt ellenőrizhetők. Tipikusan lézeres mérést használnak a termék hosszának és sebességének mérésére a feltekeréskor, a bevonatolás és a laminálás szabályozására, a hosszúság ellenőrzésére a vágási műveleteknél, a hengerek sebességének beállításánál stb.

A német Optris GmbH, *CTP3* érintésmentes minipirométere a vékonyabb műanyag fóliák minősége szempontjából fontos. A hőmérséklet ugyanis a minőségbiztosítás szempontjából kritikus paraméter, és az 1 mm-nél kisebb vastagságú fóliák a

standard infravörös hőmérők számára átlátszók és hőmérsékletük így nem mérhető. A CTP3 a közeli IR tartományban, 3,43 μm hullámhosszon mér. Hűtés nélkül 75 °C-ig használható, biztonsági besorolása az EN 60529 szerint IP 65. A műszer jól kezelhető: a mindössze 420 grammos elektronikát külön választották a 200 grammos érzékelőfejtől.

A fémezett fóliák minőségének biztosítását szolgálja a svájci Bobst cég *Hawkeye* rendszere. A rendszer két funkciót lát el a gyártóberendezésbe építve. Az optikai sűrűség mérésén túl a fólia teljes szélességében jelzi a hibák (lyukak) jelenlétét és jelzést ad a gépkezelő számára megjelölve a hibák pontos helyét is. A lyukakat 0,1 mm-től regisztrálja és nagyság szerint is kategorizálja. A 2 mm feletti lyukakat karcolásként érzékeli. A rendszer 1000 m/min sebességig képes mérni és a berendezéshez tartozó interfész segítségével minőségi bizonyítványt is kiállít.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Spalding, M. A., Gou, Q., Sun, X., Shi Q.: The incumbent resin effect for single-screw extrusion of PE resins = *Plastics Engineering* 2016. 5. sz. p. 28–31.

Reade, L.: The thick of it: film thickness control = *Film & Sheet Extrusion* 2017. március, www.filmandsheet.com