



A DR-PACK extruder

PELCZ ANTAL*

ügyvezető igazgató

GERGELY ZOLTÁN*

fejlesztő mérnök

HORVÁTH ZOLTÁN*

fejlesztő mérnök

ILLÉS TAMÁS*

fejlesztő mérnök

SIMON LÁSZLÓ*

fejlesztő mérnök

1. Előzmények

Legutóbbi cikkünkben (MŰANYAG ÉS GUMI, 2005. november) a manapság általánosan használt extruderek problémáival foglalkoztunk, pontosabban hiányosságait ismertettük. Most röviden összefoglaljuk ezek következményeit a gyártásra és a gép működésére, valamint bemutatjuk e hátrányok kiküszöbölését is. A problémákkal, mint gyártó cég, saját üzemeinkben szembesültünk és mivel a piacon kapható extruder választékban nem találtunk olyan megoldással, amelynél ezeket a hátrányokat már megszüntették volna, magunk vettük a bátorságot, hogy egy tökéletes extrudert építsünk. Akik ismerik cégünket, biztosan nem csodálkoznak ezen, hiszen a DR-PACK fejlesztő csapata az utóbbi években rendszeresen újdonságokkal, újításokkal jelentkezik a fóliagyártás területén. Azt is mondhatjuk, hogy szinte teljesen megreformáltuk az egész fóliagyártó gépsort. Kezdtük a fejjel, majd a hűtés következett, a leglátványosabb és legforradalmibb újítás kétségtelenül a nyitott ballonos fűjt fólia extrudálási eljárás kidolgozása volt. Mivel a fólia minőségére minden szerkezeti elem óriási hatást gyakorol, eljutottunk az extruder tökéletesítéséhez is.

Az extruderen két jelentős fejlesztést hajtottunk végre, az egyik a homogenitási problémák kiküszöbölésére született temperáló berendezés, a másik pedig az extruder hajtására tervezett ideális, kompakt hajtómű.

„Fóliafűvő extruder hőtérkép egyenletlenségei” közleményünk címe már nagyon sokat sejtet, de a valóságban a problémák bonyolultabbak, mint elsőre gondolnánk. Ismeretes, hogy az extruderben a szilárd, szemcsés granulátumból egy folyékony, folytonos ömledékáramot állítunk elő. Ezt leginkább sebessége, nyomása és hőmérséklete jellemzi, azonban e paraméterek értéke mellett ugyanilyen fontosságú ezek homogenitása adott keresztmetszetben. Ezek közül a termék és a berendezés szempontjából a legkritikusabb a hőmérséklet eloszlása egy adott keresztmetszetben.

A granulátum megolvasztása ideális esetben egyenletesen, adott sebességű hőmérséklet növeléssel történik. Az extruderben az anyag megolvasztásához kétféle energiát használunk fel. Az egyik a direkt hőenergia, melyet fűtőtestek segítségével juttatunk a rendszerbe. A másik a mechanikai munka, mellyel forgásra kényszerítjük a csigát. A forgó csiga gyúrja, keveri a granulátumot, ennek következtében feldörzsölődik, belső energiája megnő. A belső energia növekedés hatására a szilárd granulátum megömlik. Az extruder forgatását végző motor fordulatszámja gyakorlatilag állandó, így a mechanikai munkával bevitt energia mennyiségét nem tudjuk szabályozni. A csiga hossza mentén folyamatosan változik a bevitt energia nagysága, de a csiga adott pontjaiban állandó. A szabályozást így az elektromos energia változtatásával tudjuk megoldani. Ideális esetben a csiga mentén folyamatosan változó intenzitású hőbevitelt kellene alkalmazni, ami persze nem lehetséges, ezért a fűtőtesteket zónákra osztják. A garat utáni szakaszban minden esetben szükséges a fűtés, mert a hideg granulátum dörzsölése, gyúrása nem termel elegendő hőt. A további zónák mindegyike képes fűtésre és hűtésre is, mert a folyamat stabilizálódása után annyi hő termelődik, hogy a fűtések teljes egészében le kell kapcsolni, sőt hűteni kell az extrudert. Természetesen a fűtőtestek és ventilátorok ki-, illetve bekapcsolásával szabályozható a hőmérséklet, ezt a termoelemből érkező jel határozza meg. A termoelem elhelyezése ezért óriási jelentőségű, sőt ez dönti el, hogy alkalmas-e korrekt szabályozásra az általa adott információ. A jelenlegi gyakorlat az, hogy a csigaház felső részében alakítják ki a mérőpontot. Sajnos a jelen konstrukciót figyelembe véve nincs tökéletes megoldás, így minden esetben kompromisszumot kell kötnünk. Ugyanis így, ha elindul a hűtés, az alul befűjt levegő kevésbé hűti a felső oldalt és túlhűlés következik be a csigaház alsó és oldalsó részén. A fűtés esetén pe-

*DR-Pack II. Kft., 2051 Biatorbágy, Budai út 10., telefon: 06-23-430-041, www.drpack.hu

dig a zónán belül hosszirányban jelentkezik eltérés, mivel egy termoelem több fűtőtestet kapcsol.

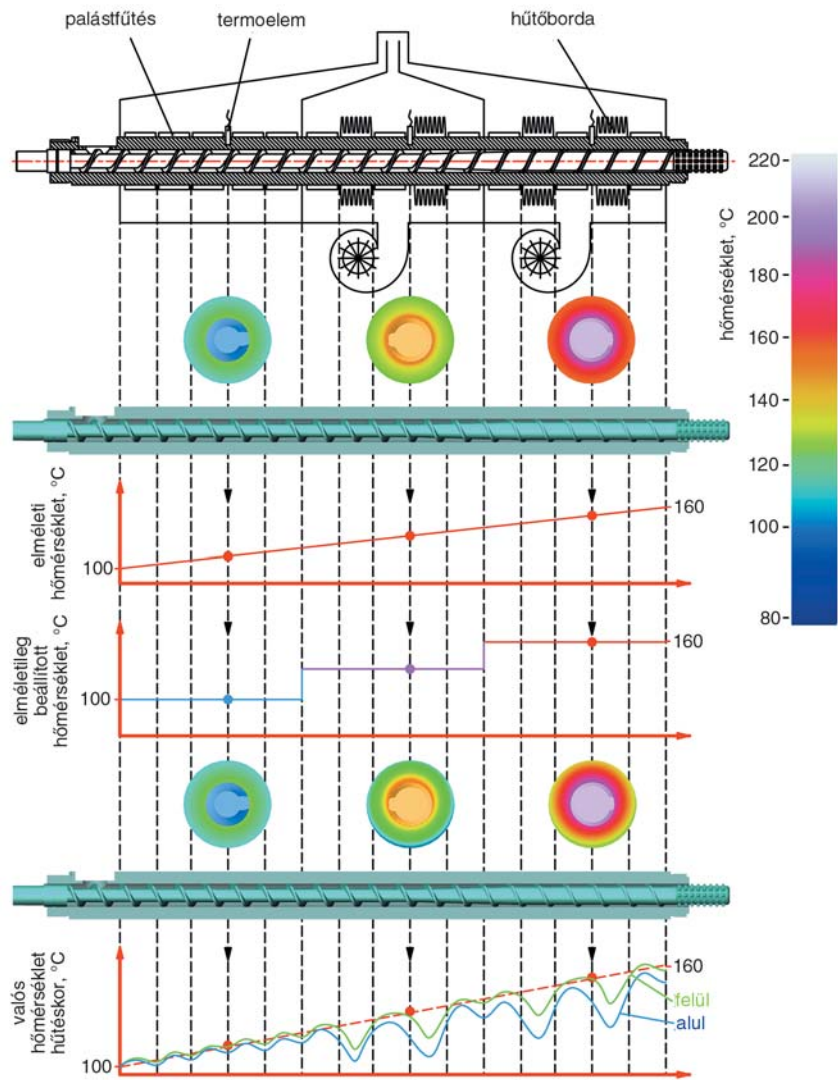
A nem megfelelő hőmérsékletérzékelés mellett a másik fő probléma, hogy a palástfűtések alapkiépítésben kifelé és befelé is fűtenek, ezért ennek az óriási hővesztésnek a csökkentésére a külsejét leszigetelik. Így azonban a ventilátorok által létrehozott hűtő hatás még jobban csökken, mert a szigetelésen és a palástfűtésen keresztül kell a csigaházat hűteni, ugyanakkor a felül elhelyezett termoelem is jóval később érzékeli a hőmérséklet csökkenését, valamint a fűtéssel nem borított szakaszon a túlhűtés mértéke még jelentősebb. Lokális meleg-, illetve hidegpontok alakulnak ki a csigaház felületén. Ezek térbeli elhelyezkedése torzulva ugyan, de megjelenik az áramló anyagban is, lerontva annak homogenitási tulajdonságait. Sőt, a fűtőtestekből hátrafelé kisugárzott hőmennyiség, a jelentős veszteség mellett, még a gyártótér hőmérsékletét is emeli, melynek visszahűtése újabb költségeket von maga után, tehát duplán veszteséget okoz.

Ezek alapján azt mondhatjuk, hogy rendszerünk az ideális hőmérsékleti állapottól nagyon messze van, csupán az a pár pont, ahol a termoelem elhelyezkedik, közelít az ideálishoz. Egy zónán belül akár 70°C-os eltérés is kialakul a maximum és a minimum hőmérsékleti pontok között a különböző üzemiállapotokban. Üzem közben ezeket a hatalmas eltéréseket a csigaház falvastagsága, valamint a csiga és az általa létrehozott anyagáram tompítja. Azonban az mindenképp elgondolkodtató, hogy ha egy homogén anyagáramot akarunk létrehozni, akkor miért épp az anyagáramra bízunk az általunk létrehozott inhomogenitások megszüntetését, és egyúttal elvárjuk, hogy homogén maradjon, illetve azzá váljon (1. ábra).

Az anyagban létrejövő hőmérséklet eltérések mellett, a hűtés hibás kialakítása által okozott hőmérséklet különbségek a szerkezetben is problémákat okoznak. A csigaház különböző pontjain fellépő hőmérséklet különbségek eltérő hőtágulásokat idéznek elő a ház felső és alsó szakaszán, melynek következtében a csigaház meggörbül. Ha a görbülés nem jelentős, akkor csak az anyagáram-

lás válik még inhomogénebbé. Ha a görbület átlép egy adott értéket, melyet a ház és a csiga tőrése határoz meg, akkor a meggörbült ház már a csigát is meggörbítheti. Ez fárasztó terhelést okoz a csigában, illetve jelentős kopást a csigamenet élein és a csigaház belső felületén. Ennek következtében a csiga és a henger közti anyag visszaráramlás rövid idő alatt nagyon megnőhet és további jelentős járulékos terhelés adódik át az extruder hajtására.

Az extruder görbülés bizonyítására egy 90 mm csigaátmérőjű és 2,5 m hosszú csigaházat fűtöttünk úgy, hogy az alsó és a felső alkotója között 30°C hőmérsékletkülönbség alakult ki. Mértük a csigaház elmozdulását középen és a két végén, ami 1,8 mm volt. A görbülést a hőmérsékleti állapot állandósulása után mértük. Ekkor a csigát kézzel már nem tudtuk megforgatni a házban. Viszont az említett 70°C-os hőmérséklet különbséget üzemelő extrudereken mértük, ahol az könnyedén kialakul az alulról, egy irányból befújt hűtőlevegő hatására. A kí-



1. ábra. Hőtérkép szeletek

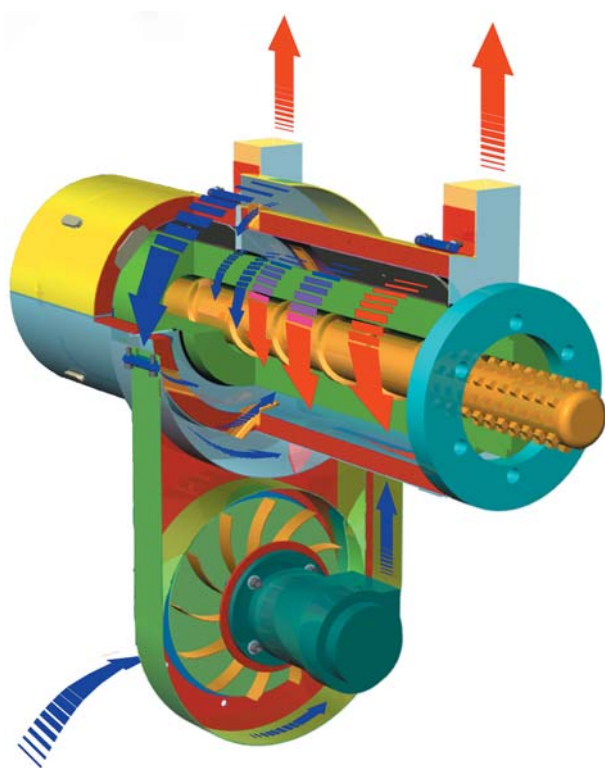
sérleti eredmények alapján arra lehet következtetni, hogy ilyen jelentős üzemi hőmérsékletkülönbség hatására a csigaházban és a csigában még nagyobb görbület keletkezik.

Sajnos, mint a bevezetőben is említettük, az utóbbi években nem talákoztunk egyetlen gépgyártóval sem, aki a homogenitás problémáját már az extruderben elkezdene kezelni. Helyette mindenki az inhomogénné vált, illetve így létrehozott anyagáramot próbálja egy szabályozottan inhomogénné tett hűtőlevegővel kompenzálni, végül egy közelítőleg egyenletes vastagságú fóliát előállítani. Véleményünk és tapasztalataink alapján, a probléma kezdeti stádiumban történő kezelése, amennyiben nem a megoldására, hanem a kialakulásának megszüntetésére irányul, óriási változásokat eredményezhet ezen a területen is.

A most bemutatásra kerülő extruderünkkel a hőmérsékleti inhomogenitást szinte teljes mértékben megszüntettük, a csigaház hőterképe közel megegyezik az ideállissal, és mindez a fóliában, illetve a technológia megbízhatóságában és a stabilitásában is jelentős javulást eredményez.

2. Az új temperáló egység kiküszöböli a hagyományos palástfűtés hibáit

A 2. ábrán az új temperáló egységekkel ellátott extruder metszete látható. A temperáló egységekből többet szereltünk fel a csigaházra, a hagyományos extruder fű-



2. ábra. A temperáló egység metszete

tőzónáihoz hasonlóan. A temperáló egységben infravörös kerámia sugárzókat helyeztünk el a hengerpalástban a csiga felszínétől adott távolságra. A szerkezetet egybeépítettük egy ventilátorral, amely tangenciális irányban hűtőlevegőt fúj be a csigaház és a kerámiasugárzók közé. A hűtőlevegő spirális úton végighalad a temperáló egységen, majd távozik.

Az infravörös fűtőtestek csak előrefelé sugároznak, szemben a hagyományos palástfűtésekkel, amelyek hátrafelé is. Az új rendszerrel a befektetett elektromos energia teljes egészében a csigaházba, így közvetve az anyagba juttatható. Távolság van a kerámiasugárzók és a csiga felszíne között, így ide tudjuk befűjni a hűtőlevegőt, megszüntetve a fűtőtestek hőszigetelő hatását. A hűtőlevegőt tangenciálisan fűjük be, nem pedig a csigaház egy pontjára. A hűtőlevegő teljesen és többszörösen körbejárja a palástot, azaz mindenütt egyenletes hűtést biztosít.

Sikerült elérnünk egy adott keresztmetszet teljes hőmérséklet homogenitását. A fűtés átalakításával a lokális hideg- és melegpontok megszűntek, javult a palást hőterképeinek egyenletessége.

A hőmérsékleti homogenitásnak azért tulajdonítunk nagy szerepet, mivel az egyenletes vastagságú, homogén szövetszerkezetű fólia gyártásának alapfeltétele, hogy előállítása során, a folyamat minden fázisában minden paramétere a lehető legegyszerűsebb legyen. Az extruderben lévő hőmérséklet homogenitás ennek a folyamatnak az első eleme. Az anyag útját követve hasonlóan nagy szerepe van a hőmérséklet-eloszlásnak a fejben és az itt kialakuló áramlási viszonyoknak is. A fejből kilépve egyenletes és intenzív hűtés szükséges, hogy „rögzítsük” az eddig sikeresen kialakított és megtartott, minden tekintetben homogén szerkezetű fóliában. Egyértelmű, hogy egyenletes falvastagságú, homogén szövetszerkezetű fóliát csak úgy lehet előállítani, ha a gyártás folyamán az ömledék jellemző paraméterei az áramlás minden pontján a beállított értéken vannak és egy adott keresztmetszetben azonosak. Az így előállított fóliának nem ingadozik a vastagsága, nincs benne anyagfelesleg



3. ábra. A fél mikron vastagságú fólia irizáló képe

és gyenge pontok, teherbírása állandó, nem indul meg benne szakadás a szövetszerkezeti hibáknál. Így ugyanabból az alapanyagból jóval esősebb végterméket nyerünk, azonos funkcióra elegendő vékonyabb fólia is, ez jelentős lépés a gazdaságosabb és hulladékmentes fóliagyártás felé. Ezáltal nemcsak a gyártás, hanem a fólia teljesítményét is megnöveltük. Mivel ez a nagyobb teljesítmény benne rejlik az alapanyagban, hozzuk ki belőle! A 3. ábrán látható fóliát 8 mikron vastagságban gyártottuk. Felhasználáskor akár 0,5 mikron vastagságig kinyújtható. A fólia szivárványos színe a vékonyságból adódik, mert ennél a rétegvastagságnál a fény alkotóira bomlik.

3. Integrált csapágyazású, bolygóműves extruderhajtás

3.1. A hagyományos extruderek hibaforrásai

A szíjhúzásból származó járulékos terhelés jelentős lehet. A kialakításból helyigény növekedés származik. Az erőfolyam a gépvázon keresztül záródik, így abban nem kívánatos terheléseket, deformációkat okoz. A rendszer nagyon érzékeny a hajtómű helyének meghatározására, mert hiba esetén nagy plusz terhelések ébrednek a hajtómű csapágyazásában és a csiga-csigaház egységben.

A motor első csapágya túlterhelődhet, ami jelentősen csökkentheti élettartamát és növeli a karbantartás költségeit.

A járulékos terhelések miatt gyorsabban következnek be kopások, az egység gyakoribb karbantartást igényel.

Extrudereink üzemeltetése során tapasztaltuk a fenti problémákat, ezek alapján átgondoltuk, hogyan lehetne ezeket elkerülni, milyennek kellene lennie annak a hajtásnak, ahol ezek a problémák meg sem jelennek. Sorra

vettük a más területen használatos hajtóműveket és a bolygóművet találtuk a legjobbnak extruderhajtási feladatra, hiszen, végignézve a hibalistát, ezek a hátrányok nem is jelentkeznek.

Az extruderek hajtására általánosan elterjedt hajtóműves, szíjjátétes hajtást kicseréltük erre a teljesen új megoldásra (4. ábra). A lineáris, speciálisan extruder hajtására kifejlesztett bolygóműves meghajtó, mely nélkülöz minden univerzális elemet. Ezalatt azt értjük, hogy az extrudálásnál fellépő igénybevételekre terveztük és még a csigáról átadódó tengelyirányú terhelést felvevő axiális csapágyazást is magába foglalja. A lineáris elrendezés azt jelenti, hogy a hajtó motor egytengelyű az extruder csigával, így megszüntettük a hagyományos megoldásnál fellépő járulékos hajlító igénybevételeket is. Erről a kompakt hajtóműről valóban állíthatjuk, hogy igaz extruder hajtás.

3.2. A hibák kiküszöbölésének lehetőségei az új rendszerben

A motor és a hajtómű közvetlen kapcsolatban van, így biztosítható a rendszer egytengelyűsége.

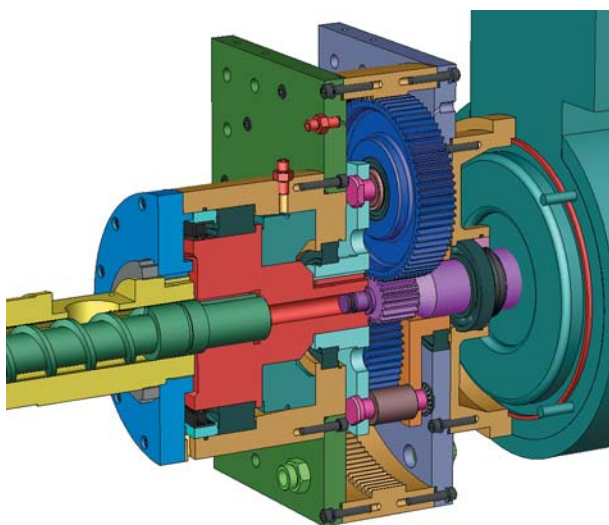
A bolygómű erőfolyam-ábrája olyan, hogy az erők a hajtómű házon záródnak. Ezért más elemek tehermentesítve vannak. Nagyon kicsi a helyigény a soros beépítés miatt. A kompakt kialakítás következtében elegendő egyetlen egységet megtámasztani, hogy stabil megfogást adjunk a rendszernek. Megszüntethető a rendszer statikai túlhatározottsága. A szállítás, raktározás, mozgatás könnyen elvégezhető.

A hűtő-fűtő egységek átalakításával eltűnt a hőmérsékletkülönbség a ház alsó és felső része között. Ezért a ház meggörbülése, és így a járulékos kopások is megszűntek.

4. Összefoglalás

A bemutatott konstrukció alapján volt mit átgondolni és változtatni a „jól bevált” megoldáson. Aki extruderrel foglalkozik és figyelmesen áttanulmányozza beszámolóinkat, biztosan sok ponton egyetért újításainkkal, de biztosan lesznek olyan részek, amelyeket másképp oldana meg. Ez a fejlesztés természetes velejárója, mindig lehet jobbat létrehozni és a kidolgozott megoldások folyton újabb ötleteket szülnék. A temperáló egységnek az extruder fűtése csak az egyik felhasználási területe. Ez a berendezés mindenütt jól alkalmazható, különösen a fólia gyártásnál, ahol az ömledéket megfelelő és állandó hőmérsékleten kell tartani.

Az eljárást, valamint konstrukciót alátámasztandó, a DR-PACK fejlesztőcsapata már korábban kidolgozta a fej temperálására szolgáló berendezést, ami cégünknel üzembiztosan működik. A bemutatott szerkezet és működési elv ismeretében valószínűleg Önöknek is további felhasználási lehetőségek jutnak eszükbe.



4. ábra. Integrált csapágyazású, bolygóműves extruderhajtás