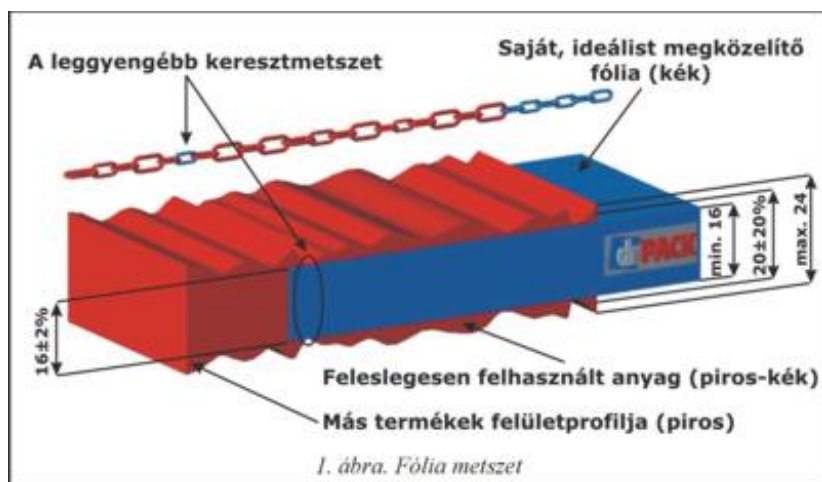




A DR-PACK fejlesztései PE fólia gyártástechnológiában

Hazánkban számos vállalkozás tevékenykedik a fóliagyártás területén. A gyártók közül azonban csak néhányan foglalkoznak technológia fejlesztéssel és gépgyártással. Ezen cégek egyike a DR PACK Kft, melynek főtevékenysége fűjt PE fólia gyártása és konfekcionálása. A cég mérnökei a jelenlegi gyakorlatban széleskörűen alkalmazott fóliagyártási eljárás hiányosságait és hibáit igyekeztek csökkenteni fejlesztő munkájukkal és találmányaikkal. A fűjt fóliagyártás területén két konkrét találmány született, a forgómagos fóliafúvó fej és az intenzív légűtési rendszer. Ezek a találmányok egy újgenerációs fólia gyártására alkalmas gépsorba épültek be.

A fólia gyártására leginkább elterjedt és széles körben preferált eljárás a fólia fúvás. A leggyakrabban alkalmazott fólia fúvó gépek segítségével általában 15-20% túréssal tudunk fóliát gyártani. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy egy elméletileg 20 mikronos fólia gyakorlatilag 16 és 24 mikron közötti vastagságú. A leggyengébb láncszem hasonlatnak megfelelően, ez a fólia csak a 16 mikronos keresztmetszetnek megfelelő teherbírású, vagyis a teherbírása megegyezik egy olyan fóliáéval, amely mindenhol 16 mikron vastagságú. Ezzel a technológiával gyártott fólia rengeteg anyag többletet tartalmaz, mely egy pontosabb gyártási eljárással kiküszöbölhető és a fóliánk teherbírása nem csökken.



1. ábra Fólia metszet

Ezen megfontolások alapján kezdtük el azt a fejlesztő munkát melynek eredménye egy olyan technológia, mely az anyag többletet megszüntetése mellett növeli a fólia teherbírását. Ezen új technológia segítségével a fólia túrése 1-2% között tartható, és a fólia szövetszerkezete pedig a teherbírás szempontjából egy kedvezőbb orientáltóságú hálós struktúrát képez, melynek következtében a mechanikai mutatók 10-150%-kal növekednek.

Az új technológia esetén tehát a fenti névlegesen 20 mikronos fólia egy névlegesen 17,5 mikronos fóliával kiváltható. Ha azonban figyelembe vesszük a kedvező szövetszerkezeti változásokat, akkor egy 16 mikronos fólia is tökéletesen helyettesíti a korábbi 20 mikronos fóliát. Az új technológia segítségével tehát körülbelül 25-30% anyagot takaríthatunk meg, s ennek következtében világviszonylatban több millió tonnával kevesebb hulladékkal terheljük a környezetünket.

Hosszú évek tapasztalatai alapján fejlesztettük tovább a fűjt fólia gyártási technológiáját. A fejlesztés célja és eredménye egy olyan berendezés, amely nagy sebességű, egyenletes

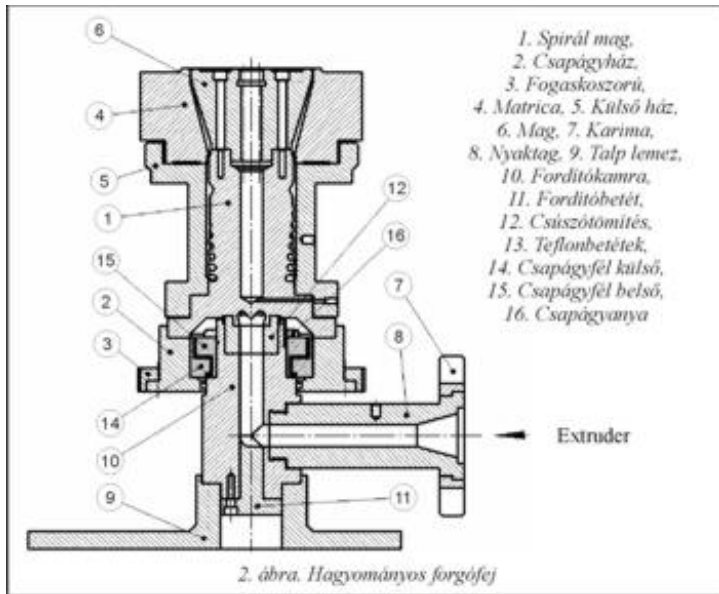


vastagságú és anyagminőségű, kedvezőbb szakadási és nyúlási paraméterekkel rendelkező fólia gyártását teszi lehetővé.

A gép két alapvető újdonsága a tömlőképzést végző forgómagos fej és a tömlő gyors visszahűtését elősegítő intenzív léghűtés.

A következőkben röviden bemutatjuk a forgómagos és a hagyományos forgó fóliafúvó fej közötti alapvető különbségeket, amelyek lehetővé teszik a fóliák legújabb generációjának gyártását.

Tökéletes fólia akkor gyártható, ha minden paraméterét tekintve (vastagság, hőmérséklet, anyagszerkezet, sebesség a kerület mentén) homogén anyag lép ki a szerszám állandó méretű résén egy intenzív és egyenletes hűtéssel rendelkező térbe.



2. ábra Hagyományos forgófej.

1. Spirál mag, 2. Csapógyház, 3. Fogaskoszorú, 4. Matrica, 5. Külső ház, 6. Mag, 7. Karima, 8. Nyaktag, 9. Talp lemez, 10. Fordítókamra, 11. Fordítóbetét, 12. Csúszótömítés, 13. Teflonbetétek, 14. Csapógyfél külső, 15. Csapógyfél belső, 16. Csapógyanya

A fejnek több szerepe van. Megváltoztatja az anyagáram irányát, szétszítja az anyagot egy körgyűrű keresztmetszetre, az inhomogenitást megszünteti, és biztosítja a kilépő keresztmetszet állandó résméretét.

A hagyományos fej hibái a következők:

A.)

A fejben az anyagáram több kis átmérőjű furatba oszlik szét, amelyek mindegyike egy-egy spirális csatornába vezet. Annak ellenére, hogy az anyagáram a spirálcatornák után össze van vezetve a kilépő keresztmetszetben a sebesség a kerület mentén nem egyenletes, mert a csatornák kiömléseinél nagyobb az anyagáram. És így az ábrán látható áramlási sebesség alakul ki a kilépő keresztmetszetben.

B.)

A fejben lévő szétszító és spirálcatornáknak van még egy kedvezőtlen hatása. Az anyagáram többszörös szét és összevezetése a fejben nemcsak gátolja a homogén anyagszerkezet kialakítását, hanem éppen folyamatosan szétszabdálja a kialakuló

orientációkat. Így egy viszonylag rendezetlen (inhomogén) szövetszerkezet keletkezik. Ezáltal jelentősen lerontja a végtermék mechanikai (szilárdsági, nyúlási, szakadási) tulajdonságait.

C.)

A kilépő gyűrűkeresztmetszetet képző alkatrészek nem egymáshoz vannak rögzítve. Így ezen alkatrészek egymáshoz viszonyított helyzetét (koncentrikusságát, egytengelyűségét) a közvetítő alkatrészek illesztése, alak- és helyzettűrése határozza meg. A pontosságnak a gyártástechnológia szab határt. A pontatlanság eredménye, hogy a résméret a kerület mentén nem lesz állandó, ami az egyik legfőbb oka a fólia nagy vastagsági eltéréseinek.

Az anyag letapadási hajlama is jelentős hatással van a fólia vastagságára. A hagyományos fejeknél a ház és a mag egymáshoz viszonyítva nem forog a letapadt anyagot csak az axiális anyagáram szakíthatja le. Ez azt eredményezi, hogy a letapadt részecskékhez továbbiak tapadnak, így megduzzadnak, és „csíkot” húznak a kilépő anyagba. Kritikus méretűvé válásukat követően leszakadnak a felületről és az anyagáramba beépülve szakadási gócpontot képeznek a termékben.

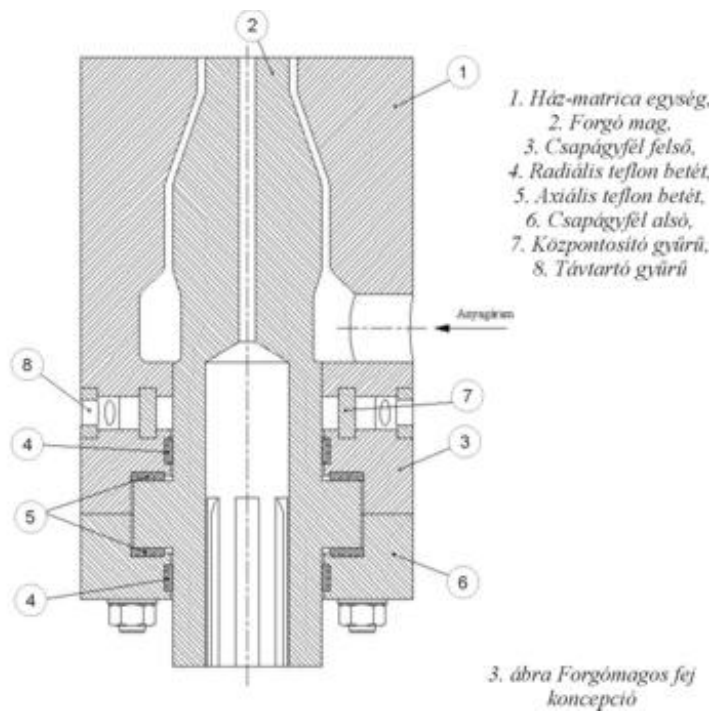
D.)

Az anyagot, a fej külső felületeire csatolt fűtőtesteken keresztül fűtjük. A külső hőforrás, a fej anyagának inhomogenitása és a geometria változása miatt az olvadt műanyag a kerület mentén nem egyenletes hőterhelést kap. Így a kerület mentén nem egyenletes hőmérséklettel lép ki a fejből. A hő a fűtőtestben képződik, kb. fele a környezetet melegíti, míg a maradék része vezetés útján jut el az anyagba, s lényegében az anyag melegíti fel a fej mag részét. Így mindenképpen a belső fal hidegebb, a külső fal pedig melegebb, mint az anyag, így a letapadás, esetleg a leégés nagy valószínűségű.

A fent megfogalmazott hiányosságok a fólia vastagságában akár 20%-os eltérést eredményeznek. Az ilyen hibával rendelkező fólia csak úgy tekerceselhető fel, ha a fej forog. A forgatás azonban újabb problémákat vet fel. Mivel a csapágyazás nagy hőmérsékleten üzemel (kb. 200 C), a kenőanyag kiolvad, és folyamatos utánpótlást igényel. Ezenkívül a fűtőtestek áramellátását és a gép szabályzásához szükséges kommunikációt csúszógyűrűkön kell megoldani, valamint a fűtőtestek szabályzóegységeit is a forgó részre kell felépíteni.

Ezen problémák megszüntetésére irányuló törekvésünk eredményeképpen született meg a következőkben koncepcionálisan - bemutatásra kerülő

Forgómagos fóliafúvó fej.



3. ábra Forgómagos fej koncepció

1. Ház-matrica egység, 2. Forgó mag, 3. Csapógyfél felső, 4. Radiális teflon betét, 5. Axiális teflon betét, 6. Csapógyfél alsó, 7. Központosító gyűrű, 8. Távtartó gyűrű

A korábban vázolt négy probléma kiküszöbölése a forgómagos fejjel:

A.)

Egyenletes sebesség a kerület mentén: az irányváltásból adódó inhomogenitást a fej ellenállásával szüntetjük meg. A korábbi fejeknél az irányváltás után az anyag azonnal elindulhatott felfelé, s nem volt rákényszerítve, hogy előbb alkotson egy viszonylagosan homogén körgyűrűt, s csak utána menjen tovább. Jelen esetben a folyamatosan szűkülő rés nagyobb ellenállást jelent az anyagnak, mint a forgómag körbefutása, ezért először feltölti ezt a körgyűrűt, és csak azután indul el felfelé az anyagáram. A szerszám ellenállása a forgómag fordulatszámával szabályozható. Ezáltal megszűnik a beömlő csatorna közelében (felett) kialakuló nagyobb térfogatáram és nagyobb kilépő sebesség. Így a kerület mentén egyenletes sebességgel kilépő anyagot kapunk.

B.)

Rendezett, hálós (homogén) szövetszerkezet: kialakulása a mag forgásának köszönhető. Mivel a külső ház áll és a belső mag forog ezért meglehetősen nagy sebesség különbség van az anyagot határoló felületek között, másrészt az anyag áramlik felfelé is. A kétirányú mozgás eredőjeképpen az anyag mintegy spirális pályán áramlik. Ezenkívül az anyagáramot, a hagyományos fejhez képest nem osztjuk szét több csatornára és vezetjük össze ismét, ezáltal nem rontjuk le (tördeljük szét) a már kialakult homogén anyagáramlást és szövetszerkezetet. Így kedvező mechanikai tulajdonságokkal rendelkező egyenletes hálós szövetszerkezetet kapunk.

C.)

Egyenletes vastagságú fólia: a forgó mag, az álló ház és a köztük nagy nyomással áramló folyékony anyag egy siklócsapágyat alkot. Ez a kialakuló siklócsapágy (a lentebb elhelyezett

teflongyűrűkkel együtt) vezeti a forgó magot az álló házban, és pontos önbeállást valósít meg, ezáltal megvalósul a kilépő keresztmetszet állandó résmérete. Ezenkívül a mag forgásának következtében az anyag folyamatos mozgásban van, s így a letapadás valószínűsége minimálisra csökken. Az esetlegesen letapadó szemcséket a nemcsak axiálisan, hanem tangenciálisan is mozgó anyag azonnal felszakítja. Így szavatolható az egyenletes vastagságú fólia.

D.)

Azonos hőmérséklet a kerület mentén: a fej hőmérsékletét induláskor a ház külső felületére szerelt fűtőtestekkel állítjuk be, majd a forgatás bekapcsolását követően a fűtőtestek szerepe csökken, s a mag gyúró munkájával fűtjük az anyagot. Légyegében a hő az anyagban képződik, míg a fűtőtestekkel csak nagy veszteségek révén, a ház közvetítésével közvetve vittük be a hőt. Ily módon az anyag hőmérsékletének egyenletessége is szavatolható, és a kerület mentén egyenletes hőképet kapunk.

Ezzel a konstrukcióval biztosítani tudjuk tehát a kilépő keresztmetszet koncentrikusságát, az anyag egyenletes belső fűtését, a kerület mentén egyenletes anyagáramlást, a letapadás megelőzését és egy homogén rendezett szövetszerkezetű fóliát kapunk. Az így gyártott termék vastagsági hibája 5% alatt tartható. Ami az eddigi 20%-hoz képest jelentős anyagmegtakarítást eredményez és a környezetterhelést is ugyanannyival csökkenti.

A fej részén kilépő anyagból tömlőt képzünk, amelyet a megfelelő méretre fújást követően kell visszafagyasztani. A hűtés levegővel történik. A hűtő rendszer két egységből épül fel:

1. A tömlő **külső** felületének hőmérsékletét befolyásoló hűtőgyűrűből.
2. A tömlő **belső** felületét hűtő belső hő ill. levegőcserélő egységből.

Ezen hűtőegységek mindegyike hőátadás útján valósítja meg a hőcserét. Az átadott hő mennyiségét három tényezővel tudjuk befolyásolni.

1. A hűtőközeg és a fal hőmérsékletkülönbségével. Ebben az esetben a fal 200 fokos a környezeti levegő 25. A környezeti levegőt lehűtve 5 fokra a hőmérsékletkülönbség ugyan növekszik, de a 175-ről 195-re történő változás mindösszesen csupán 10% növekedést eredményez, a hűtött levegő előállításában azonban egy nagy kapacitású léghűtő rendszert igényel. De tapasztalataink szerint, már ez a hűtött levegő hatására bekövetkező 10%-os hűtési hatékonyságnövelés is érzékelhető volt a fólia minőségében, ezért várakozásaink szerint a bemutatásra kerülő megoldásokkal még jobb eredményeket fogunk produkálni.

2. A fóliagyártás során adott minőség eléréséhez adott geometriai viszonyokat és arányokat kell betartani. A fólia felülete ebből kifolyólag adott. Ezért a hőátadó felület sajnos nem változtatható.

3. A hőátadási tényező viszont széles határok között változtatható. Levegő esetében az elsősorban a következő tényezőkkel befolyásolhatók:

*Levegő relatív páratartalma,

*Levegő áramlási sebessége (sebességkülönbség a fólia és a levegő között).

A hőátadási tényezővel jelentős mértékben befolyásolható a hőátadás mértéke. A nyugvó száraz levegő hőátadási tényezője kb. 5 W/m

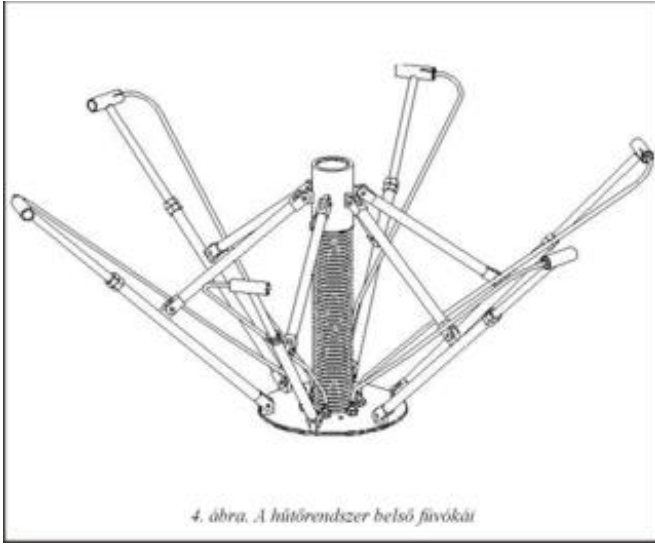
²K, míg egy párás, erősen áramoltatott levegő hőátadási tényezője kb. 250 W/m²K. Tehát a hőátadási tényezővel akár az 50-szeresére is növelhető az elszállított hő mennyisége.

A levegő sebességének a tömlő szilárdsága szab határt. A sebesség a levegő örvényszerű

bevezetésével azonban tovább növelhető. Továbbá a levegőörvényből a fóliára ható centrifugális erő kedvező a tömlő stabilitására nézve.

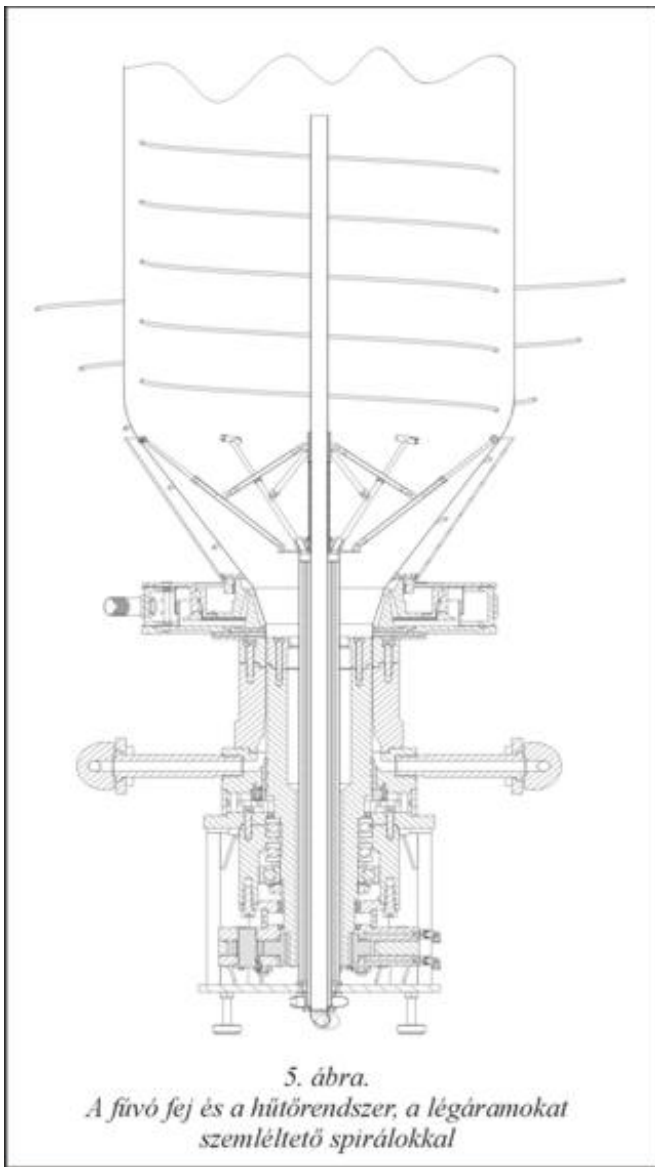
A sebességkülönbség növelésével tehát nő a hőátadási tényező, melynek következtében nő a hűtő teljesítmény. A hűtőteljesítmény növelésével növelhető a fólia pályasebessége, s ezzel együtt a gép termelékenysége, és ezáltal a termelés hatékonysága.

Az eddigiekben ismertetett elméleti és gyakorlati tapasztalatok alapján építettük a következő fóliafúvó egységet. A hűtőegységben a fent említetteknek megfelelően az áramló levegő sebességének a növelésével és irányának változtatásával tesszük hatékonyabbá a hűtést. A levegőt mind a hűtőgyűrűből, mind pedig a belső légcserélőből tangenciális réseken keresztül fújjuk a fóliára, a belső légmozgás intenzitását a fúvókák venturi cső jellegű kialakításával fokoztuk. Ezáltal egy-egy örvényt hozunk létre a tömlő külső felületén és a tömlő belsejében. A két örvényt ellenáramban működtetjük egymással, s így a tömlőre gyakorolt kedvezőtlen hatásaik egymást ellensúlyozzák, míg a kedvező hatások egymással párhuzamosan működnek.



4. ábra A hűtőrendszer belső fúvókái

A belső légcserélőnél a levegő az esernyőszerű mechanizmussal mozgatott fúvókákon lép be és a tömlő közepén felnyúló csövön keresztül szívjuk ki.



5. ábra A fúvó fej és a hűtőrendszer, a légáramokat szemléltető spirálokkal

Az általunk kifejlesztett fólia szakítóvizsgálatai a szakadási nyúlás nagy mértékű, a szakítószilárdság kisebb mértékű javulását mutatják. A vizsgálatokat az MSZ EN ISO 527-1 illetve az MSZ EN ISO 527-3 szabványban rögzítettek szerint végeztük el. A próbatest szélessége 25 mm, a befogópofák közti távolság 100 mm volt. A vizsgálati sebességet a szabványban rögzített értékek között változtattuk. 500 mm/min-es szakítósebességnél a szakadási nyúlás 125%-kal növekedett, ezzel párhuzamosan a szakítószilárdság 13%-kal növekedett. A 6. ábrán a többször megismételt szakítóvizsgálat átlag eredményét láthatjuk, melyet a szélső értékek elhagyását követően maradt adatokból képeztünk. Azért választottuk ezt a viszonylag nagy szakítósebességet a szemléltetéshez, mert a fóliák is ekkora, vagy esetleg még nagyobb sebesség mellett kerülnek felhasználásra, s így lényegében felhasználási körülmények között teszteltük a termékmintákat.



6. ábra Szakítódigram

A továbbiakban többrétegű fóliák gyártására is ki akarjuk terjeszteni a technológiát, ahol hasonló eredményekre számítunk. Kezdetben egy kétrétegű fóliafűvő fejet építünk, melynek épp most dolgozunk a tervein, s várhatólag egy hónap múlva indul el gyártása. Ezzel a fejjel egy már meglévő gépsorunk hagyományos forgó fejét váltjuk ki. Több éves kutató fejlesztő munkánk eredményeivel 2004. őszén, a Düsseldorfban tartandó K04 műanyagipari szakkonferencián akarunk a nagyközönség elé lépni.