

Autóipari és gyógyászati követelményeknek megfelelő többrétegű csövek gyártása

Az alkoholtartalmú motorbenzinek elterjedése, az üzemanyag-porlasztás műszaki megoldásainak fejlődése és az emissziós határértékek szigorítása szükségessé tette a többrétegű benzinvezeték-csövek alapanyagainak módosítását. Olyan alapanyagokat kell alkalmazni, amelyekből az üzemanyagok csak nagyon kevés részt tudnak kioldani. A koextrudált műanyag csövek tulajdonságainak optimalásához fontos figyelembe venni az ömledékek viszkozitását, a polimerek olvadáspontját és Tg-jét, illetve elhelyezkedésüket a szerkezetben. A Novatec cég jelentős fejlesztéseket tartalmazó, új kalibráló és lehúzó/vágó berendezéseket kínál, elsősorban az egészségügyi csövek és tömlők extrudálásához, amelyekkel nő a termék megbízhatósága és reprodukálhatósága, miközben a berendezések kezelése, karbantartása is egyszerűsödik.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; extrúzió; követő berendezések; egészségügyi alkalmazások; PUR; PE-HD; PE-LLD; PEBA; PA12; PA612; EVOH; PVDF.

Az autók benzinvezetékeihez használt többrétegű csövek fejlesztései

A biológiai úton előállított alkoholt tartalmazó benzin (E10) – mint amilyen az EU-ban használatos – elterjedése és az üzemanyag jobb porlasztása érdekében használt új műszaki megoldások módosították a benzinvezetékek anyagaival szembeni követelményeket. Fontos igénnyé vált, hogy az üzemanyag minél kevesebb oldható és szilárd anyagot oldhasson ki a csövek belső falából.

Évtizedekig poliamid 12-ből (PA12) készítették az autók benzinvezetékeit, mivel ez a polimer kiváló ütésállósággal rendelkezik nagyon alacsony hőmérsékleteken is, emellett pedig a benzinnel szemben jó a kémiai ellenállása és általános mechanikai jellemzői is jók. A kilencvenes években megszigorították a gépkocsik szénhidrogén-emissziójára vonatkozó előírásokat, ezért az üzemanyag-vezetékeknél többrétegű, a szénhidrogéneket át nem engedő záróréteget (PVDF vagy EVOH) is tartalmazó többrétegű csöveket kellett alkalmazni. A költségek csökkentésére irányuló erőfeszítések részeként *Európában a kétezres években ezekben a többrétegű csövekben az EVOH záróréteg használata terjedt el.*

A német Evonik Industries AG cég is kifejlesztette *MSR 4000* nevű többrétegű csövek gyártására alkalmas családját, és ezen belül az *MSR 4300*, *MSR 4500* és az

MSR 4540 típusokat, amelyek kiváló hideg ütészállósággal rendelkeznek, és csak nagyon kis mértékben engedik át a szénhidrogéneket. Jól ellenállnak az agresszív komponenseket is tartalmazó üzemanyagoknak és a feszültséghorróziós repedezésnek. Ezek a típusok koextrúzióval és hőformázással jól feldolgozhatók, a vezetékek bekötése pedig gyorscsatlakozásokkal oldható meg.

Az alkoholtartalmú motorbenzinek, mint amilyen pl. az Európában használt E10 bevezetésével a helyzet megváltozott, az alkohol ugyanis képes különböző komponenseket kioldani, kimosni a csővezetékek falából. A kisebb üzemanyag-fogyasztás, vagyis a motor teljesítményének javítása érdekében az utóbbi években a benzin beporlasztását a motor égésterébe korábban befúvónyílások helyett apró pórusokkal rendelkező fűvókával végzik. Ezeket a pórusokat a csővezeték falából kimosható anyagrézszeccskék eltömhetik, ami elsősorban azoknál a járműveknél okozhat problémát, amelyeket az első tankolást követően hosszasan tárolnak, vagyis a gyártás és az eladás közötti időszakban. Noha az ilyen meghibásodások gyakorisága alacsony volt, a gépkoocsigyártók új, a korábbinál szigorúbb előírásokat dolgoztak ki a csővezetékek minősítésére.

Mérési módszerek

Az első lépés a megfelelő vizsgálati, mérési módszerek kifejlesztése volt. Ezek közé tartoznak azok az eljárások, amikor a csőgyártáshoz használt alapanyag granulátumaiból oldószerrel kiextrahálható anyagrészt vizsgálják (pl. DIN EN ISO 6427). Itt a meghatározást közvetlenül a granulátum mintán végzik. A mintát metanollal extrahálják és az azt követő szárítás utáni tömegét visszamérik. A kimosható anyaghányad részarányát a súlycsökkenésből lehet kiszámítani, de a módszer nem tesz különbséget az oldható és nem oldható kimosott anyagok között.

Emellett vannak olyan módszerek is, amikor a többrétegű koextrudált csőből extrahálnak ki anyagokat, mint amilyen a SAE J2260 (11-2004), vagy az egyik autógyártó által használatos VW TL 52712 (08-2016). Itt a vizsgált csőszakaszt buborékmentesen teljesen feltöltik a vizsgálathoz előírt összetételű üzemanyaggal, és lezárását követően 60 °C-on vagy 48 óráig (SAE J2260) vagy 96 óráig (VW TL 52712) tárolják. Ezután az extrahálószerrel egy zárható üvegedénybe engedik le, és a csőszakaszt meghatározott mennyiségű friss üzemanyaggal átöblítik, majd szintén ebbe az üvegedénybe helyezik. Ezután 24 órás tárolás következik az SAE J2260 esetében 0 °C-on, a VW TL 52712 esetében pedig 23 °C-on. Ezt követően vákuumszűréssel elválasztják egymástól az oldható és az oldhatatlan alkotóelemeket és mennyiségüket gravimetriásan határozzák meg. A reprodukálható eredményekhez pontosan be kell tartani a szárítási előírásokat.

Az SAE J2260 szerinti vizsgálatnál CE10 üzemanyagot használnak az extrakcióhoz. Az ASTM D471 szerint a CE10 összetétele 90 % (V/V) C üzemanyag (50 % (V/V) toluol és 50 % (V/V) izo-oktán és 10% etanol. Ezzel szemben a Volkswagen módszerénél a FAM B extrahálószerrel használják, amelynek összetétele 84,5 % (V/V) FAM A [a DIN 51604-1/2 szerint 50 % (V/V) toluol, 30 % (V/V) izo-oktán, 15 % (V/V) diizobutilén, 5 % (V/V) etanol], 15 % (V/V) metanol és 0,5 % (V/V) víz. A na-

gyobb alkoholtartalma és különösen a sok metanol következtében ez az elegy az extrakció, a permeáció és a duzzasztási hatás szempontjából egyaránt erősebb hatású.

Egy többrétegű üzemanyag csőben a cső belső falától a zárórétegig terjedő anyagréteg(ek) hozzájárulnak a kimosható anyagmennyiséghez. Ezért a csőmintán végzett extrakciós vizsgálat komplexebb eredményeket ad, mint a granulátumon elvégzett mérések. A Volkswagen előírás szerinti (TL 52712), akárcsak a SAE J2260 szerinti vizsgálat viszonylag gyorsan, megbízható, jól összehasonlítható eredményt szolgáltat arról, alkalmas-e egy többrétegű cső üzemanyag vezetéknek. A vizsgálatok kivitelezésénél pontosan be kell tartani az előírásokat, mivel a vizsgálati körülmények nagymértékben befolyásolhatják az eredményeket. A legnagyobb hatása az extrahálószer összetételének és a vizsgálati hőmérsékletnek (magasabb hőmérsékleten nagyobb a kimosó hatás) van. Fontos tényező a folyadék vákuumszűrése [poliéterszulfon (PES) szűrőn].

További fejlesztések

Az Evonik évek óta világszerte alkalmazott MSR 7440 típusú többrétegű csőve csak nagyon csekély kimosódást mutat a korábban ismertetett vizsgálatok szerint. E típus vezetőképes zárórétegét etilén-fluoretilén (EFEP) kopolimerből készítik. Ugyanakkor Európában legelterjedtebben az MSR4300 típust használják, amely EVOH záróréteggel készül.

Az Evoniknál ezt a típust használták a továbbfejlesztés kiindulási pontjaként az üzemanyag vezetékek új generációjához. Az itt külső réteggént használt lágyított PA12 külső réteg nagy vegyszerállósággal és kiváló mechanikai jellemzőkkel (pl. nagy szakadási nyúlás, hideg ütésállóság) rendelkezik. Így a megfelelő koextrudált, tapadóréteggel ellátott EVOH záróréteggel együtt nagy teljesítőképességű üzemanyag vezeték lehet belőle előállítani. E rendszer záróképessége hasonló, mint a már évek óta használatban lévő MSR 4000 termékcsalád tagjaié.

Az üzemanyagok által kimosható anyagok mennyisége a zárórétegtől a cső belső felületéig beépített műanyag réteg(ek) összetételétől függ. Nagyon fontos az itt alkalmazott alappolimerek oligomer tartalma, és ezen belül is elsősorban a dimerek és trimerek részaránya. A laktám alapú polimerekben – mint a kaprolaktámból készülő PA6 – valamennyi monomer is mindig jelen van. Az oligomerképződés ciklikus monomerek esetében felerősödik, és a lánchosszúság csökkenésével ennek képzési hajlama nő. Az egyetlen monomerből felépülő PA6 esetében az oligomer képződés nagyobb mértékű, mint a kétféle monomerből készített PA66-nál. Meghatározó emellett, hogy az üzemanyagba kimosódó anyag csapadékként kiválik-e, vagy oldatban marad. Az alifás PA612, összehasonlítva a laktámokból vagy aminosavakból felépülő poliamidokkal, erősen csökkenő mértékű oldhatatlan kimosódást mutat az üzemanyaggal történő hosszas érintkezés hatására. Ez tovább csökken, ha a polimer lánc aromás építőköveket tartalmaz, ezért az így a módosított PA612 különösen ellenálló lesz.

Az alappolimere(ek)en kívül jelentős hatása van a műanyagokban mindig jelenlévő különböző adalékanyagoknak is, mint amilyenek a lágyítók, stabilizátorok stb.

Ezért az üzemanyag vezetékek műanyagainál különös figyelmet kell szentelni az adalékanyagok kiválasztására. A legújabb fejlesztések eredményeként piacra dobott *MSR 4800* egy alifás PA612 belső réteget tartalmaz, míg az *MSR 4900* típusnál egy aromás PA612 alkotja a belső réteget. Ennek eredményeképpen mind az oldható, mind pedig az oldhatatlan kimosott anyaghányad jelentősen lecsökkent.

A többrétegű csövek gyártásánál a különböző műanyagömlédekeket előállító extruderek, a koextrúziós szerszám és az ömlédektömlőt továbbító és formázó követő berendezések, vagyis a kalibráló rendszerek is jelentős hatást gyakorolnak a termék tulajdonságaira. Az EVOH záróréteget tartalmazó koextrudált csöveknél a spirális elosztó csatornákkal felszerelt szerszámok váltak be, amelyek segítségével stabilan lehetett nagy kihozatali sebességgel gyártani az *MSR 4300* és *MSR 7440* típusokat. Hasonló a helyzet az új, kis extrahálható hányadot tartalmazó típusok esetében is. Fontos, hogy elkerüljük azt, hogy az egyes rétegekhez használt polimerömlédekeknek a koextrúzió során jelentősen eltérő legyen a hőmérséklete.

A koextrudált üzemanyag csövek bekötését általában gyors csatlakozókkal oldják meg, ezért a jó hőformázhatóság mellett fontos, hogy az ilyen csövek jól tapadjanak a csatlakozáshoz és csak nagy erőhatással lehessen letépni (*SAE J2044*) róluk a csatlakoztatást.

A laboratóriumi vizsgálatok mellett gyakorlati próbákkal is igazolták az új Evonik üzemanyag csövek alkalmazhatóságát, amikor a teljes mértékben készre szerelt, vagyis hőformázott és csatlakozókkal ellátott vezetékeket gépkocsikban tesztelték több ezer órás időtartammal. Az *MSR 4800*, *MSR 4900* és az *MSR 7440* egyaránt teljesen kielégítő eredményeket adott ilyen körülmények között is.

Többrétegű gyógyászati csövek szerkezeti integritásának javítása

Az érrendszerben használatos (intravasculáris) többrétegű, koextrudált műanyag csövek tulajdonságait nem csak a felhasznált polimerek fizikai jellemzői határozzák meg. Az optimális extrúzióhoz fontos figyelembe venni az ömlédekek viszkozitását, a polimerek olvadáspontját és T_g -jét, illetve elhelyezkedésüket a szerkezetben.

A koextrúziónál két vagy több extruderből érkezik a különböző polimerek ömlédeke a csőszerszámfejbe, hogy ott több, koncentrikus rétegben elhelyezkedve létrehozza a többrétegű csövet. E polimerek egymáshoz képest általában eltérő fizikai tulajdonságokkal, súrlódási együtthatóval és tapadási képességekkel rendelkeznek. *Gyógyászati célokra leggyakrabban eltérő kémiai összetételű polimereket alkalmaznak*, de bizonyos esetekben hasonló jellegű műanyagokat is társítanak.

Eltérő kémiai jellegű polimerek koextrúziója

A sikeres koextrúzió megvalósítása számos kihívást tartalmaz, ilyen például az egyenletes falvastagság biztosítása. A különböző polimerek eltérő viszkozitása, áramlási sebessége és olvadási hőmérséklete problémákat okozhat, ami akár a rétegek szétválásához is vezethet. Az eltérő kémiai összetételű polimerek rétegei általában nagyon

gyengén tapadnak egymáshoz és ezért érintkezési felületük instabilitásra hajlamos. Ez különösen a kis felületi energiával rendelkező polimereknél okozhat problémát.

A bőrön át a belső üregeken keresztüli (percutaneous transluminal) katéterekhez használatos többrétegű műanyag csövek, amelyeket angioplasztikus ballonok bejuttatására alkalmaznak, általában egy kis súrlódási koefficiensű belső polimerréteget igényelnek, mint amilyen a nagysűrűségű polietilén (PE-HD), amely lehetővé teszi, hogy a katéter a vezetőhuzal mentén becsúszhasson a helyére. A középső „ragasztó” réteg általában módosított PE-LLD, a külső réteg pedig egy lágy, tapadós polimer, mint pl. a PEBA, ami hozzáköti a PA12 angioplasztikus ballont a katéter szárhoz. Azt, hogy ragasztóanyaggal erősítsék hozzá a ballont a katéter szárhoz, célszerű elkerülni, mivel a ragasztás elválhat, és mert a ragasztóanyag rétege növeli a katéter átmérőjét. A bőrön át a belső üregeken keresztüli katéterekhez használatos többrétegű műanyag csövek falvastagsága nagyon kicsi, akár 25 μm is lehet, belső átmérőjüket pedig úgy tervezik meg, hogy lehetővé tegyék a 0,356 mm-es, 0,46 mm-es és 0,89 mm-es (0,014", 0,018", 0,035") bejuttató platformok használatát.

Az extrudálás szempontjából a viszkozitás a legfontosabb folyási paraméter egy többrétegű műanyag cső alapanyagainak kiválasztásánál. Tipikusan a belső rétegnek van a legnagyobb viszkozitása, és a külső rétegé a legkisebb, mivel a kis viszkozitású ömledék képes beburkolni a nagyobb viszkozitásút, miközben átáramlanak az extruder szerszámfejen és a terelő csatornákon.

Fontos, hogy egymáshoz közel álló T_g -vel és ömledék-hőmérsékletekkel rendelkező polimereket válasszanak a konzisztens rétegeloszlás érdekében. A szomszédos polimer T_g -je a másik 85–115%-os intervallumába essen.

A többrétegű csövek extruderszerszámának áramlási csatornáit úgy alakítják ki, hogy egyenletes folyási sebességet biztosítsanak minden polimer számára, feltéve, hogy az ömledékek hőmérséklete azonos. Ugyanis, amikor egy nagyobb sebességű polimerréteg találkozik egy kisebb sebességűvel, a gyorsabb áramlás lelassul és ez hullámzásszerű instabilitást okoz az összetalálkozásnál. A találkozási instabilitás a rétegek keveredését okozza, ami rontja a katéter cső tulajdonságait, megjelenését, sőt a rétegek szétválását is kiválthatja.

A nem megegyező ömledék-hőmérséklet szintén befolyásolja a szerszámba belépő és az azon áthaladó áramlás sebességét. Az ilyen ömledék-hőmérséklet gradiensek befolyásolják valamennyi réteg tulajdonságait. Ezért a feldolgozási paramétereket úgy kell beállítani, hogy az összetalálkozási interferenciákat elkerüljék az egyes ömledékek hőmérsékletének, és ezen keresztül az áramlási sebességük megfelelő szabályozásával.

Az eltérő jellegű polimerrétegek között általában egy közvetítő, „összeragasztó” polimerréteget alkalmaznak. Ez a réteg nem csupán egymáshoz köti az összeférhetetlen polimereket, de feszültségfeloldó hatása is van. Elősegíti az egyenletes falvastagság elérését és meggátolja a rétegek szétválását mind az extrúziós folyamat, mind pedig a termék alkalmazása során, mégpedig nemcsak normál, hanem olyan extrém igénybevételnél is, mint amit a ballon felfújásakor alkalmazott nagy nyomás jelent.

Hasonló polimerek koextrúziója

A nagynyomású ballon csövek akár három egymással érintkező koextrudált réteggel is rendelkezhetnek olyan egymással közeli rokonságban álló polimerekből kialakítva, mint a (rétegenként) különböző keménységű PA12 típusok. Azt követően, hogy a háromrétegű csövet vagy előgyártmányt újra felmelegítik és ballonná alakítják, a nem engedékeny, háromrétegű dilatációs vagy sztent hordozó ballon legalább 30 bar inflációs nyomású lesz.

A két- vagy háromrétegű ballon cső jó szerkezeti integritással rendelkezik és szignifikánsan csökkenti a ballonok inflációjánál mérhető ingadozásokat (a standard deviációt). A szórás csökkentése lehetővé teszi, hogy a ballont magasabb nyomásosztályba kvalifikálják. Egy azonos kémiai szerkezetű polimerekből kialakított háromrétegű csőben az egyik rétegben valahol fellépő hibahely nem befolyásolja a másik két réteget.

A Novatec új követő berendezései

Az amerikai Novatec cég Anaheimben (USA, Kalifornia) a MD&M West Show kiállításon mutatta be új extrúziós követő berendezéseit, amelyeket a *szűk tolerancia határokkal gyártott nagyon kis belső átmérőjű gyógyászati csövek előállításához fejlesztettek ki*. Bemutatták a cég új víztartályait, vákuumkalibereit és lehúzó/vágó berendezéseit is.

A Novatec már a hetvenes évektől gyárt különböző, extrúziós követő berendezéseket, elsősorban a továbbító és szárító eszközök, illetve a megelőző karbantartáshoz szükséges technológiákhoz. A termékkínálat diverzifikációja 2012-ben indult, de akkor még a nem egészségügyi alkalmazású csövek, tömlők és profilok területén. Ezeket az eszközöket a cég vezetőjének neve után *Bessemer* termékcsalád néven forgalmazták. Egy nemrég alkalmazott, az egészségügyi eszközök gyártása terén jártas szakember segítségével a Novatec megkezdte az orvosi alkalmazású csövek gyártásához alkalmas speciális követő berendezések fejlesztését.

A fejlesztések során új megközelítési módokat használtak, amelyek a cég véleménye szerint forradalmasítani fogják az ilyen termékek gyártását. A *Bessemer Rx-SmartMED Series* elnevezésű termékcsalád többféle berendezést tartalmaz. Ezek közé tartoznak a 600, 1500 és 2400 mm (3, 5 és 8 láb) hosszúságú víz- és vákuumtartályok. E tartályok *304-L* típusú rozsdamentes acélból készülnek, minden műanyaggal érintkező felületüket elektropolírozással kezelték, hogy a biológiai filmképződést gátolják. A tisztítás megkönnyítése érdekében minden sarkot lekerekítettek, még a vákuumkamra merevítő bordalemezeinél is. Az összes vízzel érintkező felületnél az élelmiszeripari és az italgyártási alkalmazásoknál preferált *TIG hegesztést* alkalmazták. A folyamatnál használt vízzel érintkező részeknél szinte teljesen elkerülték a csavarmenetek használatát, aminek érdekében *316-os* típusú rozsdamentes acélból készült rászorításos (tricolor, *ISO 2852*) csatlakozásokat és szelepeket alkalmaztak. Az ilyen szelepeket és fittingeket standard felszereléseként használják a bor, sör- és tejtermékgyártás berendezéseiben, de a gyógyászati katéterek előállításánál használt követő berendezések

gyártói eddig nem alkalmazták őket, noha egyes üzemekben az ott dolgozó szakemberek már ilyenre cserélték azokat, mivel sokkal kevésbé tapadhatnak meg rajtuk a szennyeződések, és tisztításuk is sokkal egyszerűbb.

A víztartályok betáplálását úgy alakították ki, hogy megfelelő cirkulációt lehessen elérni, miközben a turbulenciát minimalizálták. Ennek érdekében egy új diffúzort fejlesztettek ki a víz belépéshez.

A görgő rendszert úgy alakították ki, hogy a folyamathoz használt vízzel érintkező részek ne tartalmazzanak (nehezen tisztán tartható) csavarmeneteket. A görgők magassága állítható, beszerelésük szerszámok nélkül elvégezhető. A szabadon forogó görgőket rögzíteni is lehet.

A víztároló rendszert úgy alakították ki, hogy megkönnyítsék a gyógyászati extrúziós termékeknél gyakori vízleeresztést és a tisztításhoz szüksége átöblítést. A tartályt egy teljes hosszban végighúzó cseppfogó tálcába integrálták, amelynek sarkait szintén lekerekítették a jó tisztíthatóság érdekében. A tartályt a vízszivattyú felett helyezték el, így gyorsabb, kavitáció nélküli és teljes mértékű lett a víz leereszthetősége a tisztítás, átöblítés során. A csapvizet használó tartályokat hetente, de gyakran naponta vizsgálják, az ionmentes vizet használókat pedig általában havonta. Ha szennyeződést tapasztalnak a tartályt általában hipokloridos oldattal fertőtleníttve öblítik át. Ez hosszú, több órás folyamat. Valójában éppen ezért kerül el több gyógyászati csövet gyártó üzem a vákuumkalibrációt, mivel az ilyen berendezések kétszer annyi tömlőt használnak, mint egy szokásos kalibráló tartály, és még tovább tart tisztításuk. A Novatec új berendezésénél csak be kell kapcsolni a vízszivattyút, ki kell nyitni a háromutas tri-cover szelepet, és egy 316 típusú rozsdamentes acélból készült szivattyúval teljesen leüríthetik a vizet az egész rendszerből.

A szűréshez 5, 2 és 0,5 μm -es szűrőket és egy UV szűrőt is alkalmaznak. A tartóváz szintén rozsdamentes acél, hogy megkönnyítse a tisztítási, letörlési folyamatot. Nyomot nem hagyó, poliuretán abroncsokkal ellátott, rozsdamentes acél bútorgörgők könnyítik meg a tartály mozgását a tiszta teremben.

Egy vákuumrendszer hozzáadásával ezek a kalibráló tartályok mind érintésmentes mind pedig érintkező vákuum kalibrációra képesek, mégpedig 3300 vízoszlop mm-nek megfelelő vákuum létrehozásával. A regeneratív vákuum egység, még maximális terhelés esetén is, 75 dB alatti zajszinten üzemel. A standard zárt hurkú rendszer 0,25 vízoszlop mm-es pontossággal, nagy stabilitással szabályozza a nyomást, egy teljesen automatikus leeresztő szelep rendszerrel, miközben a vákuumszivattyút optimális működési körülmények között üzemelteti. A precíz vákuumszabályozással optimalizálni lehet a gyártott csövek központosságát és ovalitását.

A vezérlés egy szervomotoros működtetésű lineáris mozgatót is tartalmaz, amelynek segítségével precízen és reprodukálhatóan állítható be az extruderszerszám nyílása és a kalibrációs tartály közötti távolság egy kézi távirányító tablet segítségével. Ez a hagyományos, kézi réstávolság állító eljárásokkal szemben jelentősen javítja a folyamat közben tarthatóságát. A víz hőmérséklete egy digitális kijelzőn olvasható le. Opcióként akár 1 °F (0,56 °C) pontosságú hőmérséklet-szabályozás is megoldható.

A kalibráló tartály után elhelyezkedő új lehúzó/vágó berendezés a cég véleménye szerint a jövőben standardnak számító megoldás lesz a gyógyászati csövek gyártásánál, mégpedig elsősorban a szív- és agykatétereknél és a nehezen feldolgozható anyagokból gyártott, nagyon vékony falú termékeknél. E berendezéseket 152 és 305 mm (6" és 12") lehúzó egységgel gyártják. A vágóegység mérete 19,05 és 31,75 mm (0,75" és 1,25") belső perselyátmérőjű. A burkolat rozsdamentes acélból készül, ez az elektromos alkatrészeket is tartalmazó ház vízmentesen tömítve zárul. A nyomot nem hagyó poliuretán görgőkkel ellátott berendezést tiszta teremben is (emelőgép nélkül) mozgathatják és egyszerű csatlakoztatása révén könnyen áthelyezhető egy másik gépsorhoz.

A lehúzó egységet egy szervomotor által működtetett szíjrés rendszerrel látták el, amivel elkerülhető a szíj feszességének kézi beállítása és az ezáltal bizonytalanná váló csúsztatási hatás. Ezt az egységet szintén tiszta terem környezetben történő alkalmazásra alakították ki; csapágái nem igényelnek kenést, hogy minimalizálják a részecskék generálását. A szokásos kerek csapágák és tengelyek helyett alkalmazott lineáris csúszócsepapágák biztosítják, hogy az alsó és felső hajtószíjak tökéletesen párhuzamosak legyenek, ami különösen a nagyon vékony falú gyógyászati csövek gyártásánál fontos. A lapos, precíziós hajtószíjak pontosabbak, mint a legtöbb berendezésben alkalmazott ékszíjak. A lapos hajtószíjak karimák használata nélkül, kevesebb hőfejlődéssel üzemelnek és kopás által nem váltanak ki részecskéket.

A vágóegységet úgy alakították ki, hogy megnövelhessék a vágópenge felületének sebességét a megfelelő vágási rádiusszal, így ha szükséges, 1500 rpm (fordulat/perc) érhető el. Ezáltal minimális lesz a vágás okozta megzavarás, és a pengék képesek akár a legvékonyabb falú, lágy, kis átmérőjű gyógyászati csövek/tömlők vágására is.

A vágókamra víztiszta polikarbonátból készül, hogy az operátorok nyomon követhessék a pengék elhasználódását és a részecskék keletkezését, továbbá hogy könnyebb legyen a pengérest beállítani. A csapágazást, ahelyett, hogy közvetlenül a szervomotor alá tették volna, 45 fokosra változtatták, hogy a kezelő jobban láthassa a levágott csövet, és egy rozsdamentes acél csepptálcát használnak. A penge a védőburkolattal hátratulható, és így nem kell leszerelni a tálcá rendszeres tisztításához.

A Novatec opcióként egy olyan szoftvercsomagot is kínál, amelynek segítségével megkönnyíthető a kúpos kialakítású csövek gyártása. Egy 19 colos érintő képernyővel ellátott Siemens PLC segítségével a kezelő egy sor legördülő menü használatával kiválaszthatja a megfelelő alapanyagot (12 féle), keménységet, extruderszerszám-méretet (ha több is van), a kívánt kihozatali sebességet, csőméreteket, a cső alakját (szimmetrikus vagy aszimmetrikus) a lumenek számát (max. 8) és más tulajdonságokat. Ezután a szoftver javaslatot tesz arra nézve, hogy a kiválasztott szerszámmérettel lehetséges-e a kúpos cső gyártása és ha nem, ajánlásokat tesz a változtatásokra. A kezelő választhat több előre kidolgozott sebességprofilból (lineáris, különböző S-alakúak stb.), vagy kialakíthatja a sajátját. A nagy képernyőn a kipróbálás alatt követhetők profilok.

A cég képviselője szerint a Novatec a jövőben is gyakran fog új termékeket piacra dobni.

Összeállította: Dr. Füzes László

Berger J, et.al.: Reinheitsgebot für Leitungen = Kunststoffe, 107. k. 3. sz. 2017. p. 32–37.

Crotti N.: How to ensure the structural integrity of multi-layer polimer tubing = <https://www.medicaldesignandoutsourcing.com/how-to-ensure-the-structural-integrity-of-multi-layer-polymer-tubing/> January 2019.

Callari J.: Downstream system 'Rewrites the Rules' for medical tubing extrusion = www.ptonline.com January 2019.