

## A cső- és profilextrudálás követelményei, vezérlése és vizsgálata

A közműhálózatban alkalmazott műanyag csövekre sokféle követelményt dolgoztak ki, amelyeket a hosszú (általában 50 év) élettartamuk alatt teljesíteniük kell. Az USA-ban érvényes dokumentumok más országok számára is irányadók lehetnek. Az extrudálás vezérlésére és ellenőrzésére újabb műszereket fejlesztettek ki.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; csőextrúzió; profilextrúzió; élettartam; vezérlés; ellenőrzés.*

Megfelelő szabványokkal biztosítható, hogy az extrudált műanyag termékeknél betartsák az elfogadott irányelveket. Ezt szem előtt tartva az Egyesült Államokban működő Plastics Pipe Institute (PPI) számos dokumentumot tett közzé a vezetékek és a csövek tesztelésével kapcsolatban. A *TN-61* számú az ovalitásról szól nagy sűrűségű polietilén (PE-HD) vezetékekben, beleértve a „kábel a vezetékben” rendszereket is. A dokumentum elmagyarázza, hogy mi okozhatja az ovalitást és leírja, hogyan lehet ezen javítani a telepítés során. Az ovalitás elsődleges paramétere a vezeték átmérője, a másodlagos pedig a tekercselt vezeték hajlítási sugara. Fontos jellemző még a tárolási idő feltekercselt formában, valamint a környezeti hőmérséklet és a hőmérsékleti ciklusok a tárolás közben.

Tisztában kell lenni azzal, hogy egy bizonyos mértékű ovalítás normális egy olyan rugalmas termékben, mint a PE-HD vezeték. Ez a rugalmasság teszi lehetővé 12 és 150 mm közötti névleges méreteknél a feltekercselést orsókra és az így történő szállítást. Ugyanakkor a túlzott ovalítás korlátozhatja a kábelek beépítését a vezetékekbe. A dokumentum számos technikát sorol fel az ovalítás csökkentésére a telepítés során.

A PPI *TN-59* számú dokumentuma a nagyobb vezetékek részekre osztásának lehetőségeit ismerteti. Összehasonlítja az egyes telepítési technológiákat, azok előnyeit és védelmi képességeit, valamint a kábelek telepítésének szempontjait. Célja, hogy hasznos kritériumokkal segítse a technológiák alkalmazását. Száloptikai kábelek telepítésekor a vezetékcsatorna belsejében PE-HD belső- vagy mikro-kábelcsatornákkal, valamint szövetrel választhatók el egymástól az egyes vezetékek. Az előbbi kettőnél a kábeleket nagy távolságokra lehet bevezetni a vezetékcsatornában, ami csökkenti a telepítési költségeket, míg a szövet elválasztóknál a kábeleket a helyükre kell húzni, ami rövidebb telepítési távolságokat eredményez.

A PPI *TN-60* számú dokumentuma a műanyag csövek roncsolásmentes vizsgálatairól és az értékelési módszerekről ad áttekintés. Célja, hogy felhívja a figyelmet számos tényezőre a műanyag csövek, szerelvények és kötések roncsolásmentes ellenőrzésekor és a megfelelő technika kiválasztásakor.

A Leoben Polymer Competence Center (PCCL) új modellt dolgozott ki a klór-dioxiddal érintkező PE csövek élettartamának becslésére. Az ilyen típusú vegyi anyagok felületi ridegséget okoznak, amely repedések kialakulásához és későbbi tönkremeneteléhez vezethet. A vizsgálatok során a mintákat ClO<sub>2</sub>-dal kezelték, majd kompakt feszültség és elektronmikroszkópos tesztek végeztek, valamint meghatározták a szívósság minősítésére alkalmas lényegi törésmunkát (essential work of fracture – EWF) is. Az új modell előnyei közé tartozik a néhány hónapos vizsgálati idő, amely ideális az anyag rangsorolásához és fejlesztéséhez, valamint lehetővé teszi az extrapolációt a releváns feltételekre is.

A klórozott vegyi anyagok öregítő hatása a cső belső falának repedését és a belső felület felhólyagosodását okozhatják. A hatások súlyosak lehetnek, a klór-dioxid a Suez cég által vizsgált PE-HD minták 30%-ában nagyon jelentős degradációt okozott. Éppen ezért néhány vízhálózat esetében megkérdőjelezzük az 50 éves várható élettartamot. Észak-Európában a hálózatok sokkal jobban teljesítettek (a klór és az ammónium-klorid a minták 4%-ában csak mérsékelt degradációt okozott). A műanyag csöves vízhálózatok fenntartható bővülése új típusú anyagokat igényelt: a „legjobb minőségű” szabványos PE-ből készült cső várható élettartama kétszerese volt a „legrosszabb standard műanyagból” gyártott élettartamának, vagyis a „klórrezisztenciával” rendelkező típus 425%-os javulást mutatott.

A German Plastics Center energia- és időtakarékos módszert kínál a PE csövek tartóságának (40 °C-on) minősítésére nagynyomású autokláv vizsgálat (HPAT) segítségével. Míg egy tipikus kemencében végzett öregítés több mint 5000 órát vesz igénybe, addig a HPAT teszt 1000 óráig tart, és energiafelhasználása körülbelül hetedannyi. A HPAT öregítést általában magas hőmérsékleten (60–90 °C) végzik változó pH-jú vizes közegben. A minta a magas hőmérséklet és az oxigén jelenléte miatt öregszik. A meghatározott expozíciós időszak után a mintákat húzóvizsgálatnak vetik alá, az eredményeket „normál” körülményekre, például 40 °C-ra és légköri nyomásra extrapolálják.

## **Az extrudálás továbbfejlesztett vezérlése és műszerezése**

A méretpontosság kritikus fontosságú az extrudált termékeknél, az ablakprofiloknál például szükséges a tűréshatárok betartása, a nagyátmérőjű csöveknél pedig a pontos méret fenntartása segít az anyagköltségek kontrollálásában. Számos módszert alkalmaznak – a kifinomult kamerarendszerektől a terahertz technológiákig – a fizikai jellemzők ellenőrzésére, beleértve a méretet, az ovalitást és az alakot.

A Sikora *Centrewave 6000/1600-as* berendezése milliméteres hullámhossz technikával az 1600 mm átmérőjű tömlők és csövek falvastagságát, átmérőjét, ovalitását, belső profilját és megereszkedését méri folyamatosan a teljes kerület mentén. Segítségével a névleges méret gyorsan elérhető, nincs indítási hulladék és a folyamatok optimálisan vezérelhetők. Nincs szükség közvetítő közegre, mert a rendszer pontosan és a külső hatásoktól – például hőmérséklet vagy alapanyag típusa – függetlenül mér, valamint nem igényel kalibrálást. Automatikusan meghatározza a pontos törésmutatót, beállítja az anyagon áthaladó sugárzás intenzitását és sebességet a pontos mérés érdekében. A bemenő gyártási paraméterek módosításainak kézi bevitelére sincs szükség.

A Pixargus inline mérőeszközével hézagmentesen mérhető a hullámos csövek teljes szerkezete. A *ProfilControl 7 S Corrugated Tube* új algoritmusai lehetővé teszik a korábban „felderíthetetlen” területek vizsgálatát, ami csökkenti a gyártás költségeit. A hullámos csövek

– a hullámszerkezet rugalmasságának köszönhetően – egyre népszerűbbek, viszont ezt a szerkezetet nehéz vizsgálni. A megbízható vizsgáló rendszer képes megkülönböztetni a sík és az ívelt felületeket, ugyanakkor folyamatosan ellenőrizni a minőségi paramétereiket.

A hullámos csövekhez kifejlesztett új érzékelőfej nyolc nagy teljesítményű kamerája különböző szögekből rögzíti a felület szerkezetét. Az új algoritmusokkal továbbfejlesztett szoftver bizonyos felületi struktúrák maszkolásával képes észlelni a síkról hullámra váltást és fordítva. Még nagyon apró hibák, lyukak, horpadások, hólyagok, rosszul hullámkreppelt csatlakozás, is érzékelhetők. Standard változatban a készülék max. 30 mm átmérőjű csövekhez használható. A skálázható rendszer integrálható az Ipar 4.0 környezetbe és minden általános interfésszel rendelkezik.

A *Pixargus AllRoundDia Dual Vision* az első olyan egy érzékelőfejes rendszer, amely egyszerre végez teljes kontúrmérést és felületi vizsgálatot. Ez a kompakt kialakítású eszköz 100%-os hibadetektálási sebességgel méri és vizsgálja a csöveket, kábeleket. A *ProfilControl 7* technológiáját használó hardver és szoftver a termék teljes kerülete mentén (360°) optikai érzékelőkkel (kamerákkal), lézer-háromszögelési módszerrel 8 millió pixelt rögzít. Minden egyes pont meghatározó lehet a termék minősége szempontjából, ezért az *AllRoundDia* minden pontot azonos megbízhatósággal és ismételhetőséggel vizsgál. A speciálisan kidolgozott megvilágítás biztosítja, hogy a látótér és a mérőtér homogén legyen, így megbízhatóan rögzíti az anyag hibáit, például a repedéseket, zárványokat és egyéb nagy kontrasztú hibákat.

A *Pixargus iProfilControl (iPC)* készüléke nagy extrudálási sebességeknél a méret vizsgálatával párhuzamosan a felületet is ellenőrzi ablakprofiloknál, kábelvezetékeknél és szegélyléceknél. A gyártáskor fellépő hibák korán felismerhetők és valós időben kijavíthatók. Ez csökkenti a felhasznált alapanyag és a specifikáción kívüli (hibás) termékek mennyiségét, valamint a költségeket is. A négykamerás modell szükség szerint hat vagy nyolc kamerásra bővíthető a gyártástól függően. Az *iPC S* a legkompaktabb megoldás a teljes látható felület ellenőrzésére, ahol speciális elemek biztosítják a mérőtér homogén megvilágítását, lehetővé téve a kamera érzékelőinek a korábban nehezen észlelhető hibák (lyukak, pórusok, karcolások, repedések, barázdák) rögzítését és feldolgozását. Az *iPC Dimension (DX)* 360°-ban mér, a nyolc lézerezékelő a célalakzattól való legtöbb eltérést észleli, amelyet csak különböző szögben elhelyezett kamerákkal lehet kellő pontossággal mérni. Az érzékelőfej csuklós elrendezése megakadályozza, hogy a mérőteret „káros” fényhatások érijék.

Az *Inoex iXact* rendszere másodpercenként 16 000 mérést végez a csőátmérő nagy pontosságú meghatározásához. Félvezető szenzor technológiát és nagy teljesítményű LED-eket használ az erősen rezgő csövek mérésére nagy mérési frekvencián. A LED egyszerűvé teszi a legtöbb átlátszó anyag mérését. „Plug & Play” megoldásként nem igényel kalibrálást, felismeri a mért extrudált felületen fellépő szabálytalanságokat, például ütések nyomát és összehúzó-dásokat. Extra kamera segít kompenzálni a lehajlásból adódó mérési hibákat, ez növeli az átmérő meghatározás pontosságát. A két- vagy háromtengelyes eszköz nagy sebességgel és nagy pontossággal működik, és három különböző változatban áll rendelkezésre: kis átmérőjű termékekhez, max. 30 mm átmérőig és max. 120 mm átmérőig. A robusztus kialakítás biztosítja, hogy az ütések vagy a hőmérsékletváltozások ne befolyásolják a mérési eredményeket.

Az *Inoex iXray* röntgensugarakat használ a falvastagság és a csőátmérő mérésére mikrométeres pontossággal egy- és többretegű csöveknél, gumitermékekénél. A röntgent félvezető érzékelő technológiával kombinálva pontos térbeli felbontást tesznek lehetővé mikronos tar-

tományban, még a nagy gyártási sebességeknél is. A standard *iXray-t* 0,6 és 110 mm közötti csőméretekre tervezték. A fejlesztés során az Inoex többrétegű alumínium kompozit csövek, szövetekkel megerősített nyomócsövek, habtermékek, orvosi csövek és tömlők, valamint kábelek falvastagságának és átmérőjének a mérésére fókuszált. A fő hangsúly a reprodukálható méretpontosságon volt a minőségbiztosítási szempontok figyelembevételével.

A PVC extrudálásakor az extrudáló szerszám vagy a termikus szerszámfej központosítását egy OPC-UA szabványos interfész segítségével érik el. Az *iXray* röntgenrendszereit úgy tervezték, hogy megvédjék a kezelőt minden káros behatástól, az alacsony sugárzási teljesítményük miatt jóval az engedélyezett határértékek alatt működnek és másodpercenként akár 16000 mérést is képesek végrehajtani.

A német Westfälische Kunststofftechnik (WKT) csőgyártó Inoex terahertz technológiát alkalmaz egyrétegű extrudált csövek falvastagságának mérésére. Az akkumulátoros, kézi *Warp* eszköz működési ideje nagyjából nyolc óra. A csővastagság mérése közvetlenül a vákuumtartály végén lehetővé teszi az azonnali beavatkozást a gyártás nagyon korai szakaszában, ami költségmegtakarításhoz vezet. Az ultrahangos mérésekkel szemben a *Warp* roncsolás- és érintésmentes mérést biztosít 5 és 110 mm falvastagság között. Legfontosabb előnye az egyszerű kezelés, a pozícionálást segítő eszköz – különböző csőátmérőkhöz – megkönnyíti a készülék megfelelő elhelyezését. A mérés egy gombnyomásra indul, és másodperceken belül megjelenik a kijelzőn a falvastagság és az időbélyeg. A belső gyorsulásérzékelő további információkat nyújt a készülék cső felé eső mérési szögéről, ez az információ segít az extruderszerszám gyors kézi központosításában. A naplózott adatokat USB meghajtóra lehet exportálni, vagy wifin keresztül opcionálisan letölthető a helyi számítógépre.

A Graham Engineering *Navigator* vezérlő rendszerei valós idejű grafikus megjelenítést tesznek lehetővé csőgyártáskor. Az érintőképernyő és a gépi funkció közötti vizuális kapcsolat biztosítja az intuitív felhasználói élményt a könnyű használat és a gyors tanulás érdekében. A vezérlés olyan hardveren keresztül történik, amely ellenáll a zord ipari körülményeknek, mint például a rezgés, az elektromos interferencia, a magas hőmérséklet és a páratartalom. A *Navigator* egy Windows operációs rendszerrel telepített ipari számítógépet használ az integrált extrudálási folyamatok vezérléséhez.

Az NDC hossz- és sebességmérő eszköze a hosszú és folyamatos gyártású, hengeres termékek mérésére alkalmas. Az ilyen típusú termékek a gyártás során elmozdulhatnak a központi tengelyiránytól vagy eltérhetnek a mérési tartománytól. Ez megnehezíti a hagyományos lézer doppler sebességmérők (LDV) számára, hogy a lézert a termék felületén tartsák, ami megbízhatatlan mérést eredményez. A *Beta LaserMike* termékcsaládba tartozó, szabadalmaztatott *LaserSpeed Pro M* mérőeszköz megoldja ezt a problémát egy új típusú LDV optikai technikával, így kevesebb lesz a selejt, nagyobb a termelékenység és rövidebb a leállási idő.

A Zumbach *GaugePro* gyors és pontos módszert kínál a csőalakú minták laboratóriumi mérésére. A hagyományos kontaktmérő berendezések – például a mikrométerek és mérőórák – nagyban támaszkodnak a mérést végző személy készségeire, ezért az eszközök eltérő kezelése jelentős különbségeket eredményezhet a mérés során. Az új eszköz az ultrahangos technológiával érintkezés nélkül azonnal képes mérni a minták falvastagságát, belső és külső átmérőjét, de meghatározza az ovalitást és az excentricitást is. Az eszközbe helyezett mintát négy rögzített mérési ponton vizsgálja, a forgató funkció miatt ez nyolc mérési pontra is bővíthető. Ezzel jobban lefedhető a termék, és a falvastagság minden változása láthatóvá válik. Az automatikus önkalibrálás biztosítja a mért értékek pontos és megbízható rögzítését változó

környezeti körülmények között is. Az összes mért érték egy nagy kijelzőn jelenik meg, több mért csőminta eredménye összefoglalható egy közös statisztikában, így a mérési eredmények naplózása gyors, egyszerű és megbízható.

Összeállította: Dr. Lehoczki László

Setting high standards in pipe and profile extrusion = [www.pipeandprofil.com](http://www.pipeandprofil.com)  
Pipe and Profile Extrusion, 2020. április p. 23–26.

Extra dimension: advances in control and instrumentation = [www.pipeandprofil.com](http://www.pipeandprofil.com)  
Pipe and Profile Extrusion, 2020. április p. 13–20.