

## Nagyméretű csövek online minőség-ellenőrzése

A nagyméretű csövek gyártási költségeinek 90%-a anyagköltség, emiatt selejtet gyártani kockázatos dolog. Nem véletlenül fejlesztettek ki olyan különböző érintésmentes online mérőeszközöket, amelyek folyamatosan ellenőrzik az extruderből 0,5 m/min körüli sebességgel kilépő csövek átmérőjét, falvastagságát, ovalitását, és esetenként belógását is, egyidejűleg jelzik a szabályozórendszernek, hogy helyre kell állítania az optimális gyártási folyamatot. Egyes eszközök már az Ipar 4.0 és az IIoT jövőbeni követelményeit is ki tudják elégíteni.

*Tárgyszavak: extrudálás, csőgyártás; nagy átmérő; minőség-ellenőrzés; ultrahang; lézer; giga- és teraherzes eszközök.*

Nagy átmérőjű műanyag csövek extrudálásakor a termék kifogástalan minősége és az anyagköltség – amely a gyártási költségek 90%-át teszi ki – a két legfontosabb eléréndő cél. A különböző átmérőjű csövek falvastagságának megengedhető legkisebb és legnagyobb falvastagságát szabványok írják elő. Ha a csövekhez több műanyagot használnak fel a feltétlenül szükségesnél, ez évente több milliós veszteséget okozhat a gyártónak. Rendkívül fontos emellett a csövek átmérőjének pontossága, ha ez kisebb a megengedett legkisebb, vagy nagyobb a megengedett legnagyobb átmérőnél, beépítésük sok gondot okozhat. Hasonlóan fontos, hogy elkerüljék a szerszámból kilépő cső belógását, megereszkedését (sagging), és az is, hogy a cső keresztmetszete minél tökéletesebb kört képezzen. A feldolgozók ezért különféle online mérő- és szabályozóeszközöket iktatnak be a gyártási folyamatba, hogy a csövek kifogástalan minőségben jöjjenek ki az extruderből, mert ha egy 0,5 m/min sebességgel kiáramló cső hibásnak bizonyul, az tetemes veszteséget okoz a vállalatnak.

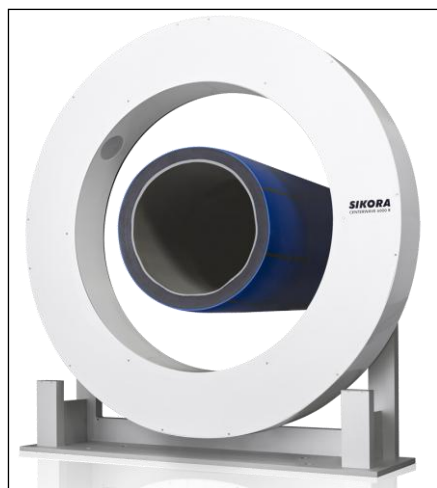
A minőségbiztosításhoz többféle eszközt használhatnak az extrudálók. Vannak közöttük optikai berendezések, elég gyakoriak pl. a lézersugaras vagy giga- újabban terahertz frekvenciájú sugaras eszközök, amelyekkel átmérőt, falvastagságot, ovalitást mérnek. Ultrahangos technikát is alkalmazhatnak a csövek méreteinek meghatározására, de ez az eljárás néha saját határait közelíti meg. Újabban üvegszálalás lézerekkel is próbálkoznak, amelyek teraherzes impulzusokkal dolgoznak, de ez az eljárás még kísérleti fázisban van. Valamennyi módszer a mérőeszközökből kibocsátott impulzusok külső és belső felületekről visszaverődő jeleinek visszaverődési idejét méri és értékeli.

## A Sikora cég milliméter hullámhosszú mérés technikája

A németországi Sikora AG (Bremen) a nagyfrekvenciás fizikával és radartechnikával foglalkozó Fraunhofer Intézettel (FHR, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik) és a délnémet műanyagcentrummal (SKZ, Süddeutsches Kunststoff-Zentrum) közösen kidolgozott egy mm hullámhosszú sugáron alapuló mérés technikát, amellyel érintésmentesen lehet meghatározni az extruderből kilépő, 120 mm-nél nagyobb átmérőjű csövek külső és belső átmérőjét, falvastagságát, ovalitását és belógását. Mivel a mért értékek alapján a szabályozórendszer azonnal elvégzi szükséges beavatkozást, a csövek kalibrálása feleslegessé válik. Ezzel a minőségbiztosító rendszerrel a vállalkozó jelentős mennyiségű anyagot és költséget takaríthat meg.

A teraherzes frekvenciatartomány alsó határán dolgozó (gigaherzes) rendszereket ma a gépkocsigyártásban távolságmérésre használják. Ezek alapja a félvezető technika, az ilyen eszközök olcsók és élettartamuk határtalan. Az nagyobb felbontás érdekében az extrúziós alkalmazásához a frekvenciamoduláció sáv szélességét meg kellett növelni, az ehhez kifejlesztett FMCW radartechnikához a 80–300 GHz (0,08–0,3 THz) frekvenciatartományt választották ki. Ebben a tartományban átvilágításkor a műanyagoknak nagyon kicsi az adszorpciója, ezért alkalmas a falvastagság meghatározására.

Az elmúlt években a mm-hullámú mérés technika komoly eredményeket ért el és rendkívül pontos adatokat szolgáltat. Rétegelt hengeres testekben azonban nem tudták vele az egyes rétegek vastagságát meghatározni. A legújabb mérőberendezések már erre is képesek. Méri a külső átmérőt, az ovalitást, és a falvastagságot. Az extrudált anyag típusától és hőmérsékletétől függetlenül ellenőrzik a cső külső körvonalát és a falvastagságot, egy szerre több helyen is.



1. ábra A Sikora-féle mérőeszköz. Bal felső sarkában egy adó-vevő van elhelyezve

A cső körül elhelyezett sztatikus vagy forgó adó-vevők frekvenciamodulált milliméterhullámokat küldenek és fogadnak vissza a cső területén. A sztatikus rendszer nagyon pontosan méri a falvastagságot és a cső külső és belső átmérőjét. Forgó mérőfejet akkor alkalmaznak, ha a falvastagságot a cső teljes területén kell mérni. Ilyenkor a belógást is pontosan meg lehet határozni. Egy Sikora mérőeszköz az 1. ábrán látható.

A mérőeszköz pontossága néhány  $\mu\text{m}$ , és másodpercenként 500 mérést végez. A visszaérkező jel algoritmus által feldolgozott formában azonnal megjelenik a kijelzőn, egyúttal aktivitásra készíti a vezérlőrendszert, ha szükséges a beavatkozás a folyamatba. Egy csatolt processzorrendszer a numerikus

eredmények mellett grafikusán is megjeleníti a mért értékeket, emellett mutatja a folyamat irányultságát és statisztikai számításokat is végez.

A milliméterhullámos technológia nagyon hasznos lehet bármilyen műanyagból gyártott 120–500 mm közötti átmérőjű cső gyártásakor. Ilyeneket víz, gáz, vegyi anyagok, olaj szállítására alkalmaznak. A nagy átmérőjű csövek egyik leggyakoribb alapanyaga a PVC. A mérőrendszerek vastag falú PVC csövek gyártásakor is jól vizsgáztak.

A mérési módszer domború vagy ívelt termékek és többretegű csövek gyártásához is alkalmazható. Mivel fennáll az a veszély, hogy az extruderből kilépő ömledék a gravitáció hatására lefelé folyik, egyenetlen lehet a cső falvastagsága, ami a milliméterhullámos méréssel könnyen észlelhető és kiküszöbölhető.

A németországi Gerodur MPM Kunststoffverarbeitung GmbH & Co. KG (Neustadt) a fűtőrendszerekhez használt csövek jól ismert gyártója, de két év óta nagy átmérőjű, többnyire 60 mm vastag falú, 250–630 mm átmérőjű csöveket is extrudál. Ezek minőségbiztosítására megvásárolta a Sikora cég *Centerwave 6000* típusú mm-hullámú rendszerét, amelyet a Gerodur a csőgyártó sorban közvetlenül az első vákuumtartály után épített be. A mérőeszköz a teljes cső kerületén valós időn belül folytonosan méri a cső átmérőjét, ovalitását, falvastagságát és a belógást. Ez a technika sokkal jobb hatásfokkal dolgozik, mint a korábban használt ultrahangos mérőeszköz, amelyet csak a gyártósor későbbi szakaszába lehetett beilleszteni, és amelynek mérési adatait a hőmérséklet is befolyásolta. A falvastagság korai ellenőrzését nagyon fontosnak találják, mert a cső 0,5 m/min sebességgel halad előre. A mérőeszközt megvásárlás után saját igényeik szerint „testre szabták”, mert felhasználóbarát szoftverje lehetővé teszi a felhasználó által szükségesnek tartott módosítást, vagy a gépkezelő munkáját megkönnyítő adatok megjelenítését. A mm-hullámú mérőrendszeren ugyanis vannak olyan csatlakozási lehetőségek – interfészek –, amelyek révén csatlakoztatható pl. egy OPC-UA szerver, amelynek közreműködésével könnyebben megvalósítható egy ipari fejlesztés, és a nyers adatok is könnyebben átláthatóvá válnak.

## **A LaserLinc lézersugaras és ultrahangos mérőeszközei – már az Ipar 4.0-ra tervezve**

A LaserLinc (Fairborn, Ohio, USA) a lézertechnikás és az ultrahangos technikát is alkalmazza mérőeszközeiben. Pásztázó lézeres mikrométereiből 16 különböző modellt kínál a csőgyártóknak; közülük négy a 2. ábrán látható. Háromtengelyű vagy háromsíkúnak is nevezett modelljei (ilyen a 360-as modell) három pontból világítják át a csövet, a tengelyek egymással 60°-os szöget zárnak be és merőlegesek a mérendő felületre. Ultrahangos mérőeszközeit, amelyekkel ugyancsak átmérőt, ovalitást, excentricitást, belógást lehet mérni, hasonló formában kínálja – OPC UA & DA kommunikációval is.

A cég valamennyi folyamatba integrált és azon kívül alkalmazott mérőeszköze és szabályozórendszere megrendelhető OPC ipari kommunikációs protokollal, beleértve a legújabb, platformtól és operációs rendszertől független OPC-UA (Universal

Architecture) standardot. Az adatokhoz hasonlóan ezzel a felhasználók bármilyen OPC-DA-val vagy OPC-UA-val kompatibilis eszközhöz vagy szoftverhez hozzá tudnak férni közvetlenül vagy nagyobb távolságból is, és módosíthatják annak konfigurációját anélkül, hogy ehhez újabb hardvert vagy szoftvert kellene beszerezniük.



2. ábra A LaserLinc néhány pásztázó lézeres mikrométere (balra) és a háromtengelyű változatok (ilyen a *Triton 360*) egymással  $60^\circ$ -ot bezáró mérősugarai (jobbra)

A LaserLinc kifejlesztette az OPC Client funkciókat, hogy egyszerűsítse és takarékosabbá tegye a rendszer üzemeltetését. A legtöbb OPC-UA kompatibilis termék, beleértve a szenzorokat és a PLC-ket, csak szervizszolgáltatást nyújt, és kell egy harmadik fél, hogy ezek között hidat alkosson. Ez a LaserLinc OPC Client-je, és a *Total Vu* HMI-n keresztül (Human Machine Interface) megvalósul a közvetlen kommunikáció.

A *Total Vu* HMI méretezhető platform, amely eszközöket és információkat kínál minden érintettnek, így pl.

- az operátorok pontosan értesülnek arról, hogy mit kell tenniük, hogy a gyártósor megfelelő határfokkal dolgozzék,
- a mérnökök minden adatot megkapnak ahhoz, ellenőrizzék a minőséget és javítsák az eljárást,
- a menedzserek a gazdaságosságról tájékozódhatnak, és arról is értesülhetnek, hogy mások mit tesznek ennek érdekében, hogyan csökkentik a költségeket vagy hogyan növelik a kihozatalt,
- a LaserLinc lézeres mikrométereit és ultrahangos eszközeit használók az eszközök teljes élettartama alatt számíthatnak azok szoftverjeinek karbantartására, amely telefonon, interneten vagy ímélen keresztül is elérhető.

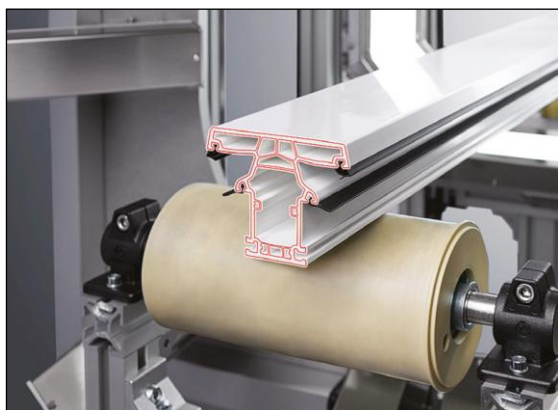
A LaserLinc korábbi eszközeit is ki lehet egészíteni OPC UA vagy DA protokollal. Távoli helyeken a cég mérnökei ezt interneten keresztül is meg tudják oldani. Az

OPC-UA protokollal ellátott mérőrendszerek az Ipar 4.0 és az IIoT (industrial internet of things, a tárgyak ipari hálózata) világába is be tudnak illeszkedni. (A betűszavak jelentését lásd a külön keretben.)

A PLC jelentése programmable logic controller, programozható logikai vezérlő; értelemszerű fordítása talán „programozható logikai egység” lehetne. Az OPC (open platform communication) egy „szerver”, tulajdonképpen egy szoftver, amely meg tudja teremteni a különböző window-os alkalmazások („programok”) közötti kommunikációt. A PLC-t (és egyéb effélét) gyártók elemi érdeke, hogy eszközeiket elérhessék a PLC „kliensek”. Ezért ritkábban saját szoftveres gárdájukkal, gyakrabban külső szoftveres cégekkel íratnak OPC szervert. A „kliensek” azokat az eszközöket jelentik, amelyekkel a szerver kommunikál.

Miként a nyelvtudásnak is vannak különböző fokozatai, úgy az OPC szerverek és kliensek is több kategóriába oszthatóak. Az OPC UA-ban az UA jelentése Unified Architecture, az OPC DA-ban a DA-é Data Access.

### Bonyolult szerkezetű profilok keresztmetszetének optikai vizsgálata



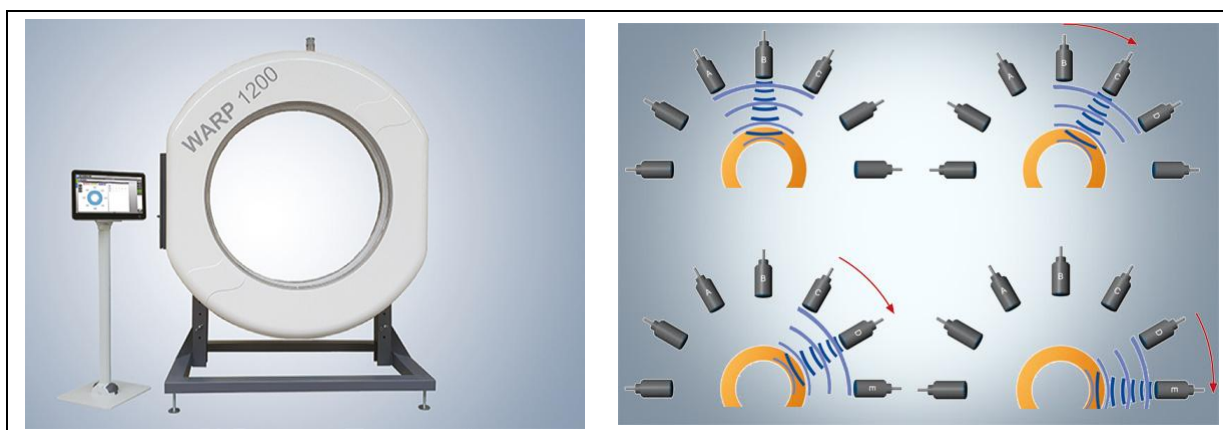
3. ábra A Pixargus cég *ProfilControl 7 DX ICMS* optikai eszközével letapogatott vágási kontúrokat a piros vonal jelzi

A németországi Pixargus GmbH (Würselen) *ProfilControl 7 DX ICMS* jelzésű gyártmánya az első olyan mérőeszköz, amely optikai eljárással gyártás közben, online tudja a profilok, csövek, tömlők keresztmetszetét ellenőrizni, de különálló eszközként is használható. A mérést közvetlenül a profil vágása után végzik el, ahol az optikai eszköz végigtapogatja a vágási felületet (3. ábra). Az észlelt hiba azonnal javítható, amivel sok időt és költséget lehet megtakarítani. Alkalmazásával a korábbi esetlegesen kivett minták helyett minden egyes profil minősége ellenőrizhető.

Az ellenőrzést „okos” multikamerás érzékelők végzik, amelyek automatikusan és folyamatosan dolgoznak. Az optikai rendszer az 50 m/min sebességgel mozgó profilon hibafelismerés mellett falvastagságot és rétegvastagságot is pontosan mér. Egy alsó tartószerkezettel a kamera könnyen mozgatható és könnyen kezelhető.

### Az Inoex teraherzes mérőeszköze

A németországi iNOEX (Melle) *Warp 100* típusú teraherzes rendszerével (4. ábra) 90 és 1200 mm átmérőjű csövek falvastagságát méri  $\pm 10$   $\mu\text{m}$  pontossággal hosszirányban és a teljes kerület mentén egy 60 m/min sebességgel dolgozó extrudersorban. A mérés pontosságát a hőmérséklet nem befolyásolja. A mérőeszköz alkalmazása révén részletes adatokat kapnak a csövek vastagságáról, ovalitásáról, excentrikusságáról. A mérőrendszer nem igényel karbantartást, emellett 5%-os anyagcsökkentést értek el. A mérőeszköz hozzáillesztése a gyártósorhoz nagyon egyszerű volt.



4. ábra Az iNOEX teraherzes mérőeszköze kívülről (balra), és belülről, ahol az *Aurex ERS* rendszer a mérést a cső minden egyes pontján elvégzi (jobbra)

A mérőeszközben a cég elektronikusan forgatott aktív/passzív *Aurex ERS* rendszere gondoskodik arról, hogy a pásztázása a cső minden egyes pontját, azaz 100%-át elérje, és ilyen módon a csövön a legkisebb hibát is felfedezze. A rendszer a cső külső és belső felületén érzékeli a legapróbb rendellenességet is, és ezáltal új dimenziót ad a minőségoptimalizálásnak.

### A Zumbach kombinált mérőeszközei

A svájci Zumbach Electronics (Orpund) az átmérőt pásztázó szkennert és a belógást érzékelő detektort egy eszközben kombinálta (5. ábra). Az *Odac Trio* lézeres eszköz három tengely mentén ugyanabban a síkban dolgozik, nagyon pontos adatokat ad az átmérőről és az ovalitásról, és nagy sebességgel a belógást is érzékeli. Az *Odac Trio*



mérőfejek számos más feldolgozó folyamatban is alkalmazhatók. Ezekben fényforrásként szolgáló lézerdiodák vannak, amelyeket alkalmas processzorokkal kombináltak.



5. ábra A Zumbach néhány kombinált mérőeszköze

A cég legújabb mérőeszközei másodpercenként 9000 mérést végeznek, és az ovalitást pontosan határozzák meg, függetlenül annak irányultságától. Kalibrálásuk egyszerű, és a pásztázó monitorozást is egyszerűen végzik el. Az adatkijelzés sebessége elérheti a 200 adat/s-ot, a mérőfej típusától, a mért adatok átviteli sebességétől és az interfész bit-átviteli sebességétől függően. A mérőfejek bármilyen gyártási sebesség mellett alkalmazhatók, a vibráció nem zavarja a mérést.

### A Beta LaserMike újdonságai

A Beta LaserMike (Dayton, Ohio, USA) – az NDC Technologies egyik részlege – ugyancsak számos mérő- és szabályozórendszert kínál. Az érintésmentes *LaserSpeed* hosszúságot és sebességet mérő eszközének pontossága  $\pm 0,03\%$  gyártási sebességtől függetlenül. A cég a mérési sebességet azzal is növelte, hogy megteremtette az Ethernethez csatlakoztatást, ami gyorsabb kommunikálást tesz lehetővé.

A cég Ultrascan Pro eszköze falvastagságot és koncentricitást mér igen nagy sebességgel és pontossággal, ami által felgyorsítható a gyártás és megnövelhető a mérési kapacitás. Az eszközzel többrétegű (maximálisan 4-rétegű) termék is vizsgálható. A cég nagyobb felbontású kijelzőket is alkalmaz, és gyorsabb kommunikációra törekszik az Ethernet és USB csatlakozás felajánlásával.

Részletesebb információk: [\\_ www.sikora.net](http://www.sikora.net), [\\_ www.laserlinc.com](http://www.laserlinc.com), [\\_ www.pixargus.com](http://www.pixargus.com), [\\_ www.zumbach.com](http://www.zumbach.com), [\\_ www.betalasermike.com](http://www.betalasermike.com).

Összeállította: Pál Károlyné

Reade, L.: Control takes products to a new dimension = Pipe & Profile Extrusion, 2019. április, p. 13–16., [www.pipeandprofile.com](http://www.pipeandprofile.com)

Sikora, H.: Großrohr-Extrusion exact überwachen = Kunststoffe, 2018. 7. sz. p. 66–68.

Millimeterwellen-Technologie zur präzisen Messung von Durchmesser, Ovalität, Wanddicken und Sagging während der Herstellung von Kunststoff-Großrohren =

<https://sikora.net/millimeterwellen-technologie-zur-praezisen-messung-von-durchmesser-ovalitaet-wanddicken-und-sagging-waehrend-der-herstellung-von-kunststoff-grossrohren/>  
TritonTriple-Axis Scanning Laser Micrometers = [http://laserlinc.com/triple-axis\\_laser\\_micrometers.html](http://laserlinc.com/triple-axis_laser_micrometers.html)

Aurex ERS: the ultimate system for pathbreaking quality: 100 % measurement = <https://www.inoex.de/products-new/ultrasound/aurex-ers/?L=3>