

Kompaundáló extruderek monitorozása és szabályozása

A műanyag-feldolgozó berendezések számos felügyeleti és kommunikációs eszközt használnak a termelékenység és a minőség javítására. Adatgyűjtéssel nyomon követhető a gyártósor teljesítménye, a folyamatingadozások korai diagnosztizálása, hatékonyvá teszi a szabályozást és elkerülhetők a termékhibák. A gépgyártók egyre kifinomultabb vezérlőket és Ipar 4.0 funkciókat építenek be a célok elérése érdekében.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; extrudálás; kompaundálás; monitorozás; szabályozás; Ipar 4.0

A műanyagfeldolgozási technológiák többségében az anyagokat általában zárt és túlnyomásos kamrákban dolgozzák fel, ezért a valós idejű folyamatmonitorozás létfontosságú a kiváló minőségű termékek gyártásához. A feldolgozás során általában az ömledéknyomás és -hőmérséklet a termék minőségét jelző legfontosabb paraméterek. Emellett a motor/csiganya nyomatékát, az MFI-t (az ömledékindexet), az extruderteljesítményt és az ömledékviszkozitást is mérni kell in-line vagy off-line az egyes folyamatokban. Ezeknek a méréseknek a többsége döntő fontosságú a működőképesség megfigyelésében, a jobb szabályozási teljesítmény elérése és a folyamat biztonsága szempontjából. A gyártásmodellezés és -optimalizálás a modern ipar számára is fontossá válik a folyamat jobb megértése, a fejlett folyamatirányítási stratégiák kidolgozása, a gazdaságos gyártás és a jó minőségű termékek érdekében.

A főbb paraméterek megfigyelése lehetőséget ad a folyamat állapotának és ezáltal a termék minőségének értékelésére. Ennél is fontosabb, hogy a gyártási ingadozások korai diagnosztizálása elengedhetetlen a hatékony szabályozáshoz az esetleges termékhibák elkerülésére, ezért a paraméterek monitorozása létfontosságú a folyamatirányítási döntések pontos meghozatalához. A feldolgozóegységek többsége azonban „fekete doboznak” tekinthető, mivel meglehetősen nehéz nyomon követni például a hengeren belüli ömledék állapotát az extrudálás során. A szokásos gyakorlat, hogy a minőséget a feldolgozóegység kimeneténél ellenőrzik. Ezen a ponton azonban csak korlátozott lehetőségek állnak rendelkezésre az intézkedések megtételére, ha az ömledék nem az elvárt minőségű.

A kompaundáló extruderek ma már számos felügyeleti és kommunikációs eszközzel felszereltek a termelékenység és a minőség javítására. Az adatgyűjtés a folyamat során létfontosságú a gyártósor teljesítményének nyomonkövetéséhez és a minőségellenőrzéshez. Mindeközben a kompaundálás is egyre automatizáltabbá válik, a prediktív karbantartás segítségével az extrudáló sorok állásideje a minimumon tartható. A kompaundáló extruderek és a kapcsolódó berendezések gyártói egyre kifinomultabb folyamatvezérlési szinteket és Ipar 4.0 funkciókat építenek be a célok elérése érdekében. A folyamatadatok integrációja és automatizálása iránti általános igény, amelyet a szélesebb iparági szabványoknak való megfelelés követelményei, valamint a szakképzett munkaerőhiány is erősít, az egész ágazatban trendnek tekinthető.

A kompaundálás, a többi műanyagipari feldolgozási módhoz hasonlóan, az igen eltérő termék- és anyagösszetételek miatt speciális know-how-t igényel a folyamatirányítás és -felügyelet terén. A teljes erőforrásfelhasználás, a folyamatok automatizálása és a különféle szabályozási háttérű követelmények betartásának egyik eszköze, a *Maag Integration Platform* a folyamat-elemzés és a prediktív karbantartás szempontjából releváns összes adatot nyomonköveti. Lehetővé teszi az adatok integrálását egy meglévő IoT (Internet of Things – Dolgok Internete) környezetbe iparági szabványos interfészek használatával. A *Maag Remote* mobilalkalmazással együtt a rendszer mobil hozzáférést és teljes adatvizualizációt biztosít. A *Maag Integration Platform* opciói között számos szenzor alapú megoldás található, amelyek a gép állapotáról adnak információt és „fekete dobozként” is működnek. Ez lehetővé teszi az adatalapú döntések valós időben történő meghozatalát az energia- és erőforrásfelhasználás csökkentése, a termékminőség javítása, a prediktív karbantartás és a jobb gyártástervezés elősegítése érdekében.

Meghibásodások előrejelzése

A **JSW** japán extrudergyártó *Gearbox Alert System* néven prediktív riasztórendszert fejlesztett ki a fogaskerék-hajtóműhöz. A gépelemek meghibásodás miatti leállása kritikus tényező a kétcsigás extruderek kihozatalának csökkenésében. Ennek az alkatrésznek a váratlan meghibásodása hetekig, néha hónapokig is eltartó javítást jelent. Emiatt fontos óvintézkedéseket tenni a hajtómű megbízható működése érdekében, ideértve az időszakos olajcseréket, a napi rezgésméréseket és az ütemezett nagyjavításokat. A rendszer a hajtómű körül elhelyezett rezgésérzékelők jeleit figyeli, statisztikai elemzéssel értékeli az alkatrészek rendellenességeit, a fogaskerekeken, csapágyakon belüli mikro-károsodásokat és figyelmeztet a teljes meghibásodás előtt. Prototípus vizsgálatokkal bebizonyosodott, hogy a rendszer már három hónappal az alkatrész tönkremenetele előtt képes észlelni a károsodásokat, így a hajtómű minimális alkatrészcserevel és állásidővel javítható.

A **Coperion** opcióként kínálja kis és közepes méretű (43–133 mm-es) *ZSK* kétcsigás extrudereihez a hajtómű állapotfigyelő rendszerét, amely nagyméretű extrudereken már bizonyította, hogy képes jelentősen javítani a karbantartási feladatok tervezhetőségét. Az alkatrészhibák korai azonosításával elkerülhetők az esetleges károk, így a szükséges szervizhívások előre ütemezhetők, ami lehetővé teszi az állásidők minimálisra csökkentését, a távoli szolgáltatás használatával pedig a *Coperion* rövid időn belül támogatást tud nyújtani az ügyfeleknek, beleértve a helyszíni személyzet irányítását is.

Az állapotfigyelő rendszer az extruder hajtómű két fontos paraméterét, a vibrációt és az olaj állapotát monitorozza. Az extruder hajtóművére több ponton felszerelt szenzorok mindegyike egyedileg méri a csapágyakon fellépő rezgéseket. Amikor a rezgések megközelítik a kritikus küszöbértéket, figyelmeztető hangjelzést ad. Az *EpcNT* extruder vezérlő megjeleníti a hajtómű csapágyainak állapotát és olyan fontos paramétereket, mint például a megfelelő frekvenciasávban a rezgés amplitúdója, ami minden csapágyhoz külön-külön megjeleníthető a kijelzőn. A hajtóműolaj állapotát áramlásérzékelőkkel határozzák meg, amelyek folyamatosan mérik az olaj minőségét a kenőrendszerben. A hosszan tartó olajhasználat az olaj minőségének ingadozását okozhatja, és amint ez egy kritikus küszöbhez közelít, az állapotfigyelő rendszer riaszt. A szükséges olajcseréket vagy karbantartási feladatokat időben azonosítják, így a hosszú távú tervezés részeként ezek elvégezhetők.

A *Coperion ServiceBox CSB 4.0* távoli szervizszolgáltatása aktívan támogatja a rendszerindítási folyamatot, gyors on-line távoli diagnosztikát nyújt és szakértő know-how-val segíti a

rendszer hatékonyságának optimalizálását. A hibaüzenetek automatikusan továbbíthatók a Coperion felé, így biztosítva a gyors távoli diagnosztikát és a szoftverfrissítéseket. A CSB 4.0 lehetővé teszi a gyártási adatok rögzítését, exportálását és valós időben való értékelését. Ez az intelligens *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) révén érhető el, amely azonosítja és megjeleníti a gép rendelkezésre állását, kapacitását és az elért termékminőséget. A receptúra váltások vagy karbantartási feladatok miatti termelési zavarok naplózásra kerülnek és az OEE elérhetőségi területén értékelhetők. Ezekre az adatokra alapozva meg lehet határozni a rendszer rendelkezésre állásának kibővítését. Az OEE *Performance* funkciójának használatával a kezelő láthatja, hogy a gép mikor merítette ki teljesen a kapacitását, a *Quality* funkció pedig lehetővé teszi a termékminőségről összegyűjtött adatok dokumentálását és értékelését.

Ipar 4.0

Az Ipar 4.0 szolgáltatásai biztosítják azokat az adatokat, amelyekkel nyomon követhető a kompaundáló gyártósorok általános teljesítménye. Ezek a mérőszámok annak bizonyítására is szolgálhatnak, hogy a gyártók elérik teljesítménycéljaikat. A jobb folyamatvezérlés segíthet a nagy kihozatalú folyamatos termelés minimális állásidővel való működésében, illetve a kis és közepes mennyiségű anyagokat használó keverőknél a gyakori színcserék miatt az extruder tisztításában és a csigák gyors cseréjében.

Az **Entek HT72** kétszigás extruderét párosítva a *Vacuum Feed Technology* (VFT) rendszerrel nagyobb teljesítmény érhető el azon anyagok feldolgozásánál, ahol kis sűrűségű töltőanyagokat adagolnak. A HT72 valós idejű monitorozását az *Entek Dashboard* biztosítja a gépen, távoli felügyelettel vagy mobileszközökről is elérhető adatokkal, beleértve az olaj élettartamára, minőségére és a vibrációra vonatkozó információkat. Ezek az adatok segítenek nyomon követni a gép általános állapotát, illetve monitorozzák a teljesítményt, hogy az előre definiált paramétereknek megfelelő-e például a hatékonyság.

Az Ipar 4.0 egy olyan koncepciót képvisel, amely képes a termelést dinamikusabb és rugalmasabb folyamattá alakítani, javítva egyben a hatékonyságot és a fenntarthatóságot, a felhasználókat pedig a teljesen automatizált és összekapcsolt ipari termelés útjára állítja. Az Ipar 4.0 elveinek alkalmazási kritériumai eltérőek. Az extrudáló sorokra vonatkozó általános irányelvek a következők: PLC (Programmable Logic Controller) vezérlés; összekapcsolhatóság a gyári informatikai rendszerekkel és az utasítások (receptúrák) távoli betöltése; automatizált integráció a gyári logisztikai rendszerekkel, ellátási hálózatokkal vagy más gyártógépekkel; egyszerű és intuitív ember-gép interfész; távoli karbantartás, diagnosztika és vezérlés; a munkakörülmények és folyamatparaméterek folyamatos monitorozása megfelelő érzékelő rendszerekkel és az eltérésekhez való alkalmazkodóképességgel.

Az Ipar 4.0 vállalati szinten lehetővé teszi a termelési adatok intenzív felhasználását, értékelését és elemzését egy informatikai rendszeren belül. A PLC programok nagy mennyiségű adatot tudnak gyűjteni a termelési és folyamatszintekről, beleértve a nyomásértékeket, a hőmérsékleteket és az összesítő táblázatokat. Az új folyamatirányítási megoldások további lehetőségei között szerepelnek az AR (kiterjesztett valóság) és más távoli eszközök használata, a gépek állapotának monitorozása, a folyamatok optimalizálása, az energiahatékonyság ellenőrzése és a termékminőség-menedzsment. Ezek mind segítik csökkenteni a gép állásidejét és növelik a folyamat stabilitását, megkönnyítik az automatizálást és a távvezérlést.

A jövőbeni kompaundálási folyamatok nagyobb fokú automatizálást igényelnek mind a gyártás, mind a karbantartás terén. Az Ipar 4.0 és az új folyamatirányítási megoldások is támogatást nyújthatnak a karbantartási folyamatokban. Ez magában foglalja a mechanikai és elektromos problémák egyszerű azonosítását, a dokumentációhoz való hozzáférést, valamint a pótalkatrészek azonosítását és megrendelését. Megelőző karbantartások is végrehajthatók a nem tervezett leállások csökkentése és a berendezések általános rendelkezésre állásának növelése érdekében. Ezen túlmenően a gyártási folyamat szabályozásával és elemzéssel garantálható a termékminőség és a termelési adatok elérhetősége a világ bármely pontjáról.

A kiterjesztett valóság (AR) eszközei lehetővé teszik a gyártósorok jobb megismerését és a használhatóságára vonatkozó követelmények teljesítését, a karbantartási funkciók javítását, az extrudersor releváns adatainak valós idejű megjelenítését és a folyamat bármely pontról történő nyomon követését (pl. termék hőmérséklete, a motor vagy további érzékelők valós és virtuális adatai). Az integrált, böngészőalapú szoftverek biztosítják a kompaundáló extruderek felhasználóbarát működését. A folyamatban lévő mérések adatai különböző eszközökön, például okostelefonokon vagy táblagépeken lehívhatók, függetlenül azok helyétől.

Összeállította: Dr. Lehoczki László

Holmes, M.: Taking control of the compounding process = *Compounding World*, 2022. augusztus, p. 31–42.

Abeykoon, Ch.: Sensing technologies for process monitoring in polymer extrusion: A comprehensive review on past, present and future aspects = *Measurement: Sensors*, 2022, 22, 100381.