

Vizsgálat és ellenőrzés helyett zéró hibás termelés

A fröccsöntés folyamatát sokoldalú szemlélettel tárgyaló cikkben a zéró hibás termelés megközelítéséhez található néhány jó tanács.

Tárgyszavak: fröccsöntés; minőség; szerszám; folyamat-ellenőrzés; fröccsöntő szakemberek; képzés; viszkozitás.

A zéró hibás termelés címszó alatt a fröccsöntésben nagyon különböző stratégiákat követnek. Egyesek ezen egy bizonyos filozófiát értenek, mások a folyamat és az eljárás alakítására vonatkozó konkrét intézkedéseket. A zéró hibás termelés tulajdonképpen egy elvi célkitűzés, amelyet a valóságban nem lehet teljesíteni, de ennek megközelítése a feladat. Ehhez a fröccsöntés folyamatát teljes mélységében meg kell ismerni, meg kell érteni az akció-reakció elvének abban megnyilvánuló érvényesülését. Üzemgazdasági szinten a cél végső soron a darabköltség jelentős csökkentése, azaz a gyártási folyamat tökéletes kézben tartása és értékteremtő voltának javítása.

Érdemes feltenni azt a kérdést, hogy hogyan befolyásolja a feldolgozó a darabköltséget a termelés teljes életciklusa során, vagy hogy mennyire fékezik a teljesítményt a költségtakarékos beszerzések. A nem optimális szerszámkonstrukció, az olcsó fröccsgép vagy a nem igazán végiggondolt gyártásfilozófia alaposan felhajthatja a sorozatgyártás költségeit.

A gyártásnak megfelelő szerszám- és géptechnika hosszú időre biztosítja a kedvező darabköltséget. Egy általános zéró hibás termelés mellesleg még az erőforrásokat is kíméli. Ehhez a standard stratégiát a gyártmányokkal és a gépspecifikus részletekkel finoman össze kell hangolni.

Az aktív vagy megelőző minőségbiztosítás egyre inkább a figyelem középpontjába kerül az egész világon, és elengedhetetlen elemként beépül a sikeres termelésbe. Megfigyelhető továbbá, hogy a minőségbiztosítást egyre inkább a gyártási folyamatba integrálják. Ez a törekvés fontos lépés a valódi zéró-hibás termelés felé vezető úton. A tiszta folyamattechnológia mellett vannak további szempontok is, melyeket figyelembe kell venni. Az üzemi célok között szerepelhet:

- a kihozatali teljesítmény növelése,
- a selejthányad csökkentése,
- a reklamációk elkerülése,
- a vizsgálatokra fordított idő és költségek csökkentése,
- az energiacsökkentés,
- raktározási költségek csökkentése.

A gép-, szerszám- és perifériatechnika hatékony és tényleges alkalmazását csak a mély folyamatismeret teszi lehetővé. A műanyag-feldolgozóknak ezt a tudást kell céltan bevetniük, hogy a globális versenyben helyt tudjanak állni.

A munkatársakat fontos értékteremtő forrásnak kell tekinteni

Egy fröccsöntő berendezés kezelőjét olyan helyzetbe kell hozni, hogy a folyamatot magas szinten tudja uralni. Ehhez nemcsak a megfelelő műszaki eszközöket kell beszerezni, hanem a gyártásban részt vevő munkatársakat ki- és tovább kell képezni. Csak ez a kettő együtt nyitja meg igazán a lehetőségeket a teljesítmény növeléséhez. Ezeknek a munkatársaknak a legjobb formában kell lenniük, és úgy is kell maradniuk, hogy tette készen legyenek a jövő kihívásai számára. A mély folyamatismeret a lényeges kulcs ahhoz, hogy a rendelkezésre álló technikával a zéró hibás termeléshez közelítő út a lehető leggazdaságosabb termelés felé vezessen.

Ugyanez vonatkozik természetesen a fiatal kaucsuk- és műanyagipari technológusok képzésére is, ami Németországban három évig tart. Ausztriában a modulszerű szerszámfelépítést az első tanévben tanítják. Ezzel a képzési idő összességében négy évre emelkedik. Ennek előnye, hogy itt tanulják meg a jövő terméktervezői és gyártói a szerszámtechnikai módszereket, a szerszámok és a szerszámgyártás ismereteit, amelyeknek nagy hasznát veszik majd a műanyag formadarabok előállításakor.

További fontos szempont a szakismeretek elmélyítése a műveleteken belül. A műveleti technikusok túlnyomó része a későbbiekben különböző műanyag-feldolgozó eljárásokra specializálódik: fröccstechnika, gumifeldolgozás, extrudálás stb. Egyáltalán elegendő-e többféle gyártástechnológia általános ismertetése a szakiskolákban, hogy utána az üzemekben a napi feladatokat teljesíteni tudják a képzésben részt vevők? A képzés után az üzembe kerülő munkatársakat általában három tényező gátolja, hogy a szükséges ismereteket tovább mélyítsék: időhiány, a folyamat know-how szintű ismerteték vagy bizonyos eszközöknek a hiánya.

A gépkezelők és a gyártásért felelős munkatársak ismereteit bővíteni kell

Az ipari szakemberek úgy vélik, hogy gyártási folyamatokkal kapcsolatos legfontosabb ismeretek az iparban megszerezhetők. Az üzemekben többnyire vannak alkalmazástechnikusok és képzési részlegek. A műanyag-feldolgozást támogató ipari szereplők (pl. gépgyártók, alap- és segédanyag-gyártók) legitim és hasznos ajánlatokkal ostromolják vevőiket. Az ajánlatok ésszerűségéről, elfogadásáról azonban az anyagot, gépet használó szakembernek kell elgondolkodnia. Csak akkor tud helyesen dönteni, ha tudja, milyen anyag, gép vagy szerszám illik bele a terveibe, mit tud használni a saját technológiájában. A gyártásért felelős személy művelettechnikai tudása a jó beruházási döntések legfontosabb alapja.

A gyártáshoz alkalmas szerszámok

Egy fröccsöntött formadarab útja a fejlesztéstől a sorozatgyártásig rendkívül bonyolult és összetett munkaműveleteken, folyamatláncon keresztül vezet. A lehetséges zavaró tényezőket néha alulbecsülik. Vannak olyan hibaforrások, amelyek később jelentősen megnövelhetik a reális darabköltségeket. Három területen különösen megfontoltnak kell lenni: ez a termékonstrukció, a szerszámkonceptió és a folyamatkonceptió. A fröccsöntés minden egyes lépésében lezajló folyamatokat teljes mélységükben ismerni kell.

A folyamatlánc a termék tervezésével kezdődik, és az első mozdulattól kezdve tudatosítani kell, hogy ezt a terméket fröccsönteni fogják, amit a tervezéskor figyelembe kell venni. Ehhez a tervező és a feldolgozó szakmai tapasztalatcseréje szükséges. Párbeszédük pozitív irányban befolyásolhatja a fröccsöntött termék későbbi darabköltségét. A kiválasztott beömlés helye és formája hatást fog gyakorolni a későbbi eredményekre. A szerszámtervezőnek meg kell értenie, hogyan viselkedik a plasztikus műanyag a szerszámfészek kitöltésekor és a formaképződés alatt. Egy hagyományos hidegcsatorna tönkretelheti a folyamatot és megsemmisítheti az energiát. Ez ténylegesen a következőt jelenti: a szerszámba befröccsöntött műanyagömlédéknek először az első "fröccsterméken", a beömlőcsatornán kell átáramolnia, mielőtt annak végén egy kis nyíláson, a beömlési ponton keresztül bejut a szerszámfészekbe. A beömlési ponton át megfelelő mennyiségű energiának és anyagtérfogatnak kell áthatolnia, hogy a tulajdonképpeni formadarab a szerszámüregben optimálisan kialakulhasson. És ezt pontosan és reprodukálhatóan a termelés egész időtartama alatt számtalanszor meg kell ismételni. Ezt nem minden beömlési rendszerrel lehet megvalósítani. Ezért fordul sok szerszámtervező a melegcsatornás technika alkalmazásához.

Az aktív folyamat kialakítása

A szerszám és a gép közötti aktív kommunikáció kialakítása a folyamat kézben tartásának lényeges eszköze. Ehhez szükséges egy érzékelő beépítése a szerszámba, amit sok feldolgozó drágának tart. Pedig a szerszámba épített érzékelő megéri az árát és megfizethető. Nem azon múlik, hogy a szerszám minden ürege el van-e látva vele. Viszont ésszerű az erre legmeghatározóbb szerszámfészket kiválasztani. Arra is ügyelni kell, hogy a mérőhely a folyási út végének közelében legyen. A mintegy 10%-os többletköltség a gyártásban nagyon gyorsan amortizálódik.

Az aacheni műanyag-feldolgozó intézet (IKV) a múlt század 70-es éveinek elején mutatta be a szerszámban kialakuló belső nyomás mérésére kifejlesztett módszerét (német rövidítéssel WID), amely felkeltette ugyan a fröccsöntők figyelmét, azonban máig nem terjedt el általánosan a gyártóüzemekben. Becslések szerint ezzel a technikával a használatban lévő szerszámoknak kevesebb, mint 5%-a van ellátva. Az 1990-es évek elején a Leitz irodaszergyártó cégnél egy 2+2 fészkes etázsszerszámba építettek be 4 nyomásérzékelőt. Ez a négyszeres belsőnyomás-szabályozás (átkapcsolás utónyomásra) lehetővé tette az addig elképzelhetetlen ismétlési pontosság elérését a szer-

számüregekben. A WID szabályozással négy fontos célt értek el: nagyfokú minőségstabilitást, jó szerszámkímélést, minimális selejtet és teljesítmény-növekedést (nőtt a darabkihozatal).

A legfontosabb cél azonban alapvetően a szerszám és a gép közötti közvetlen kommunikáció. A szerszámérzékelőket a gép szabályozókörébe építik be, a fröccsnyomásról az utónyomásra történő átmenetnél. Elvben minden gyártócellának szerszám-gép-szabályozóegységként kell működnie, hogy minőségi ugrást lehessen megvalósítani. Következésképpen a szenzorika lényeges eszköz a folyamatok szabályozására.

Temperálás

A folyamatban a kidobott darab hőmérsékletét egyszerűen, infravörös szenzorral lehet meghatározni. Ezzel a mérettartást stabilan lehet tartani. A szerszámtemperálás felügyeletére külön rendszert alkalmazni csaknem felesleges. A mintakészítésnél, az optimálásnál és a gyártás megindításánál a termografikus kamera is hozzátartozik a standard felszereléshez.

Makacs mítosz, hogy a hűtőteljesítményt pusztán hidegként definiálják. Logikus következménye ennek, hogy a gyakorlatban gyakran szükségtelenül alacsony hőmérsékleteken hűtenek. Emiatt kondenzálás és inhomogén hőmérséklet-eloszlás lép fel további zavaró tényezőként. Ténylegesen inkább egy erős térfogatáramra és a nyomásesés elkerülésére van szükség a csatlakozásoknál. Következésképpen a szerszámban hatékony hűtésre és homogén hőmérséklet-eloszlásra van szükség. Továbbá a szerszám leképezési felületéhez közeli (kontúr) hűtés és/vagy varioterm hűtés is megakadályozza a vetemedést és jelentősen javítja (azaz csökkenti) a ciklusidőt.

Diagramok és trendanalízis

Mindkét eszköz használata elengedhetetlen a folyamat értékeléséhez, a folyamat analíziséhez és hosszú időn át történő megfigyeléséhez. Ezek az adatok teszik lehetővé a folyamat kézben tartását. A függvénygörbék megjelenítik az eseményeket, pl. a befröccsentési folyamatban bemutatják az ömledéknymás, a csigamozgás és a szerszám belső nyomásának (WID) időbeli lefutását. A görbékből a kezelő vizuálisan kap valódi információkat arról, hogy mi történik ebben a folyamatlépésben. A trendgrafika azt jelenti, hogy a gyártás során a paramétereket mérik, ezeket a gépvezérlésben elegendő ciklusszám eléréséig (több mint 20000 ciklus) tárolják és trendvonalként ábrázolják. Ez adja a hosszú távú folyamatstabilitást. A cél egy „mesterfolyamat” kidolgozása és archiválása, hogy a folyamat reprodukálható legyen, és gyors folyamatindítást tegyen lehetővé. A modern fröccsöntő gépek ezzel a lehetőséggel elvben „folyamatmérő gépek”. A gyakorlat ennek az opciónak az alkalmazása terén mégis kijózanítóként hat: görbe- és trendgrafikával ma a fröccsöntő berendezések kezelőinek kevesebb, mint 5%-a dolgozik, és ez nem képezi a német technológiai szakemberek képzésének tárgyát.

A viszkozitást kézben kell tartani

A viszkozitásról sok feldolgozónak az a véleménye, hogy azt nem lehet befolyásolni, a viszkozitásingadozásokat normális dolognak fogadják el. Ingadozások reciklátum vagy segédanyagok bekeverésekor különösen felerősödve, azonos tételen belül is fellépnek. Ki lehet azonban jelenteni, hogy a viszkozitásingadozások manapság a fröccsöntési folyamatban automatizált módon kézben tarthatók és kompenzálhatók, mégpedig a szerszámüreg kitöltésekor a belső nyomás szabályozása révén. Továbbá létezik egy olyan technika, amellyel a belső nyomásmérő segítségével az utónyomásprofil automatikusan a viszkozitás ingadozásaihoz lehet illeszteni. Így a viszkozitásváltozás által a darab minőségére ható negatív hatásokat meg lehet szüntetni. Az akció-reakció elve szerint a szerszám és a gép kommunikációjának segítségével a viszkozitásingadozások teljesen kézben tarthatóvá válnak.

Ki kell zárni a hibaforrásokat és a zavaró tényezőket

A fő hibajelenségek a fröccsöntésben még mindig a hiányosan kitöltött darab, a (dízeleffektus miatti) beégés, a sorjaképződés, a vetemedés és a méretingadozások. A szerszámot gyakran túltöltik. Amikor a szerszámüreg kitöltéséről a tömörítésre (zsugorodási folyamat) kapcsolnak át, ma a legtöbb folyamatban még mindig a teljes töltési térfogat 95-98%-ával dolgoznak. Ezt így tanítják nagyrészt még jelenleg is.

A túltöltéssel elért stabilitás azonban túl nagy utónyomáshoz vezet. Az ilyen munkamód eredménye a szerszámstressz. A formadarab kialakításakor két külön lépés a szerszámüreg kitöltése és a zsugorodás kiegyenlítése. A két folyamatlépés elválasztásának reprodukálhatóan a szerszámban kell végbemennie. Különböző előre programozottak az olyan hibák, mint pl. a sorjaképződés, a nem teljesen kitöltött darab vagy a beégés. Csak a térfogati és geometriai telítés elérése után szabad átkapcsolni utónyomásra. Hatékony üzemi felszereléssel és a szükséges folyamatismerekkel ezek a tényezők ma kézben tarthatók. Ehhez szükséges egy jó és rossz darabokat szétválasztó eszközzel felszerelt szerszámérzékelő a gyártóberendezésen belül. A darab sorsa a szerszámfészkekben dől el, minőségét maga a gyártási folyamat határozza meg. Más-képpen megfogalmazva: a minőség a folyamat eredménye és csak az akció-reakció elv segítségével biztosítható. A darab születési folyamatának a szerszámban reprodukálhatóan kell végbemennie, hogy az állandó minőséget szavatolni lehessen.

A zéró hibás termelés révén el lehet érni, hogy a jó darabok közé a gyártás során ne keveredjenek rosszak. A minőség egy intelligens folyamaton keresztül a termék előállításakor és nem az ellenőrzés, mérés, dokumentáció és az ezzel kapcsolatos ráfordítás során keletkezik. A fröccsöntésben a gépi folyamat csak eszköz a célhoz. Fel kell fedezni a benne érvényesülő akció-reakció elvet.

Következtetések

A cikk alapvetően átértelmezi a gépi folyamattól a szerszámban végbemenő rész-folyamatokig vezető utat. Csak így lehet a CO₂-kibocsátást, az ellenőrzés költségeit és a selejthányadot célzottan csökkenteni. A fröccsöntött termékek minőségének biztonság és érzékelhetőnek kell lennie. A teljes fröccsöntési folyamatot görbék segítségével képezik le, hogy lefutását követni tudják. A hagyományos fröccsöntő filozófiát el kell vetni, ha az nem követ egységes törvényszerűséget. Mellékhatásként optimalják a ciklusidőt és a selejthányadot. Már önmagában egy 50%-kal kisebb kibocsátott CO₂ ppm hányad is sok pénzt termel és jelentősen javítja a gyártás értékteremtő képességét. Ami azonban még fontosabb: érezhetően nő a vevői elégedettség a „megélt minőség” révén. Így minden egyes befektetett euró rövid idő múlva a többszörösét hozza. A zéró hibás termelés biztonságot közvetít és igazolás az akció-reakció elv számára. Ha a „formafeltöltő” kvalifikált, folyamatorientált fröccsöntővé válik, a minőség célból valósággá lesz. Ezen túlmenően a folyamatkialakítás sikere e munkamódszer révén fontos motívációs tényezője lesz a termelés hétköznapijainak.

Összeállította: Dr. Macskási Levente

Behrens, H-H.: „Null-Fehler-Produktion” stattprüfen und kontrollieren = Österreichische Kunststoffzeitschrift 46. k. 1–2. sz. 2015. p. 30-32.
[www. spritzguss-schulung.de](http://www.spritzguss-schulung.de)