

Csiga- és hengerkopás a feldolgozógépeknél

Az extruderek, fröccsöntő gépek és az üreges testeket fúvó berendezések esetében a csiga és/vagy henger kopása rontja a gyártás gazdaságosságát és a termékek minőségét. Egy kritikus ponton túl szükségessé válik cseréjük, ami megfelelő előrejelzés hiányában tervezetlen leállást, jelentős termelés kiesést okoz.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; extrudálás; fröccsöntés; kompaundálás; üregestest fúvás; töltött, erősített műanyagok; adalékanyagok; PVC; fluorpolimerek.

Az műanyag-feldolgozó gépek, mint az extruderek, fröccsöntő gépek és az üregestest fúvó berendezések csigái és hengerei állandó kopásnak vannak kitéve. A kopás különböző okok miatt következhet be és bizonyos esetekben drámai következményeket is okozhat. Ezért fontos, hogy megfelelő intézkedésekkel csökkentjük a kopás mértékét és a gyártás gazdaságosságát rontó hatásait, illetve megelőzzük a nem tervezett leállások okozta károkat.

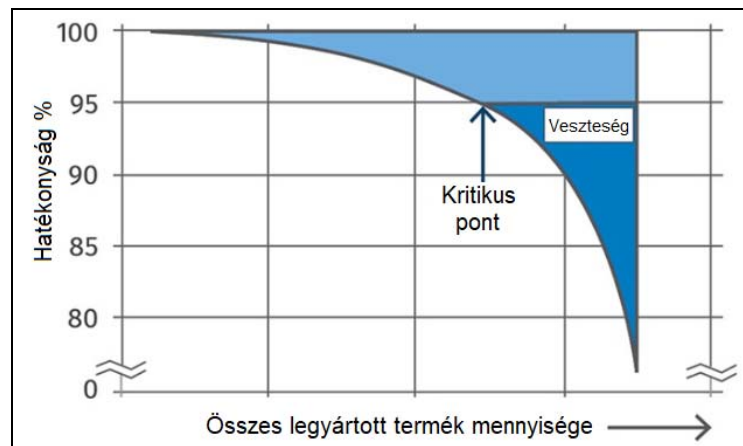
A legtöbb esetben a csiga külső átmérője és az azt befogadó henger belső átmérője közötti rés a csiga átmérőjének egy ezred része. Ez a rés biztosítja a műanyag ömledék leghatékonyabb feldolgozását. Azonban abban a pillanatban, amikor a feldolgozó gép megkezd működését, megindul a csiga és a henger kopása, ami e résméret növekedését okozza. A fokozatos kopás hatására a műanyag megömlesztésének hatékonysága romlik, amit a gépbeállítók a feldolgozási paraméterek változtatásával kompenzálnak, vagyis általában növelik a csiga fordulatszámát, a henger hőmérsékletét, a torlónyomást, illetve ezek valamilyen kombinációját alkalmazzák. Az ilyen módosítások hosszabb idő alatt, fokozatosan, kis lépésekben történnek, ezért nehezen felismerhetők, amíg a kopás olyan mértékűvé nem válik, hogy drámaian lerontja a gyártás gazdaságosságát, vagy a termékek minőségét (1. ábra).

A kopás okai és típusai

A tapadási kopás (2. ábra) olyankor lép fel, amikor a forgó csiga és a henger fémfelülete valamilyen okból egy rövid ideig egymáshoz szorul, ezáltal a dörzsölés hatására felhevülve összeheged, majd a nyíró erők hatására elválik egymástól. Ha ilyen kaparó hatáshoz hasonló jelenséget észlelünk a csigán, érdemes megvizsgálni, van-e az adott helyen sérülés a henger belső felületén is.

A dörzsöléses kopás (3. ábra) a leggyakoribb típus. Ez akkor lép fel, amikor a granulátumokat a garattól a csiga előre továbbítja és azok eközben nekinyomódnak a henger falának, koptatva a csigaszárnyakat és a henger falát. Az ilyen koptató hatás minimális a koptató hatású és/vagy erősítő adalékokat nem tartalmazó műanyagoknál. A koptatás erősebb a nagy viszkozitású polimerek esetében, és különösen erős az ásványi töltőanyagokat és/vagy üvegszálat

tartalmazó műanyagoknál, illetve a különböző szennyeződések is tartalmazó újrafeldolgozott anyagoknál. Az ilyen erősen koptató hatású adalékok/szennyeződések folyamatosan koptatják a csiga és a henger fémfelületét. Ezért a csigaszárnyak a henger fala felé néző felületét és a hengert is érdemes kemény, kopásálló ötvözetből elkészíteni.



1. ábra A csiga és/vagy henger kopásának hatása a gyártás hatékonyságára, illetve az általa okozott veszteségre



2. ábra Tapadási kopás a csiga és a henger falának összehegedését követő szétszakadása következtében



3. ábra Dörzsölési kopás pl. ásványi töltőanyagok vagy üvegszál erősítés hatására

A korróziós kopást (4. ábra) kémiai támadás okozza. Ez akkor következik be, amikor a polimer, vagy a benne lévő adalékanyagok a feldolgozás hő- és nyírési terhelésének hatására részben elbomlanak, és az így felszabaduló korrozív anyagok (pl. halogének) a fémrészek oxidációját okozzák. Ez leggyakrabban a PVC, a fluorpolimerek, illetve a halogén tartalmú égésgátló adalékok feldolgozásánál léphet fel. A különböző okokból bekövetkező károsodások mechanizmusait az 5. ábra mutatja be.

A kopás csökkentésének lehetőségei

Amikor beépítünk egy új, vagy felújított csigát, vizsgáljuk meg előtte alaposan, hogy az teljesen egyenes és koncentrikus-e. Ha a régi csiga még hozzáférhető, érdemes azzal összehasonlítani a teljes hossz, szár és meghajtási konfiguráció tekintetében. Ezután, azt követően,

hogy az új csigát behelyeztük egy új, vagy a régi, alaposan megtisztított hengerbe, lehetőleg forgassuk meg a csigát kézzel, hogy ellenőrizzük egyenességét és centrikusságát. A csigának szabadon kell forognia megakadás nélkül.

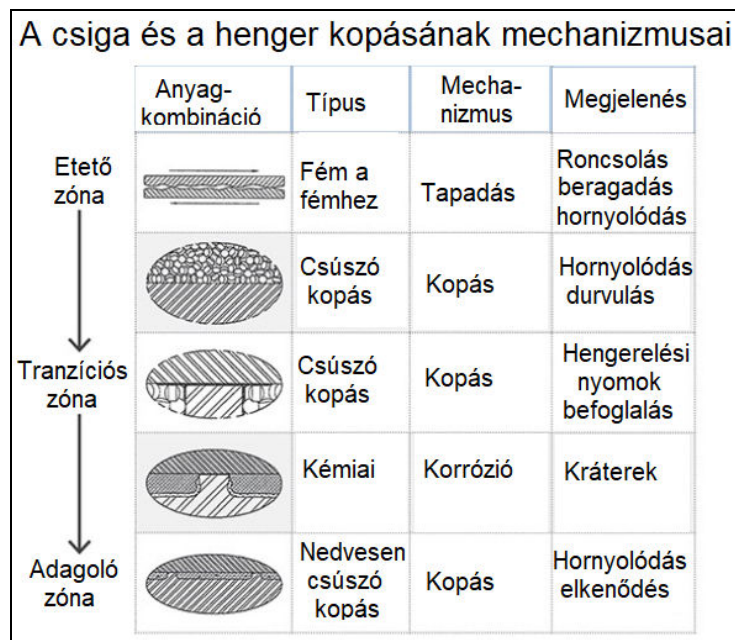


4. ábra Korrozív kopás, pl. PVC, fluor-polimerek, vagy égésgátló adalékok hatására

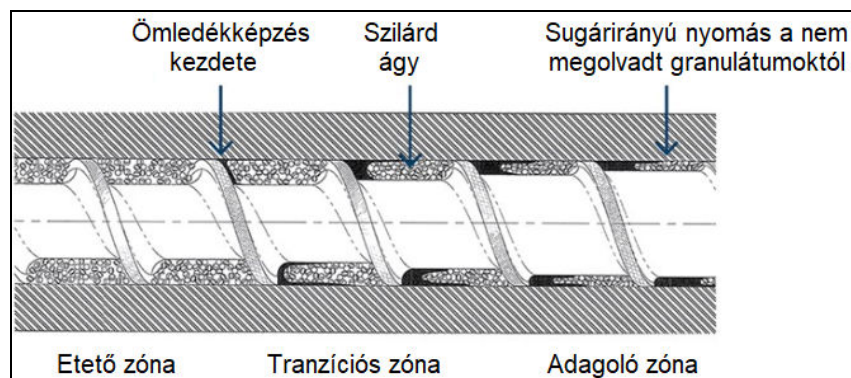
Az extruderek és a legtöbb üregetest fűvő berendezésnél az új csiga és/vagy henger használatbavétele előtt megfelelően irányba kell állítani a feldolgozó gépet, mivel az általában eltér a korábbi, optimális irányzékától.

Használjunk az adott műanyaghoz megfelelő csigát. Ugyanis, ha a csiga tranziciens (a műanyag megömlesztését végző) zónájának kapacitása nem elegendő az etető zóna által behúzott összes granulátum megolvasztásához, a csigacsatornáját eltömíthetik a még szilárd állapotú granulátumok. Az itt létrejövő nagy nyomás nekinyomhatja a csigát a henger belső felületének a túldalán ami súrlódási kopást okozhat (6. ábra).

Alkalmazzunk megfelelően kemény, kopásálló szerkezeti anyagokat a csigaszárnnyak és a henger kopásnak kitett felületein. Az olyan ötvözetek, amelyek kevesebb wolfram-karbidot tartalmaznak, könnyebben felhordhatók és finiselhetők, de természetesen kevésbé kopásállóak és könnyen roncsolódhatnak a keményebb hengerfelülettel érintkezve. A manapság használt, centrifugál öntéssel készült, nagy wolfram-karbid tartalmú, bimetál hengerek kiváló kopásállóságúak. Ügyeljünk arra, hogy a csiga anyaga a henger belésével összeférhető legyen.



5. ábra A csiga és a henger fémfelületeinek jellegzetes kopási mechanizmusai



6. ábra A nem elegendő kapacitású átmeneti zóna nem olvasztja meg az összes granulátumot, amely oldalirányú nyomással helyenként nekiszoríthatja a csigát a henger falának (szilárdanyag-beékelődés)

Az ásványi (és néhány más) töltőanyagok és az üvegszál-erősítés használata jelentős kopást okozhat, amit a feldolgozó gép csigájának és hengerének kialakításakor figyelembe kell vennünk. A legagresszívabban koptató adalékok berendezésünk élettartamát akár felére is csökkenthetik.

Egy másik problémakört jelent az olyan fémdarabok bekerülése az etető zónába, mint amilyen a különböző szerszámok (pl. csavarkulcsok, pengék) és fém alkatrészek (pl. csavarok, anyák). Ezek jelentősen károsíthatják a csigát és a hengert. Ezért megfelelő védelmet kell ellenük kialakítanunk hálókkel és mágnesekkel.

A kopás okozta hatékonyságcsökkenés kompenzálása

A kopás okozta termelékenység-csökkenés ellensúlyozására a gépbeállítók általában a feldolgozási paraméterek hosszabb időn át tartó, apró lépésekben történő módosítását használják. Ezek általában növelik az energiafelhasználást és rontják a termékek minőségét. Noha ezek a változások lassúak, hosszú ideig csak nagyon csekély mértékűek, de egy idő után már jelentős hatást fejtenek ki. Megnövelhetik a ciklusidőt, ronthatják az anyag homogenitását, vagy növelhetik a selejtarányt.

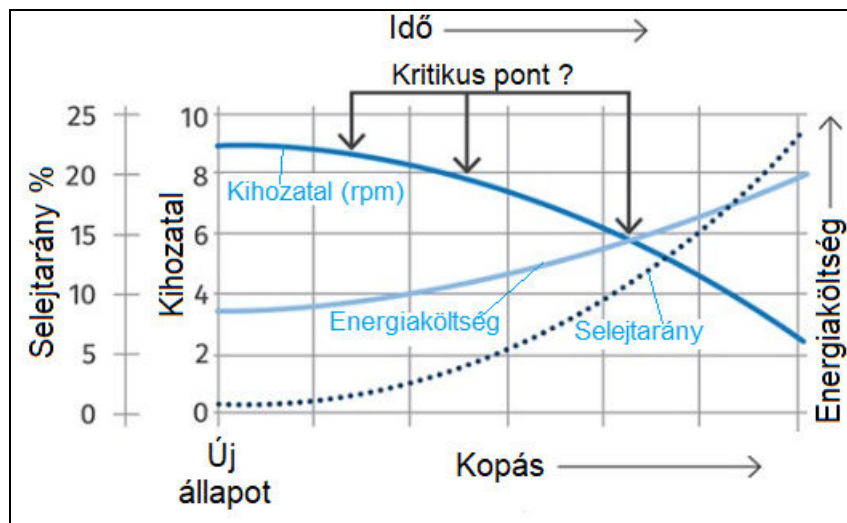
Ideális esetben egyértelműen meghatározhatunk egy olyan határértéket (lecsökkent előny pont), amelynél a csigát vagy/és a hengert már cserélnünk érdemes. Mivel az ilyen alkatrészek beszerzése időigényes, ezért, ha ezt a gyártási értékek feldolgozásából származó előrejelzéssel nem tudjuk idejekorán számításba venni, jelentős termelékieséssel szembesülhetünk. Hogy ezt a határértéket, ahol a költségek növekedése és a minőség romlása okozta károk mértéke meghaladja a beruházás okozta terheket, hogyan határozzuk meg, az az adott termékhez és berendezéshez, illetve a szállítási szerződés feltételeihez köthető. A lecsökkent előny pontot kifejezhetjük gépóraban, darabszámban, selejtarányban, karbantartási költségben, stb. Ha ezt a megközelítést tudatosan alkalmazzuk, elkerülhetők a váratlan, hosszadalmas leállások okozta katasztrófa helyzetek.

- A kopás okozta károk mérsékléséhez a legfontosabb intézkedések a következők:
- a csigát az adott anyaghoz és alkalmazáshoz kell kialakítani,
 - a csiga és a henger felülete egymással kompatibilis anyagokból készüljön,

- a csiga és a henger az adott koptató hatáshoz legmegfelelőbb anyagból készüljön,
- beépítés előtt ellenőrizzük a csiga és a henger méreteinek pontosságát,
- ha lehetséges, az új csiga és a henger iránybeállítását is végezzük el.

A digitalizált termelési mód előnyei

A nagyobb feldolgozógépek esetében a csiga kivételével járó kopás ellenőrzés nem célszerű, azonban az egyes (pl. a 7. ábra szerinti) tényezők rendszeres rögzítésével nyomon követhetjük a kopást. A termelés digitalizációjával párhuzamosan egyre több olyan érzékelőt építenek be a műanyag-feldolgozó gépekbe, amelyek képesek folyamatosan jelezni a kopás mértékét, illetve ebből idejekorán megadni a megfelelő előrejelzéseket.



7. ábra A kopás okozta költségnövelő tényezők változása az idő, illetve a kopás előrehaladtával

A műanyag-feldolgozó gépeket gyártó amerikai Milacron cég, együttműködésben e3 elnevezésű partner vállalatával, már évek óta fejleszti a „dolgok internete”, angol elnevezésének rövidítése szerint „IoT” rendszerét. E rendszer, amely az *M-Powered* elnevezést kapta, részét képezik az előrejelzéseket adó elemzési rendszerek is, amelyek a gépben elhelyezett érzékelők adatainak feldolgozására támaszkodva felhívják az üzem dolgozóinak figyelmét az alkatrészek várható meghibásodásának időpontjára. Az előre-jelzéses karbantartás (Predictive Maintenance) segítségével a Milacron fröccsöntő gépek használói 2019 óta kapnak információkat a henger fűtőpalástjainak és a hidraulikus szivattyúk állapotáról, míg 2020 októberétől a csiga hatékonyságáról is. A rendszer filozófiája a gépkocsik diagnosztikai megoldásaihoz hasonlítható, mint például ahhoz, ahogyan az autó a még megtehető úthossz számításánál figyelembe veszi az üzemanyag-szint állása mellett az utolsó pár száz kilométeres útszakaszon mutatott vezetési stílust is.

A Milacron rendszerének segítségével elkerülhetők az alkatrészek tönkremenése által okozott váratlan leállások, illetve az olyan katasztrofális termelés kiesések, amit az ilyenkor

hiányzó pótalkatrészek megrendelési és beszerzési időigénye okoz. A rendszer továbbfejlesztésével értékes adatokat lehet majd elérni a termékek minőségének előrejelzésére is.

A rendszer emellett támogatja az üzem „fenntartható fejlődés” célkitűzéseit is, mivel információkat szolgáltat a gyártás energiahatékonyságáról és a selejtarány várható alakulásáról, ami az erőforrások optimális felhasználásához nyújt segítséget.

Az osztrák Engel cég is használja az általa gyártott fröccsöntő gépek csigáinál az előrejelzéses karbantartási filozófiát. Itt a csiga állapotát jelző érzékelőt a henger felületébe építik be.

A Wittmann Battenfeld cég már korábban bemutatta CMS állapot monitorozó rendszerét, amely opcióként megvásárolható fröccsöntő gépeihez. E rendszer képes a már meglévő, illetve az ilyen célra utólag beépített érzékelők adatainak összegyűjtésére, tárolására és feldolgozására. Az ilyen begyűjtött adatok közé tartoznak a vibrációra, a plasztikálási művelet nyomatékára, a csigadugattyú elmozdulási útjára és a fröccsegység visszacsapó szelepjének viselkedésére vonatkozó információk.

Összeállította: Dr. Füzes László

Kuhman J.: Optimizing the Effective Life of Screws and Barrels = Plastics Technology, 2020. nov. <https://www.ptonline.com/blog/post/optimizing-the-effective-life-of-screws-and-barrels>
Deligio T.: New Technology Opens a predictive Window Onto Screw Wear = Plastics Technology, 2021. febr. <https://www.ptonline.com/news/opening-a-predictive-window-onto-screw-wear>