

Hidraulikus, villamos vagy hibrid hajtású legyen-e a fröccsöntő gép?

A világ fröccsöntő üzemeiben még nem dőlt el, melyik hajtású gépet részesítsék előnyben. Európában a kisebb záróerő-tartományban a villamos gépek, a magasabb tartományban a hibrid gépek terjednek jobban. A villamos gépeket energiatakarékosabbnak tartják, de a hidraulikus gépek gyártói újabb fejlesztéseikkel ugyancsak jelentős haladást értek el ezen a területen.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; fröccsöntő gép; tisztatér; gépgyártó; hidraulikus; hibrid; villamos hajtás; fejlesztés.

Milyen gép legyen a tisztatérben?

Kényes termékeket – pl. orvosi eszközöket – csak nagyon szigorúan meghatározott körülmények között szabad gyártani. Egyik legfontosabb feltétel, hogy a gyártást ún. tisztatérben végezzék, ahol a levegőben lebegő porszemek megengedhető számát előírások, szabványok, minőségi követelmények írják elő. De nem alkalmas a tisztatéri termelésre az olyan gép sem, amely sok hőt ad le a környezetének, továbbá elvárják azt is, hogy gép ránézésre is tisztának hasson. Kérdés, hogy milyen fajta fröccsöntő géppel lehet ezeket a követelményeket a legkönnyebben kielégíteni, hidraulikus, villamos vagy hibrid hajtásúval-e.

Az **Engel Holding GmbH** (Schwertber, Ausztria) tisztatérben üzemelő három különböző fröccsöntő gépen vizsgálta meg, hogy hogyan teljesítik ezek a felsorolt elvárásokat. A vizsgált gépek a következők voltak:

- *victory 200/50* típusú hidraulikus gép,
- *e-victory 200/100* típusú hibrid hajtású gép,
- *e-motion 200/55* típusú teljesen villamos hajtású gép.

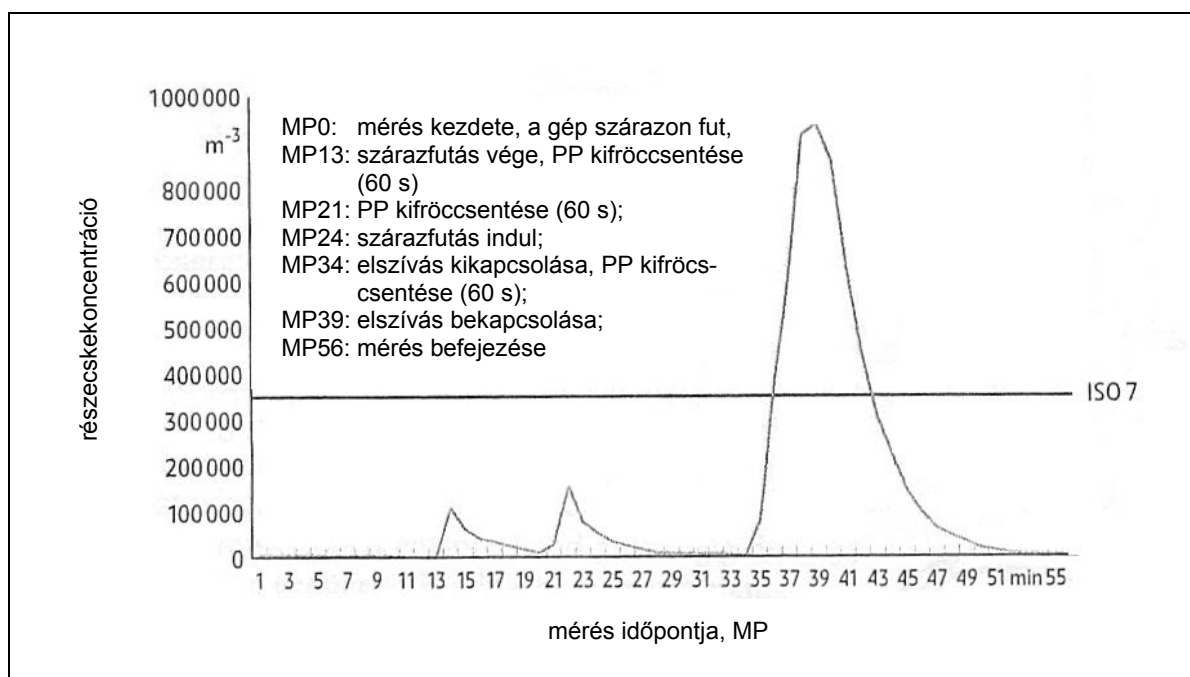
A tisztatéri porkoncentráció összehasonlítása

A gépek körvonalán belül 13, körvonalán kívül, a géptől 15 cm-re 6 mérőhelyet jelöltek ki, ahol *Climet CI-500* típusú mérőeszkővel mérték a levegőben lebegő porszemek számát, és ezt az értéket hasonlították össze az orvosi eszközök gyártásakor betartandó *ISO 14644-1 szabvány* szerinti ISO 7-es részecskekoncentrációval (max. 350 000 >0,5 µm-es lebegő részecske 1 m³ levegőben).

A gépen kívül mért porkoncentráció átlagértékei a hidraulikus gép légtérének mérőpontjainál $20\,456/\text{m}^3$, a hibrid gép terében $14\,476/\text{m}^3$, a villamos gép terében $15\,316/\text{m}^3$ volt. A hidraulikus gép jelenlétében volt a másik két típusú géppel összehasonlítva a legtöbb részecske, de mindhárom légtérében csak a megengedett koncentráció töredéke volt kimutatható.

Az előkísérletek szerint a legtöbb részecske a gép záró/mozgó elemeinél és kifröccsentéskor a fúvóka körül szabadul fel. (Ezeket „forró pontok”-nak nevezik). A mozgó elemek közül ilyenek a kidobókat mozgató fogasszíjak. A hidraulikus gépek és a burkolt kidobóval működő villamos gépek kidobója közelében a porkoncentráció alig volt mérhető ($6975/\text{m}^3$, ill. $3953/\text{m}^3$). Burkolatlan kidobóval a villamos gépeken valamivel több porszemet találtak ($8966/\text{m}^3$), de ez is elhanyagolható a megengedett értékhez képest.

Valódi „forró pont” azonban a fúvóka környéke, amelynek a porkoncentrációját a gépek beindításától számított egy órán át mérték PP fröccsöntése alatt (1. ábra). A gépeken alkalmazták az Engel cég *GMP-Massezylinderabsaugung* elnevezésű elszívórendszerét. Amikor ez működött, befröccsentéskor ugyan megnőtt a porkoncentráció, de biztonságosan a megengedett határon belül maradt; amikor viszont a 34. percben kikapcsolták, géptípustól függetlenül a megengedett érték több mint kétszeresére ugrott fel a porszemcsék száma a levegőben. Ismételt bekapcsoláskor a porkoncentráció gyorsan a határérték alá süllyedt.



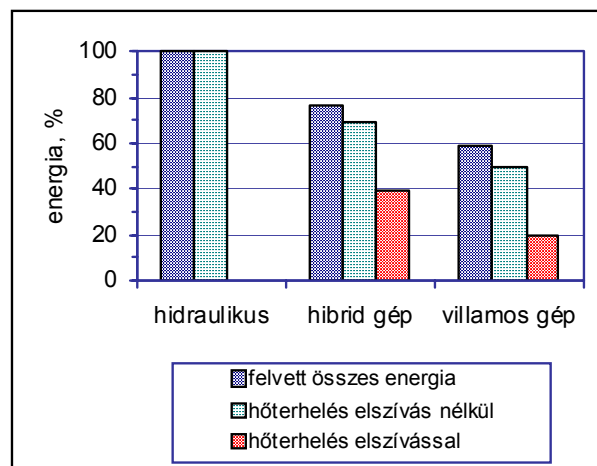
1. ábra Porkoncentráció a fúvóka közelében lévő mérőpont légtérében a gépek egy órás megfigyelése alatt elszívó működésével és anélkül. A gépek az idő nagy részében szárazon futottak, időnként a fúvókán át PP ömledéket fröccsentettek ki

Látható tehát, hogy megfelelő működtetés mellett mindhárom fröccsgépfajta könnyedén kielégíti a tisztatérben megkövetelt kis poremisszióra vonatkozó követelményt.

A gépek környezetet terhelő hőkibocsátása

A porterhelésnél sokkal nagyobb szerepe van a fröccsöntő gépek hajtásának a tisztatérrel terhelő hő kibocsátásában (2. ábra). A kisebb hőemisszió csökkenti a hűtésre fordítandó költségeket, ezért nem elhanyagolható szempont. Látható, hogy a teljesen elektromos hajtású és a hibrid gépek lényegesen kisebb mértékben melegítik fel a környezetüket.

A villamos fröccsgépekben a motorokat levegővel vagy vízzel hűtik. Infravörös kamerával készített felvételek bizonyítják, hogy mindkét hűtőmód alacsony felületi hőmérsékletet eredményez. A levegőhűtés alkalmazásakor azonban ügyelni kell arra, hogy a hűtőlevegő ne okozzon turbulenciát, és hogy a motor hűtőfelülete elég nagy legyen.



2. ábra Különböző módon hajtott fröccsgépek tisztatérrel terhelő hőenergiája

Akkor legyen mégis villamos hajtású?

Összességében a gyakorlat számára a villamos hajtású gépek látszanak előnyösebbnek. A mai gépek teljesítménysűrűsége már jócskán meghaladja az orvostechika igényeit. Különösen a nagyobb fröccsegységek (80 mm-es csigaátmérőig) érik el azt a fröccssebességet, amely szavatolja a stabil és mennyiségileg kielégítő termelést. A megfelelő záróerő és nagy fröccssebesség mellett ezek a gépek kevesebb energiát igényelnek, kevesebb hőt bocsátanak ki és jobban plasztikálnak, mint a más rendszerű gépek. További előnyeik a rövid, 1 s-on belüli szárazfutás; a kenést nem igénylő és a szerszámmozgásnak tágas teret engedő vezetőoszlopok; a könyökemelő zárórendszerbe épített olaj-visszavezetés, amely meggátolja az üzemanyaggal történő szennye-

zódést. A záróelemek burkolt hajtása a golyós menetorsó, teljesen zárt kenőrendszerével a gépeknek tiszta megjelenést ad, ami nem közömbös szempont egy tisztaüzemben. A burkolat ezenkívül csökkenti a zajt és a surlódást. A fröccségység dinamikus hajtása a ms nagyságrendű állásidők után sebességét 500 mm/s sebességig és nyomását 2800 barig tudja növelni. Itt ugyancsak burkolattal ellátott, olajfürdőben futó nagy hatásfokú golyós menetorsók és fogasszijak vannak, amelyek szavatolják a szigorúan ellenőrzött gyártást.

Segítség a megfelelő gép kiválasztásához

Csak nagyon kevés fröccséggyártó cég kínál bármilyen felhasználási területre és minden feladat elvégzésére képes gépet, legtöbbjük bizonyos területekre szakosodik, amelyeken az átlagosnál több tapasztalatot szerez. A *Plastverarbeiter* című szaklap 2009. októberi számában 22 fröccséggyártó cég kínálatát mutatja be táblázatosan, és számos adatot közöl a gépekről, amelyekkel segítheti a legmegfelelőbb gép kiválasztását. A speciális területekre – pl. az orvostechikai eszközök tisztatéri gyártására – szánt gépeket erre utaló jellel szerepeltetik.

A táblázat második részében a fröccsöntési eljárások szerint mutatják be a gépeket. Mindössze 10 olyan gyártó van a 22 közül, amely valamennyi eljáráshoz alkalmas géppel rendelkezik, bár közülük 2 gépeibe nem építhető be gázmentesítő csiga.

A táblázat legterjedelmesebb szakasza a gépek felépítését részletezi. Az egyes gyártók különböző gépsorozataikban többnyire valamilyen fejlesztés eredményét használták fel.

A gépeket záróerejük szerint osztályozzák, és utalnak a hajtás módjára, ahol hidraulikus, elektromos, pneumatikus, mechanikus, szervohidraulikus és szervoelektromos hajtást különböztetnek meg. Mechanikus hajtás a könyökemelő szerkezet erőátviteli rendszerében és a mozgásátalakító mechanizmusban fordul elő. A hajtórendszereket külön részben is bemutatják, mégpedig külön a plasztikáló- és fröccségységét, a szerszámzárását és a gép többi funkcióját. 9 cég alkalmaz szervoelektromos hajtást a záróegységben, 4 kivételével a plasztikáló- és fröccségységben is. Ez a 4 cég a fröccsaggregát mozgatásához hidraulikus, szervohidraulikus vagy elektromos hajtást használ.

A szerszámzáró egység a legtöbb gépen hidraulikusan működtetett könyökemelővel vagy közvetlenül ható hidraulikus hengerekkel dolgozik. Az elektromos gépek hajtásának forgó mozgását a szerszámfelfogó lapok, ill. a könyökemelő lineáris mozgásává kell átalakítani, amit anyás menetorsóval, golyós menetorsóval, támasztógörgős vezetősínnel oldanak meg. A táblázat egyik része a fröccségységeket írja le. Érzékelhető, hogy a gyártók számításba vették az inzertfröccsöntés, a körülfröccsöntés, a kétkomponensű fröccsöntés esetleges igényét. Egyes csigákat is részletesen írnak le. Ebből kiolvasható, hogy az adott géppel a nehezebben feldolgozható anyagok is fröccsönthetők.

A fröccsöntő és a záróegység egymáshoz képest való elhelyezése, a dugattyúk és csigák kombinációja, a szerszámok excentrikus beömlőnyílása, a kopás elleni védelem

különböző területekre tesz alkalmassá egy gépet. Egy excentrikus beömléssel elkészített szerszám akkor is egyenletesen terhelheti meg a vezetőoszlopokat, ha a formadarabot csak az oldala felől lehet fröccsönteni, mert maga a szerszámfészkek ilyenkor is a szerszám központjában helyezhető el. A záróegységeket a táblázatban aszerint is megkülönböztetik, hogy azok két- vagy háromlaposak; vezetőoszloppal vagy anélkül mozognak.

A fröccsöntő gépek automatizálásához sokféle kiegészítő berendezést kínálnak, pl. selejtet kidobó váltót, kezelőrendszereket, a gyártás minőségét szavatoló folyamatparaméter-szabályozó rendszert.

A táblázatban megtalálhatók a gépek méretei és teljesítményadatai; gépsorozatok esetében a legkisebb gépek legkisebb adatától a legnagyobbak legnagyobb adatáig, továbbá információk a gépek vezérléséről, az adatbevitel módjáról és az adatok tárolásáról, az integrált funkciókról, a csatlakozások lehetőségéről, a vezérlésbe integrálható különleges eljárásokról és a cégek szervízszoolgáltatásairól.

A gépgyártók további fejlesztési tervei

Amikor további fejlesztési terveik felől érdeklődtek, az **Arburg GmbH + Co KG** (Lossburg, Németország), a **Billion S.A.S.** (Bellignat, Franciaország) és a **Wittmann-Battenfeld GmbH** (Kottingbrunn, Ausztria) képviselője egyaránt úgy nyilatkozott, hogy igyekeznek kielégíteni a *többkomponensű fröccsöntés iránt megnyilvánuló növekvő érdeklődést*. Ennek oka feltehetően az elektronikus eszközök fokozódó funkcióintegrációja, a szerelési műveletek elhagyása, a gyártási költségek csökkentése. Ehhez újabb anyagokat, pl. egyre több elasztomert vezetnek be a fröccsöntésbe, amelyekről elvárják, hogy elviseljék a gépkocsi motorterében fellépő 175 °C-os hőmérsékletet. Egyre több üvegszállal erősen töltött műanyagot is fröccsöntéssel dolgoznak fel. Az **Arburg** cég másik két fejlesztési irányzata a fröccsprézelés és a kis méretű precíziós alkatrészek gyártástechnológiájának tökéletesítése.

A **Dr. Boy GmbH & Co. KG** (Neustadt-Ferthal, Németország) és a **Wittmann Battenfeld** cég a *mikrofröccsöntésben* rövidebb ciklusidőket akar elérni, és *Varioterm temperálással* olyan tökéletessé akarja tenni a termékek felületét, hogy a lakkozás szükségtelenné váljék. A **Boy** a beömlőt akarja elhagyni, amivel anyagot és energiát lehetne megtakarítani, és a kész darab felületén sem látszana a letört beömlőcsonc helye. A **Maplan Schwerin GmbH** (Schwerin, Németország) a folyékony szilikonok feldolgozását optimálná.

A **Billion** cég szerint a feldolgozók a gépektől több funkcionalitást és intelligensebb vezérlést, nagyobb teljesítményt, rövidebb ciklusidőt, kevesebb selejtet, azaz jobb termékminőséget várnak el, és azt, hogy a gépkezelő képzettsége ne befolyásolja ezeket. Az **Arburg** az igényeket *integrációra képes vezérléssel ellátott intelligens gépekkel, ill. gyártócellákkal* akarja kielégíteni. A jövő útja az olyan gyártócellák kialakítása, amelybe a fröccsgépgyártó beépíti a szerszámot és az automatikát, és ebben a célban az üzembe szállítás után azonnal megkezdhető a termelés. A költségek, a munkaerő és a karbantartás csökkentésének igénye, ill. a megelőző karbantartás egyszerű-

sítése érdekében a feldolgozók szívesen integrálnának egy *karbantartási programot* a vezérlésbe.

A feldolgozók azt szeretnék, ha fröccsgépeiket könnyen és gyorsan át tudnák alakítani egy másféle anyag vagy másféle technológia alkalmazására, ha az üzem megrendelése ezt igénylik. Ez a gépek *modulszerű felépítésével* valósítható meg. A **Billion** cég arra számít, hogy a jövőben fokozódik az érdeklődés az általa „*többvegyértékű*”-nek nevezett gépek iránt, amelyek pl. csekély átszereléssel hőre lágyuló műanyagok, BMC vagy gumi fröccsöntésére is felhasználhatók.

Az évtized közepén világszerte erősen megnőtt a fröccsgépeket kínáló cégek száma. Úgy tűnik azonban, hogy a 2008/2009-es válság után a feldolgozók inkább a megbízható és költséghatékony technikát kínáló, tartósan a piacon lévő gyártókba vetik bizalmukat, akiknek szervízzolgáltatásaira a jövőben is számíthatnak.

Legfontosabb cél az energiatakarékosság

A cégek egy része határozottabban fogja letenni a garast valamelyik hajtástechnika mellett – de a döntések eltérőek lesznek. A *közép-európai piacon* az a jelszó, hogy „el a tisztán hidraulikus gépekkel – jöjjenek a hibrid és a teljesen elektromos berendezések”. Ez elsősorban a 2000 kN-nál nem nagyobb záróerejű fröccsöntő gépeknél érvényesül, de 2–4 éven belül kiterjed a ≤ 4000 kN-os gépekre is. A nagyobb gépeken általában hidraulikus a záróegység és villamos hajtású a fröccsegység. Az *Európában jelenleg üzemelő fröccsöntő gépek 15%-a villamos hajtású, és arányuk folyamatosan nő*. Ennek következménye, hogy a gépgyártók villamos gépeik sorozatát kibővítették, és ezeket az 500–4000 kN záróerő-tartományban kínálják.

Az **Arburg** cég a villamos-hidraulikus hajtást részesíti előnyben, és hidraulikus tárolási technikája révén gépei különösen energiatakarékosak. A **Wittmann Battenfeld** szervoelektromos és szervohidraulikus rendszereivel ugyancsak az energiatakarékosságra törekszik. A **Boy** cég az energiatakarékosság „csúcsa”-ként publikálja szervomotoros szivattyúhajtását, mert egyetlen hajtórendszerrel és átalakítóval vezérli a gép valamennyi funkcióját. A **Maplan** ugyancsak azt állítja, hogy frekvencia-átalakítással vezérelt belső fogaskerék-szivattyújával „lepipálja” az energiatakarékos villamos gépeket.

A villamos fröccsgépek „gyenge pontja” a fúvóka nyomóereje. A hidraulikus hengerhez képest itt sokkal nehezebb nagy erőt kifejteni, mert az a motor által kifejlesztett erőn kívül az erőátalakítástól is függ. A mai korszerű villamos fröccsöntő gépekbe beépített szervomotorokkal és erőátalakítókkal azonban pontosan szabályozható a fröccsegység mozgásának sebessége és a fúvóka nyomóereje. A fröccsegység számára rendelkezésre álló hosszú út pedig megkönnyíti a fúvóka ellenőrzését és a karbantartási munkákat.

Az **Arburg** cég újabban az optikai eszközök gyártásához kínál gépeket. A **Wittmann Battenfeld** és a **Billion** a többkomponensű fröccsöntést támogatja; az előbbi ezenkívül a mikrofröccsöntésre, az utóbbi az elasztomerek feldolgozására helyezi a hangsúlyt. A **Maplan** a folyékony szilikonok és a TPE fröccsöntéséhez opti-

málja gépeit. A **Boy** a mikrofröccsöntést erősíti, pl. 6 grammnál kisebb darabok fröccsöntését készíti elő úgy, hogy minden egyes darab külön fészekben „születik”.

A fröccsgépek gyártói energiatakarékosságra törekednek a gépek további részleteiben is. Az **Arburg** listát állított fel azokról a teendőkről, amelyek a villamos hajtást általában, az adagolást, a hibrid és elektromos gépeket, a fordulatszámmal szabályozott és EFFI szivattyúmotorokat, a folyadékhűtésű gépelemeket és a plasztikáló egység szigetelését érintik. Ha a gépek energiahatékonysági mutatóját (Energieeffizienzkoeffizient, egy kg műanyag feldolgozásához szükséges energia) hasonlítják össze, a villamos gépeké az elsőség az alacsony teljesítményfelvétel miatt. Ennek a mutatószámnak (amely a gazdaságos gyártás meghatározó jellemzője) a csökkentése úgy is lehetséges, hogy a záróerő növelése nélkül növelik a fészekszámot. További lehetőség a termék falának vékonyítása, a fűtőszalagok hőszigetelése a plasztikáló hengeren. Energiát lehet megtakarítani a kezelőszemélyzet oktatásával is, ha ennek nyomán az mindig optimálisan állítja be a gépeket.

Összeállította: Pál Károlyné

Wobbe, H.; Lhota, CH.: Rein muss sie sein = Kunststoffe, 99. k. 9. sz. 2009. p. 42–46.

Lhote, CH.: Risiken eliminieren = MedPLAST, 2008. június, p. 26–28.

Hoffmanns, W.: Schlüssel zur Energieeffizienz = Plastverarbeiter, 60. k. 10. sz. 2009. p. 75–82.