

Nagyméretű és nagy teljesítményű villamos fröccsgépek

A villamos hajtású fröccsöntő gépeket korábban hatékony energiafelhasználásuk és a hidraulikus gépeknél precízebb munkájuk miatt alkalmazták. Ma már vannak rendkívül nagy méretű és nagy teljesítményű, nagyon gyors járatú villamos fröccsgépek, amelyekkel sokfészkés szerszámokban hihetetlen nagy darabszámban lehet tömegtermékeket gyártani.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; villamos gépek; akkumulátoros gépek; nagy teljesítmény; nagy sebesség; kupakgyártás.

Ma a fröccsgépeket előállító nagyobb cégek szinte mindegyikének kínálatában ott vannak a villamos hajtású gépek. Ezeken a párhuzamosan mozgatott gépelemek következtében különösebb erőfeszítés nélkül el lehet érni 8 s körüli ciklusidőt. A feldolgozók azonban még gyorsabb gépeket, 5 s alatti ciklusidőt és 300 mm/s mozgási sebességet szeretnének. Ilyen paraméterekkel eddig azonban csak az akkumulátoros gépeken lehetett dolgozni, amelyek viszont nagyon sok energiát fogyasztanak, és ezért nincs jövőjük. Az **Engel Austria GmbH** (Schwertberg) már évek óta nagy erővel fejleszti *e-motion* elnevezésű gépcsaládját, amelyekkel a fokozott igényeket akarja kielégíteni.

A nagyon rövid ciklusidővel termelő nagy teljesítményű villamos fröccsgépekben nem elegendő csupán a hajtás erejét növelni, hanem valamennyi gépalkatrészt és azok kölcsönhatásait is – a könyökemelőtől az orsókon és a motorokon át a védőrácsig – optimalni kell és össze kell hangolni. A 3,5 s körüli ciklusidővel nemcsak a mechanikai terhelés növekszik, hanem a nagyobb teljesítménnyel össze kell hangolni a hajtórendszer elemeinek méreteit, a tengelymozgások egyidejűségét is. A kopásnak kitett mechanikus gépelemek olajozása is egyedi megoldásokat igényel, különös tekintettel arra, hogy az olaj néha a hőelvezetéshez is hozzájárul. A gépek méretének növelésekor a terhelések arányosan növekednek.

A gépek hajtása

Nagy teljesítményű elektromos fröccsöntő gépekre a csomagolóipar és az orvosi eszközöket gyártók is igényt tartanak, és a gépeket az iparág sajátosságaihoz kell igazítani. A megfelelő elemek kiválasztása a szerszámzáró egység hajtásával kezdődik, ahol a rövid szárazonfutó időkre koncentrálnak. A szerszámzáró egységben a nagy mechanikai áttételek miatt ma leginkább orsós megoldást és könyökemelőt alkalmaznak. A gép hajtásában különböző elveket érvényesítenek (1. táblázat). Szíjjátétellel

dolgozó forgó orsóval (1. variáció) lehet a legnagyobb dinamikát elérni a kis forgási tehetetlenségi nyomaték miatt. Ennek a megoldásnak a legjobb a költséghatékonysága, de hátránya, hogy a forgó orsón lévő zsír egy része a környezetbe sodródik. Nagyon nagy meghajtási nyomaték – pl. nagy záróegység – mellett azonban ez a hajtás gyorsan eléri a korlátait.

1. táblázat

A nagy teljesítményű villamos gépekben alkalmazott hajtási elvek jellemzői

Hajtási elv	Zaj	Tisztaság	Dinamika	Energia
Forgó orsó szíjáttétellel	jó	rossz	közepes	jó
Forgatónyomaték forgó anyával	közepes	közepes	jó	közepes
Forgó anya szíjáttétellel	jó	jó	jó	jó

A forgatónyomaték + forgó csavaranya (2. variáció) ezzel szemben nagyon tisztán dolgozik. Az orsó csak lineáris mozgást végez, nem forog, ezért a kenőanyag (ha van egyáltalán) nem szóródik szét a levegőben, legrosszabb esetben lecseppen. Az anyát legtöbbször direkt hajtással vagy szíjáttétellel (3. variáció) forgatják. Hátrányos az anya nagy tehetetlenségi nyomatéka, amelyet nagyobb motornyomatékkal kell kiegyenlíteni. Direkt hajtással ez a rendszer nagyon halk, és nagyon alacsony az energiaigénye. A közvetlen hajtással közvetlenül lehet átadni a nyomatékot anélkül, hogy radiális erők hatnának a motor vagy az orsó csapágyazására. Mind a csomagolástechnikában, mind pedig az orvostechikában az ilyen hajtással ellátott nagy teljesítményű fröccsgépek váltak be a legjobban.

A forgó mozgás haladó (transzlatórikus) mozgássá alakításához leggyakrabban különböző orsós rendszereket alkalmaznak. A különböző változatok hatásfokának elemzése után az Engel cég a nagy teljesítményű villamos fröccsgépekhez is a golyós menetorsót választotta. Ezzel jobb hatásfokot lehet elérni, mint a menetes görgős hajtással, beépítése pedig egyszerűbb, mint a fogasléces szerkezeteké. Az első gépekben még forgattyús meghajtással próbálkoztak, de az ilyen gépek túl drágák és túl nagyok voltak. A golyós menetorsók továbbfejlesztése meggondolandó, mindenesetre a ma kapható nagy teljesítményű orsók nagy fordulatszámra képesek és erős terhelést képesek elviselni. Meg kell jegyezni azonban, hogy a forgalmazott orsók minősége erősen eltérő lehet, és nagy tapasztalat kell ahhoz, hogy a célnak legjobban megfelelőt válasszák ki.

A könyökemelő

A könyökemelő szerszámzáró rendszert régóta használják, de még mindig lehet rajta javítani és ezáltal a gép teljesítményét növelni. Az Engel cég *e-motion* típusú gépein a könyökemelő tömören le van zárva. Ez nemcsak a gyártás tisztaságát növeli, hanem csökkenti a súrlódást, a karbantartást és az energiaigényt. A szerkezet csuklóiról cirkulációs kenést kapnak, minden csuklónak saját adagolója van. Így elkerülhető, hogy az esetleges szennyeződést a szivattyú végighajtsa az egész rendszeren. Az elég-

telen kenést az Engel cég szabadalmaztatott eljárásával előzik meg; ennek értelmében a csapágyakat a tengelycsapokon keresztül kenik és ezek vezetik el a kenőanyagot is. Ugyancsak szabadalmaztatott tömítés gondoskodik arról, hogy a csapágy mindig fel legyen töltve olajjal. Az állandó olajfilm csökkenti a csapágyelemek kopását, csillapítja a csapágy játékát a szerszám nyitásakor és zárásakor fellépő terhelésváltozás miatt. A kenésnek ez a módja fontos eszköze a gép dinamikájának és meghosszabbítja a mechanikai alkatrészek élettartamát. További előnyei, hogy ritkábban kell az olajat cserélni vagy utántölteni. Míg a hagyományos rendszerekben az olajfelhasználás és az olaj elszennyeződése a ciklusszámmal arányosan nő, az új kenési eljárás révén az olaj 50-80%-át meg lehet takarítani. A szervo-elektromos hajtástechnika hozzájárul a mechanikai alkatrészek tartósságához is. A gép mozgásait, különösen a gyorsításokból és visszafelé mozgásokból összetevődő mozgásprofilot olyan pontossággal lehet vezérelni, hogy ezáltal a terhelés erősen csökken.

Az elektromechanikai hajtóvonal révén a zárórendszer rendkívül merev és pozicionálása rendkívül pontos. Az orsós hajtás következtében a mozgások lefutása tökéletesen reprodukálható. A hidraulikus rendszerek energiaátvivő közege viszkozus folyadék, amelynek viszkozitása függ a hőmérséklettől, ezért hasonló pontosság nem várható el tőle. A nagy pontosság jellemző az elektromos fröccsgépek szerszámzárására és a kidobók mozgására is. Emiatt megrövidíthető a mozgások várakozási ideje a következő műveletre.

Az *e-motion* sorozat gépein a szerszámtartó lapok vezetősíneken siklanak, ami sokkal kisebb súrlódással jár, mint a néha túlméretezett főtartókon. Síneket villamos fröccsgépeken az Engel cég alkalmazott először, és tapasztalatainak felhasználásával ma már főtartó nélküli gépeket készít.

Fröccsaggregátok széles mérettartományban

A nagy teljesítmény mellett is dinamikus fröccsgépekben a nagyobb (> 50 mm átmérőjű) csigák befröccsentéskor végzett mozgását többorsós megoldással biztosítják. Az ilyen csiga előtolásához szükséges teljesítményigényt nem lehet gazdaságosan kielégíteni egyetlen motor, szabályozó és orsó alkalmazásával, mert ilyen teljesítményű gépelemek nem szerepelnek a standard kínálatban. Korszerű, erősen túlterhelhető összekapcsolt szabályozókkal viszont lefedhető a szükséges teljesítmény.

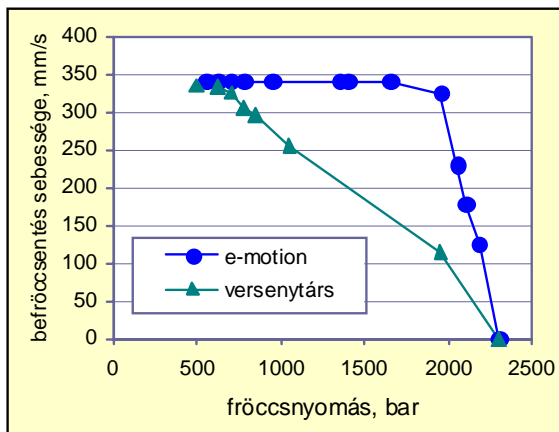
A befröccsentés dinamikájának növeléséhez a motorokat is tovább kellett fejleszteni. A különösen kis tehetetlenségű szervomotorok ma már képesek néhány millisekondumos leállásra, ami a villamos fröccsgépek alkalmazását a legmagasabb teljesítménytartományban is gazdaságossá teszi.

Hogy a szervomotorok teljesítménypotenciálját teljesen ki tudják használni, figyelembe kell venni a szabályozó és a motor közötti átállás játékát. Így pl. a közbenső kör feszültsége hatással van a maximálisan lehetséges fordulatszámra, azaz a maximális motor-forgatónyomaték mellett elérhető fröccssebességre. A motor tekercselésének megfelelően kiválasztott módjával optimálható a forgatónyomaték és az áram viszonya, és ezáltal javítható a befröccsentés sebessége. Emellett nagy fordulatszámon a

forгатónyomaték a térerősség csökkentésével is növelhető. A felsorolt módosításokkal nagy befröccsentési sebesség mellett növelhető a gép dinamikája és a fröccsnyomás.

A többsörös rendszerben az orsókat elektromechanikusan össze kell kapcsolni. Intelligens szabályozási elv segítségével szavatolható a szükséges fordulatszám és a nyomatékszinkronizálás.

A maximálisan 105 mm átmérőjű csigákkal és a 450 mm/s befröccsentési sebességgel az Engel cég kínálja ma a piacon a villamosan hajtott fröccsaggregátok legszélesebb választékát. A maximális fröccssebesség a legfeljebb 55 mm átmérőjű csigákkal érhető el; 80 mm-es átmérőig 300 mm/s-mal, de 105 mm-es csigával is 200 mm/s fröccssebességgel lehet dolgozni, mégpedig teljes nyomással, amiben az Engel cég gépei erősen felülmúlják a versenytársak hagyományosan kialakított gépeit (1. ábra). Éppen a nagy teljesítményű gépeknél jelent a dinamika (a nagy gyorsulás és a rövid idejű leállások) többet, mint egyszerűen a nagy sebességet. A hagyományos gépeken gyakran azért nem lehet elérni a megadott maximális befröccsentési sebességet, mert a csiga előtolásának korlátozott a gyorsulása.



1. ábra

A fröccsnyomás és a befröccsentés sebességének összefüggése az Engel cég e-motion 310/100 típusú 30 mm-es csigát tartalmazó és egy versenytárs 28 mm-es csigát tartalmazó gépén

Teljesítményük növekedése jelentősen kiszélesítette a villamos fröccsgépek alkalmazási területeit. A feldolgozók csupán a vékony falú, hosszú folyási utakkal és nagy fröccsadagokkal többfészkés vagy etázsszerszámokban gyártott termékek előállításakor szorulnak az akkumulátoros fröccsgépekre. Kisebb csigaátmérők esetében azonban megtalálhatók az elektromechanikus hajtású alternatív gépek.

A fejlesztést a vásárlók igényei ösztönzik

1998-ban az Engel cég az európai fröccsgépgyártók között az egyik elsőként kezdett forgalmazni teljesen elektromos hajtású gépeket, és ezeket folyamatosan és tudatosan a nagyobb teljesítmények és a gyorsabb mozgások irányában fejlesztette. Az eddig eltelt időszak alatt a cég több mint 3000 villamos fröccsgépet gyártott, és ezekbe több mint 15 000 orsót épített be. Ezeknek a gépeknek túlnyomó részét nagy teljesítményekhez alkalmazzák, emiatt erősen igénybe vannak véve.

A hosszú évek tapasztalata tette lehetővé, hogy a *cég ma már 3,5 s-nál rövidebb ciklusidővel is gazdaságosan dolgozó gépeket képes előállítani*. A gépek méretezéséhez figyelembe kellett venni a bennük és rájuk ható terhelések összességét. A fejlesztők ennek érdekében saját vizsgálóberendezésükön házon belül mérték a meghibásodások gyakoriságát, de adatokat gyűjtöttek a gyakorlatban fellépő állásidőkről is. Ha a tankönyvek szerint jártak volna el, túlméretezett és gazdaságtalan gépeket építettek volna, mert azokban pl. az orsókra vonatkozóan kizárólag az ún. terhelési számot (Tragzahl) veszik figyelembe. Valójában az orsó elrendezését a beépítés módja, a kenés, a hűtés, a meghajtás elve, az orsó felépítése, a fordulatszám-tényező, és csak utolsó sorban a terhelési szám határozza meg, de annak is csak a relatív és nem az abszolút értéke.

Az elektromos fröccsgépek egyre inkább kiszorítják az energiafaló akkumulátoros fröccsgépeket a nagy teljesítményű és gyorsjáratú gépek területén. Erre alkalmas gyártósort mutatott be az Engel cég a legnagyobb európai műanyag-kiállításon Düsseldorfban, a K'2010-en, és a legnagyobb észak-amerikai kiállításon, a floridai Orlandóban rendezett NPE-n 2012 áprilisában.

Az Engel nagy teljesítményű gyártósora a kiállításokon

Az Engel cég elhatározta, hogy első számú szállítója lesz a palackok lezárására használt kupakok előállítására alkalmas gépeknek. Mivel ilyen *kupakokat mérhetetlen darabszámban igényel a csomagolóipar*, ez a termék különösen alkalmas arra, hogy nagy fészekszámú szerszámokban, nagy teljesítményű fröccsgépeken gyártsák őket.

Az NPE-n kiállított feldolgozógép egy teljesen villamos hajtású Engel *e-cap 3440/460 típusú* fröccsgép volt, amely az Engel USA-beli vállalatánál, az **Engel North Amerika** (York, PA, USA) cégnél készült. 96-fészkes szerszámmal nagy sűrűségű polietilénből *óránként 130 000 kupakot állított elő*. A ciklusidő *2,7 s volt*, a *fröccssebesség elérte a 450 mm/s-t*. A gép az *e-motion* sorozat gépeinek elve szerint épült fel, és a cég legújabb fröccsegységét, továbbfejlesztett kidobóját és megerősített szerszámzáró egységét tartalmazza. A záróerő 100-420 tonna.

A szerszámot a franciaországi **Plastisud** cég készítette el, amelyben a mag kihúzása helyett mechanikai csúszkát alkalmaz, amivel kiküszöböli a hidraulikaolajjal bekövetkező esetleges szennyeződést.

Az *e-cap* fröccsgépre a kiállítás alatt felszereltek egy kamerát, amely az **IMDvista** cég (Brügg, Svájc) képelemző rendszerével ellenőrizte a gyártást.

Egy ugyanilyen fröccsgép dolgozott a düsseldorfi kiállításon is. Kiszámították, hogy évi 8000 h üzemidővel és 0,1 eurocent/kWh áramdíjjal számolva egy hasonló teljesítményű hidraulikus gép fogyasztásához viszonyítva a villamos fröccsgép alkalmazásával az energiaköltség 55%-át, azaz 40 000 EUR-t lehet megtakarítani.

Összeállította: Pál Károlyné

Dimmler, G.; Kappelmüller, W. stb.: Fit für Höchstleistungen = Kunststoffe, 101. k. 9. sz. 2011. p. 26–31.

Smock, D.: Engel eyes top spot in cap machines with all-electrics = www. PlasticToday.com, 2012. ápr. 3.