

NYOMÓKAMRÁVAL KOMBINÁLT CSÚSZÓVEZETÉK VIZSGÁLATA

Tóth Sándor Gergő

tanársegéd, Miskolci Egyetem, Szerszámgépezési és Mechatronikai Intézet,
Szerszámgépek Intézeti Tanszéke
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: szgftosg@uni-miskolc.hu

Takács György

egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Szerszámgépezési és Mechatronikai Intézet,
Szerszámgépek Intézeti Tanszéke
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: takacs.gyorgy@uni-miskolc.hu

Absztrakt

Habár a nagy pontosságú szerszámgépekben hidrosztatikus vezeték beépítése célszerű, a vezeték legyártáshoz kívánt nagy gyártási pontosság, illetve a bonyolult hidraulikus rendszer kiépítése miatt egyre kevesebb vállalat foglalkozik ilyen vezeték típus forgalmazásával. Egy tanszéki projekt keretében tervezendő portáljelű marógép pontosságának növelése érdekében speciális vezeték konstrukciók kerültek megvizsgálásra, amelynek eredményeként egy hidraulikus nyomókamrával tehermentesített csúszóvezeték konstrukció került megtervezésre. A tehermentesítés nagyságának ellenőrzéséhez egy mérőpad került felállításra. Az elvégzett elsődleges mérések alapján a konstrukcióval a tehermentesítés megfelelő csúszófelület biztosításával megvalósul.

Kulcsszavak: hidraulika, csúszóvezeték, szerszámgép, nyomókamra, tehermentesítés

Abstract

Although the apply of hydrostatic guideways in high precision machine tools is desirable, fewer companies are involved in marketing this type of guideway due to the high precision manufacturing required to produce the hydrostatic guideways and the complexity of the hydraulic system. In order to improve the accuracy of a portal-type milling machine to be designed as part of a departmental project, special guideway designs have been investigated, resulting in a slideway structure relieved with hydraulic pressure chambers. A measuring bench was set up to check the amount of relief. Based on the primary measurements performed, the structure relieves the load by providing a suitable sliding surface.

Keywords: hydraulic, slideways, machine tool, pressure chamber, load relief

1. Bevezetés

A konzorciumi partner többször adott javaslatot olyan jellegű függőleges vezeték konstrukcióra, ahol a súrlódó vezeték hidraulikus nyomókamrával van kiegészítve. Az egyes változatok esetében a hidraulikus nyomókamra kialakítása, elhelyezési módja és feladata eltérő. Közös jellemzője a megoldásoknak, hogy a keletkező résolaj a vezeték konstrukción belül kerül összegyűjtésre és elvezetésre. A konzorciumi partner feltételezése szerint működés közben a nyomókamrákat határoló tömítő felületeknél a

gerenda és a nyomókamra megvezető gyűrű vezető felülete közt kialakuló keskeny résen folyadék-áram jön létre, a résáram önszabályzó módon állandó résméretet biztosít. Mivel a gerenda egy folyadék filmen mozdul el, ezért minimális előtoló erő lesz. A résáramot külső gyűrű összegyűjti és elvezeti egy gyűjtővezetéken keresztül a tartályba. A kamrák alacsony, állandó értékű néhány bar-os nagyságrendű nyomását egy hidro-pneumatikus egység biztosítja.

Három különböző, hidraulikával kombinált csúszóvezeték konstrukció található meg a szakirodalomban: hidrodinamikusan csúszóvezetékek, nagymerevségű hidrosztatikus vezeték, illetve részlegesen tehermentesített csúszóvezetékek [1], utóbbi konstrukció hasonlít a konzorciumi partner által javasolt vezeték tervéhez.

1.1. Részlegesen tehermentesített csúszóvezetékek

A hidrosztatikus vezeték, bár súrlódási ellenállása kicsi, alkalmazásuk különösen az előtolás irányban nehézségekbe ütközik. Annak érdekében, hogy a merevség és a csillapítási képesség egyaránt javuljon, egy olyan új konstrukció alkalmazható, amely lehetővé teszi a megfelelő nagyságú érintkezést a csúszófelületek között, megtartva a hidrosztatikus vezetékre jellemző érintkezés-mentes működtetés néhány előnyét.

A részlegesen tehermentesített csúszóvezeték olyan konstrukció, amelyben a nyomás alatt álló kenőközeg, mint például a levegő a csúszófelületek közé kerül, hogy csökkentsük a csúszófelületre háruló terhelést, és ezáltal egy nehéz test simán mozogjon minimális súrlódási veszteséggel. A "részlegesen tehermentesített vezeték" elnevezés a vegyes kenés jellemzőjéből származik, ahol a csúszófelület egy része érintkezésmentesen csúszik, míg a többi felület érintkezik egymással. Abban az esetben, ha a sűrített levegőt a holt súly csökkentésére használják, a gépet nem kell kenőanyag-keringtető rendszerrel felszerelni. Ez az oka annak, hogy ezt a pneumatikus rendszert általában a holt súly csökkentésére használják.

A levegő szivárgásának megakadályozása és a sűrített levegő nyomáscsökkenésének elkerülése érdekében szükséges az alkatrészek nagy pontosságú vezérlése. Továbbá, a levegővel tehermentesített csúszóvezetékek felületei hajlamosak az úszásra, amikor a felületnyomás enyhül. Emiatt a fejlesztések korai fázisában az olajjal tehermentesített csúszóvezetékek kerültek előtérbe [2].

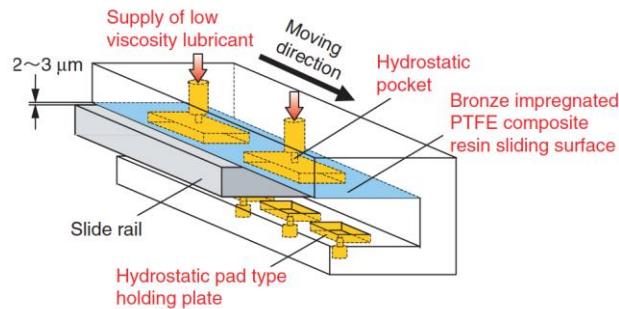
1. táblázat. Levegővel és olajjal tehermentesített csúszóvezetékek összehasonlítása [1].

Megjegyzés: O / X – adott konstrukció rendelkezik / nem rendelkezik vele	Levegővel tehermentesített csúszóvezeték	Olajjal tehermentesített csúszóvezeték
Merevség	x	o
Csillapítási képesség	x	o
Úszás jelenség	x	o
Billenés jelenség	x	o
Előtoló erő	o	o
Kenőközeg keringtetése	o	x

Az 1. táblázat összehasonlítja a különböző közeggel tehermentesített csúszóvezeték tulajdonságait. Az összenyomhatatlan kenőközeggel a csúszóvezetékek kenése ugyanolyan jó, mint sűrített levegős kivitelnél, miközben a konstrukció merevsége sokkal nagyobb. A hidrosztatikus hatás olajjal sokkal

könnyebben biztosítható, mivel ezeknek a vezetéknek a gyártási pontossága, főleg nagy vezeték esetében nem kell olyan szigorúnak lennie, mintett sűrített levegő alkalmazása esetén.

Az 1. ábra egy olajjal tehermentesített csúszóvezeték perspektivikus nézete látható, amelynek előtolási pontossága meghaladja a korábban ismertetett vezeték típusokét.

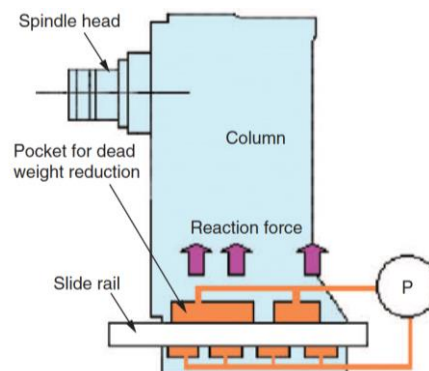


1. ábra. Olajjal tehermentesített csúszóvezeték [1].

A terhelőerő csökkentésére alkalmazott zsebek nem egyszerű nyomózsebek, hanem nyomáscsökkentő funkcióval rendelkező hidrosztatikus papucscok. Nagy sebességű előtolás esetén ezek a hidrosztatikus zsebek szüntetik meg a hidrosztatikus hatásból származó úszás jelenségét. Így megoldható a nagy sebességű előtolásnál fellépő túlzott mértékű elmozdulás kompenzálása, amely a legnagyobb problémát jelenti a részlegesen úszó vezetéknek. Az olajjal tehermentesített csúszóvezeték egy hidrosztatikus zsebekkel ellátott tartólappal van ellátva az úszó mozgás további korlátozása céljából, amely a részlegesen tehermentesített csúszóvezeték egyik hátránya. A hidrosztatikus párna egy epoxigyanta bevonattal van ellátva, hogy egy esetleges túllendülés-gátlást biztosítson.

A részlegesen tehermentesített csúszóvezeték képesek a csúszófelületek érintkezési nyomásának megfelelő beállítására a hidrosztatikus nyomás megváltoztatásával anélkül, hogy jelentős részváltozások történének. A csúszófelületen lévő érintkezési nyomás változtatható a zsebek olajellátásának megváltoztatásával annak érdekében, hogy csökkentsék a terhelőerőt. Az állandó előtolási ellenállást és az előtolási pontosságot a munkadarabtól függetlenül is fenntartható. Aktív terheléskorrekciós rendszer használata esetén a szabályzó egység automatikusan felismeri a munkadarab súlyát, és ennek megfelelően kiválasztja az optimális előtolási paramétereket.

Középoszlopos megmunkáló központokban, ahol a csúszófelületekre több tonna terhelés hat, nem könnyű biztosítani a pontos előtolást.

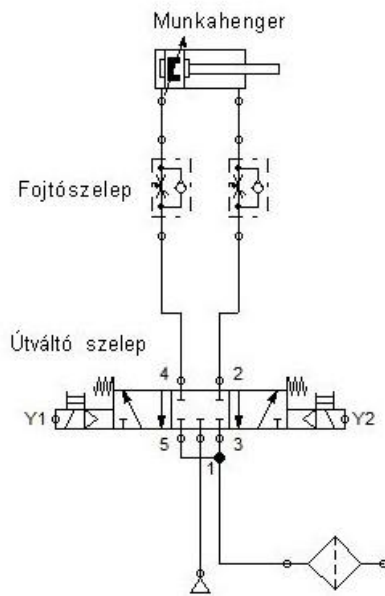


2. ábra. Egyenetlen terhelés kompenzálása középoszlopos megmunkáló gépen [1].

Ahhoz, hogy a **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.án** bemutatott egyenetlen terhelést meg tudjuk támasztani, az erősebb súlycsökkentő zsebek úgy vannak kialakítva és elrendezve CAE rendszerben történő szerkezeti elemzés alapján, hogy a vezeték ne deformálódjon el. Az előfeszített terheléskorrekciós funkció a megbízhatóságot a vezeték csúszásából származó kopásának minimalizálásával javítja [1].

A mérések elvégzéséhez egy korábbi, gördülő papucskok vizsgálatára kifejlesztett berendezés került átalakításra. Ezzel a berendezéssel egyszerre 8 db gördülőpapucs vizsgálatára volt lehetőség. A vizsgáló berendezés vázelemeit, papucs befogó és terhelő rendszerét meghagyva a korábban vizsgált gördülőpapucskok helyére kerültek beszerelésre (3. ábra). A nyomókamrás próbatestek segítségével meg lehet vizsgálni, hogy egy előre beállított terhelés esetén mekkora nyomásnál csökken le a gerenda megmozdításához szükséges erő, illetve le lehet ellenőrizni az olajelvezető csatornák működését.

A próbatestek egy központi négyszögletű gerenda köszörült oldalfelületein úgy helyezkednek el, hogy mindegyik vezető felületen 2-2 papucs található. 4-4 próbatest egy-egy alaplapra „V” alakban (negatív prizma forma) került beszerelésre. Az egyik alaplap az állványhoz van rögzítve, a másik az alsó alapra ráhelyezett gerendára kerül. Az alaplapokat közrefogják a terhelőgyűrűk. A próbatestek olajellátása egy közös hidraulikus vezetékről történik, ezért mindegyik nyomókamrában ugyanakkora nyomás lesz, mindegyik próbatestnél ugyanakkora hidraulikus erő keletkezik. A résáram gyűjtő csatornák papucsként külön-külön kivezetésre kerültek, ezért jól megfigyelhető, ha valamelyik papucsnál megindul résáram. A páronként szemben lévő papucskokra terhelő erőt egy, a papucskok terhelési középpontjában lévő fészekben megtámasztott, acélgyűrű megfeszítésével lehet létrehozni.



3. ábra. Vizsgáló berendezés előtölő munkahengerének kapcsolási rajza és az összeszerelt vizsgáló berendezés.

2.1. Próbavezetékpapucskok kialakítása

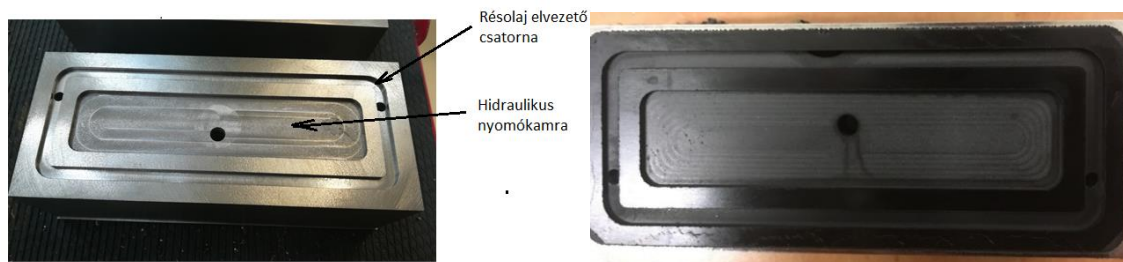
A vizsgáló berendezésen végzett próbamérések során tapasztalt korai, a felfekvő felületeknél megjelenő résolaj felhívta a figyelmet arra, hogy fokozott figyelmet kell fordítani az összetartozó vezeték felületeknél a minimális illesztési hézag kialakítására. Ezért ellenőrzésre került a gerenda felületek párhuz-

zamossága. Ez a mérés csak néhány μm -es hibát mutatott ki. Ezután a gerenda és a felfogó szögelem szöghibájának ellenőrzése is elvégzésre került tusírfestékes módszerrel, ahol már jelentősebb alakhiba került kimutatásra.

A gerenda és a próbatest felfogó szögelemek utólagos munkálására nincs lehetőség, ezért új próbatestek kerültek legyártásra. Az új próbatesteknél a siklófelület ún. felületképző eljárással készült el a műgyanta alapú Moglice vezetékanyagból. Ez a technológia biztosítja, hogy a felfogó bázisfelületek hibája ne befolyásolja a vezeték felületek illeszkedését. A próbatest öntöttvas alaptestében a Moglice réteg számára kialakított fészek a töltő ill. túlfolyó furatokkal lett ellátva. A próbatesteknél a vezető felület Moglice FL/P injektálható epoxigyanta alapú vezetékanyagból készült el formaleképző eljárással. Ennél a módszernél a vezető felület kialakítása az ellenfelület felhasználásával történik.

Az összeszerelt berendezésnél a próbatestekben kialakított, a vezeték gerenda köszörült felületével lezárt fészek injektáló módszerrel kerültek kitöltésre Moglice vezeték anyaggal. Így a próbatesteknél kikeményedés után, a gerenda egy keresztmetszetében, vezeték felületéhez tökéletesen illeszkedő ellenfelület kapható. Illeszkedési hiba csak a gerenda párhuzamossági hibájából adódhat, de ez a mérések alapján a párhuzamossági hiba gerendában 1-2 μm értéken belül van.

A próbatestbe kitöltésnél beszerelésre kerültek a töltő és a túlfolyó csatlakozók. A töltő csatlakozón keresztül lehet a kamrát a Moglice FL/P anyaggal feltölteni, a túlfolyó csatlakozón keresztül távozhat a levegő feltöltés közben. A nyomókamrákban lévő Moglice nyomása megemelheti a felső elemet. A megemelés elkerüléséhez terhelősúlyokat alkalmaztunk, hogy a felső rész a Moglice megkötéséig biztonságosan felfeküdjön a gerendára. A kitöltés után a nyomókamra és résolaj elvezető gyűrű utólagosan lettek megmunkálva (4. ábra).



4. ábra. Az eredeti öntöttvas próbatest és a kész próbatest Moglice FL/P csúszófelülete az utólagos megmunkálással elkészített nyomókamrával és szivárgó olaj gyűjtő csatornával.

3. Mérési eredmények

A vizsgálat célja az, hogy ha nyomókamrás próbatestek terhelése fokozatosan növekszik, akkor mekkora kamranyomás esetén tapasztalható jelentősebb erőcsökkenés az előtoló erőben. Az előtoló henger kamranyomásai a munkahenger hidraulikus csatlakozóiba bekötött nyomástávadókkal olvasható le.

A terhelést a próbatesteket hordozó befogó elemeket közrefogó terhelő gyűrű támasztó csavarjainak meghúzási nyomatékával lehet beállítani, amelyből a támasztó csavar magátmérőjének és mentemelkedésének ismeretében visszaszámolható az előfeszítő erő nagysága.

A mérések során a terheletlen állapot és három meghúzási nyomaték alatti (5 Nm, 10 Nm és 15 Nm) viselkedés került megvizsgálásra. A kamranyomás növelése közben szemrevételezéssel lett ellenőrizve, hogy a nyomókamrák kivezető csövein olajszivárgás tapasztalható-e, és ha igen, akkor milyen mértékben. A nyomás növelésének hatására a terhelő gyűrűk rugalmas deformációt szenved-

nek, ami a vezetékhezag megnövekedését, és ez által a résolaj megindulását eredményezik. Ez a résolaj jelenik meg olaj elvezető csöveken a nyomás növelése közben.

2. táblázat. Terheletlen állapotban mért kamra és munkahenger nyomások.

Kamranyomás [bar]	Munkahenger nyomás [bar]				Kamraszivárgás	Megállapítás
	+ irány		- irány			
	p1	p2	p1	p2		
0	6,2	3,2	3,3	12,7	szivárgás nincs	szlippelve mozog + irányba egyenletesen mozog - irányba
5	2,7	3,5	4,5	8	folyik	egyenletesen mozog

3. táblázat. 5 Nm-es meghúzási nyomatéknál (1,6 kN előfesz.) mért kamra és munkahenger nyomások.

Kamranyomás [bar]	Munkahenger nyomás [bar]				Kamraszivárgás	Megállapítás
	+ irány		- irány			
	p1	p2	p1	p2		
0	12,7	2,7	3,2	12,2	nincs	indulási nyomás: 20 bar
5	12,7	2,7	3,2	12,2	gyengén néhány csövön csepegni kezd	áll, majd megindul
	10,5	3	4,2	10,8	csepeg	+ irányba erősen szlippel - irányba gyengébben szlippel
10	4,2	7,5	2,7	2,7	folyik	egyenletesen mozog

4. táblázat. 10 Nm-es meghúzási nyomatéknál (3,3 kN) mért kamra és munkahenger nyomások.

Kamranyomás [bar]	Munkahenger nyomás [bar]				Kamraszivárgás	Megállapítás
	+ irány		- irány			
	p1	p2	p1	p2		
0	20,7	2,3	2,8	20,7	nincs	áll
5	20,7	2,3	2,8	20,7	nincs	áll
10	20,7	2,3	2,8	20,7	csepegés megjelent 3 alsó és egy felső csövön	áll majd szlippelve megmozdul
15	3	2,5	3,8	6,5	2 csövön vékonyan folyik, a többi csepeg	egyenletesen mozog

5. táblázat. 15 Nm-es meghúzási nyomatéknál (4,9 kN.) mért kamra és munkahenger nyomások.

Kamranyomás [bar]	Munkahenger nyomás [bar]				Kamraszivárgás	Megállapítás
	+ irány		- irány			
	p1	p2	p1	p2		
0	20,2	2	2,5	19,7	nincs	áll
5	20,2	2	2,5	19,7	nincs	áll
10	20,2	2	2,5	19,7	nincs	áll
15	20,2	2	2,5	19,7	nincs	áll
20	2,5	3,5	3,5	6,5	indítás előtt néhány vezeték csöpög, indulás után a csöpögés intenzívebb lesz, a munkahenger felőli oldalon néhány vezetéknél folyás is megjelent	szlippelve megindul, majd egyenletesen mozog
25	2,2	2,2	3,5	6	intenzív folyás a munkahenger felőli oldalon, a másik oldalon egy vezeték folyik, a többi csöpög	egyenletesen mozog

A 0 és 5 bar-os kamranyomások esetén indulási nyomás nem került mérésre, mert mind a munkahenger, mind a vezeték egység felfogó eleme a 20 bar-os nyomás estén is jelentős mértékben deformálódott. Fennállt a veszélye, hogy nagyobb erők esetén maradandón károsodik a berendezés. Papucstest

csúszó felület tömítettségének ellenőrzése során megfigyelésre került, hogy amíg a szivárgó vezetéken maximum csöpögés volt látható, addig a papucs oldalfelületén csorgás nem tapasztalható, de mikor a szivárgó vezetéken olajfolyás van, akkor az oldalfelületen is megjelenik az olajszivárgás.

4. Összefoglalás

Részlegesen tehermentesített, kombinált vezeték-konstrukciók kerültek megvizsgálásra, amelynek segítségével egy hidraulikus nyomókamrákkal tehermentesített csúszóvezeték konstrukció került kialakításra. A tehermentesítés nagyságának ellenőrzéséhez egy mérőpad lett felállításra. A mérések alapján látható, hogy hidraulikus nyomókamrákkal létrehozható az ellenerő, amely alkalmas a súrlódó vezeték tehermentesítésére. Nagyon érzékeny a rendszer a vezető felületek alakhibáira, néhány μm -es eltérés már a résolaj megjelenését eredményezi. Ha a gép rugalmas deformációja néhány μm -es párhuzamosági hibát okoz, az a résolaj korai megjelenését eredményezi. A résolaj mennyisége a nyomás növekedésével nő. Ez részben abból adódik, hogy a nagyobb nyomás a meglévő résen nagyobb térfogatáramot hajt keresztül, másrészt a nagyobb nyomásból adódó nagyobb terhelő erő a terhelő gyűrűket jobban deformálja, amely rész méret növekedést eredményez. A szán megindításához lényegesen nagyobb erő szükséges, mint mozgásban tartásához.

5. Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- [1] Saito, T.: Development of Machine Tool's Guideways-Dynamically pressurized, Statically Pressurized and Partially Floated Guideways, JTEKT Engineering Journal No. 1001E (2006) pp. 57-64.
- [2] Mehta, N.K.: Machine tool Design and Numerical Control 2nd. edition, McGraw-Hill Publishing Company, Új Delhi 1996., ISBN 0074622374, pp. 220-221.
- [3] Rowe, W.B.: Hydrostatic, Aerostatic, and Hybrid Bearing Design, Elsevier, 2014., ISBN 978012396994-1
- [4] Bassani, R., Piccigallo, B.: Hydrostatic Lubrication, Tribology Series 22, Elsevier, 1992., ISBN 044488498