



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Szent István Campus**  
**Kenéstechnikai és Tribo-Diagnosztikai Szakmérnök**

**GUMI ALAPANYAGGYÁRTÓ TANDEM KEVERŐ  
BERENDEZÉS KENÉSI RENDSZERÉNEK  
OPTIMALIZÁLÁSA**

**Belső konzulens:** Dr. Kári-Horváth Attila  
Egyetemi docens

**Külső konzulens:** Dr. Zsidai László  
Egyetemi tanár

**Készítette:** **László Márk**  
CWYH90  
levelező tagozat

**Intézet/Tanszék:** **Műszaki Intézet**

**Gödöllő**  
**2023**

**MŰSZAKI INTÉZET  
KENÉSTECHNIKAI ÉS TRIBO-DIAGNOSZTIKAI  
SZAKMÉRNÖK**

**DIPLOMADOLGOZAT**  
feladatlap

**László Márk (CWYH90)**

**részére**

**A diplomadolgozat címe:**

**Gumi alapanyaggyártó tandemkeverő berendezés kenési rendszerének optimalizálása**

**Feladatkiírás:**

Bevezetés, Cégbemutató, Szakirodalom feldolgozása, Probléma bemutatása (A HCD porzáró tömítés felépítése, szerepe), Tribológiai rendszer vizsgálat, Megoldási javaslatok készítése, értékelése, Gazdasági számítás, Összefoglalás

**Közreműködő tanszék:** Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék

**Külső konzulens:** Dr. Zsidai László, okl. gépészmérnök

**Belső konzulens:** Dr. Kári-Horváth Attila, egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet

**Beadási határidő:** 2023. november 06.

Gödöllő, 2023. szeptember 04.

**Jóváhagyom**



(tanszékvezető)



(szakfelelős)

**Átvettém**



(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. október 30.



(külső konzulens)

---

## Tartalom

<b>1.</b>	<b>Bevezetés .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.</b>	<b>Célkitűzés.....</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>Cégbemutató .....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>Szakirodalom feldolgozása .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.</b>	<b>Gumiipari alapanyagok.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2.</b>	<b>A gumiabroncs gyártás történeti áttekintése.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3.</b>	<b>A gumiabroncs felépítése.....</b>	<b>9</b>
<b>3.4.</b>	<b>Abroncs gyártás folyamata a gyöngyöshalászi Apollo gumigyárban.....</b>	<b>10</b>
<b>3.5.</b>	<b>Gumi alapanyag keverékkészítés.....</b>	<b>11</b>
<b>3.6.</b>	<b>A keverés gépei és berendezései.....</b>	<b>12</b>
<b>3.7.</b>	<b>Progresszív kenőrendszerek.....</b>	<b>14</b>
<b>4.</b>	<b>A vizsgált berendezés bemutatása .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1.</b>	<b>A tölcseegység .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2.</b>	<b>A keverőgép váza .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2.1.</b>	<b>A rotorok felépítése .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2.2.</b>	<b>A HCD porzáró tömítés felépítése, szerepe .....</b>	<b>19</b>
<b>4.3.</b>	<b>A fenéklemez.....</b>	<b>21</b>
<b>4.4.</b>	<b>Segédüzemi berendezések .....</b>	<b>21</b>
<b>4.4.1.</b>	<b>Hidraulikus rendszer.....</b>	<b>21</b>
<b>4.4.2.</b>	<b>Hajtómű.....</b>	<b>21</b>
<b>4.4.3.</b>	<b>Kenési rendszer.....</b>	<b>22</b>
<b>4.5.</b>	<b>Progresszív kenőanyag-elosztó rendszer ismertetése .....</b>	<b>23</b>
<b>5.</b>	<b>Probléma bemutatása .....</b>	<b>25</b>
<b>5.1.</b>	<b>Az üzemeltetés során fellépő műszaki problémák ismertetése .....</b>	<b>25</b>
<b>5.2.</b>	<b>HCD olajfúvóka eltömődés vizsgálata .....</b>	<b>25</b>
<b>6.</b>	<b>A probléma megoldása.....</b>	<b>29</b>

---

<b>6.1.</b>	<b>Kenőanyag mennyiség mérése, összehasonlítás a gyártói adattal .....</b>	<b>29</b>
<b>6.2.</b>	<b>Csővezeték rendszer vizsgálata.....</b>	<b>31</b>
<b>6.3.</b>	<b>Hővesztesség mérése .....</b>	<b>35</b>
<b>6.4.</b>	<b>Nyomásviszonyok vizsgálata .....</b>	<b>38</b>
<b>7.</b>	<b>Megvalósított javaslatok bemutatása .....</b>	<b>42</b>
<b>8.</b>	<b>Gazdasági számítás .....</b>	<b>44</b>
<b>9.</b>	<b>Összefoglalás .....</b>	<b>46</b>
<b>10.</b>	<b>Summary .....</b>	<b>48</b>
<b>11.</b>	<b>Köszönetnyilvánítás.....</b>	<b>50</b>
<b>12.</b>	<b>Nyilatkozatok .....</b>	<b>51</b>
<b>13.</b>	<b>Irodalomjegyzék .....</b>	<b>54</b>
<b>14.</b>	<b>Mellékletek jegyzéke.....</b>	<b>56</b>

## 1. Bevezetés

Dolgozatomban az Apollo Tyres (Hungary) Kft. gyártóüzemében működő gumi alapanyaggyártó tandem keverő berendezés kenési rendszerének vizsgálatával, a feltárt gyengepontok megszüntetésére tett javaslataim kidolgozásával fogok foglalkozni.

A fent megnevezett, MBM4 jelű és 305N BANBURY® típusú berendezés a gyártási folyamat első eleme, amely az abroncsok gumi alapanyagát állítja elő, így ennek üzembiztossága kulcsfontosságú a gumiabroncs gyártás szempontjából. Üzemből való kiesése – kedvezőtlen esetben – a gyártás szüneteltetését is jelentheti, amely már rövid távon is komoly bevétel kiesést jelent a cégre nézve.

A berendezése üzemeltetése során szerzett tapasztalatok, és ezzel párhuzamosan a tribológiai rendszervizsgálat eredményei alapján a HCD porzáró tömítés kenési rendszerét kell kiemeljem, mivel ennek működése az elvárt teljesítményszint alatt van. Gyakoriak a kenőanyagellátási rendszer problémái miatti gépleállások, valamint a porzáró tömítés csúszó elemeinek kopása a tervezettől korábban következik be. Gépkarbantartásokat követően nehézkes a kenőanyagrendszer újraindítása.

A csúszógyűrűk cseréje költség- és időigényes feladat, így a dolgozatomban részletesen vizsgálni fogom a gép különböző működési szakaszaiban a csúszógyűrűk kenési állapotait, elvégzem a progresszív elosztók által adagolt kenőanyag mennyiségének mérését, vizsgálom a csővezeték rendszer hőveszteségének mértékét és a hidraulikus nyomási rendszer működésének hatását az élettartamra vetítve.

## 1.1. Célkitűzés

A dolgozatom célja a MBM4 gumiipari keverő berendezés kenési rendszerének gyengepont elemzése és megoldási javaslatok kidolgozása annak érdekében, hogy javuljon az üzembiztoság és csökkenjenek a gyakori karbantartásból keletkező költségek.

A megfelelő szakmai háttéranyag megismerése érdekében tanulmányozom a témában fellelhető hazai és nemzetközi szakirodalmat. Különös figyelmet fordítva a gumiiparban felhasznált anyagok megismerésére, a gumibroncsgyártás történeti áttekintésére és a gumibroncsok szerkezeti felépítésének megismerésére. A gyöngyöshalászi Apollo gumibroncs gyár gyártási folyamatának megismerése révén átfogó képet szeretnék bemutatni a gyártási folyamatokról és az ezek során alkalmazott berendezésekről. Ezt követően a gumi alapanyag keverékkészítés folyamatát és berendezéseit ismertetem. Mivel szakdolgozatom témája egy keverékkészítő berendezés kenési rendszerének felülvizsgálata, így a berendezéseken általánosan alkalmazott progresszív kenőanyag elosztó rendszerek működését részletesen ismertetem.

A dolgozat további részben az MBM4 jelű berendezésen alkalmazott un. HCD csúszógyűrűs porzárótömítés kenési rendszerének elégtelenségeit tárom fel, melyet az üzemi tapasztalatok alapján ismerhettem meg. A kenési rendszerben gyakran lépnek fel hibák a kenőanyag kenési pontokra való juttatása során. Ezek jellemzően mennyiségi problémák, valamint túlnyomást eredményező eltömődések miatt lépnek fel. A kenési rendszer részegységeit külön-külön mutatom be és elemzem a hibajelenségek szempontjából.

Az így kapott eredmények alapján megoldási javaslatokat dolgozok ki, melyek üzemeltetési, technológiai paraméterek megváltoztatására, valamint szerkezeti átalakításokra fognak kiterjedni. A megoldási javaslatok közül kiválasztom a műszaki- és gazdasági szempontokat alapján legjobbnak ítélt koncepciót. Bemutatom a megvalósítás menetét, továbbá vizsgálom a javasolt átalakítási munkálatok gazdasági megtérülésének kérdését.

Az elért eredményeket összegzem és értékelem a kezdeti céloknak való megfelelés alapján.

## 2. Cégbemutató

Az Apollo Tyres Limited egy indiai multinacionális gumiabroncsgyártó vállalat, amelynek székhelye Gurgaonban, Haryana államban, Indiában található. 1972-ben alapították, és első gyárát a keralai Chalakudy állambeli Perambrában helyezték üzembe. A vállalatnak immár öt gyártóegysége van Indiában, egy Hollandiában és egy Magyarországon. Közel 5000 márkakereskedésből álló hálózata van Indiában, amelyek közül kb. 2500 kizárólagos üzlet.

2015-ben az Apollo Tyres 45,6 millió euróért megvásárolta a német Reifencom gumiabroncs-forgalmazót. Az európai régió vállalati irodáját Amszterdamba helyezte át a hollandiai Enschedéből, majd néhány hónappal később az indiai Chennaiban nyitott K+F Központot.

Az Apollo Tyres jelenleg Apollo és Vredestein márkájú gumiabroncsokat értékesít Európában. A Gyöngyöshalásztól délkeletre újonnan épült létesítményt 2017. április 7-én avatták fel, főbejárata a 2.1.-es ábrán tekinthető meg. A vállalatcsoportnak 2021-es adatok alapján 18.734 alkalmazottja van világszerte, ebből több, mint 1000 főt foglalkoztat a gyöngyöshalászi gyárban. A gyár kapacitása 5,5 millió személyautó és 675 ezer teherautó gumiabroncs évente. Az beruházás 146 milliárd forintba került, a cég jelenlegi éves árbevétele pedig meghaladja a 180 milliárd forintot.



2.1. ábra Gyöngyöshalászi üzem [13.]

---

### 3. Szakirodalom feldolgozása

#### 3.1. Gumiipari alapanyagok

A gumiipari termék gyártásakor felhasznált anyagokat nevezzük gumiipari alapanyagoknak. Ezen anyagok nagyrésze beépül a késztermékbe, kisebb része pedig a technológiai folyamatokban játszik szerepet. Ilyenek például a formaleválasztó anyagok és az oldószeres. A beépülő anyagok – a gumi alapanyagon kívül – jellemzően szilárdsághordozó szerepük miatt kerülnek a termékben. Ezen anyagok jellemzően textíliák, vagy különböző fémek.

A gumi előállításának nélkülözhetetlen alapanyagai:

- kaucsuk, amely a rugalmas viselkedés hordozója
- térhálósító anyagok, melyek a képlékeny kaucsukból térhálós szerkezetű, rugalmas anyagot alakítanak ki. Ilyen anyagok a vulkanizálószeres, például a kén és a fénoxidok.

Elméleti szempontból nélkülözhető, de a gyakorlatban alkalmazott további alapanyagok:

- gyorsítók: a térhálósodási folyamat sebességét növelik
- aktivátorok: kén hatását fokozzák
- késleltetők: a vulkanizáció menetét késleltetik
- töltőanyagok és lágyítók: a gumi műszaki jellemzőit javítják, pl.: korom
- öregedésgátlók: a gumi élettartamát javítják
- lágyítók: a feldolgozhatóság javítása végett alkalmazzák
- szilárdsághordozók
- egyéb adalékok és segédanyagok: ragadásgátló, formakenő, oldószeres [2.]

#### 3.2. A gumibroncs gyártás történeti áttekintése

- **1839** – Charles Goodyear felfedezte a gumi vulkanizálását
- **1845** – Robert W. Thomson feltalálta a legtoémlőt (találmánya feledésbe merült)
- **1887** – John Boyd Dunlop ruhával szövött pamut gumicsövet ragasztott biciklijé kerekére, ezzel megalkotva az első gumibroncsot
- **1890** – William Erskine Bartlett peremes kialakítással látta el a pneumatikus abroncsot
- **1891** – André és Edouard Michelin feltalálta az első cserélhető abroncsot
- **1910 körül** – a korom nyers gumiba való bekeverésével jelentősen növelték a kopásállóságot
- **1937** – a Michelin cég feltalálta az acélszerkezetű karkaszt



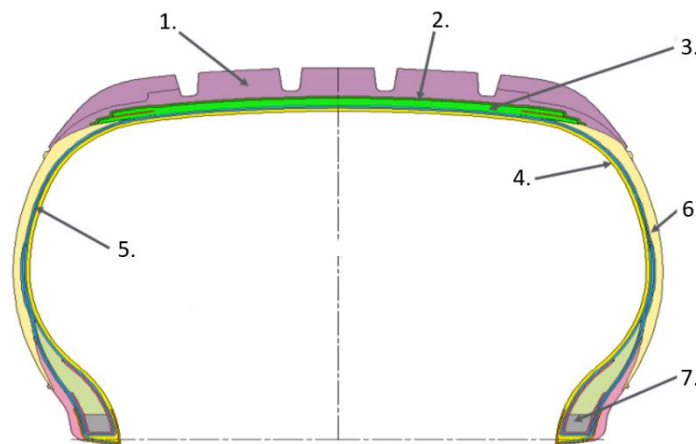
- **1946. június 4.** – a Michelin szabadalmaztatta a radiál-karkasz alapú gumiabroncsot
- **1955** – a Michelin feltalálta a tömlő nélküli abroncsot
- **1962** – a japán Bridgestone cég kifejlesztette az első radiál acélszerkezetű abroncsot teherautókra
- **1972** – a Continental szegecselés nélküli ContiContact téligumi gyártását kezdi meg
- **1980-as évek** – a Pirelli alacsony futófelület mélységű gumiabroncsait dobja piacra
- **1992** – az első defekttűró abroncs kifejlesztése a Goodyear által
- **1999** – a Dunlop bevezette az abroncsnyomás-ellenőrző rendszert. [2.]

### 3.3. A gumiabroncs felépítése

A gumiabroncs felépítését a 3.1.-es ábrán látható átlagos személyautó gumiabroncsának keresztmetszetén ismertetem.

A gumiabroncs részei és jellemzőik:

1. futófelület – az abroncs úttal érintkező része
2. párnaréteg – keskeny, folytonos pánt, amely megakadályozza az acél övek szétválását
3. acélöv – gumírozott acélszálak 2 rétegben
4. légzáró réteg – alapanyaga a halobutil gumi
5. karkasz – gumírozott textilszálak, mely az abroncs vázát adja
6. oldalfal – nyomaték átvitelét végzi
7. perem – az abroncs és a felni közötti kapcsolódási pont [6.]

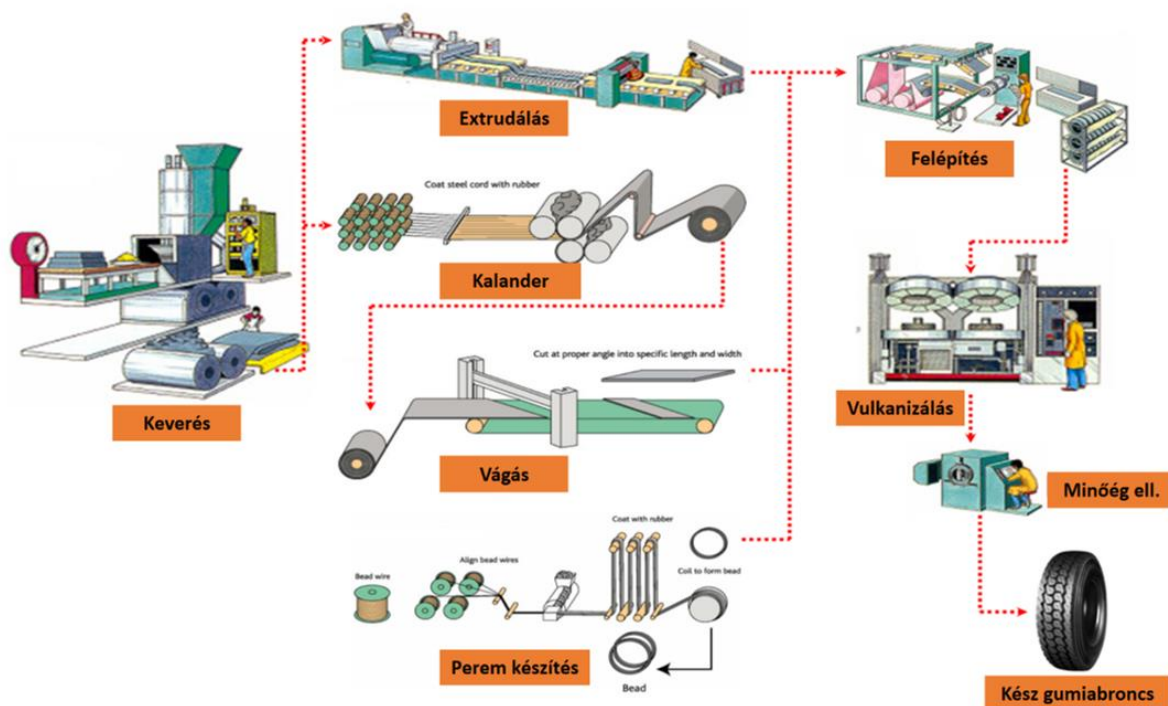


3.1. ábra Személyautó abroncs felépítése [6.]

### 3.4. Abroncs gyártás folyamata a gyöngyöshalászi Apollo gumigyárban

Az alábbiakban megismerhetjük az abroncsgyártás folyamatát a gyöngyöshalászi gyár gyártási folyamatainak (3.2.-es ábra) bemutatása révén, valamint a gyártáshoz használt alapanyagokat és berendezéseket, illetve néhány technológiai folyamatot is.

A gyártás első lépése, hogy az alapkomponeenseket egy előre meghatározott arányban a master mixer nevű berendezésbe adagolják. A gumigyártás alapanyagai: természetes és mesterséges kaucsuk, a vulkanizálás hatóanyagai, különböző adalékok, technológiai olajok, valamint korábbi termelésből visszamaradt gumit is felhasználnak. A keverő a beadagolt anyagokat összedolgozza, majd az egy szinttel lentebb található szállító szalagra juttatja. A gumi alapanyag hőmérséklete ekkor kb. 120 °C, állaga lágy, nyúlós.



3.2. ábra Apollo Tyres gyártási folyamatára [13.]

A nyers gumi a keverő után – a végleges felhasználási cél alapján elkülönítve – különböző gyártósorokra kerül. A gumiabroncs több, különböző rétegből épül fel és ezeknek változó a szerkezete is. Az oldalfalhoz készülő gumi alapanyag az ún. kalanderbe kerül, amely szálerősítéssel látja el a gumit. Személyautó abroncs esetén szövet- és acélszálat, teherautó abroncs esetében csak acélszálat alkalmaznak. Eltérő gyártási eljárást igényel a futófelület és a belső légzáró réteg alapanyagának elkészítése, mivel ezek nem kapnak szálerősítést. Az ezekhez szükséges nyersgumi, a tandem mixerből az extrudáló gépbe kerül, ami egy

végtelenített gumicsíkot készít a nyers gumiból. Attól függően, hogy futófelület, vagy légzáró réteg készül, különböző gumi alapanyagokat épít össze.

A következő állomás a felépítő gép, ami préseléssel építi össze a kalanderben és extruderekben elkészült gumirészeket. Az abroncs innen a vulkanizálóba kerül, ahol hő és nyomás hatására kémiai folyamatok mennek végbe. Így nyeri el végleges állapotát és formáját az abroncs. Az elkészült gumit gépi és vizuális vizsgálatnak is alávetik, mielőtt a vásárlóhoz kerülne.

### **3.5. Gumi alapanyag keverékkészítés**

A keverékkészítés célja, hogy a különálló szilárd és folyékony, különböző fizikai-kémiai tulajdonságú keverék-alapanyagokból képlékeny, egységes tulajdonságú (homogén) gumikeverék keletkezzen. A keverés során alakulnak ki azok a reológiai és feldolgozhatósági jellemzők, melyek alapvetően befolyásolják a termék későbbi feldolgozhatósági tulajdonságait. A keverés közbeni hőmérséklet-viszony nagymértékben befolyásolja a keverék beégési idejét és a vulkanizálás utáni műszaki tulajdonságait.

A keverés fázisai:

1. Alapkeverék készítése:
  - Puhítás: a kaucsukot keverése a molekulatömeg csökkentése és a képlékenység javítása érdekében
  - Előkeverés: a vulkanizálás hatóanyagait kivéve, az alapanyagokat ebben a fázisban keverik a kaucsukhoz. Az anyag akár 150 °C-ra is képes lenne felmelegedni, ezért hűtést alkalmaznak, így a hőmérsékletet kb. 20-40 °C-on tartják.
2. Készkeverék készítése: az alapkeverékbe a vulkanizálás hatóanyagainak való bekeverése. [1.]

A kaucsuk deformációjának összetevői:

1. rugalmas deformáció: Hooke-törvény érvényesül, erő megszűnésekor teljes mértékben visszanyeri eredeti alakját.
2. viszkózus folyás: Minél nagyobb az erő, annál gyorsabb a deformáció. Erő megszűnésekor nem nyeri vissza alakját.
3. viszkoelasztikus deformáció: Erő hatására deformálódik, melynek időszükséglete van. Erő megszűnésekor nagymértékben visszanyeri eredeti alakját, ennek szintén

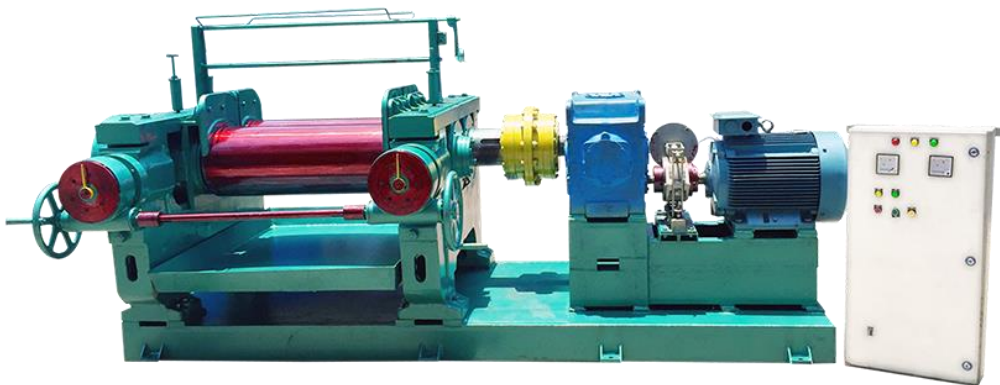
időszükséglete van. Jellemzői - a Kelvin-Voigt modell alapján – a rugalmassági modulusz és a viszkozitás.

A viszkoelasztikus összetevőnek köszönhetően a kaucsuk a befektetett energia jelentős részét „elnyeli” és hővé alakítja. A kaucsuk keverése tehát nagy energiaigényű, valamint a megfelelő hűtésről is gondoskodni kell. A keverőgép tervezésekor és működtetése során ezeket a tényezőket kiemelten figyelembe kell venni. [1.] [4.]

### 3.6. A keverés gépei és berendezései

A gumialapanyag keveréshez használt gépeket három csoportba lehet rendezni:

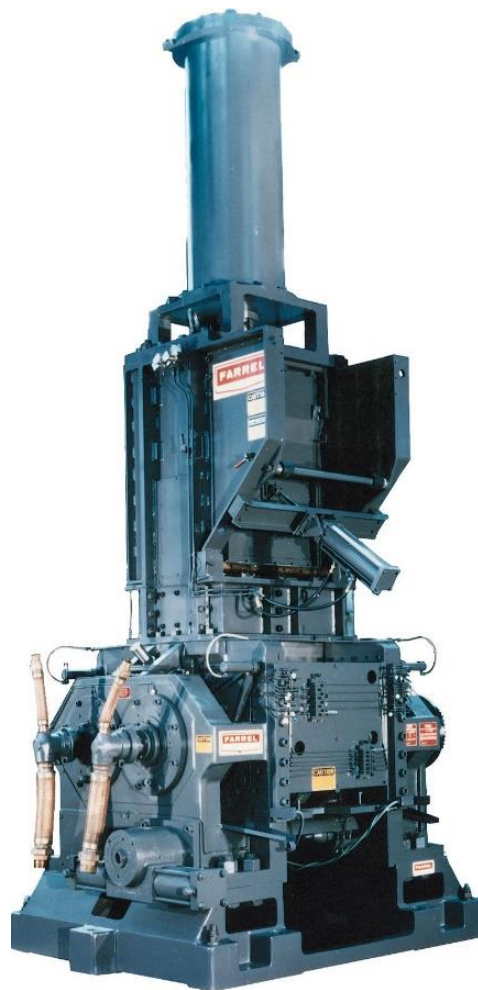
1. A **hengersizék** a legrégebben alkalmazott keverő berendezés, melyet a malomiparból honosítottak. A berendezés önállóan alkalmas kész keverék előállítására. A 3.3. ábrán is látható két egymással szemben forgó acélhenger eltérő fordulatszámom forog, a kerületi sebességek aránya az un. frikció, mely alapvető paramétere a keverőgépnek. Az eltérő fordulatszám következtében nagymértékű nyírás jön létre a hengerek közötti részben, amely segít a keverésben. [10.]



3.3. ábra Gumiipari hengersizék [14.]

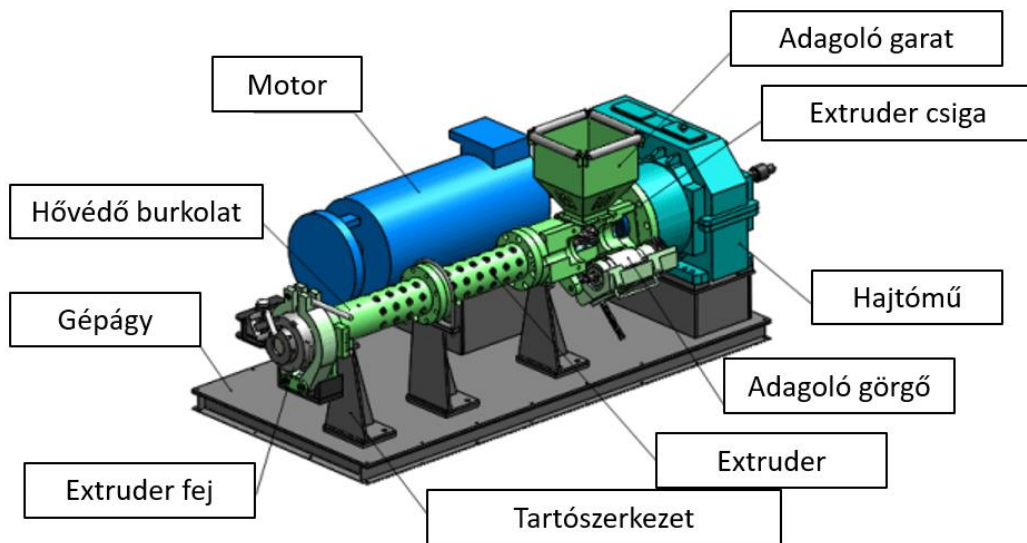
2. A **zártkeverő** (3.4.-es ábra) a nagyobb gyárak esetében szinte teljesen kiváltotta a hengersizéket, mivel termelékenysége jóval nagyobb, az üzemi környezete lényegesen tisztább. A keverőtérben két egymással szemben elhelyezkedő, egymásba hatoló és

eltérő fordulatszámon forgó rotor található. A keverőtér palástjának alsó része nyitható, ezen keresztül üríthető ki a keverék, mely meghatározott idő és hőmérsékelt elteltével történik meg. A keverőkamra palástját és a rotorokat is hűtővízzel hűtik. A keverőt elhagyó keverék a hengerszékbe kerül, melyből végtelenített lemezes alakú félkész termékként jut tovább a gyártósorra. Ennek felületét tapadásgátló anyaggal szükséges kezelni, hogy a későbbi hajtogatás és tárolás során nem ragadjanak össze a rétegek. [10.]



3.4. ábra Farrel gyártmányú gumipari zártkeverő [15.]

3. A **keverőextruder** (3.5. ábrán) az előbbiekkal ellentétben folyamatos üzemben dolgozik. Fő szerkezeti eleme a hengerbe zárt csigatengely, L/D viszonya elérheti 15-20 nagyságot is. A forgó csigahenger okozta áramlások olyan erős nyíró hatást eredményeznek, hogy az anyagban lévő inhomogenitások eloszlanak. [9.]

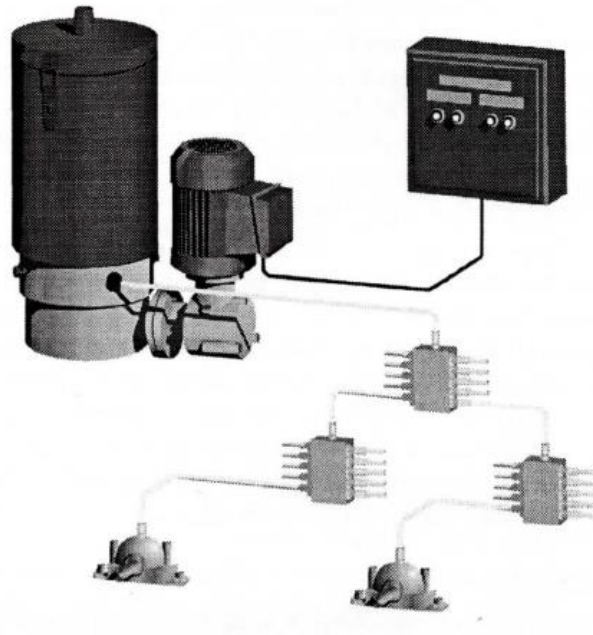


3.5. ábra Gumiipari keverőextruder [16.]

### 3.7. Progresszív kenőrendszerek

A gumikeverék készítés berendezéseit döntő többségben automatikusan működő kenőanyagellátó berendezésekkel látják el. Az általam vizsgált MBM4 jelű berendezés kenési rendszere is moduláris felépítésű, progresszív kenőanyagelosztókból áll. A kenőanyagellátó egység a keverő berendezéstől külön van telepítve, annak közelében. Mivel a berendezés működéséhez elengedhetetlen az üzemi állapotnak megfelelő mennyiségű kenőanyag kenési helyekre való eljuttatása, így a konstruktőrök egy automatikus, jól szabályozható kenéstechnikai eszközt választottak a feladat ellátására. A 3.6. ábra mutatja a progresszív kenőrendszer általános felépítését.

„Progresszív kenőrendszernek nevezzük azokat a kenőrendszereket, amelyeknél a kenési pontok szigorúan meghatározott sorrendben egymás után, lépcsőről lépésre kapják meg az előre meghatározott kenőanyag mennyiségeket”. A szelepben található dugattyúk a kenőanyagnyomás hatására egymás után jönnek mozgásba előre meghatározott sorrendben és ismétlődő ciklusban. Az egyes dugattyúknak be kell fejezniük a saját ciklusukat ahhoz, hogy a következő el tudjon indulni. Ennek értelmében, ha hiba lép fel valamely kenési pont ellátási rendszerében, akkor az egész elosztó működése leáll. A progresszív elosztó önvezérlő, a szivattyú nyomása biztosítja a működést és a vezérlést is egyben. A rendszer egyaránt alkalmasak kenőzsír és kenőolaj továbbítására. [11.]



*3.6. ábra Progresszív kenőrendszer képe [11.]*

Az MBM4 100-500 bar közötti üzemi nyomású egységét már a nagynyomású rendszerek közé soroljuk. A progresszív rendszer központi eleme a progresszív elosztószelep. Ennek segítségével a kenőanyag elosztás pontosan történik, minden kenési pont ugyanannyi, vagy egész számú többszörös mennyiséget kap.

Az elosztók segítségével a központi kenőrendszerhez több kenési helyet is kapcsolhatunk. Ciklusnak nevezzük azt a folyamatot, amikor egyszer szállít kenőanyagot a rendszer minden kenési pontra. Az egységnyi idő alatt szállított kenőanyag mennyiségét a ciklusok száma alapján könnyedén meg lehet határozni. [11.]

---

## 4. A vizsgált berendezés bemutatása

A vizsgált berendezés a master mixer MBM4 jelű, a FARREL LIMITED által gyártott 305N BANBURY® zártkamrás keverőberendezés, melynek félnézet-félmetszeti képét a 4.1-es ábrán vizsgálhatjuk meg. A gép magassága 7,6 m, tömege megközelíti a 40 tonnát, meghajtó villamos motorja 1700kW teljesítményű.

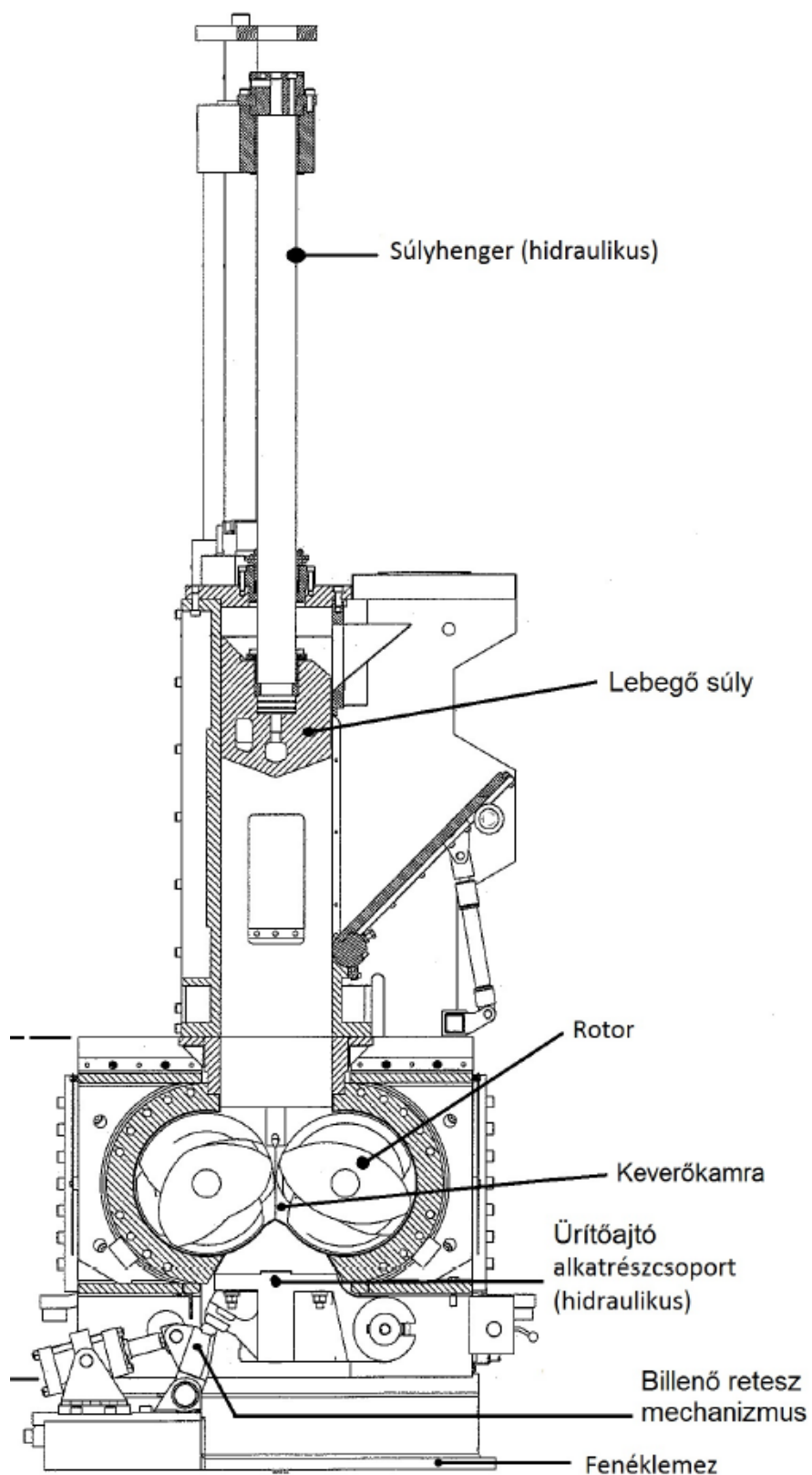
A Banbury keverőgép alapvető funkcionális komponensei:

- a tölcséregység,
- a keverőgép váza és
- a fenéklemez.

### 4.1. A tölcséregység

A tölcséregység (4.1.-es ábra) két alegységből tevődik össze, az egyik maga a tölcsér, amelybe egy automatikus rendszer betölti a nyersanyagot és a keverékalkotó adalékanyagokat. A másik, a hidraulikus lebegő súly, amely a keverőkamrába nyomja az anyagot. Továbbá a keverési ciklus során állandó nyomás alatt is tartja azt. A hidraulikus lebegősúly a keresztfejhez csatlakoztatott két hidraulikus henger segítségével mozog. A tölcsér külön hidraulikus egységgel rendelkezik a súlyhengerek és a betöltőajtó működtetéséhez. Az egység maximum 207 bar nyomást biztosít a súlyhengereknek, illetve maximum 68 bar nyomást a betöltőajtó hengereinek. A súlyhengerek rugalmas kötéssel kapcsolódnak a rúdvéghez, a súlyt és a keresztfejet gumi ütközők támasztják meg a kos leeresztett helyzetében. A hidraulikus egységen található mágnesszelepekkel működő súlypozíció-jelző rendszer feladata a kos sebességének csökkentése a löket két végén. Automatikus szállítószalagos rendszer adagolja be az anyagot az adagolótölcsérbe. Az adagolótölcsér az oldallemezekből, a betöltőajtóból, a hátsó ajtóból és a tölcsér fedeléből tevődik össze. A forgópántos betöltőajtó a gép alsó részén található és egy munkahenger működteti. A betöltőajtó csak addig lehet nyitva, amíg az adagoló rendszer betölti az anyagokat a keverőgépbe. Az ajtót a lebegő súly leeresztése előtt be kell zárni. A keverési, valamint a köteges ürítési ciklus alatt pedig zárva kell tartani. Az ajtónak a lebegő súly felemelése közben is zárva kell lennie. [3.]





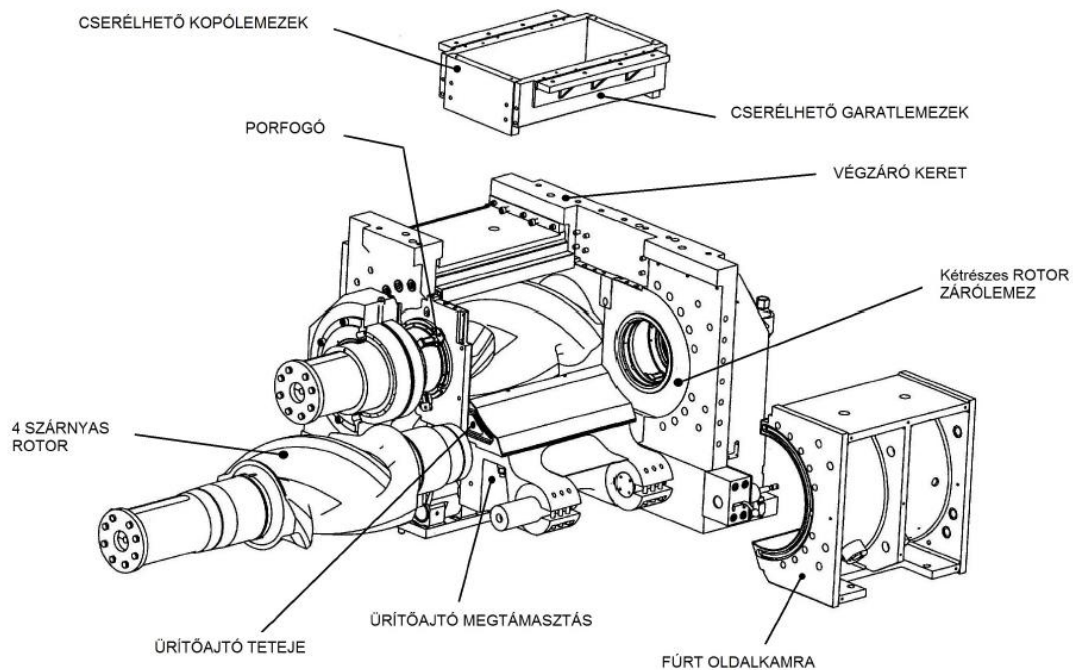
4.1. ábra BANBURY® típusú keverőberendezés [3.]

## 4.2. A keverőgép váza

A keverőgép váza a 4.2.-es ábrán látható és alapvetően 5 komponensből tevődik össze:

- a kamra oldalfalaiból,
- a végzáró keretektől,
- a rotorokból,
- az ürítőajtóból és a,
- porfogókból.

A rotoroknak a végzáró keretekbe illeszkedő zárólemezei, az ajtótető, a lebegő súly, valamint a kamra oldalfalainak hengeres belső felületei alkotják a keverőüreget. Szintén az üreg belsejében található a keverést végző rotorok. Az üreg térfogatának és a rotorok térfogatának a különbsége határozza meg a keverőgép keverési térfogatát, amely ennél a típusnál 256 liter. A keverőgép váza a kamraegységet és a rotorokat foglalja magában. Az utóbbiak végzik a tényleges keverési műveletet. Az ürítőajtó a kamraegység elválaszthatatlan részét képezi. A kamra alsó részén található ajtó célja a keverék köteges kiürítése a kamrából.

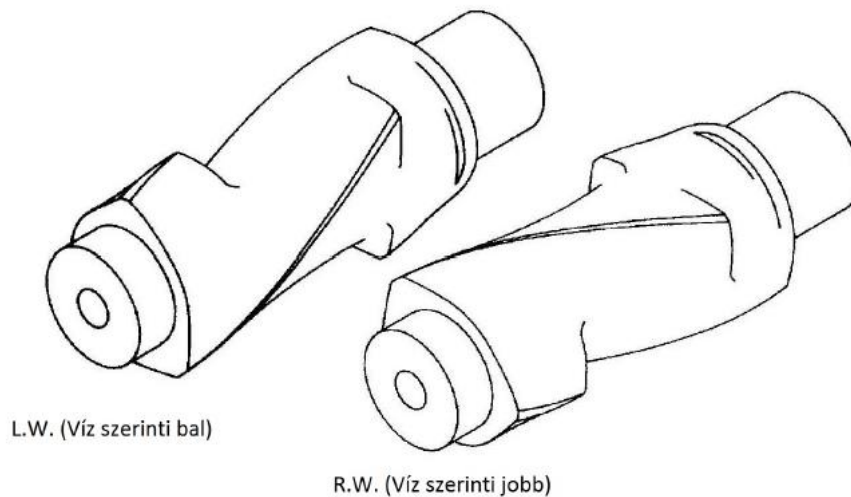


4.2. ábra BANBURY® típusú keverőberendezés váz szerkezete [3.]

Dolgozatomban a keverőgép vázának elemeiből két komponenst mutatok be, mivel a később részletezett kenésrendszer problémáinak megértéséhez nincs szükség a további egységek részletes megismerésére. [3.]

#### **4.2.1. A rotorok felépítése**

Minden rotor pengeszerű nyúlványokkal (ún. „szárnyakkal”) rendelkezik, melyeket a 4.3.-as ábrán tekinthetünk meg. A szárnyak lehetnek hosszúak és rövidek, legtöbb esetben az egyik rotor hosszú szárnya a másik rotor rövid szárnyával szemközt helyezkedik el a keverőkamrában. A „rotorhegy” kifejezés a rotorszárnynak a keverőkamra falához legközelebbi részére utal. A rotoröntvény belsejében járatok találhatóak, melyek a hőátadó közeg keringetése céljából kerültek kialakításra. A rotorok a keverési művelet során ellentétes irányban forognak a kamra középpontja irányában, így lehúzzák a keverendő anyagot a rotorok közé. A két rotor egymáshoz viszonyított fordulatszámát az összekötő fogaskerekek határozzák meg. A rotorok kissé eltérő („differenciál”) fordulatszámmal forognak, az optimálisabb keverési tulajdonságok elérése érdekében. A gépen beállítható fordulatszám tartomány 20-60 ford./perc. [5.]

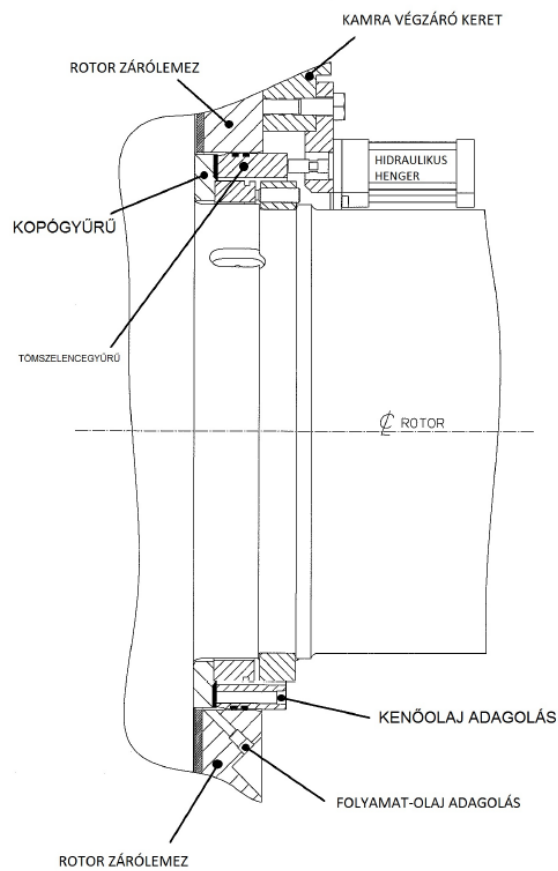


4.3. ábra BANBURY® típusú keverőberendezés 4 szárnyas rotor [3.]

#### **4.2.2. A HCD porzáró tömítés felépítése, szerepe**

Minden keverőgépen négy porzáró tömítés található azokon a helyeken, ahol a rotortengely áthalad a végzáró kereten. Céljuk a keverőkamrában található anyagok rotortengelyek mentén történő kiszivárgásának megakadályozása. Felépítése a 4.4-es ábrán ismerhető meg.

A rotor végén található három darab hidraulikus henger, egyenként 50 bar nyomással a kopógyűrűknek nyomják a tömszelence gyűrűjét és a támasztékot. A kialakuló felületi nyomás akadályozza meg a tömítési felületen keresztül szökni akaró anyagok átáramlását. A hidraulikus hengerek minden rotornál egy rendszerbe vannak integrálva, annak érdekében, hogy a tömítőfelületen egyenletes nyomás alakuljon ki a keverési ciklus alatt. A megfelelő működés és hosszú élettartam biztosítása érdekében a HCD porfogókat a keverőgép üzemeltetése előtt be kell koptatni.



4.4. ábra HCD porzáró tömítés felépítése [3.]

A HCD típusú porfogók kenését kenőolajjal biztosítjuk. A bronzötvetből készült fűrt tömszelencegyűrű lehetővé teszi a kenőolaj eljuttatását az álló tömszelencegyűrű és a forgó – felrakóhegesztéssel készített – kopógyűrű közötti felületre.

A berendezés megfelelő működéséhez szükség van a rotor zárólemezén keresztül szivattyúzott technológiai olajra. Ez az olaj a porfogók közelében a köteggel keveredve egy

filmréteget képez a rotor és annak zárólemeze között. Ez a filmréteg segít távol tartani a száraz porokat a kopógyűrű és a tömszelencegyűrű közötti felülettől. Mivel a technológiai olaj teljes egészében a keverőgépbe kerül, ezért kompatibilisnek kell lennie a keverni kívánt anyaggal. [3.]

### **4.3. A fenéklemez**

A fenéklemez adja a teljes keverőgép alapzatát. Ezen felül a keverési ciklus során az ajtó zárt állapotban tartásáról gondoskodó reteszegység megtámasztására is szolgál. Szakszerű rögzítése az előírtak szerinti beton alapozáshoz, nagymértékben befolyásolja a berendezés merevségét, mechanikai stabilitását. [3.]

### **4.4. Segédüzemi berendezések**

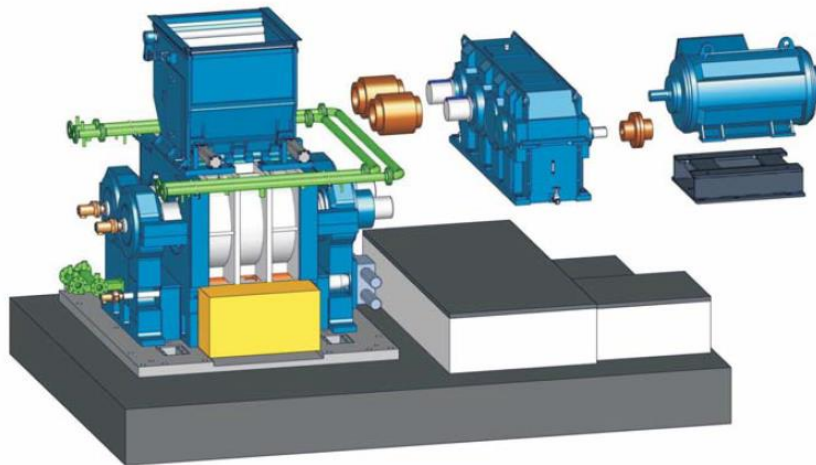
A keverőgép működtetéséhez szükség van különböző kiegészítő berendezésre, amely biztosítja többek között a megfelelő energiaellátást, hűtést, kenést és a keverési művelethez szükséges nyomatékot. Az alábbiakban ezeket a rendszereket ismertetem, kiemelten a berendezés kenési rendszerét. [3.]

#### **4.4.1. Hidraulikus rendszer**

A nyomás alatt álló hidraulikaolaj felelős az ürítőajtó, az ajtóretesz és a HCD porfogó szorító hengereinek működtetéséért. A rendszerben kb. 400 liter ISO VG 68-as viszkozitási osztályú, ISO 6743/4 (HM), DIN 51524/2 (HLP) teljesítményszintű hidraulika munkafolyadék található. A hidraulikus rendszer két fő részegységből áll: a szivattyúegységből és a vezérlőszelepegységből. A rendszer szerves eleme a hidroakkumulátor, amely hidraulikus energia eltárolására szolgál. Nagysebességű olajáramlás szükség esetén (pl. az ürítőajtó nyitásakor és zárásakor) ez az akkumulátor egészíti ki a szivattyú teljesítményét. Az akkumulátort maga a szivattyú tölti fel, amikor nincs szükség intenzív olajáramlásra. [3.]

#### **4.4.2. Hajtómű**

A keverőgéphez egyfokozatú, ún. unidrive típusú fogaskerék-hajtóművet alkalmaznak, melyet a 4.5. ábrán lehet megfigyelni. A hajtómű bemenőtengelye egy tengelykapcsolón keresztül csatlakozik a hajtómotorhoz. A villamos motor teljesítménye 1700kW. A fogaskerék-hajtómű különböző áttételek segítségével csökkenti le a bemeneti fordulatszámot a kívánt kimeneti fordulatszámra. Áttétele 29,68:1. [3.]



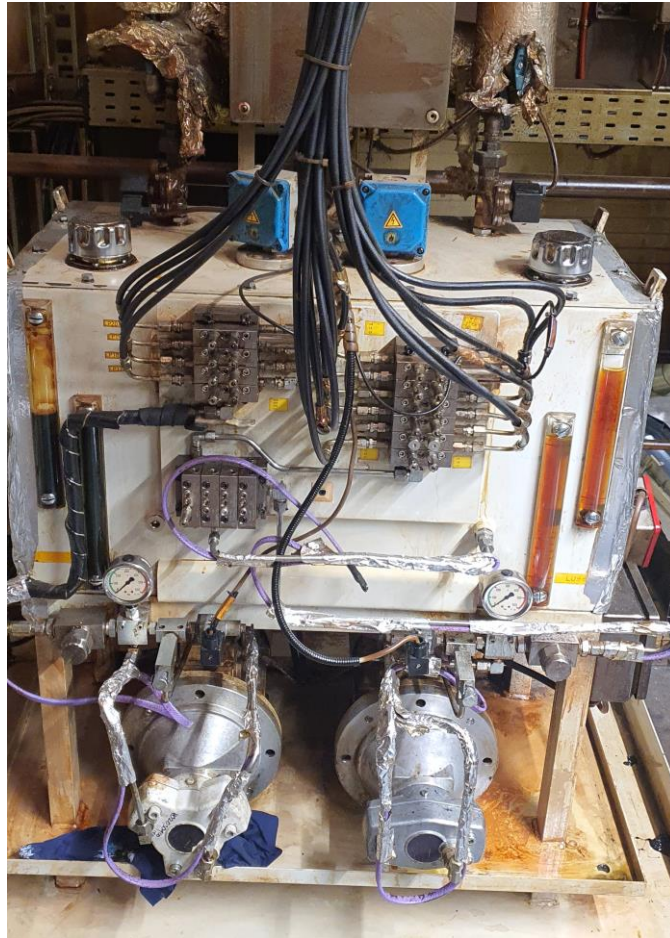
4.5. ábra A hajtómű elemeinek robbantott ábrája [3.]

#### 4.4.3. Kenési rendszer

A géphez csatlakoztatott kenési rendszernek két típusát különböztetjük meg. Egyik a HCD porzáró tömítés kenését biztosító, a másik a technológiai olaj keverékbe való bejuttatásáért felelős rendszer. A rendszer a 4.6.-os ábrán tekinthető meg és - külön egységként - a gép közvetlen közelében van elhelyezve. A kenőanyag és a technológiai olaj egy központi tartályból, fűtött és szigetelt csővezetéken keresztül érkeznek a kenőanyag tartályokba.

Elemei:

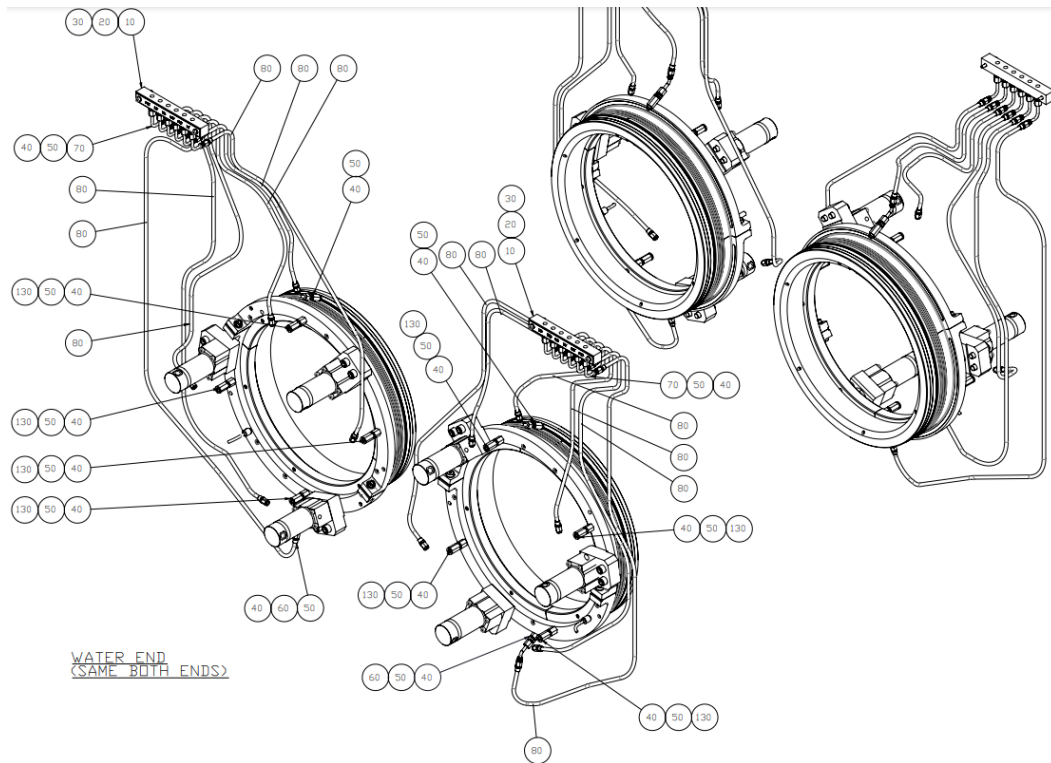
- osztott, egyenként 80 l térfogatú kenőanyagtartály
- kenőanyag fűtőpatron
- 2db HAWE márkájú hidraulika szivattyú,  $P_{\max} = 700$  bar,  $V_g = 0,64$  cm<sup>3</sup>/U
- visszacsapó szelep
- nyomáshatároló
- nyomásmérő óra
- kenőanyagszint ellenőrző
- moduláris progresszív kenőanyag elosztók
- impulzus érzékelők



4.6. ábra Kenési rendszer (saját kép)

#### 4.5. Progresszív kenőanyag-elosztó rendszer ismertetése

A fűtött tartályban a nagy viszkozitású, MOL Transol 460 (ISO VG 460), ásványi hajtóműolajat  $75 \pm 5$  °C-os hőmérsékleten tartják. A kenőanyagot Dropsa SMX-08 típusú moduláris elosztókon keresztül flexibilis csővezetéken vezetik el kenési pontokra. A moduláris elosztó katalógus részlete az 1.-es mellékletben található. A HCD tömítések csúszógyűrűin egyenként 3db furat található, annak érdekében, hogy az olaj megfelelő eloszlása biztosított legyen. A kenés jellegét tekintve, veszteséges kenés, így a csúszógyűrűk súrlódó felületéről távozó kenőanyagot egy tálca segítségével gyűjtik össze, amely egy veszélyeshulladék tárolóban vezeti a használtolajat. A 4.7. ábrán a rotortengelyek tengely-tömítései és azok kenőanyag, illetve technológiai olaj vezetékrendszere látható.



4.7. ábra Rotortengely-tömtítés kenési rendszere [3.]

A technológiai olaj, amellyel, hogy lágyító szerepet lát el – így könnyítve a keverék feldolgozhatóságát – segít megkötni a por állagú komponenseket. Így a HCD tömítésekhez kevesebb por kerül. A technológiai olaj kiválasztásánál fontos szempont a kompatibilitás a gumi alapanyaggal és a különböző adalékokkal, hiszen az olaj beépül a kész gumikeverékbe.

A porzáró tömítés kenőanyaga és a technológiai olaj is önálló szivattyúval, és progresszív kenőanyag-elosztó szelepekkel rendelkezik. A központi vezérlőegység által működtetett villanymotorok, a jel szerinti időben és 1450 f/perc fordulatszámon hajtják meg a radiál-dugattyús felépítésű kenőanyag szivattyúkat. A szivattyúból egy nyomáshatároló- és egy visszacsapó szelepen keresztül jut a kenőanyag a főelosztóba, melyből kenővezetéken keresztül az alelosztóba már meghatározott mennyiségben kerül. Az alelosztók kimeneti pontjai közvetlenül a kenési pontokba vannak bekötve. Az alelosztó impulzus érzékelővel van felszerelve, amely minden teljes ciklus után ad egy jelet, így meghatározható, hogy egységnyi idő alatt milyen mennyiségű kenőanyag kerül a kenési pontokra. [3.]



---

## 5. Probléma bemutatása

A 305N BANBURY® zártkamrás keverőberendezés a gyártás indítása óta, azaz több, mint 6 éve üzemel. Ezen idő alatt folyamatosan léptek fel kisebb problémák a HCD porzáró tömítés kenőanyag ellátó rendszerével kapcsolatban. Ez a hibák a legtöbb esetben rövidebb idejű leállásokat okoztak. A keverő a gyártási folyamat elsősorú berendezése, hosszabbtávú kiesése alapanyaghiányt okozhat, így stratégiai fontosságú. Ennek megfelelően szükségessé vált a rendszer átvizsgálása és esetleges technológiai, szerkezeti módosítások bevezetése.

### 5.1. Az üzemeltetés során fellépő műszaki problémák ismertetése

- Moduláris elosztók impulzus érzékelője gyakran letiltja a rendszert. Az impulzusokat egy felügyeleti rendszer monitorozza. Ha a rendszer az egységnyi idő alatti minimális impulzusszámtól kevesebbet érzékel, megszakítja a kenőrendszer és a keverőberendezés működését egyaránt.
- Gyakori HCD olajfűvóka eltömődések.
- Leállás, karbantartás utáni újraindítás csak a vezetékek és progresszív szelepek külső melegítésével lehetséges.
- Téli időszakban jelentkező üzemzavarok.
- A HCD tömítés kopóelemeinek idő előtti tönkremenetele.

### 5.2. HCD olajfűvóka eltömődés vizsgálata

Az általam vizsgált és a gyakorlatban a legtöbb alkalommal észlelt probléma, az olajfűvóka eltömődés hibáját ismertetem részletesen. A kenőrendszer felmérése során is előjött ez a jellegű hiba, így saját képekkel illusztrálva tudom bemutatni a jelenséget.

Az olajfűvóka (5.1. ábra) szerepe, hogy a kopógyűrűn kialakított furatba jusson a kőanyag, onnan pedig a súrlódó felületek közé. Ahogy korábban részleteztem a kenőanyag alkalmazásának nemcsak a súrlódás csökkentés a célja, hanem a felületek közé került por alapanyag megkötése, majd az eltávolítása is.



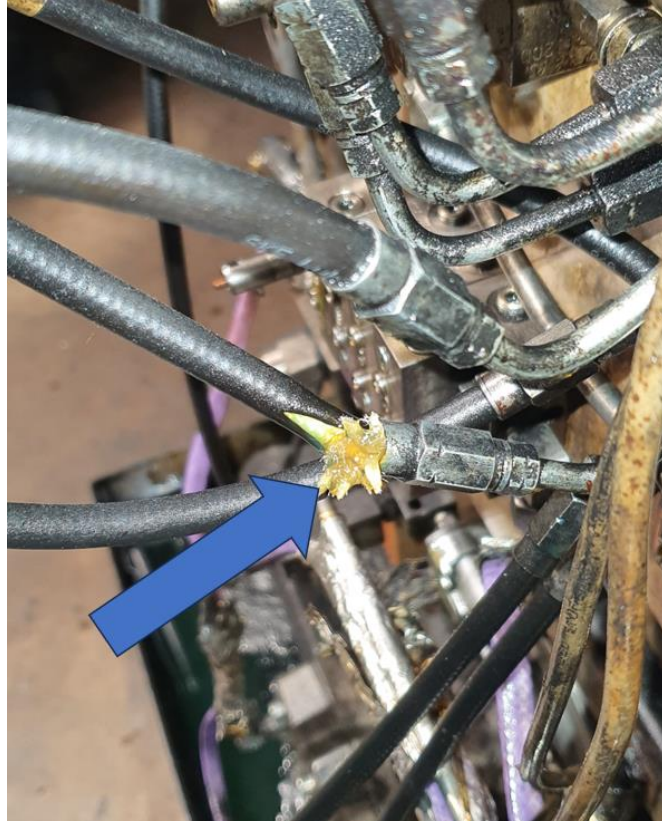
5.1. ábra Olajfúvóka (forrás: saját kép)

A fúvóka belső átmérője 2mm, így a kenőanyag és a nagy mennyiségű por jelenléte mellett eltömődése gyakran előfordul, helye az ábrán nyíllal jelölve. Meghibásodás esetén, általában a szivattyúban keletkező túlnyomás miatt áll meg a rendszer. Mivel a szivattyú által előállított nyomás nem elegendő ahhoz, hogy a kenőanyagot kipréselje a fúvókából, így a progresszív szelep ezen ágához tartozó dugattyú sem működik. A progresszív elosztó működési elvét tekintve ez a folyamat magával hozza azt, hogy többi ág sem ad kenőanyagot. Így az elosztón található impulzus érzékelő, az impulzus jel hiánya miatt leállítja a teljes berendezés működését.

A karbantartók ilyen esetben egy külső nagynyomású szivattyút kötnek az érintett kenővezeték-szakaszra. A megnövekedett nyomással a fúvókában ragadt kenőanyag-por elegyet sok esetben el tudják távolítani. Ritkábban, de előfordul, hogy ezzel a módszerrel nem járnak sikerrel, ilyenkor a gép megbontása és az olajfúvóka cseréje jelenti a megoldást. Mindkét esetben több órás állásidővel kell számolni.

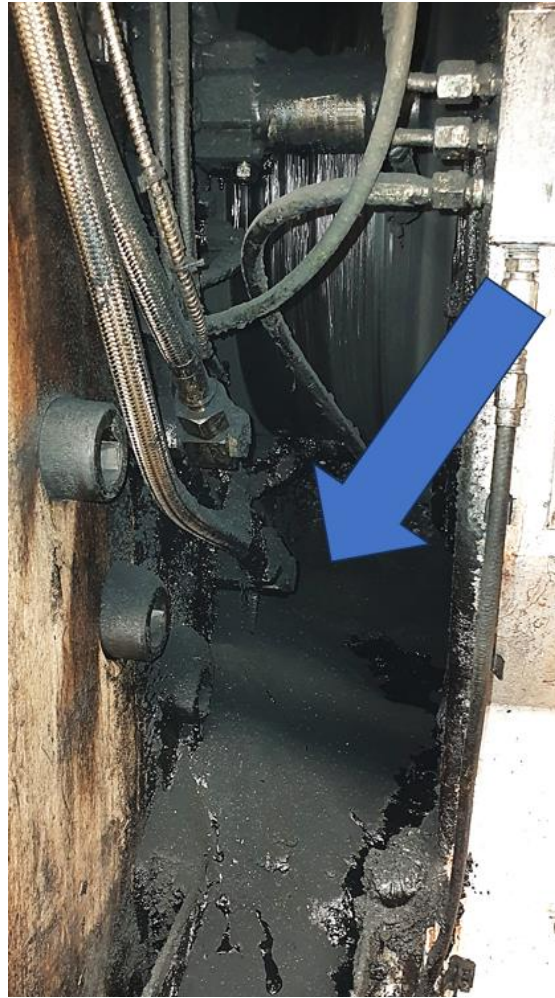
Az általam észlelt meghibásodás esetében a fúvóka eltömődése miatt keletkezett megnövekedett nyomás a felxibilis kenővezeték kiszakadásához vezetett (5.2. ábra). Ez a fajta meghibásodás fokozottan veszélyes, mivel a progresszív szelep által adagolt kenőanyag a

rendszeren kívülre kerül. A szelep működése ebben az esetben zavartalan, így az impulzus érzékelő megfelelő jelet ad.



*5.2. ábra Sérült kenővezeték (forrás: saját kép)*

A rendszer tehát tovább működik, viszont az érintett HCD porzáró tömítés egyik kenési pontján nem kap kenőanyagot. Ez a gyakorlatban a tömítés súrlódó elemeinek fokozott kopásához, valamint a por állagú alapanyag gépből történő kijutásához vezet. Utóbbi a kész gumikeverék összetételére is hatással lehet. Az alábbi 5.3. ábrán látható, ahogy a hiba okán nagyobb mennyiségű por állagú anyag kerül ki a keverőberendezésből.



5.3. ábra hibás HCD porzáró tömítés működés közben (forrás: saját kép)

Megoldási irányvonalak:

- Szállított kenőanyag mennyiségének meghatározása, beállított értékek felülvizsgálata
- Hővesztés okozta viszkozitás növekedés vizsgálata (környezeti hőmérsékletváltozás, csővezeték hővesztése)
- Nyomásviszonyok vizsgálata: A kopógyűrű hidraulikus szorításból keletkező felületi nyomása ne legyen nagyobb, mint a kenőanyag betáplálás során jelentkező felületre eső nyomás.
- Kenőanyag hőmérsékletének monitorozása
- Javaslatok kidolgozása a hővesztés csökkentésére
- HCD tömítés statikus hidraulikus nyomási rendszerének átalakítása dinamikussá

## 6. A probléma megoldása

### 6.1. Kenőanyag mennyiség mérése, összehasonlítás a gyártói adattal

A felhasznált kenőanyag mennyiségének pontos meghatározása a munkafolyamatok során egy kiemelten fontos feladat. Az előzőekben részletesen ismertetett HCD porzáró tömítés esetén a kenőanyag a fellépő súrlódás csökkentése mellett még tömítési feladatokat is ellát, tehát a megfelelő mennyiség és időzítés a berendezés zavaraltan működéséhez elengedhetetlen.

A mennyiség mérése történhet:

- a progresszív elosztó működési ciklusának monitorozásával, mely feladatot jelen esetben az elosztóra szerelt impulzus érzékelő látja el. Az elosztó működési elvéből adódóan egy ciklusban az összes kenési pont előre meghatározott mennyiségű kenőanyagot kap.
- térfogat-kiszorításos elven működő mérőeszközzel, például oválkerekű, bolygó- vagy forgódugattyús, lapátkerekű mérővel.
- csőre rögzíthető ultrahangos áramlásmérő szenzorral, amely a csővezeték megbontása nélkül képes mérni és rögzíteni többek közt a folyadék áramlási sebességét, mennyiségét és hőmérsékletét.

A berendezés Dropsa SMX-08 típusú moduláris felépítésű progresszív kenőanyagelosztó rendszerrel van ellátva (6.1 ábra). Az egyes modulok egyenként  $0,08 \text{ cm}^3$  kenőanyagot továbbítanak a kenési pontok felé minden ciklusban.



6.1. Dropsa SMX progresszív elosztó impulzus érzékelővel [19.]

Az elosztóra felszerelt Ultrasensor 2 nevű impulzus érzékelő jelet ad olyankor, amikor az elosztóban található dugattyú belép az érzékelési zónájába, amely a dugattyú egyik végpontja. Egy teljes ciklus alatt tehát 2 jelet ad az érzékelő. A kapott jelet a rendszer rögzíti, így folyamatosan monitorozni lehet az adott időszak alatt felhasznált kenőanyag mennyiségét. Továbbá az érzékelőn egy világító dióda is jelzi a lefutott ciklust. A gép normál működése közben rögzítettem az 1 perc alatti villanások, azaz a dugattyú egyik végpontból a másikba történő elmozdulásának számát.

Az impulzus érzékelő percenként 46 jelet ad normál üzemben, tehát 23 teljes ciklus fut le. Egy ciklusban  $0,08 \text{ cm}^3$  kenőanyagot adagol minden dugattyú. Ez percenként  $1,84 \text{ cm}^3$ , óránként pedig  $110,4 \text{ cm}^3$ . Mivel egy HCD tömítésen 3db kenési pont található, így az óránkénti kenőanyag mennyiség  **$331,2 \text{ cm}^3$** .

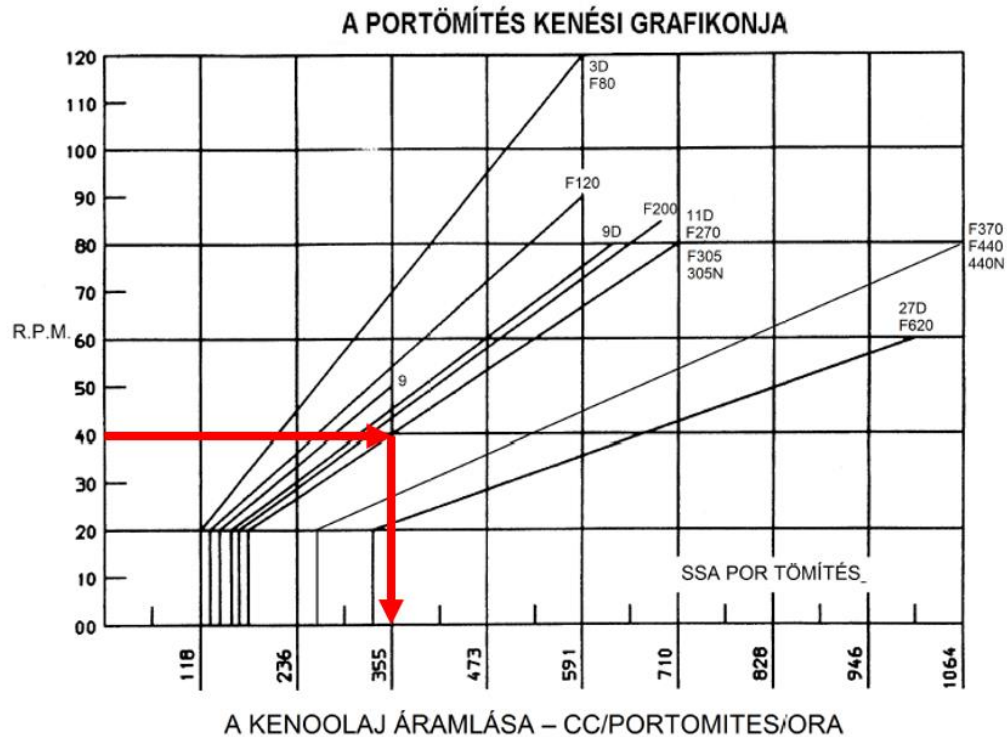
A gyártó az előírt mennyiséget a gép fordulatszámának függvényében határozta meg. A konkrét esetre vonatkozó értéket a 6.2. ábrán látható grafikonról le tudjuk leolvasni [3]. Ki kell válasszuk a 305N típushoz felvitt görbét és a gépen beállított 40fordulat/perc-es fordulatszámot figyelembe véve olvasható le a  **$355 \text{ cm}^3/\text{óra}$**  érték.

#### **Javaslat:**

Összehasonlítva a mért és az előírt értékeket észrevehetjük, hogy a mért érték **~7% kisebb** az előírttól. Ez az eltérés rövid távon nem okoz kenési elégtelenséget a berendezés működése során, viszont a hosszútávú megfelelő működtetést figyelembe véve javasolt a kenőanyag-ellátó rendszer paramétereinek módosítása. A szivattyú meghajtásáról egy SMEM márkájú 400V/50Hz 3 fázisú 4 pólusú, 1,1kW teljesítményű villanymotor gondoskodik, mely frekvenciaváltóval van ellátva, beállított fordulatszáma  **$750 \text{ 1/perc}$** . A megfelelő kenőanyag mennyiség eléréséhez javasolt a frekvenciaváltó segítségével a fordulatszám  **$850 \text{ 1/percre}$**  való megemlése. A villanymotor katalógus szerinti maximális fordulatszáma  $1420 \text{ 1/perc}$ . A katalóguslap a 3. számú mellékletben található.

További fejlesztési irányt jelent a villanymotor fordulatszámának dinamikus változtatását lehetővé tenni, hiszen az előírt kenőanyag mennyiség a keverő berendezés tengelyfordulatszámához kötött. Ez a fordulatszám munkáütemben  $40 \text{ 1/min}$ , munkáütemen kívül  $5 \text{ 1/min}$ . A 6.2. ábrán látható kenési grafikon alapján  $5 \text{ 1/perc}$  fordulatszám mellett  $177 \text{ cm}^3/\text{óra}$  a szükséges mennyiség, tehát közel a fele a munkáütemhez képest. Ezen csökkentett

fordulatszám mellett jelenleg a felhasznált kenőanyag fele veszteségként értékelhető, amely gazdasági és környezetvédelmi szempontok szerint sem elfogadható.



6.2 ábra A portömítés kenési grafikonja [3.]

## 6.2. Csővezeték rendszer vizsgálata

A csővezetékkel szemben támasztott követelmény rendszer összetett. Jelentős nyomásesés alakulhat ki a csővezetékben a kenőolaj viszkozitás emelkedése, áramlási sebessége miatt. Tervezési szempontból további fontos paraméter még a csővezeték hossza, átmérője és a csővezetékbe épített ívek és szűkítők száma is.

A Dropsa SMX elosztóban a kenőolaj megengedett maximális nyomása 500 bar. Ennek megfelelően, illetve biztonsági szempontokat figyelembe véve a szivattyú nyomáshatárolója 340 bar maximális nyomásra van állítva, amely így a teljes rendszer elméleti maximális nyomása is. Továbbá a kenőolaj hőmérséklete elérheti akár a 80 °C-ot is. A berendezés magasnyomású flexibilis tömlőkkel van felszerelve (6.3. ábra), melynek mérete 11,3x2,5 mm, belső átmérője  $\varnothing 6,3$  mm, repesztő nyomása 840 bar, amely megfelel a követelményeknek.

## Magasnyomású flexibilis tömlő és tömlő fegyverzetek / Highpressure flexibe hose and fittings

Szakító szilárdság 840 bar / Cracking pressure 840 bar

### 26) Magasnyomású flexibilis tömlők / High-pressure hoses

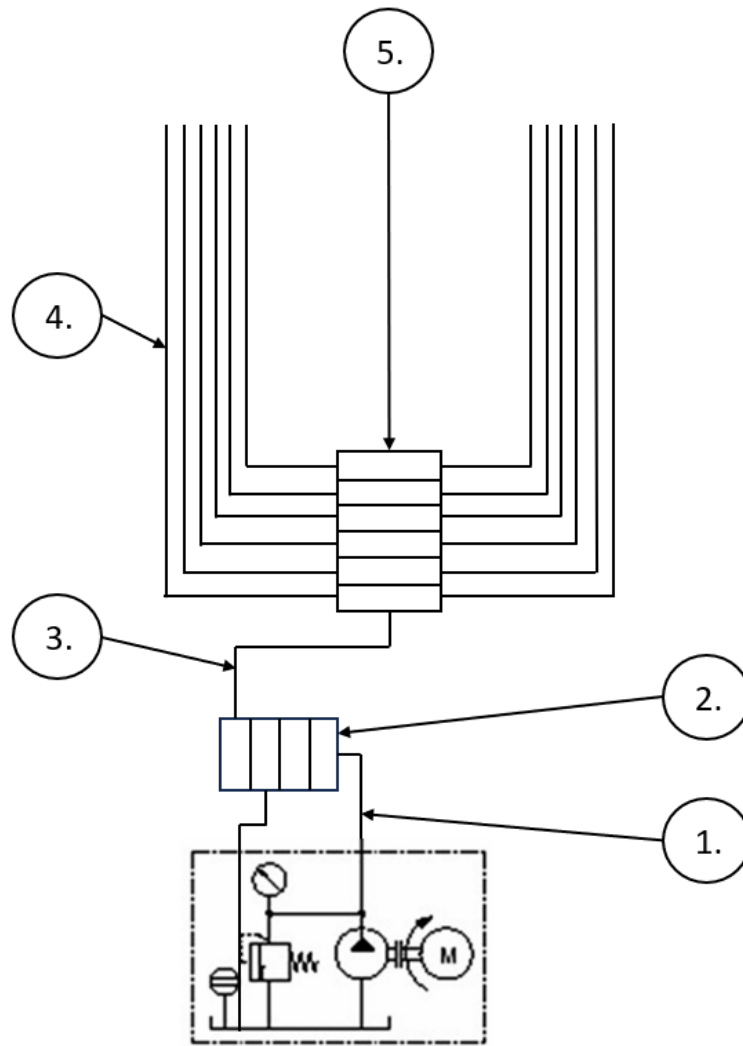


Cikkszám	Leírás	Zsír	D külső átmérő	D1 belső átmérő
Part Number	Description	Grease	D outer diameter	D1 inner diameter
100-001	8,6 x 2,25 mm (50 m)	NLG12 töltött / filled	8,6	4
100-002	8,6 x 2,25 mm (50 m)	töltetlen / unfilled	8,6	4
100-011	11,3 x 2,5 mm (100 m)	NLG12 töltött / filled	11,3	6,3
100-012	11,3 x 2,5 mm (100 m)	töltetlen / unfilled	11,3	6,3

6.3 ábra Magasnyomású flexibilis tömlő [17.]

A szakirodalom [11] megadja az egyes csőszakaszok maximális hosszát, amely kritérium szerint elvégeztem az ellenőrzést a berendezésen. A 6.4.-es ábrán a kenőrendszer sematikus ábráját láthatjuk. A hidraulikus tápegységből érkező kenőanyag a fővezetéken (1.-es) keresztül érkezik be a 2.-essel jelölt főelosztóba, ennek hossza 0,5 m. A szakirodalmi kritérium szerint ez a hossz nem haladhatja meg a 15 m-t,  $\varnothing 10 \times 1,5$  mm cső esetén, tehát megfelelő. A következő csőszakasz az ábrán a 3. jelű leágazás, amely a főelosztót köti össze az 5. jelű elosztóval. A szakasz hossza 0,3 m, ez szintén megfelel a kritériumnak, amely szerint 1 méternél rövidebbnek kell lennie. Az ábrán 4.-el jelölt kenővezetéken keresztül áramlik a kenőanyag a kenési pontokhoz. A vizsgált gépen a kenővezetékek egy függesztett, fém kábelcsatornában jutnak el a keverő berendezésig. Ennek a szakasznak a hossza 9,5 m. A kenővezetékek a közös kábelcsatornából kilépve kenési pontonként eltérően, átlagosan 2,5 m-es távolságra vannak a konkrét kenési ponttól. A kenővezetékek átlagos teljes hossza így 12 m. A szakkönyvben nincs meghatározva hossz kritérium ezen szakaszra. A fontosabb mért értékeket a 6.1.-es táblázatban foglaltam össze és értékeltem.





6.4. ábra Csőszakaszok sematikus ábrája (saját)

Megnevezés	Mért érték (hossz/átmérő)	Kritérium	Értékelés
Fővezeték (1.)	0,5m / ø10mm	≤15m / ≥ø10mm	Megfelelt
Leágazás (3.)	0,3m	≤1m	Megfelelt
Kenővezeték (4.)	12m / ø6,3mm	≥ ø6mm	Megfelelt

6.1. táblázat Csőszakaszok méret ellenőrzése (saját)

## Javaslat:

A progresszív kenőanyagelosztó rendszerek esetén, kizárólag varratnélküli, húzott, hajlítható, DIN 2391 szerint nyomás-és tömítettség vizsgálatnak alávetett, revementes, passzívált vagy horganyzott St35 acélcső alkalmazható. Az adott kenéstechnikai feladatra  $\varnothing 8 \times 1$ mm méretben javasolt. [11.]

Bár a különböző csőszakaszok hosszai a szakirodalmi kritériumoknak megfeleltek, a magas viszkozitású kenőolaj okozta fokozott csőfal-súrlódás miatt javaslom a csővezeték rendszer átépítését. Az átépítés célja a rendszer teljes csőhosszának rövidítése, amely az említett csőfal súrlódásból származó veszteség csökkentése mellett, gazdasági szempontok szerint is előnyös megoldás lehet.

A javasolt átépítés legfontosabb eleme, hogy a kenőanyag tartályra helyezett progresszív elosztó szelepeket telepítsük át a keverő berendezés géptestére. Így a 6.4. ábrán 1.-essel megjelölt fővezeték hossza 0,5 m-ről 10 m-re emelkedik, ez azonban még így is megfelel a 15 m-es maximumnak. A változtatás hatására jelentős mértékben csökken a rendszer teljes csőhossza, melyet a 6.6 táblázatban szemléltetünk.

Koncepció	Fővezeték hossza / db száma	Leágazás hossza / db száma	Kenővezeték hossza / db száma	A rendszer teljes vezetékossza	Változás
<b>Gyári megoldás</b>	0,5m / 1db	0,3m / 1db	12m / 12db	144,8m	-
<b>Javasolt megoldás</b>	10m / 1db	0,5m / 1db	2,5m / 12db	40,5m	-72%

6.2. táblázat Koncepciók összevetése (saját)

A számítások alapján a javasolt átépítéssel 144,8 m-ről 40,5 m-re lehetne csökkenteni a kenőrendszer teljes vezetékosszát. Az alacsonyabb csőfal súrlódási veszteség mellett a csővezeték meghibásodás esélye is jelentősen csökkenne, valamint az esetleges hiba lokalizációja is nagymértékben egyszerűsödne.

### 6.3. Hővesztés mérése

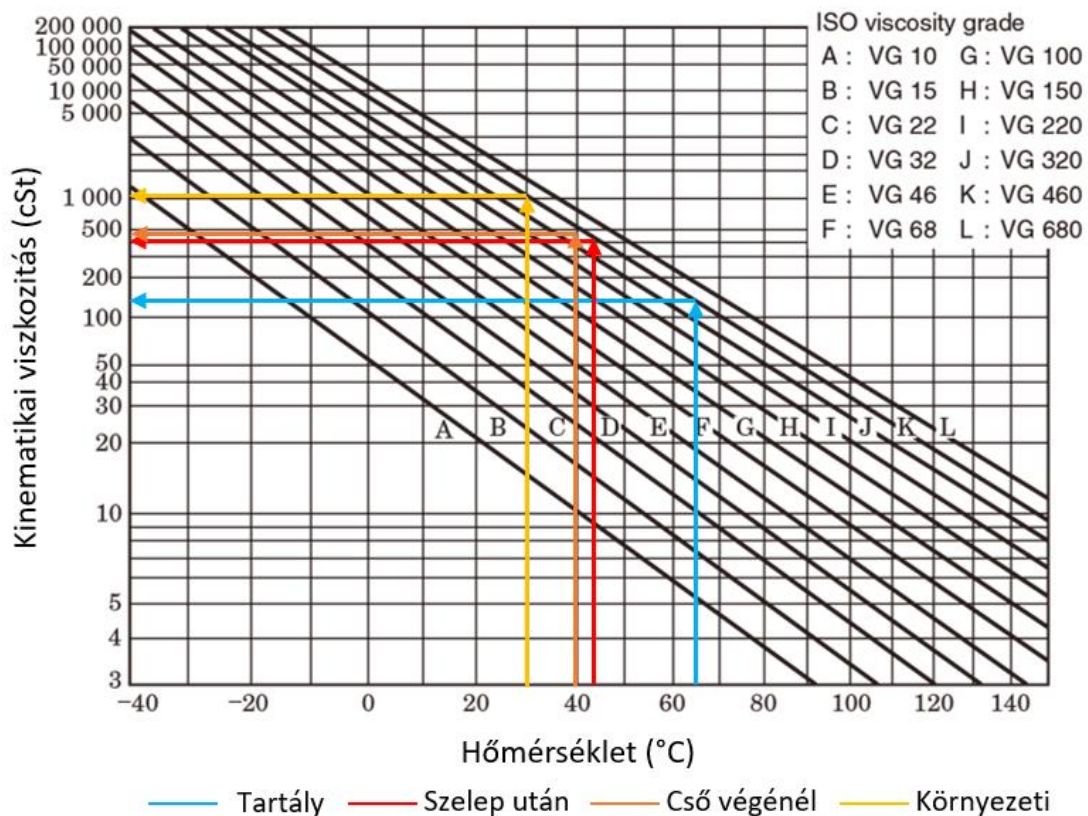
A gépgyártó által előírt magas viszkozitású, ISO VG 460 hajtóműolaj használata mellett szükséges fűtés alkalmazása. A tartályban lévő kenőanyagot  $75\pm 5$  °C hőmérsékleten tartja egy termosztáttal ellátott patronos fűtőelem. Továbbá a fővezeték 0,5 m-es hosszon elektromos fűtőszalaggal és szigeteléssel van ellátva. Az üzemeltetés során felmerült hibákból a csővezeték szakaszon mért hőmérsékletesésre és az ebből adódó viszkozitás emelkedésre lehet következtetni. Az egyes elemek hőmérsékletének vizsgálatához a Tecpel DIT-515K típusú infravörös hőmérséklet mérőt használtam (6.5. ábra). Mérési tartománya  $-60\dots+500$  °C, amely jelentősen meghaladja a várható értékeket. Pontossága 0 °C fölött:  $\pm 2\%$  leolvasott értékre, vagy 2 °C (amelyik nagyobb) szintén elegendő a vizsgálatomhoz.



6.5. ábra A tartály hőmérsékletének mérése (saját)

A mért értékeket a 6.3.-as táblázatban foglalom össze. A rendszerben MOL Transol 460 típusú kenőanyag van, technikai adatlapját a 2.-es számú melléklet tartalmazza. Az ISO VG 460-as viszkozitási osztályra jellemző, hogy az alacsonyabb hőmérséklet tartományokban már néhány Celsius fok eltérésnél is jelentősen növekszik a kinematikai viszkozitása. Ez a jelenség

megnöveli a rendszer teljesítményigényét. Fokozott a veszély a rendszerleállások alkalmával, amikor a kenőanyag áll a vezetékekben. Ilyenkor a viszkozitás emelkedés mértéke akkora is lehet, hogy a szivattyú teljesítménye már nem elegendő a folyamat újraindításához. A 6.6.-os ábrán található diagram segítségével meghatározom a kenőolaj viszkozitását a berendezés különböző pontjain mért hőmérsékleten. Az eredményeket a 6.9.-as ábrán foglalom össze.



6.6. ábra Kenőolajok viszkozitásának változása a hőmérséklet függvényében [18.]

Az eredményeket a 6.1.-es táblázatban foglalom össze melyekből jól látszik, hogy jelentős hőveszteségekkel kell számolnunk a csővezeték mért pontjain. A tartály hőmérsékletéhez képest a – magára a tartályra szerelt – progresszív elosztószelep kenővezetékén a hőmérséklet már 33%-kal alacsonyabb, a viszkozitás pedig közel a háromszorosa. A kenővezeték 10. méterénél mért érték további hőmérséklet esést, ezzel együtt viszkozitás emelkedést mutat. Ennek a mértéke azonban nem jelentős. A környezeti hőmérsékelt vizsgálata fontos, mivel üzemszünet, karbantartás, vagy meghibásodás esetén a kenővezeték szakasz, kenőanyag áramlás hiányában néhány óra alatt visszahűl erre a hőmérsékleti értékre. A mérés alapján ez

közel 30 °C, mely esetben a viszkozitás már 1050cSt-re emelkedik. Ez az érték több, mint hétszerese a fűtött tartályban mért hőmérséklet esetén fennálló viszkozitásnak.

	Tartály	Csővezeték az elosztó szelep után közvetlenül	Csővezeték a kenési pont közelében	Környezeti hőm. 1m-re a géptől
<b>Hőmérséklet</b>	65,2°C	43,6°C	39,8°C	29,9°C
<b>Változás</b>	-	-33%	-39,5%	-54%
<b>Viszkozitás</b>	145cSt	420cSt	460cSt	1050cSt
<b>Változás</b>	-	+290%	+315%	+725%

6.3. táblázat Összefoglaló táblázat – kenőolaj hőmérsékletének és viszkozitásának változása a csővezeték kiválasztott pontjain (saját)

#### Javaslat:

A 6.2. pontban tárgyalt javaslatot - miszerint a főelosztó- és az alelosztó szelepet át kell helyezni a gépre, ezzel párhuzamosan a fővezeték hosszát megnövelni, a kenővezetékek hosszát pedig csökkenteni – szükséges kiegészíteni megfelelő fűtési és szigetelési technológia kidolgozásával. Célja a 50-65 °C közötti állandósult hőmérséklet fenntartása a csővezeték teljes szakaszán, abban az esetben is, amikor a berendezés nem üzemel.

Első lépésként a géptestre áthelyezett elosztószelepeket hőszigetelt, zárt és fűtéssel ellátott lemezszekrénybe javasolt helyezni. A lemezszekrény fűtésére felhasználható a tartályban felfűtésre kerülő kenőanyag hőenergiája. Ehhez szükséges egy 2/2-es útváltó szelep felszerelése a cirkuláció kialakításához a dobozon kívül. Valamint egy plusz csővezeték, amelyen a fűtési célra használt kenőanyagot visszajuttatjuk a tartályba. Célszerű a lemezszekrényen belül egy spirális csőszakaszt kialakítani, a hőleadó felület növelése végett. A fűtési célra kialakított cirkulációs rendszerben a keringés akkor is fenntartható, ha a keverő berendezés nem üzemel. Továbbá a visszatérő vezetékét és a kenővezetékét javasolt polietilén csőhéjszigetelés alá

helyezni, így állandó hőmérsékelt biztosítható mind a szekrényben, mind fővezeték teljes szakaszán.

A meghosszabbított fővezetékét elektromos csővezetékfűtéssel is javasolt ellátni, arra esetre, ha a kenőanyag szivattyú, vagy a tartályfűtés meghibásodik. A javasolt önszabályzó fűtőkábel technikai adatai: Eltrace TRACECO ESR-40-AO: 230 V AC, teljesítmény 40 W/m,  $T_{\max}=65$  °C. Az önszabályzó fűtőkábellel történő fűtés megbízható, hatékony és energiatakarékos, hiszen minden egyes szegmensében más-más hőt képes leadni a környezeti hőmérséklethez igazodva. Két párhuzamos rézvezető kerül beépítésre a fűtőelembe, amely grafit szemcsékkel kevert molekulárisan térhálósított műanyagból áll. A grafit szemcsék áramvezető csatornákat képeznek a két vezető között, ami a fűtőelem felmelegedését teszi lehetővé. A hőmérséklet növekedésének hatására a molekuláris struktúra torzul és elválasztja egymástól a grafit szemcséket, az áramvezető csatornák megszakadnak és a fűtőelem ellenállása nő. Ennek megfelelően csökken az áramfelvétel és ezzel együtt a fűtőteliesség is.

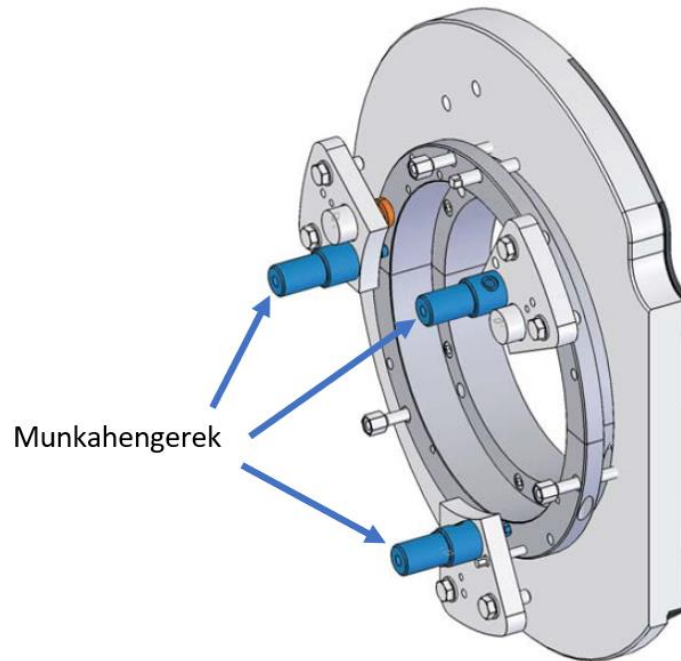
A fűtések és a szigetelés hatására várhatóan  $60\pm 5$  °C hőmérsékleten tartható a kenőolaj a rendszer teljes szakaszán, így annak viszkozitása 300 cSt alatti tartományban marad függetlenül a gép működési ciklusától. Továbbá a fejlesztés hatására a HCD tömítés kopógyűrűihez bejutó kenőanyag hőmérséklete is emelkedni fog, így javítva a kenési tulajdonságokat, hiszen az alacsonyabb viszkozitású kenőanyag gyorsabban terül szét a súrlódó felületen. Ennek hatására várhatóan a kenőanyag öblítő tulajdonsága is javulni fog, amely végeredményben a felületek közé kerülő abrazív szemcsék számát fogja csökkenteni.

A leállások utáni újraindítási problémára is hatásos megoldást jelent a csőszakaszok fűtése és szigetelése, viszont biztonsági elemként érdemes bevezetni az újraindítások során a fokozatos, lépcsőzetes fordulatszámnövelést a kenőszivattyú motor esetében. Ezzel a módszerrel elkerülhető a hirtelen nyomástorlódás a rendszerben.

#### **6.4. Nyomásviszonyok vizsgálata**

A HCD porzáró tömítésben a súrlódó felületek összeszorítása céljából 3 db hidraulikus munkahengert építettek be (6.7.-es ábra). A munkahengerek egy külső hidraulikus tápegységből kapják a munkafolyadékot 50 bar nyomáson. Az alábbiakban számítással meghatározom a munkahengerek által a csúszófelületre kifejtett nyomást, majd ugyanezt megmértem a kenőanyag-ellátó rendszer oldaláról. Így összeszámítható lesz a szorítóerőből származó felületi

nyomás és a kenőanyag által kifejtett nyomás. A rendszer akkor működik megfelelően, ha a kopógyűrű hidraulikus szorításból keletkező felületi nyomás kisebb, mint a kenőanyag betáplálás során jelentkező felületre eső nyomás.



6.7. ábra HCD tömítés hidraulikus munkahengere [3.]

**A kenőolaj nyomásának meghatározása:**

Egy mérőóra segítségével könnyedén meg lehet állapítani a kenőanyag nyomását a kenési pont közelében, a gépen kialakított szabványos mérőponton.

$$P_{KK} = 74 \text{ bar}$$

$P_{KK}$  – kopógyűrűre ható kenőanyag nyomás

**A szorító oldal felületi nyomásának meghatározása:**

A munkahenger nyomóerejének meghatározása:

$$p_M = 50 \text{ bar} = 5 \text{ MPa}$$

$$A_M = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{40 \text{ mm}^2 \pi}{4} = 1256,63 \text{ mm}^2$$

$$F_M = p_M \cdot A_M = 5 \text{ MPa} \cdot 1256 \text{ mm}^2 = 6283,19 \text{ N}$$

$$F_{M\ddot{o}} = 3 \cdot F_M = \mathbf{18849,56 \text{ N}}$$

$p_M$  – munkahengerek hidraulikus nyomása (MPa)

$A_M$  – munkahenger dugattyújának felülete ( $\text{mm}^2$ )

$F_M$  – munkahenger által kifejtett nyomóerő (N)

$F_{M\ddot{o}}$  – munkahengerek által kifejtett nyomóerő (N)

A kopógyűrű felülete:

$$R = 200 \text{ mm}$$

$$r = 183 \text{ mm}$$

$$A_k = \pi(R^2 - r^2) = \pi(200^2 - 183^2) = \mathbf{8642,52 \text{ mm}^2}$$

$R$  – Kopógyűrű külső átmérője (mm)

$r$  – Kopógyűrű belső átmérője (mm)

$A_k$  – Kopógyűrű felülete ( $\text{mm}^2$ )

A kopógyűrű felületi nyomásának meghatározása:

$$p_{KM} = \frac{F_{M\ddot{o}}}{A_k} = \frac{18849,56 \text{ N}}{8642,52 \text{ mm}^2} = 2,18 \text{ MPa} = \mathbf{21,8 \text{ bar}}$$

$p_{KM}$  – kopógyűrűre a munkahengerek által kifejtett nyomás

$$P_{KM} < P_{KK}$$

$$\mathbf{21,8 \text{ bar} < 74 \text{ bar}}$$

A mérés és a számítás eredménye alapján megállapítható, hogy a kenőanyag (kenőszivattyú) által kifejtett nyomás magasabb, mint a munkahengerek által kifejtett. Így a kenőanyag elemeli a súrlódó felületeket egymástól, létrehozva a kenőfilmet és megfelelő módon ellátja a kenési feladatát.



**Javaslat:**

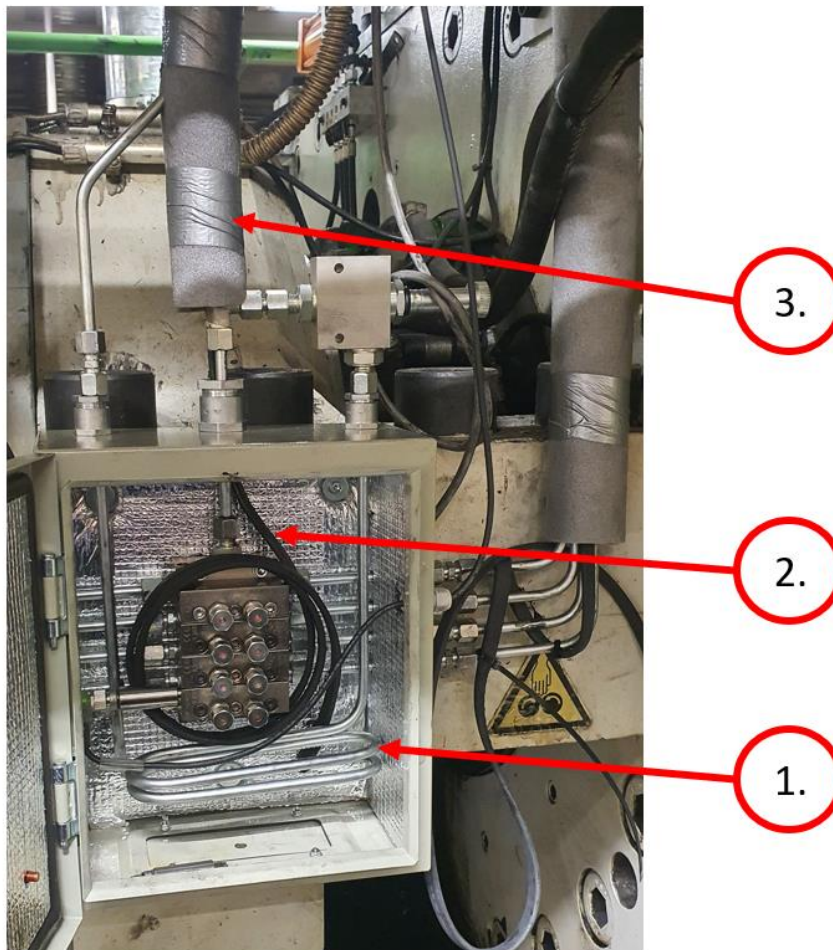
A nyomásviszonyok ellenőrzéséből kiderült, hogy a kenőfilm képes kialakulni a felületek között. A kenési viszonyok és a kenőanyag átöblítő tulajdonságának javítása céljából azonban javaslom a munkahengerek nyomásának csökkentését munkaütemen kívül. A statikus 50bar nyomási értéket javasolt dinamikusán változóvá tenni a berendezés fordulatszámának függvényében. A javasolt értékeket a 6.4-es táblázatban foglaltam össze. Munkaütemen kívül a berendezés keverőterében nincs alapanyag, ilyenkor a tengelyek fordulatszáma 5 1/perc. Az alacsonyabb fordulatszám és a csökkentett tömítési igény mellett elegendő a munkaütemhez képesti 50%-os, azaz 25bar-os nyomásérték alkalmazása. Így a felületek közé több kenőanyag képes bejutni. A változtatási javaslat bevezetése szükséges a 6.1-es fejezetben szereplő javaslatom miatt is, miszerint munkaütemen kívül érdemes csökkenteni a kenőszivattyú fordulatszámát, ezáltal a kenőanyag mennyiségét. Párhuzamosan a munkahengerek nyomásának csökkentésével elkerülhetjük a kisebb kenőanyag mennyiség okozta esetleges kopásokat.

	Állóhelyzetben	Munkaütemen kívül	Munkaütemben
<b>Fordulatszám (1/min)</b>	0	5	40
<b>Munkahengerek nyomása (bar)</b>	10	25	50

*6.4. táblázat Munkahengerek javasolt nyomásértékei a gép különböző üemállapotaiban (saját)*

## 7. Megvalósított javaslatok bemutatása

Ismertetve a mérések és vizsgálatok eredményét a cég felelős karbantartó mérnökei elfogadták a keverőberendezés kenőrendszerének optimalizálására tett módosítási javaslataimat. A 6.2-es fejezetben tárgyalt kenővezeték cserét, a progresszív elosztószelepek keverőberendezés géptestére való áthelyezését, továbbá a 6.3-as fejezetben ismertetett csőfűtés és szigetelés kialakítását el is végezték. Az átépítés teszt jelleggel, egy felépítésében teljesen hasonló, de méreteiben kisebb berendezésen történt meg. A 7.1-es ábrán látható az áthelyezett progresszív elosztószelep, a fűtött, szigetelt lemezszekrényben. Az ábrán 1.-essel látható a szerkény fűtését biztosító kiegészítő kenőanyag vezeték elhelyezése. 2.-essel megjelölve a csővezeték fűtésére beépített elektromos, önszabályzó fűtőszál. Valamint a csőháj szigetelés kialakítása is látható 3.-massal jelölve. A 7.2.-es ábrán 1.-essel az újonnan telepített fém kenővezeték látható, 2.-essel a szigeteléssel ellátott részek.



7.1. ábra A géptesten elhelyezett progresszív elosztószelep (saját)

A módosítással az elosztószelepet és a kenővezetékét is sikerült 60-65 °C közötti tartományban tartani, így a néhány hónapos üzem alatt nem tapasztaltak, a korábbiakhoz hasonló kenési elégtelenségeket. A pozitív tapasztalatok alapján a gyáregységben működő további négy berendezésen is tervezik megvalósítani az átépítést.



*7.2. ábra Szigetelt, fűtéssel ellátott új kenővezeték elhelyezkedése a kenési pontok közelében (saját)*

---

## 8. Gazdasági számítás

A működés során tapasztalt kenőrendszer hibák ritkán okoznak meghibásodást, alkatrész tönkremenetelt a berendezésen, köszönhetően a felügyeleti rendszereknek is. Legtöbb esetben azonban a javítások meglehetősen idő és munkaerő igényesek. Azt sem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a gumi alapanyag keverő berendezés a stratégiaileg fontos berendezések közé sorolandó, mivel a további gyártási folyamatok alapanyagát állítja elő. A gyártás ütemétől függően, akár néhány napos termelés kiesés esetén is kialakulhat alapanyaghiány.

A következőkben ismertetem a fellépő meghibásodások fajtáit és a javításokhoz szükséges erőforrások mértékét. A 8.1.-es táblázatban ismertetem a kenőrendszer módosítására tett javaslatok költségvonzatát. Majd értékelem a tervezett beruházások gazdasági megtérülését. A meghibásodások és javítások adatbázisát, a költség és munkaidő adatokat a gyár karbantartási részlegétől kaptam. A 8.2. összegző táblázatban az egy év alatt átlagosan előforduló hibákat és a hozzájuk tartozó költségeket szerepeltetem.

- olajfúvóka eltömődés: az eltömődött fúvóka a kenőrendszer és így az egész berendezés leállást jelenti. Javítása kiszerezéssel és a fúvóka tisztításával vagy cseréjével történhet.
- olajfúvóka eltömődés kenővezeték meghibásodással: a rendszerben megnövekedett nyomás a bizonyos esetekben a kenővezeték sérüléséhez vezet. Ebben az esetben a fúvóka tisztítása mellett szükséges a vezeték cseréje is.
- gépállást követő indítási nehézség: a visszahűlt rendszerben a kenőanyag viszkozitása annyira megemelkedik, hogy a tápszivattyú nem képes elegendő nyomást kifejteni a kenés megindításához. Javítása a rendszer elemeinek melegítéséből áll, melyhez hőlégfúvó eszközt alkalmaznak.
- kopógyűrű cseréje: a kopógyűrű élettartamát a beállított paraméterek és az átlagos éves üzemidő alapján a berendezés gyártója 2 évben határozta meg. A kenési elégtelenségek miatt a gyakorlatban ez 1 évre korlátozódott. Javítása a berendezés nagyobb mértékű megbontásával jár.

Megnevezés	Ajánlati ár (Ft)
<b>Progresszív elosztók áthelyezése, kenővezetékek cseréje, fűtés és szigetelés kiépítése</b>	4.646.500
<b>HCD hidraulikus munkahengerek dinamikus vezérlésének kialakítása</b>	1.278.300
<b>Vezérlő rendszer programozás</b>	430.000
<b>Összesen:</b>	<b>6.354.800</b>

8.1 táblázat A javasolt módosítások költsége (saját)

Megnevezés	Éves gyakoriság	Munkaóra javításonként	Órabér (Ft/óra)	Anyagköltség (Ft/javítás)	Teljes költség (Ft/év)
<b>Olajfűvóka eltömődés</b>	5	4	9.000	-	180.000
<b>Kenővezetékek csere</b>	2	2	9.000	60.000	156.000
<b>Gépindítási többlet előkészületek</b>	24	1	9.000	-	216.000
<b>HCD tömítés kopógyűrű csere</b>	1	48	9.000	650.000	1.082.000
<b>Termelés kiesés</b>	-	55	250.000	-	13.750.000
<b>Összesen:</b>					<b>15.384.000</b>

8.2 táblázat Műszaki hibák okozta költségek egy évre kivetítve (saját)

A javasolt módosítások elvégzésének teljes költsége alig több, mint 40%-a az éves szinten hibajavítás és a termelés kiesés okozta veszteség költségeit tekintve. Tehát a beruházás 5 hónap alatt megtérül.

---

## 9. Összefoglalás

Dolgozatomban az Apollo Tyres (Hungary) Kft. MBM4 jelű gumiipari keverő berendezés kenési rendszerének gyengepont elemzését végeztem el, a feltárt problémákra megoldási javaslatokat dolgoztam ki annak érdekében, hogy javuljon a berendezés üzembiztossága és csökkenjenek a karbantartásból származó költségek.

Tanulmányoztam a témában releváns hazai és nemzetközi szakirodalmat. Különös figyelmet fordítottam a gumiiparban felhasznált anyagok megismerésére, a gumibroncsgyártás történeti áttekintésére és a gumibroncsok szerkezeti felépítésének megismerésére. A gumibroncs gyártás folyamatát a gyöngyöshalászi gyárban szerzett ismereteim alapján mutattam be, kitérve a technológiai folyamatok során alkalmazott berendezések ismertetésére is. Ezt követően részletesen vizsgáltam a gumi alapanyag keverékkészítés technológiai folyamatát és berendezéseit, mivel a rendszer szintű szemlélet fontos eleme a hibafeltárásnak. A témának és a célkitűzésemnek megfelelően kiemelt figyelmet fordítottam a progresszív kenőrendszerek felépítésének, működésének és tervezési lépéseinek megismerésére.

A dolgozat további részben az MBM4 jelű berendezésen alkalmazott úgynevezett HCD csúszógyűrűs porzárótömítés kenési rendszerének üzemi tapasztalatok során megismert elégtelenségeit vizsgáltam. A kenési rendszerben gyakran léptek fel hibák a kenőanyag kenési pontokra való juttatása során. Ezek jellemzően mennyiségi problémák, valamint túlnyomást eredményező eltömődésekből származtak. A HCD olajfűvóka eltömődési hiba bizonyult a leggyakoribb hibaoknak, így ennek hatását a berendezésre, valamint kialakulásnak lehetséges okait meghatároztam. Az eredmények elemzését követően az alábbi négy területen végeztem részletes vizsgálatokat. A szükséges kenőanyag mennyiségének meghatározása, a kenővezeték rendszer konstrukciós kialakításnak, a hőveszteség mértékének és okának, valamint a HCD porzáró tömítés súrlódó felületén kialakuló nyomásviszonyoknak vizsgálata.

A vizsgálatok eredménye alapján kidolgoztam a fejlesztési javaslataimat, melyek röviden az alábbiak: a szállított kenőanyag mennyiségének 10%-kal való növelése, valamint a mennyiség csökkentése munkaütemen kívül; a csővezetékrendszer teljes átépítése, cseréje nagyobb átmérőjű húzott, hajlítható acélcsőre; az elosztószelepek géptestre való áttelepítése; a kenőanyagszivattyú villamosmotor indítási karakterisztikájának módosítása; a vezetékek és az elosztószelepek szigeteléssel és elektromos önszabályzó csőfűtéssel való ellátása; az összeszorítást végző munkahengerek vezérlésének átalakítása.

A fejlesztés várható eredményei közül kiemelném az alábbiakat: gépkönyvi előírásnak megfelelő mennyiségű kenőanyag szivattyúzása; a teljes csővezetékrendszer hosszának 72%-kal való csökkentése, amely a csőfalsúrlódás okozta veszteség és a hibalehetőségek számát is jelentősen csökkenti; indítási torlónyomás mérséklése; a kenőanyag állandó 60°C fölötti értéken való tartása, mellyel elkerülhető a viszkozitás növekedés miatt kialakult eltömődések okozta hiba; továbbá az alacsonyabb szorító erő mellett jobban érvényesül a kenőanyag átöblítő szerepe a súrlódó felületek között. A képzés időtartama alatt a fejlesztési javaslatok egy része megvalósításra került, mely alapján az első 3 hónapos tesztidőszak alatt nem jelentkezett meghibásodás.

Dolgozatomban vizsgáltam a fejlesztések beruházási költségének és a fellépő műszaki hibák éves költségének viszonyát. A karbantartási osztálytól kapott adatok alapján rendszereztem a hibákat és a javítások idősükségletét, az órabéreket, anyagköltségeket, valamint a termelés kiesés okozta veszteséget. A fejlesztés költségét egy kivitelező cég árajánlata alapján tüntettem fel. A költségek összevetéséből látszik, hogy a beruházás 5 hónap alatt megtérül.

Megállapítható, hogy a javasolt és részben meg is valósított fejlesztések megfelelő műszaki megoldást nyújtanak az üzemeltetés során korábban észlelt hibajelenségekre. Továbbá gazdasági vonatkozásban is rendkívül gyorsan megtérülő beruházást jelent.

## **10. Summary**

In my thesis, I analysed the weak points of the lubrication system of the MBM4 rubber industry mixing equipment of Apollo Tyres (Hungary) Kft. I developed proposals for solving the identified problems in order to improve the operational reliability of the equipment and reduce costs from maintenance.

I studied relevant domestic and international literature on the subject. I paid special attention to learning about the materials used in the rubber industry, the historical overview of tyre production and learning about the structure of tyres. I presented the tyre production process based on my knowledge acquired in the factory, also explaining the equipment used during the technological processes. After that, I examined in detail the technological process and equipment of rubber raw material mixture preparation, since the system-level approach is an important element of error detection. In accordance with the topic and my objective, I paid special attention to learning about the structure, operation and design steps of progressive lubrication systems.

In the next part of the thesis, I examined the inadequacies of the lubrication system of the so-called HCD sliding ring dust seal used on the MBM4 equipment, which I learned during operational experience. In the lubrication system, errors often occurred during the delivery of the lubricant to the lubrication points. These typically resulted from volume problems and blockages resulting in overpressure. The HCD oil nozzle clogging error proved to be the most common error, so I determined its effect on the equipment, as well as the possible causes of its occurrence. After analysing the results, I carried out detailed investigations in the following four areas. Determination of the required amount of lubricant, examination of the structural design of the lubrication line system, the extent and cause of heat loss, and the pressure conditions on the frictional surface of the HCD dust seal.

Based on the results of the tests, I prepared my development proposals, which are briefly as follows: increasing the quantity of delivered lubricant by 10%, as well as reducing the quantity outside of work hours; complete reconstruction and replacement of the pipeline system with a larger-diameter drawn, bendable steel pipe; relocation of distribution valves to the machine body; modification of the starting characteristic of the electric motor of the lubricant pump; provision of insulation and electric self-regulating pipe heating for lines and distribution valves; transformation of the control of the compression cylinders.



Among the expected results of the development, I would like to highlight the following: pumping an amount of lubricant in accordance with the specification in the manual; reducing the length of the entire pipeline system by 72%, which significantly reduces the loss caused by pipe wall friction and the number of error possibilities; reduction of starting back pressure; keeping the lubricant at a constant value above 60°C, which avoids the error caused by blockages caused by an increase in viscosity; furthermore, in addition to the lower clamping force, the flushing role of the lubricant between the friction surfaces is more effective. During the semester, some of the development proposals were implemented. No malfunctions occurred during the first 3-month test period.

In my thesis, I examined the relationship between the investment cost of improvements and the annual cost of technical errors that occur. Based on the data received from the maintenance department, I organized the errors and the time required for repairs, the hourly wages, mother costs, and the loss caused by the loss of production. I listed the cost of the development based on a price quote from a construction company. A comparison of the costs shows that the investment will pay for itself in 5 months.

It can be concluded that the proposed and partially implemented improvements provide a suitable technical solution to the previously detected malfunctions during operation. In addition, it is an extremely fast-paying investment in economic terms.

## **11. Köszönetnyilvánítás**

Szeretném megköszönni az Apollo Tyres (Hungary) Kft-nek és Sándor Bence senior karbantartó mérnöknek a szakdolgozatom elkészítéséhez nyújtott segítséget. Továbbá Dr. Kári-Horváth Attila belső és Dr. Zsidai László külső konzulensemnek az iránymutatást és a tanácsokat, melyek nélkül dolgozatom nem nyerhette volna el ezen komplex formáját.

## 12. Nyilatkozatok

### NYILATKOZAT

Alulírott László Márk, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,  
Gödöllői Campus,  
Kenéstechnikai és tribo-diagnosztika szak nappali/levelező\*  
tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése  
során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem.  
Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas  
összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf  
formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve  
az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: Gödöllő év 10 hó 27 nap



Hallgató

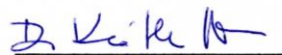
### NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a  
Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom áttekintettem, a hallgatót az irodalmi  
források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom /  
nem javaslom\*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem\*

Kelt: Gödöllő év 10. hó 27. nap



Belső konzulens

\*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

## NYILATKOZAT

### a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>1</sup> nyilvános hozzáféréseről és eredetiségéről

A hallgató neve: László Márk  
A Hallgató Neptun kódja: CWYH9O  
A dolgozat címe: Gumi alpanyaggyártó tandem keverő berendezés kenési rendszerének optimalizálása  
A megjelenés éve: 2023  
A tanszék neve: Műszaki Intézet

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>2</sup> egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt:    Gödöllő    év    10.    hó    27.    nap



Hallgató aláírása

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

## KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A László Márk (név) (hallgató Neptun azonosítója: CWYH90) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>3</sup>

Kelt:      Gödöllő      év    10.      hó    27.    nap



Belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.

### 13. Irodalomjegyzék

- [1.] Bartha Zoltán Dr., „Gumiari kézikönyv, I. Kötet” Taurus-OMIKK, 1988.
- [2.] Felszeghi Sára Dr., „Kutatási jelentés – Gumiipar specifikus beszámoló”, Munkástanácsok Országos Szövetsége, 2018.
- [3.] Farrel Limited, „305N Banbury Keverőkamra és Hidraulikus Tölcsér Felhasználói Kézikönyv”, Queensway, 2015.
- [4.] Hudi Edina, „a gumigyártáshoz szükséges gépek, berendezések, szerszámok kiválasztása”, NSZFI, 2008.
- [5.] E. Elisabeth, „ Basics of rotary encoders: Overview and new technologies,” Machine Design Magazine, pp. 32-38., 2014.
- [6.] Oláh Szabolcs, „Az abroncsgyártás alapjai”, BME előadás, 2021.
- [7.] Kaushik A. – Jayant K. Dr, „Productivity improvement in tyre manufacturing plant”, International Journal Of Advance Research, Ideads and Inovvations in Technology, 2019.
- [8.] Knirsch Györgyné, „Gumiipari Technológia II., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990.
- [9.] Pap Zsolt, „Gumiipari Technológiai alpműveletek, Extrudálás”, Taurus Gumiipari Vállalat Műszaki Intézet, Budapest, 1992.
- [10.] Samay Géza Dr., „Új gumiipari technológiák bevezetése” NSZFI, 2008.
- [11.] Valasek István dr., „Tribológia 4. Kenőkészülékek, logisztika” Budapest, 2003.
- [12.] Valasek István dr. – Törös Mihályné, „Tribológia”, Képzőművészeti Kiadó, 2007.
- [13.] <https://corporate.apollotyres.com> (2023.08.12)
- [14.] <https://www.ananrubbermachinery.com/product/rubber-mixing-mill.png> (2023.08.12)

- [15.] <https://cdn.britannica.com/77/1677-050-B1C2054F/mixer-Banbury-polymers-mixing-additives-plastic-rubber.jpg> (2023.08.28)
- [16.] <https://rubbermachineryworld.com/tag/screw-type-extruder/> (2023.09.05)
- [17.] <https://www.ipartecnika.com/kenestechnika> (2023.09.05)
- [18.] <https://koyo.jtekt.co.jp/en/support/bearing-knowledge/12-2000.html> (2023.10.12)
- [19.] <https://www.dropsa.com/en> (2023.10.12)

## **14. Mellékletek jegyzéke**

1. sz. melléklet: Dropsa SMX/SMO – Progresszív elosztó katalógus
2. sz. melléklet: MOL Transol 460 - Technikai adatlap
3. sz. melléklet: SMEM - Villamos motor katalógus



1. számú melléklet



## SMX/SMO MODULAR PROGRESSIVE DIVIDERS

The SMX/SMO modular dividers are capable of guaranteeing precise lubrication while maximising the efficiency of lubrication systems.

The divider consists of two main parts:

- **THE BASE** (consisting of a minimum of three elements)
- **THE METERING VALVES** (available with both a **single outlet** as well as a **double one**).



To maximize the performance of the plant, it is crucial to use **electrical monitoring elements** that detect malfunctioning or system blockage.

Thanks to its **modularity**, the system can be easily expanded and replacement of metering elements can occur without removing the pipework, thereby guaranteeing low maintenance costs. The modularity of the dividers furthermore allows you to bundle lubrication points according to system requirements.

The modular system consists of two main components: the base and the metering elements.

The modular progressive divider is available in two sizes:

SMO: Miniature (Mini)

SMX: Standard

### GENERAL CHARACTERISTICS FOR LUBRICANTS AND MAXIMUM OPERATING PRESSURE:

	SMX	SMO
<b>OIL</b>	Mineral oil viscosity 32 ÷ 6000 cSt	Mineral oil viscosity 32 ÷ 6000 cSt
<b>GREASE</b>	EP type - without a thickener Viscosity between 000 ÷ NLGI 2	EP type - without a thickener Viscosity between 000 ÷ NLGI 2
<b>NUMBER OF STROKES/MINUTE</b>	Max. 500 for the dosing element without a sensor, oil viscosity max. 220 cSt For the dosing unit with a sensor, see section 1.2.8	Max. 300 for the dosing element without a sensor, oil viscosity max. 220 cSt For the dosing unit with a sensor, see section 1.2.8
<b>OPERATING PRESSURE</b>	Max 500 bar	Max 400 bar

*Note: the pressure is directly proportional to the number of strokes*

*The value of viscosity for oil and grease are always linked to the operating temperature*



## THE BASES

THE BASE CONSISTS OF A MINIMUM OF THREE ELEMENTS.

INITIAL, INTERMEDIATE AND FINAL BASE

For assembling, it is essential to know the number of outlets required to lubricate the system in order to identify the number of useful elements.

The screws are not included; it is recommended that you buy the **BASE AND ELEMENT ASSEMBLY KIT** (part number **3140857** composed of no. 3 screws for the assembly of the base- no. 3 threaded grub screws - no. 2 screws for the elements)

If you do not have special requirements, it is possible to order assembled bases that are already mounted (see p. 3).

The elements can be assembled easily, without having to detach the pipework.

During assembly, pay **ATTENTION** to the O-rings situated on the side of the base.



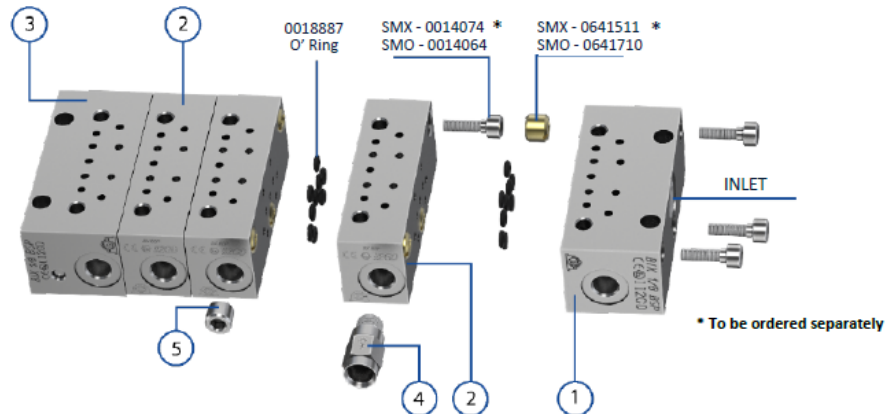
1. INITIAL BASE



2. INTERMEDIATE BASE



3. END BASE



## 2. számú melléklet

# MOL Transol 460

## ipari hajtóműolaj



A MOL Transol 460 nagy finomítási fokú ásványolaj finomítványokból kiegyensúlyozott összetételű adalékrendszerrel gyártott ipari hajtóműolaj. EP adalékot tartalmaz.

### Alkalmazási terület



Egyenes- és ferdefogazású, homlok és kúpkerekes zárt ipari hajtóművek

Színesfém alkatrészeket (pl. bronz, réz) tartalmazó hajtóművek, csapágyak

Szerszámgépek mechanikus hajtásai

### Tulajdonságok és előnyök

Jó terhelésselvévelő képesség

Stabil kenőfilmet képez, csökkenti a kopást  
Növekszik a berendezések működési biztonsága, rendelkezésre állása, élettartama

Nem képez üledéket

Alacsony szűrő költség és állásidő

Kiváló korrózióvédő hatás

Hosszú hajtómű élettartam, alacsony karbantartási költség

Jó vízelváló képesség

Hatékony és folyamatos kenés

Gyors levegőelválás

Légbuborék mentes, folytonos kenőfilm

Kiváló  
színesfém-összeférhetőség

Bronz és réz alkatrészekkel teljes mértékben összeférhető

### Specifikációk és jóváhagyások

Viszkozitási fokozat: ISO VG 460  
API GL-3  
ISO 12925-1 CKC  
ISO-L-CKC  
DIN 51517-3 (CLP)

### Minőségi jellemzők

Minőségi jellemzők	Tipikus értékek
Sűrűség 15°C-on [g/cm <sup>3</sup> ]	0,903
Kinematikai viszkozitás 40 °C-on [mm <sup>2</sup> /s]	460
Kinematikai viszkozitás 100 °C-on [mm <sup>2</sup> /s]	29,3
Viszkozitási index	91
Folyáspont [°C]	-12
Lobbanáspont (Cleveland) [°C]	250
Kopásgátló tulajdonság (FZG)	
- károsodási terhelési fokozat	>12

A táblázatban szereplő adatok a termékre jellemző tipikus értékek, nem helyettesítik a termék specifikációt.

3. számú melléklet

**DATI TECNICI MOTORI SMEM IE2 6SM2 7SM2**



KW	HP	Modello		rpm	η% 100%	η% 75%	η% 50%	cosφ	In (A) 400V 50Hz	Is □ □ □ In	Cn	Cs □ □ □ Cn	Cmax □ □ □ Cn	W (Kg)
<b>2 poli - 3000 rpm</b>														
0,75	1	6SM2	80A-2	2840	77,4	77,5	74,6	0,81	1,7	5,8	2,5	2,9	3,3	8,9
1,1	1,5	6SM2	80B-2	2860	79,6	79,7	77,2	0,82	2,4	6,8	3,7	3,5	3,6	10,6
1,5	2	6SM2	90S-2	2860	81,3	81,2	78,8	0,84	3,1	6,9	5,0	3,5	3,6	13,2
2,2	3	6SM2	90L-2	2870	83,2	83,7	81,9	0,83	4,6	7,9	7,3	4,1	4,1	16,1
3	4	6SM2	100L-2	2900	84,6	84,4	82,2	0,86	5,9	7,8	9,9	3,4	3,4	22,7
4	5,5	6SM2	112M-2	2910	85,8	85,9	84,4	0,87	7,6	7,5	13,1	2,7	3,3	26,4
5,5	7,5	6SM2	132SA-2	2920	87,0	86,4	84,0	0,88	10,4	7,7	17,9	2,4	3,0	42,3
7,5	10	6SM2	132SB-2	2920	88,1	88,3	87,3	0,88	13,8	8,4	24,4	2,6	3,2	46,2
11	15	7SM2	160MA-2	2930	89,8	90,5	90,6	0,93	19,0	6,0	35,9	2,1	2,8	122
15	20	7SM2	160MB-2	2935	90,7	91,3	91,2	0,93	25,7	6,9	48,8	2,5	3,1	133
18,5	25	7SM2	160L-2	2930	91,2	91,8	92,0	0,94	31,1	6,2	60,2	2,2	2,8	163
22	30	7SM2	180M-2	2950	91,6	91,9	91,7	0,94	37,1	7,1	71,2	2,3	3,3	190
30	40	7SM2	200LA-2	2960	92,4	92,7	92,5	0,92	50,9	6,7	96,8	1,8	3,2	252
37	50	7SM2	200LB-2	2960	92,6	92,9	92,8	0,92	62,7	6,9	119,4	1,9	3,3	275
45	60	7SM2	225M-2	2965	93,3	93,6	93,4	0,93	75,3	6,3	144,8	1,8	3,1	315
55	75	7SM2	250M-2	2965	93,5	93,8	93,7	0,92	91,8	6,1	177,0	1,8	2,9	417
75	100	7SM2	280S-2	2970	94,0	94,1	93,9	0,93	123,9	6,0	240,9	1,7	2,9	572
90	125	7SM2	280M-2	2970	94,3	94,4	94,2	0,93	147,8	5,9	289,2	1,8	2,8	605
110	150	7SM2	315S-2	2980	94,8	95,3	91,0	0,88	190,8	6,7	352,7	2,0	3,2	965
132	180	7SM2	315M-2	2980	95,3	95,6	91,7	0,92	217,8	7,5	423,3	2,4	3,6	1067
160	220	7SM2	315LA-2	2975	95,5	94,6	92,2	0,92	261,7	6,3	513,8	2,0	3,0	1151
200	270	7SM2	315LB-2	2980	95,4	94,6	91,7	0,90	335,3	7,6	641,2	2,6	3,7	1253
250	340	7SM2	355M-2	2980	95,4	95,1	93,2	0,92	411,0	6,1	801,1	1,5	2,4	1600
315	430	7SM2	355L-2	2980	95,5	95,1	94,4	0,92	517,5	6,0	1009,5	1,5	2,3	1850
355	480	7SM2	355LB-2	2980	95,5	95,2	94,5	0,91	590,0	6,5	1139,1	1,3	2,5	2300
<b>4 poli - 1500 rpm</b>														
0,75	1	6SM2	80B-4	1410	79,6	80,2	78,3	0,75	1,8	5,3	5,1	2,8	3,0	11,1
1,1	1,5	6SM2	90S-4	1420	81,4	82,2	80,2	0,72	2,7	6,7	7,4	3,8	2,6	13,9
1,5	2	6SM2	90L-4	1425	82,8	83,4	81,8	0,72	3,7	7,2	10,0	4,0	2,7	16,9
2,2	3	6SM2	100LA-4	1445	84,3	84,4	82,5	0,77	4,9	7,4	14,5	3,6	3,6	22,4
3	4	6SM2	100LB-4	1440	85,5	86,0	84,3	0,78	6,5	7,8	19,9	3,8	3,5	26,4
4	5,5	6SM2	112M-4	1430	86,6	87,2	86,2	0,81	8,1	7,1	26,3	3,1	2,9	32,3
5,5	7,5	6SM2	132S-4	1450	87,7	88,3	87,3	0,83	10,9	7,4	36,1	2,6	2,7	43
7,5	10	6SM2	132M-4	1455	88,7	89,4	88,5	0,84	14,6	7,7	49,2	2,8	2,7	52,6
11	15	7SM2	160M-4	1465	90,2	90,6	90,1	0,87	20,2	6,3	71,6	1,8	3,0	134
15	20	7SM2	160L-4	1470	91,0	91,3	90,5	0,86	27,8	7,3	97,4	2,3	3,4	169
18,5	25	7SM2	180M-4	1470	91,6	92,2	92,1	0,89	32,6	6,8	120,0	1,9	3,0	196
22	30	7SM2	180L-4	1470	91,9	92,4	92,2	0,89	38,8	6,9	142,7	2,0	3,0	242
30	40	7SM2	200L-4	1470	92,3	92,7	92,6	0,89	53,0	6,1	194,5	2,2	2,7	275
37	50	7SM2	225S-4	1480	93,0	93,3	93,0	0,89	64,3	6,4	238,6	2,1	2,6	328
45	60	7SM2	225M-4	1480	93,3	93,5	93,2	0,89	78,3	6,7	290,1	2,4	2,7	355
55	75	7SM2	250M-4	1480	93,8	94,0	93,6	0,88	96,2	6,1	354,5	2,0	2,6	451
75	100	7SM2	280S-4	1485	94,2	94,4	93,9	0,90	128,4	6,5	481,8	2,1	2,8	591
90	125	7SM2	280M-4	1485	94,4	94,6	94,2	0,90	153,8	6,4	578,3	2,1	2,7	692
110	150	7SM2	315S-4	1485	94,8	95,4	91,5	0,91	185,0	6,7	706,3	2,2	2,9	1012
132	180	7SM2	315M-4	1485	95,0	95,2	91,5	0,90	221,8	7,4	848,0	2,4	2,9	1147
160	220	7SM2	315LA-4	1485	95,0	94,7	92,3	0,91	265,2	6,7	1027,5	2,3	2,8	1224
200	270	7SM2	315LB-4	1485	95,5	94,9	92,4	0,92	328,8	6,2	1285,1	2,2	2,6	1331
250	340	7SM2	355M-4	1490	95,6	95,2	94,2	0,90	418,5	6,7	1603,9	2,1	2,5	1650
315	430	7SM2	355L-4	1490	95,7	95,3	94,6	0,90	527,9	7,1	2020,3	2,1	2,2	2040
355	480	7SM2	355LB-4	1490	95,7	95,3	94,7	0,91	589,0	7,0	2277,7	2,1	2,2	2159