



Pataki József
Főmérnök
Goodwill Kft

A V63 sorozatú villamos mozdonyok marokágy csapágyazásának átalakítása

Összefoglaló:

A MÁV V63 sorozatú mozdonyai „életkoruk” feléhez érve részleges korszerűsítés elé néznek. A korszerűsítések egyik pontja a sikló TC motor marokágy átalakítása gördülőcsapágyasra. Az átalakítás kitűzött igény szintjéről, tervezési és technológiai problémáiról, megoldásairól szól írásunk.

A MÁV V63 sorozatú 3600 kW teljesítményű villamos mozdonyai a nyolcvanas évek második felében álltak szolgálatba, és azóta is a magyarországi nagyteljesítményű vontató járművek gerincét alkotják. Most, hogy elérték tervezett élettartamuk felét, felvetődött néhány korszerűsítési igény, melyeket főjavítás keretén belül célszerű megvalósítani. A korszerűsítések nem utolsó szempontja az, hogy ha most nem hajtják végre, akkor később már nem lesz érdemes, mert a megtérülése nem biztosított.

Több más korszerűsítési igény mellett az egyik a marokágy csapágyazás átalakítása sikló csapágyazásról gördülő csapágyazásra. Cikkünkben erre a korszerűsítésre kívánunk fókuszálni, ismertetve a felvetés problémáit, és megoldási lehetőségeit.

A mozdonyokba épített TC 701 típusú vontató motorok eredetileg siklócsapágyas marokággal készültek, ami a kor színvonalának jól megfelelt. A kenéshez szükséges olajat olajszivattyú juttatja az olajteknőből a csapágyakhoz. Az olajszivattyú a tengelyre erősített fogaskerékről kapja a hajtást. Ez a konstrukciós megoldás bőséges kenőanyagról gondoskodik, de van egy hátránya is: ha a mozdony sokáig áll, a kenőolaj a csapágycsészéből, a csőrendszerből és a szivattyúból leszivárog a teknőbe, és újabb indításkor a kerékpár néhány szárazon végzett fordulata után kap csak ismét elegendő kenőanyagot szemben a kenőpárnás kenéssel, mely gyakorlatilag fél fordulat után már ken. Ez idő alatt a csapágyfém ha kismértékben is, de károsodik, és ha a fenti szituáció többször ismétlődik, az a csapágycsésze tönkremeneteléhez vezet.

Furcsa módon a fenti hiányosság nem vezetett olyan szignifikáns meghibásodási gyakorisághoz, mely a konstrukció megváltoztatását kényszerítette volna ki, úgy tűnik, a mozdonyok keveset álltak. Jelentkezett viszont egy újabb tényező, ami egyre tarthatatlanabbá tette a mozdonyok üzembiztonsági helyzetét: a régi szakembergárda kiöregedése után egyre nehezebb olyan szakembert találni, aki a csapágyillesztés nagy türelmet, szakértelmet és lelkiismeretességet igénylő munkáját elvégezné. Ezt tetézte az utóbbi 4-5 évben jelentkező, mikro villamos kisülésekből származó futófelület eródálódás, melynek okai a jelenleg folyó kutatások, vizsgálódások dacára még nem tisztázottak. Egy csapágyolvadás a vontató jármű teljes üzemképtelenségét eredményezi, és javítása csak főműhelyben végezhető, több napot, néha hetet vesz igénybe, a forgalomszervezők jogos bosszúságát váltva ki.

A fenti tényezők vezettek arra, hogy az üzemeltető MÁV Rt. Gépészeti Üzletág megbízta a MÁV Északi J.J. Kft-t a probléma orvoslásával, a siklócsapágyak gördülő csapágyakkal való kiváltásával.

Az igénypontok megfogalmazásakor a megrendelő igencsak magasra állította a mércét:

* Az átalakítás során minél több alkatrészt meg kell tartani. Ez érthető, mert egy tengely, egy kerék vagy egy acélöntvény TC motorház nem olcsó részegység, ráadásul hosszú átfutású tételként a logisztikusokra is komoly feladatot ró a határidők koordinálása.

* A különözeti alkatrészek könnyen beszerezhetőek, legyárthatóak legyenek.

* A lehető legkisebb gondozási igényű legyen a konstrukció. Ezt az igénypontot a nyilvánvaló élőmunka-takarékosság indokolja.

* A karbantartási igény igazodjon a jelenlegi ciklusidőhöz. Jelenleg a forgóvázak 400-600 ezer kilométer futás után kerülnek be a javítóba abronccsereére. Észszerű igény, hogy a leendő csapágyak élettartama ezzel az értékkel, vagy ennek egészszámú többszörösével egyezzen meg.

* Az átalakítás lehetőleg olcsó, könnyen kivitelezhető legyen, alkalmazkodjon a MÁV Északi J.J. Kft. technológiai lehetőségeihez. Ez az igénypont nem kíván magyarázatot.

A projekt egy megvalósíthatósági tanulmány elkészítésével kezdődött, melynek elkészítésével az Északi J.J. a GOODWILL Műszaki Fejlesztő Kft.-t bízta meg.

A tanulmány első lépésben sorra vette a szóba jöhető csapágytípusokat.

A szakirodalom és a már működő konstrukciók alapján többféle csapágy alkalmazása jöhetett szóba. Ezek rendre az alábbiak:

* Kúpgörgős csapágypár: Előnye a jó kenési tulajdonsága, kiváló axiális és radiális teherbírása. Hátránya, hogy pontos, figyelmes hézagolást igényel, sem túlhúzni, sem lazán hagyni nem szabad. Hőmozgásra érzékeny.

* Hengergörgős csapágyak: Előnye, hogy egyszerűen szerelhető, hőmozgásra nem érzékeny, jó a radiális terhelhetősége, nagy fordulatszámig terhelhető. Hátránya, hogy a kúpgörgős csapágnál drágább, kenése valamivel gyengébb, axiálisan kevésbé terhelhető, de ez nem is túl nagy igény.

* Hordógörgős (önbeálló) csapágy: Előnye a nagyon jó terhelhetőség axiálisan is, radiálisan is, a jó kenhetőség. Az esetleges tengelygörbülést önbeálló volta miatt könnyen kompenzálja. Hátránya: szerelése a hengergörgősnél bonyolultabb, de a kúpgörgősnél egyszerűbb, a hengergörgősnél kisebb fordulatszámig terhelhető.

* Fenti csapágyak mind célszerűen zsírkenésűek. Mindhárom csapágytípust - külön felárért - villamos szigetelő keramikus bevonattal is lehet rendelni.

Második lépésként a jelenlegi konstrukció került vizsgálat alá az átalakítás szempontjából. A vizsgálódás az alábbi eredményre jutott:

A korszerűsítés természetes velejárója, hogy néhány alkatrészt át kell alakítani. Könnyen belátható, hogy a tengelyen is és a TC motor öntött házában is olyan felületeket kell kialakítani, ami a görgős csapágy befogadását lehetővé teszi. Már a tervezés legelején valószínűsíthető, hogy az alsó marokágyfedelelet – amely a kenőolaj szivattyút is magába foglalja – újjal, egyszerűbbel kell helyettesíteni.

A korszerűsítő átalakításnál a legnagyobb problémát az jelenti, hogy a jelenlegi kerékpártengely a fogaskerékagy ülékén (ahova az agyat felszerelik, ahol az agy ül) és az ütköző gyűrű ülékén a legnagyobb átmérőjű (220 illetve 218 mm), ezt követi a két kerékülék (215 mm). A kerékülékek méretét a szilárdsági megfontolások határozták meg, a fogaskerékagy és az ütköző gyűrű mérete technológiai okokból nagyobb méretű a keréküléknél, csak így húzható fel a tengelyre. A fentiéknél kisebb átmérőt mérhetünk a jelenlegi marokágyak helyén (210 mm).

Ha tehát – első variációként – a jelenlegi marokágy helyére akarnánk felszerelni a katalógus szerinti görgős csapágyakat, a fenti alkatrészeket le kellene sajtolni, és az üléküket kisebb átmérőre munkálni, hogy a csapágy felszerelhető legyen.

Ez esetben megmentenénk a meglevő tengelyt, de új kerékvázat, fogaskerékagyat és ütköző gyűrűt kellene gyártani.

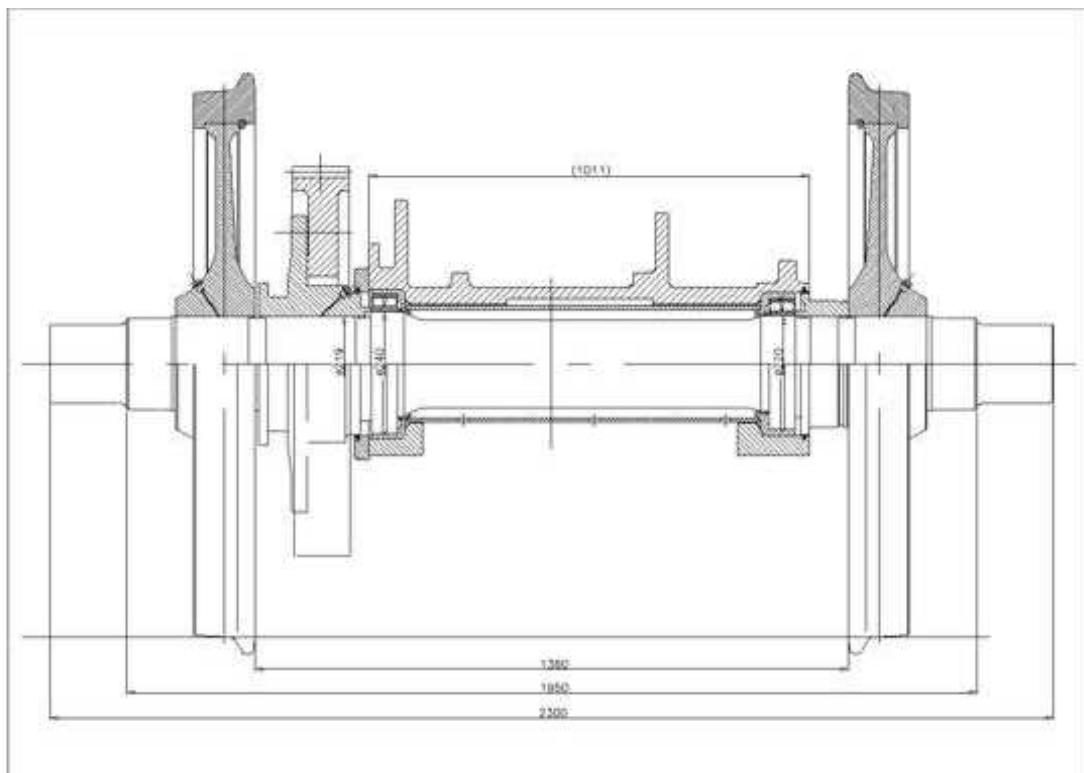
Ugyanakkor szilárdsági problémák is felmerülnek: féltő, hogy a legyengített tengely a kerékagyülésnél már a vasútbiztonsági követelményeknek nem fog megfelelni. Fenti megfontolásból ezt a variációt nem tartjuk kivitelezhetőnek.

Felvetődik egy másik megoldás: a jelenlegi tengelyt áldozni fel, hogy a többi alkatrész megtarthassuk. Ebben az esetben az új tengely középső része 220 mm, vagy annál nagyobb, tehát a csapágyak szerelhetőek. Ha megvizsgáljuk a TC motor öntvényét, hogy be tudja-e fogadni a kiválasztott nagy átmérőjű görgős csapágyat, rögtön kiderül, hogy a TC motor biztonsággal a jelenlegi labirint tömítés helyén képes befogadni a csapágyat, a többi helyen szilárdsági aggályok merülnek fel – elvékonyodik az öntvényház fala –, illetve nem használnánk ki a jelenlegi filctömítés kínálta tömítési lehetőséget. A TC motoron a labirint tömítés helyén a hengeres felület 330 mm átmérőjű, a kiszemelt csapágy külső átmérője 300 mm, ami lehetőséget ad egy csapágyház kialakítására.

Ennél a megoldásnál tehát a meglévő tengelyről le kell sajtolni az összes alkatrészt, új tengelyt kell rendelni, melynek mérete a jelenleginél nagyobb. Módosítani kell a fogaskerékagyat, és új, kisebb belső átmérőjű ütköző gyűrűt kell legyártani. Terveink szerint elmarad a marokágyfedél, helyette karimában végződő csőszerű csapágyház szükséges alakos félgűrű szorító fedelekkkel, melynek végső megmunkálását a TC motor öntött házával együtt kell elvégezni. Fentiekén kívül néhány kisebb különbozeti alkatrész készítése szükséges. Ez a megoldás járhatónak ítéltető.

Másik jó megoldást – ez a harmadik variáció – az SKF cég viszonylag új fejlesztése az osztott gyűrűs hengergörgős csapágya kínálja. A csapágy belső és külső gyűrűje is, valamint a görgőkösár is osztott, ezért le- és felszereléséhez nem kell a kerekeket és az egyéb alkatrészeket leszerelni. Szerelése nem kíván külön speciális szerszámot. Ennél a változatnál megtartható az eredeti tengely, a kerék, a fogaskerékagy, az ütköző gyűrű és a TC öntött ház. A meglévő alkatrészek közül átalakításra szorul a kerékpártengely, de a megmunkáláshoz nem kell lesajtolni róla a fent levő alkatrészeket. Ugyancsak át kell alakítani TC öntött házát, a marokágyak helyén kell a forgácsolást elvégezni. Új marokágyfedél készül – terveink szerint hegesztett (nem öntött!) konstrukció –, melynek végső megmunkálását a TC öntött házával együtt kell elvégezni. Fentiekén kívül néhány kisebb különbozeti alkatrész készítése szükséges.

A harmadik variáció hátránya, hogy a speciális csapágy ára a katalógus szerinti csapágyakénál jóval drágább (6-7-szerese!), és az, hogy megkeresésünkre az SKF műszaki szakemberei azt a választ adták, hogy nincsenek jó tapasztalataik az osztott csapágy marokcsapágyként történő alkalmazásával.



Itt jegyezzük meg, hogy a tervezésnek már ebben a korai szakaszában szoros együttműködés alakult ki a csapágygyártó, a tervező és a kivitelező cégek szakemberei között, mely a továbbiakban is végigkísérte a folyamatot.

A megvalósíthatósági tanulmány elkészülte után a megrendelő Gépészeti Üzletág, a kivitelező MÁV Északi J.J. Kft. és a tervező GOODWILL kft. szakemberei közösen tartott megbeszélésén az a döntés született, hogy a meglévő tengely feláldozása mellett új tengely készítésével és hordógörgős beálló csapágy alkalmazásával valósuljon meg az átalakítás. A döntésben közrejátszott egy különös körülmény is, melyre itt érdemes kitérni.

Annak idején a tengelyt úgy méretezték, hogy a szilárdsági tulajdonságait igencsak kihasználták, már az akkori szilárdsági számítások is azt bizonyítják, hogy a tengelyen fellépő terhelések egyes keresztmetszetekben kifáradási határhoz közeli feszültségeket eredményeznek. A tengelyek csak úgy feleltek meg a szilárdsági követelményeknek, hogy a felületüket görgőzték, ezzel a felületüket tömörítették, kitolva ezzel a kifáradási határfeszültségüket, csökkentve a repedés megindulásának veszélyét. Nem is fordult elő meghibásodás az éber ellenőrzés mellett – az utóbbi néhány évig. A közelmúltban azonban repedéseket fedeztek fel néhány tengelyen a fogaskerékagy ülékénél, melynek okáról megoszlanak a vélemények. Egyes vélemények szerint ezek utángyártott tengelyek, melyeknél a görgőzést már nem végezték el a tengely teljes hosszában. Más vélemények a szükségesnél kisebb átmérőt, vagy a nem ideális geometriai kialakítást okolják – lehet, hogy nem alaptalanul.

Mindent egybevetve a TC marokágy csapágyazás átalakítása kiváló alkalmat kínált arra, hogy a tengely szilárdságát növeljük, ezzel a forgalombiztonság követelményeinek jobban megfeleljünk. Nyilvánvalóan ebbe az irányba hajtanak bennünket a Bz motorvonatok nem is olyan régen történt meghibásodásai is.

A tengely geometriáját – a csapágyakhoz illeszkedő felületek kialakítása mellett – úgy változtattuk meg, hogy a kerék és a fogaskerékagy alatti átmérőket kissé megnöveltük, és a tengelyvállakat lágy átmenetekkel a repedéseknek leginkább ellenálló kivitelűre terveztük.

A tengelyt MSZ EN 13104 szabvány szerinti ellenőrző számítással szilárdságilag ellenőriztük, a számítások szerint a tengely szilárdságilag a szabványnak megfelel. Bizonyára nem véletlen, hogy a tengely azon keresztmetszete bizonyult a számítások szerint a leginkább igénybe vettnek, ahol az utóbbi időben a repedések jelentkeztek. Érdekesség, hogy archívumból előkerült az eredeti KGST-módszer szerinti számítás, melyet húsz évvel ezelőtt készítettek a Ganz-MÁVAG-ban, és amely jellegében azonos, de számszerűségében eltérő igénybevételi körülményeket mutat a mostani, legkorszerűbbnek ítélt MSZ EN metódus szerintivel.

Természetesen a csapágyakat is ellenőriztük várható élettartamra és határ-fordulatszámra az ISO 281számítási módszer szerint.

A számítások kezdetén az jelentette a legnagyobb problémát, hogy nem tudtunk jellemző egyenértékű terhelést meghatározni. A csapágygyártó cégek azt javasolják, hogy egy kísérleti járművet – felszerelve erő, elmozdulás, gyorsulás stb. érzékelőkkel – futtassunk végig azon a pályán, ahol a járművet jellemzően működtetni akarjuk, és a kapott eredményeket számítógépes program segítségével kiértékelve állapítsuk meg az egyenértékű csapágyterhelést. Ez mind nagyon helyénvaló például olyan járműveknél, amelyek egész üzemidejük alatt ugyanazon a pályán futnak oda-vissza, példának okáért egy elővárosi tolivonat, mely ugyanarra a vonalra van kijelölve, mindig ugyanott és ugyanúgy indít, gyorsít, lassít és áll meg. Ám könnyen belátható, hogy a V63-as mozdonyok a legváltozatosabb feladatokra vannak kijelölve, úgy gyors- és személyvonati, mint tehervonati szolgálatra, tehát jellemző egyenértékű terhelés felelősséggel nem állapítható meg.

Nem volt más út, mint – egy egyenértékű terhelési értékkel végzett számítás helyett – több jellemző terhelési érték alkalmazásával különböző terhelési esetekre ellenőrizzük a csapágyakat.

Könnyű belátni, hogy a csapágyakra ható erők két fő komponensből tevődnek össze, az első a TC motor tömegéből adódó statikus terhelés, a másik a vontatásból adódó, a TC felfüggesztésre és a marokágy csapágyra ható nyomaték ereje. A szuperponált erőt dinamikus tényezővel kell korrigálni, amely a vasúti pályáról a járműre jutó, pályahibákból eredő igénybevétel. A jellemző terhelési eseteket a vonóerő jellemző pontjaihoz illesztettük:

* az indító vonóerőhöz;

* az állandó vonóerőhöz;

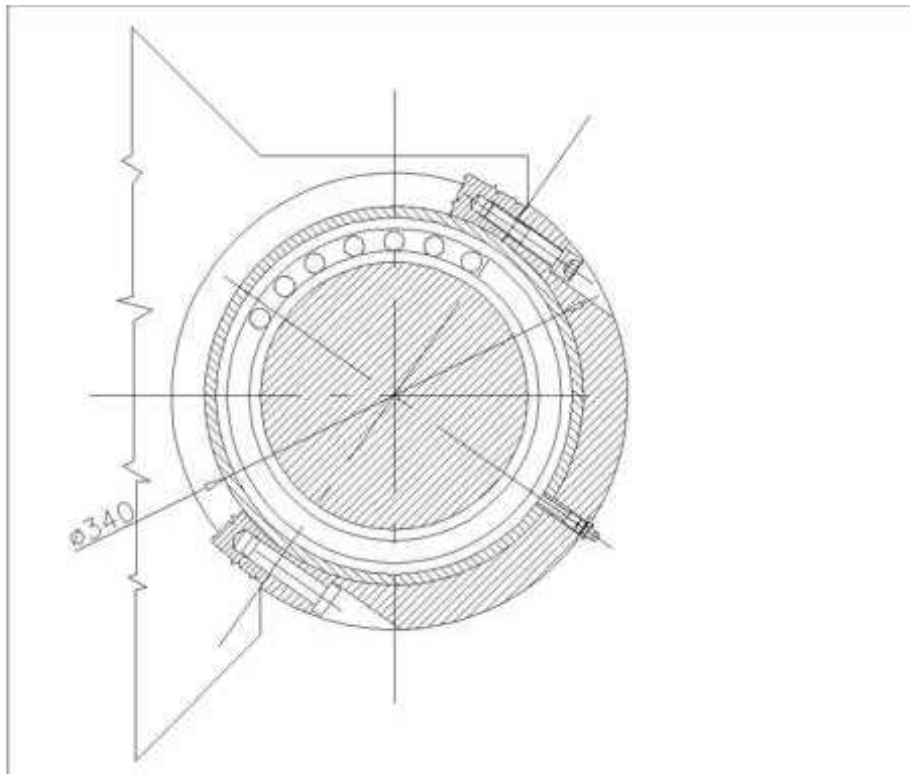
* a 80 km/h sebességhez tartozó vonóerőhöz, mint a maximális sebesség 66,7%-ához tartozó vonóerőhöz;

* a 120 km/h sebességhez tartozó vonóerőhöz, mint a maximális sebességhez tartozó vonóerőhöz.

A számítások elvégzésénél két egymással szemben ható tényező érvényesülése volt megfigyelhető, mely a végeredményt közel azonos értéken tartotta. Ez a két tényező a vonóerő és a dinamikus tényező. A vonóerő – és az ebből adódó nyomatéki reakció erő – kis sebességnél nagy értékű, és a sebesség növekedésével csökken. A dinamikus tényező viszont ellenkezőleg, kis sebességnél alacsony értékű, a sebesség növekedésével viszont egyre nagyobb. Ennek eredménye, hogy a várható élettartam értéke a különböző terhelési esetekben egy nagyságrenden belüli értékre adódik.

A számítások olyan eredményt adtak, melyek szerint a TC marokágy csapágyak négy abroncs élettartamát biztonsággal kiszolgálják. Ugyanakkor „északis” kollegáink tapasztalatai szerint a tengelycsapágyak, melyek nagyon hasonló körülmények között üzemelnek, és ne feledjük, hogy az M44-es, az M40-es, a V46-os tengelycsapágy szintén beálló csapágy, hosszabb ideig szolgálnak, mint a számított élettartam. Nyugodt szívvel szerelnék vissza olyan csapágyakat újabb periódusra, melyeknek a számítás szerint már tönkre kellett volna menni, mert egyszerűen még jók. Fentiek arra utalnak, hogy a számítások még tartalékot rejtenek magukba, és joggal feltételezhető, hogy a beépítendő csapágyak további abroncsok idejét is kitöltik, ami 3-3,6 millió kilométer.

A számításokat kiküldtük Prágába az SKF cég Kelet-Közép-Kelet-Európai Kutató Központjába jóváhagyásra. A válasz nemes egyszerűségű volt: a csapágy O.K., túlméretes (oversized).



Most essék néhány szó a konstrukcióról magáról. A csapágyazást két darab eltérő méretű beálló csapágy adja. Azért választottuk az eltérő méretet, hogy esetleges meghibásodásnál elegendő legyen csak az egyik kereket lesajtolni a csapágycseréhez. Célszerűen a fogaskerékoldalra tettük a nagyobb méretű csapágyat, azért is, mert a hajtás miatt itt nagyobb erők lépnek fel. A csapágyak egy csőszerű, két karimában végződő csapágyházban helyezkednek el. A csapágyházat két vastos félgűrű rögzíti a TC motor házához.

A TC motor acélöntvény házát a marokágycsapat helyén megmunkálással át kell alakítani. Ezt a munkát speciális, e célra tervezendő készülékben nagy pontosságú, CNC vezérlésű fúró-marógépen tervezzük a járműjavítóban lefolytatni.

A radiális erők a tengelyről a TC motor házára a csapágyakon és a csapágyházon keresztül adódnak át. Az axiális erők átadása kicsit bonyolultabb. Azok a terelőerők, amelyek a fogaskerékoldali kerékre hatnak, a kerékről a tengelyre, onnan pedig a fogaskerékagyra adódnak át a zsugorkötéseken keresztül. A fogaskerékagy a mellette levő csapágy belső gyűrűjére közvetíti az erőt, ami a görgők, a külső gyűrű és a csapágyház közvetítésével a TC motor házának adódnak át. Az ellentétes irányú erő a másik kerékről az ütköző gyűrű, a belső csapágygyűrű, a görgők, a külső csapágygyűrű, csapágyház, TC motor ház láncolatán keresztül adódnak át. Fontos, hogy az erőátadó láncolat a kerék és a csapágy belső gyűrű közötti szakaszán szilárd kötések legyenek, az erő hatására véletlenül se mozdulhasson meg egy elem sem.

Nagyon fontos az összeszerelés sorrendje. Az első lépésben a nagyobbik csapágyat húzzák melegen a helyére, pozícióját a felsajtolási bázisul is szolgáló tengelyváltól pontosan állítják be. Ezután a tömítő filcekkel előre ellátott csapágyházat szerelik fel, majd ebbe szerelik a kisebb csapágyat. A csapágy lehűlése után ellenőrző művelet következik, a csapágyak hézagmérése fontos információt szolgáltat arról, hogy az eddigi műveleteket rendben, pontosan végezték-e el. Ha valamelyik átmérőt rosszul munkálták meg, vagy a csapágyat túlhúzták, a hézagmérés azonnal kimutatja. Az előírtnál kisebb hézag a csapágy megfeszüléséhez és idő előtti tönkremeneteléhez vezet, ezért csak előírt méretű csapágyhézag mellett folytatható a szerelés.

A következő lépés az ütköző gyűrű melegen történő felhúszása és csapágygyűrűhöz való ütköztetése. Ezt követi az ütköző gyűrű melletti kerék óvatos felsajtolása, úgy, hogy a kerék éppen elérje az ütköző gyűrűt, de ne tolja el azt a helyéről, mert akkor az a csapágygyűrűt is megmozdítja, és ezzel a csapágyhézag is lecsökken. A helyes sajtolást az ismételt hézagméréssel lehet ellenőrizni.

A fogaskerék agy felhúzását megelőzően a tengelyre lazán felteszik a fogaskerék-koszorút, majd felhúzzák a felmelegített fogaskerékagyat úgy, hogy fémesen ütközzön a csapágyhoz. Ezután következhet a fogaskerék szerelése, és a másik kerék sajtolása.

Ejtsünk néhány szót a tömítésekről. A korábbi konstrukció kombinált tömítési rendszert alkalmazott, labirint, filc és ajkás szilikon gumi szolgált a kenőanyag megtartására, akadályozta elszívárgását és védte az olajteret a szennyeződésektől. Esetünkben egyszerűbb a helyzet, mert a zsírkenés nem kíván olyan komoly tömítési rendszert, mint az olajkenés. Ha sorba vesszük a tömítési helyeket, kiderül, hogy szennyeződés bejutásától csak egy helyen kell tartanunk. A fogaskerék házban nagyviszkózitású hajtóműolaj van, ezen a helyen nem fenyeget szilárd szennyeződés, de még olajbeszívárgás veszélye sem. A kerékpártengely közepe felé a csapágyházon belül csak az elszívárgás veszélye miatt kell tömítenünk, szennyeződés ezeken a helyeken nem veszélyezteteti a csapágyat, a tömítésnek csak kenőzsír megtartó szerepe van. Ezekben a helyeken az SKF forgalmazta „V” tömítő gumit alkalmaztunk egyszerűsége és olcsó helykialakítási lehetősége miatt. Az egyetlen neuralgikus pont a fogaskerékkel ellentétes oldali tömítési hely az ütköző gyűrűnél, ahol por-, sár-, víztámadás veszélye áll fenn, itt különös gonddal kell a filctömítést szerelni. Újfajta tömítést azért nem alkalmaztunk ezen a helyen, mert jelenleg is filctömítés van itt, és egyrészt kínálta magát a horony, másrészt problémás lett volna más tömítőrendszernek helyet kialakítani. Végül ne feledjük, hogy a filctömítés több évtizede bevált, olcsó tömítési mód a tengelycsapágyazásoknál.

A megrendelő tevei szerint egy mozdony kerül átalakításra prototípus jelleggel, melyet egy éven át (hogy minden évszakban vizsgáljon) fokozott felügyelet mellett üzemeltetnek, majd teljes szétszereléses revízió értékeli az üzemeltetési tapasztalatokat. Ha az új konstrukció beválik – amit őszintén remélünk –, a többi mozdony is új marokágy csapágyazást kap.

Végezetül itt szeretnénk köszönetet mondani az SKF szakembereinek, Frank János (Budapest), Jan Babka (Prága) uraknak, és a MÁV szakembereinek, Kiss Béla Vadász Pál és Papp Zoltán uraknak, hogy értékes észrevételeikkel elősegítették az optimális konstrukció és technológia kialakítását.

Tervezzük, hogy az egyéves üzemeltetési tapasztalatokat a lap olvasóival megosztjuk. Tehát folytatás következik.

A cikkhez tartozó valamennyi ábra a Vasútgépészet szaklapban megtekinthető.