

**DR. ZOBORY ISTVÁN**okl. gépészmérnök
professzor emerítusz**BÉKEFI ELEMÉR**okl. gépészmérnök
ny. tudományos munkatársVasúti Járművek, Repülőgépek és Hajók Tanszék
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**KRÉMER
MIKLÓS**okl. gépészmérnök
egyetemi tanársegéd**SÁBITZ LÁSZLÓ**okl. gépészmérnök
egyetemi tanársegéd**DR. SZABÓ
ANDRÁS**okl. gépészmérnök
docens

100 t tömegű teherkocsi háromrészes forgóváza hegesztett oldalkeretének és keresztgerendájának előtervezése tekintettel a kifaradási élettartamra

1. Bevezetés

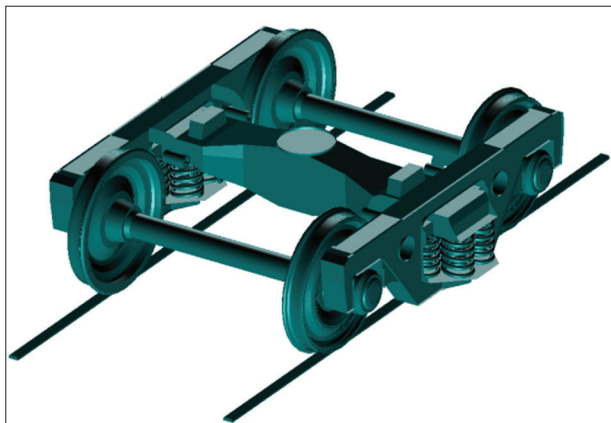
Az előadás jelen leírataiban egy előtervezési folyamat kerül bemutatásra a hegesztett forgóvázkeret koncepció alapján.

A forgóvázat 1520 mm-es nyomtávra tervezzük. A fejlesztés célja a repedésre hajlamos régi öntött acél forgóváz oldalkeretek és a kereszttartók új, hegesztett elemekre való cseréje volt, azon feltétel mellett, hogy az eredeti hordrugóknak, tengelyágytokoknak, valamint a fékberendezés csatlakozópontjainak változatlanoknak kell maradniuk. Így az új hegesztett szerkezetnek csereszabatosnak kell maradni az eredeti öntött acél szerkezettel.

Az oldalkeret és a kereszttartó zárt szelvényű (szekrényes) geometriája úgy került kifejlesztésre, hogy az teljesítse a gyártási eljárás során szándékozni alkalmazott robotizált hegesztési technológia speciális követelményeit.

2. A forgóvázkeret terhelései

Az előtervezési eljárás során a forgóvázkeretnek a jármű-felépítmény teljes terheléséhez tartozó 90 t-ás tömegéből adódó függőleges erőket tekintettük. Első lépésben a statikus terhelési esetet, másodikban a pályaeigenetlenségek által gerjesztett dinamikus terhelési esetet vettük figyelembe. A keresztirányú terhelések különböző pályá ívsugarak melletti kvázi-statisztikus ívbenfutási szimulációk útján kerültek levezetésre. Ami a fékezések okozta dinamikus terheléseket illeti, megállító fékezéseket szimuláltunk különböző fékezési kezdősebességről. A forgóváz szerkezet pre-koncepciója szerint annak lehetőségét vizsgáltuk, hogy egységesen 16 mm-es lemezvastagságot alkalmazzunk. A tervezett hegesztett forgóvázkeret és a kereszttartó anyagául a 37D szerkezeti acélt választottuk, amelynek Wöhler görbéi is rendelkezésre álltak korábbi próbapálca fárasztási vizsgálataink alapján.



1. ábra: A háromrészes forgóváz és a kerékpárok 3D modellje

3. A forgóvázkeret szerkezeti tervezése

A tervezési folyamat kezdő lépése a 3D geometriai modell kialakítása volt, ami előkészítette a direkt végeselemes analíziseket, lásd az 1. ábrát. A forgóváz szerkezet kezdeti alakját mérnöki mechanika kinematikai és dinamikai megfontolásai alapján határoztuk meg, egyelőre szabályzatok előírások formális alkalmazása nélkül.

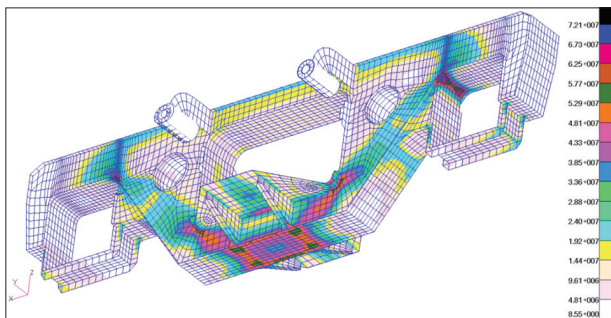
4. Feszültség elemzés

4.1 Statikus elemzések

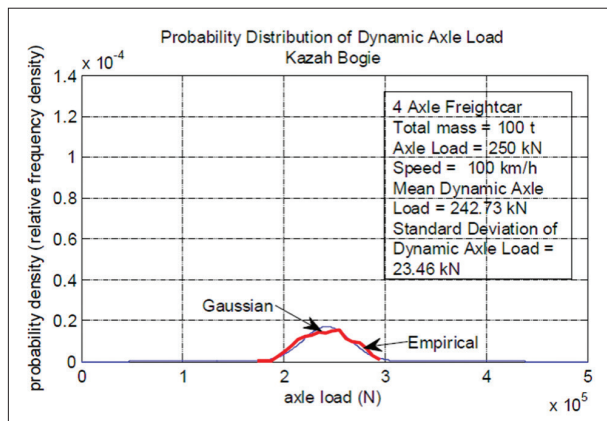
Végeselemes szimulációk sorát végeztük el az oldalkeret és a keresztartó (bolster) vonatkozásában a feszültségi állapot meghatározására, első lépésben statikus függőleges terhelésekre. Az erőátadás az ágytokok és az oldalkeret, valamint a rugórendszer és az oldalkeret között közelítések alkalmazásával került modellezésre. Hasonló eljárást követtünk a zárt szelvényű keresztartó tervezésekor is. A szerkezeti kialakítás speciális vonása az, hogy egységes lemezvastagságot alkalmaztunk a hegesztett szerkezetekben, mind az oldalkeretről, mind a keresztartónál.

4.2 Dinamikai elemzések

A tervezési folyamat második lépése azon dinamikus hatások figyelembevétele volt, amelyek az üzemben a pálya geometriai egyenetlenségek jelenléte okozta gerjesztés



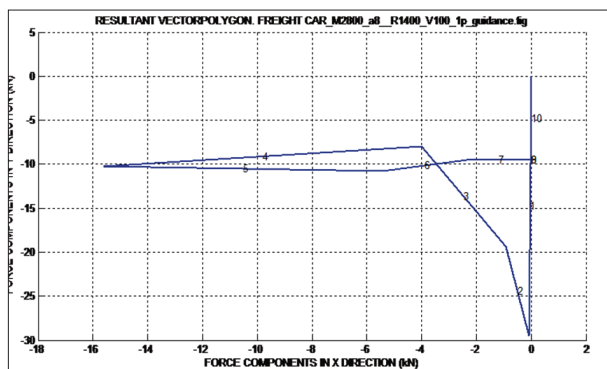
2. ábra: A Von Mises redukált feszültség eloszlás az oldalkeretben



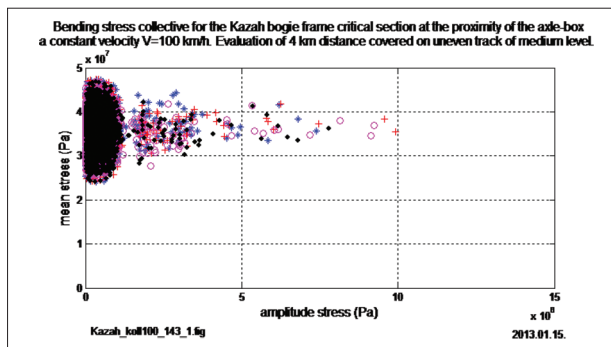
3. ábra: A 100 km/h-nál kialakuló dinamikus tengelyterők valószínűségi sűrűségfüggvénye

miatt jönnek létre az üzem során. Kiterjedt dinamikai szimuláció sorozat került végrehajtásra nagy többszabadságfokú koncentrált paraméterű dinamikai modell alapján, hogy meghatározzuk a dinamikus tengelyterhelések eloszlását (lásd a 3. ábrát) és a dinamikus hajlítónyomatékok időfüggését, valamint az utóbbi által a szerkezet kritikus helyein okozott dinamikus hajlítófeszültségeket. Az $R = 1400$ m sugarú körívben $v = 100$ km/h sebességgel haladó forgóvázra a vízszintes síkban ható erők vektorpoligonját a 4. ábra mutatja.

A numerikusan meghatározott időfüggő feszültségfolyamat alapján, amely a pálya-gerjesztésre adott válaszként azonosítható, meghatározásra kerültek a feszültségkollektívák a kifáradási élettartam előrejelzésére, lásd az 5. ábrát. A kifáradási élettartam pontosabb előrejelzésére a különböző sebességekről történő megállító fékezések okozta feszültségfolyamatokat és feszültségkollektívákat is meghatároztuk a forgóváz vizsgált pontjaiban. Az előzetes méretezési folyamat teljessé tétele érdekében a különböző sugarú ívek befutásakor keletkező keresztirányú erők hatását is figyelembe vettük. A relatíve kisebb sugarú ívek adták a meghatározó terhelési eseteket a kvázi-statisztikus ívben haladási analízis során.



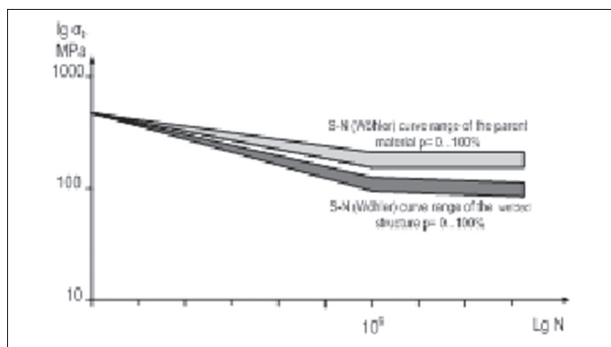
4. ábra: A kvázi-statisztikus ívben haladás során kialakuló vízszintes síkban erőpoligon 100 km/h sebességnél, 1400 m sugarú körpályán



5. ábra: Dinamikus hajlítófeszültség kollektíva a forgóváznyak kritikus pontjára 100 km/h haladási sebesség mellett (25 km-es pályahosszon szimulált menet)

5. Kifáradási élettartam számítás

A végleges feszültség analízis kiterjedt az oldalkeret és a keresztartó ívben haladaskor adódó torziós terhelésre és a fékműködés keltette erőkre is. A megtervezett oldalkeret és a keresztartó élettartamának előrejelzett eloszlásfüggvényei a szerkezet Wöhler görbéire alapozva kerültek meghatározásra, mely szerkezeti Wöhler görbék azon laboratóriumi fárasztóvizsgálati eredményekből lettek levezetve. Az utóbbiakat az alkalmazni szándékozott 37D anyagból készült 16 mm-es lemezvastagságú próbapálcákon korábban végeztük (lásd a 6. ábrát). Az előrejelzett élettartam számítása során a kifáradásos károsodáshalmozódás



6. ábra: A 37D anyag és az abból egyoldalas sarokvarrattal hegesztett szerkezet Wöhler-görbéi

zódás tekintetében a Miner-hipotézis került alkalmazásra. Mint végső eredmény a kifáradásos károsodási esemény valamely úthossz befutása előtti bekövetkezési valószínűségét megadó eloszlásfüggvény került meghatározásra közelítő Weibull-eloszlásfüggvény illesztésével.

6. Következtetések

A numerikus szimulációk eredményeként a következő konklúziók vonhatók le:

- Az elvégzett előzetes tervezés alapján a három részes forgóváz részletes tervezése kimunkálható, és a szabványokkal való összhang is biztosítható.

- Az előzetes tervezés az alapja a hegesztett szerkezet optimalizálásának a gyártástechnológiára és költség meghatározókra vonatkozó célfüggvények mellett.

7. Hivatkozások

- [1] MSC. Software Corporation: PATRAN 2012 User's Guide. Copyright 2012 MSC. Software Corporation. Printed in U.S.A., 2012
- [2] MSC. Software Corporation: MARC 2012 User's Guide. Copyright 2012 MSC. Software Corporation. Printed in U.S.A., 2012
- [3] Skiba, I.F.: Wagons., Izd Transport, Moscow 1979 (in Russian)
- [4] Zobory, I. – Békefi, E.: Thoughts on the Classical Theory of Steady Curving of Traditional Running Gears. Proceedings of BOGIE'01, (Ed. by Prof. I. Zobory), BME, Budapest, 2001. p.239-251.

VSDIA 2014

A BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS JÁRMŰMÉRNÖKI KARÁNAK
Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpontja
(EJIT)

szervezésében 2014. november 10-12. között rendezték meg a Budapesten a két évenként esedékes, immár 14. alkalommal megvalósuló

VEHICLE SYSTEM DYNAMICS, IDENTIFICATION AND ANOMALIES

című angol nyelvű tudományos konferenciát, melynek neve rövid alakja VSDIA-2014.

A BME keretében működő hazai rendezésű nemzetközi konferencia sorozat 26 éves fennállását ünnepelhet.

A konferencia elnöke Dr. Zobory István professzor úr, az MTA doktora volt.

A konferencia Nemzetközi Tudományos Bizottság amerikai, japán, dán, francia, olasz, német, osztrák és magyar tudósokból állt.

Az angol nyelven megtartott konferencia 14 országból érkezett előadásairól, előadóiról részletesebben a

www.railveh.bme.hu/vsdia2014.html

weboldalon informálódhatunk. A konferencia előadásainak teljes anyagát tartalmazó angol nyelvű Proceedings kötet 2015 közepére jelenik meg.

A Konferencia támogatói: BME, Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft., Knorr-Bremse Kutató és Fejlesztő Intézet, Knorr-Bremse Vasúti Járműrendszerek Hungária Kft., AVL Autokut Kft., Stadler Trains Magyarország Kft., Műszer-Automatika Kft., GRAMPET Debreceni Vagongyár Kft., Magyar Közlekedési Szövetség.