

HASZONJÁRMŰ KERÉKCSAVAR LAZULÁSÁNAK KÉRDÉSEI

SELF-LOOSENING OF TRUCK WHEEL BOLTS

*Dr. Lovas László egyetemi docens, lovas@kge.bme.hu
BME Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis Tanszék*

ABSTRACT. Road vehicle wheels are usually fixed with bolted links. Construction of these links depend on wheel type and material, as well as on vehicle type. This paper deals with the self-loosening of a truck's twin wheel. The statics of a twin wheel is discussed then the influence of the wheel load, the wheel torque and the bolt parameters is shown.

1. BEVEZETÉS

A csavarkötés a gépészetben jól bevált, a gyakorlatban széles körűen alkalmazott megoldás. Szokásos anyagoknál, izotrópnak tekinthető anyagok környezetében, időben állandó terhelés esetén könnyű méretezni, előfeszítő erőt és meghúzási nyomatékot számítani. Ha a terhelés iránya a csavar tengelyével megegyezik, akkor időben változó terhelés esetében is jól számítható a kötés. Ha azonban a terhelés térbeli, és legalább két irány mentén ciklikusan változik, a kötés időtállósága problémás lehet. Ugyanez igaz akkor, ha a közrefogott anyagok között vannak olyanok, amelyek anyagtulajdonsága időfüggő.

2. CSAVARKÖTÉSEK JÁRMŰKEREKEKNÉL

A járműiparban széles körben alkalmazzák a csavarkötést közúti jármű kerekek rögzítésére. A kerék rögzíthető egyetlen központi anyával (1. ábra), illetve több anyával (2. ábra). A kerék központozását és rögzítését általában külön gép-elem látja el.



1. ábra. Központi anyás kerék

A csavarkötés kialakítása eltérő személyautóknál és hasznójárműveknél. A személyautó kerekek, ha préselt lemezből készültek, kúpos vagy gömbös fészek kiképzéssel fogadják a csavart. A hasznójármű kerekek és az öntött alumínium személyautó kerekek csavarjának felfekvő felülete általában sík (2. ábra).



2. ábra. Alumínium kerék sík csavarfészekkel

Kerékcsavarak lazulása kis gyakorisággal, de előfordul az üzemeltetés során (3. ábra, 4. ábra). Lazulás esetén látjuk, hogy a lemezkerék csavarfészek jelentős mértékben károsodik, és a laza kerék hornyot mar a kerékcsavarakba.

Alumínium öntvény kerekek esetén sokkal kisebb lehet a károsodás mértéke. Ilyen esetekben a kerékcsavarak fejét süllyesztett furatokban helyezik el. Kiverődő csavarszár esetén a fej hamar feltámaszt a furatban, kisebb a kerék és a csavar károsodása.



3. ábra. Utánfutó kerék kilazult csavarokkal [1]



4. ábra. Kisteherautó kerék kilazult csavarokkal [2]

Nehéz hasznójármű kerekek esetén nincs kúpos vagy gömbös fészek. A hajtó és fékező nyomatékot kizárólag a kerekek és az agy közötti súrlódás viszi át. A megfelelő előfeszítés meglete rendkívüli fontosságú.

A kerék lazulása azért veszélyes, mert a vezető az első kerekek kivételével gyakorlatilag nem érzékeli. A szerző részt vett olyan kísérletben, amelynél hasznójármű hajtott ikerkerékpár csavarjait meglazították, és a járművel zárt pályán közlekedtek. A vezető a kerekek lazaságát még akkor sem észlelte a jármű viselkedésében (egyenes haladás, ívmenet, gyorsítás, fékezés), amikor a kerekek gyorsításkor és fékezéskor a távol álló szemlélő számára hallhatóan hangosan csattantak.

3. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A csavarkötés alapvetően erőzáró kötés. Súrlódás rögzíti az anyát a meneten, és súrlódás rögzíti a csavarfejet vagy az anyát az összefogott anyagokon. Az összefogott anyagok között is súrlódás viszi át az erőt.

A súrlódás jelensége tehát az alábbi helyeken jelenik meg:

- a meneten a csavar és anya között
- anya és közrefogott anyag között
- csavarfej és közrefogott anyag között
- közrefogott anyagok között.

A súrlódás jellemzően száraz vagy vegyes súrlódás, erősen nem lineáris viselkedéssel.

Ugyanannak a csavarkötésnek a meghúzásakor az adott előfeszítő erő eléréséhez szükséges meghúzási nyomaték függ:

- a csavar geometriától,
- a meghúzás számától,
- a kenőanyag jelenlététől,
- az időtől.

Kutatások sora próbálja különböző eszközökkel leírni a csavar és az anya közötti súrlódást [4], [6]. Ugyanakkor a műszaki gyakorlatban a meghúzási nyomaték és a szögelfordulás alapján történnek a mérések. Mérések mutatják, hogy ugyan annál a csavarkötésnél meghúzásról meghúzásra változik az adott nyomatékkal létrehozott előfeszítő erő.

A meghúzás után különböző, az időfüggő anyagtulajdonságokhoz kapcsolható jelenségek lépnek fel. A csavarszár vagy az összefogott anyag kúszása, az összefogott tömítés zömülése már az előfeszítő erő csökkenését okozza. Csoportosan elhelyezett csavarkötéseknél (hengerfej csavarok, karima csavarok...) a szomszédos kötések is hatással vannak egymás előfeszítésére [3].

Az üzemi terheléshez kapcsolódóan a terhelő erő iránya és időfüggése fontos szempont. Csavartengellyel párhuzamos, időfüggő periodikus terhelés esetén, a csavarkötést az anyagok rugalmas zónájában terhelve jól kidolgozott módszereink vannak a kötés szilárdságának számítására és megőrzésére.

Ha azonban a terhelés a csavar tengelyére merőleges komponenssel rendelkezik, miközben időben változó értékű, akkor merülhetnek fel problémák. A jelenséget először a német autógyártásban kezdték vizsgálni. Gerhard Junker 1969-ben publikálta mérőberendezése elvét [5], amellyel vizsgálni tudta, hogy a csavartengelyre merőleges, időben változó terhelés hogyan lazítja meg az előfeszített csavarkötést. Kísérleti módszerét számos helyen alkalmazzák a mai napig. Napjainkban számos új szempontot vonnak be a lazulás vizsgálatába, például az anyagban létrejövő hullámok, a menetemelkedés hatása kapcsán [6].

4. A KERÉKCSAVAR TERHELÉSI MODELLE

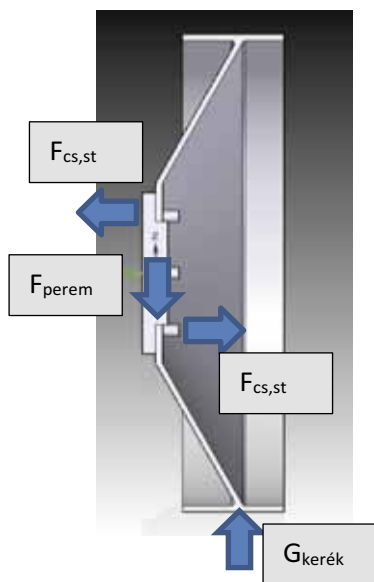
Tekintsük az alábbi esetet. Adott egy ikerkerékes hasznójármű kerékrögzítés. A kerékcsavart a jármű gyártása során a tervezők által megadott nyomatékkal meghúzzák. Tekintsünk statikus esetet. Egy kereket a G agyterhelés fele terhel. Ikerkeréknél a felni rögzítősíkjá határozottan a kerék középsíkján kívül helyezkedik el. A kereket tehermentesítő peremen központosan illesztik. Ebből fakadóan a modell függőleges irányában a kerékterhelés és a tehermentesítő perem terhelése egyensúlyban van (6. ábra). A síkok távolságából adódóan azonban forgató nyomaték ébred, amelynek a kerékcsavarak tartanak ellen.

A forgás során a nyomatékából az alul levő kerékcsavarra többlet terhelés hat, a felső csavarkötésnél pedig az anyagok összenyomása miatt lazító hatás.



5. ábra. A vizsgált keréktípus

A terhelés maximumát kereskedelemben kapható, hat kerékcsavarral rögzíthető haszongépjármű felni esetén (5. ábra) az alábbi módon számítjuk ki. A csavarok számára a legrosszabb eset ekkor az, amikor úgy áll a kerék, hogy a hat csavarból kettő pont a vízszintes síkba esik. Ekkor két csavar kapja a tengelyvonal alatt a húzó erőt, és két csavar a tengelyvonal felett a lazító erőt.



6. ábra. Többlet csavarerő a kerékterhelésből

A nyomatékok egyensúlya:

$$G_{kerék} \cdot ET = F_{cs,st} \cdot r_{cs} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot n_{cs} \quad (1)$$

ahol ET – a kerék szimmetria sík és a rögzítés síkjának távolsága,

r_{cs} – a kerékcsavarkör sugara,

$n_{cs} = 2$ – a teherhordó csavarok száma.

A csavarra ható többlet erő amplitúdója:

$$F_{cs,st} = G_{kerék} \cdot \frac{ET}{r_{cs} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot n_{cs}} \quad (2)$$

Belátható, hogy így a kerékcsavarokat egy fordulat periodicitással időben harmonikusan változó, a csavar tengellyel párhuzamos erő terheli. Ez az erő a jármű terhelésétől és a felni geometriától függ.

A csavarra ható többlet és lazító erők egyenlete az alábbi:

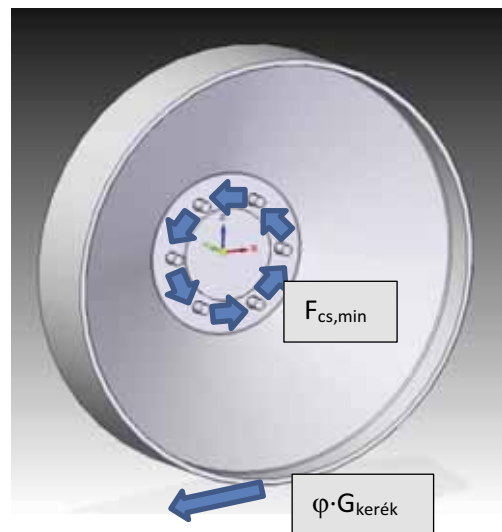
$$F_t = F_{cs,st} \cdot \frac{1}{1+\gamma} \quad (3)$$

$$F_l = F_{cs,st} \cdot \frac{\gamma}{1+\gamma} \quad (4)$$

ahol γ – a csavarkötés merevségi viszonya,

F_t – a többlet erő,

F_l – a lazító erő.



7. ábra. Szükséges minimális csavarerő a nyomaték átadáshoz

A jármű haladása során rendre fékezhet és gyorsíthat a forgalmi viszonyoktól függően. A fékezés és gyorsítás a csavar tengelyre merőleges irányú terhelést jelent, amely a kerék kerületi gyorsulásától függ (7. ábra). Ez az erő jellemzően állandó a kerék forgása során, azonban időben a jármű mozgásától függően változik.

Ennek a nyomatékknak a kerék és a kerék-agy között a csavarok által összeszorított gyűrűfelületen kell átadódnia. A nyomatékhoz szükséges összeszorító csavarerő:

$$M_{max} = F_{cs,min} \cdot r_{cs} \cdot n_{cs} \cdot \mu \quad (6)$$

ahol μ – a kerék és az agy közötti súrlódási tényező,

$F_{cs,min}$ – a nyomaték átviteléhez minimálisan szükséges csavarerő

Tudjuk azt, hogy a kerék forgása során a felső helyzetben levő csavart tehermentesíti az ikerkerék egymáshoz nyomódása. Ugyanekkor az ikerkerék kis mértékben elengedik az agyat, így a nyomaték átviteléhez szükséges összeszorító erő a belső kerék és az agy között lecsökken. Meghatározható az a legnagyobb nyomaték, amelyet adott tengelyterhelés és meghúzási nyomaték mellett a kerék még anélkül képes átvinni, hogy a kerék és az agy felülete lokálisan megcsúsznának egymáson. Erőkkkel felírva az egyenlőtlenséget:

$$F_{cs,min} \leq F_e - F_l \quad (7)$$

ahol F_e – a csavarkötésben ébredő előfeszítő erő,

$F_{cs,min}$ – a nyomaték átviteléhez szükséges minimális előfeszítő erő,

A (4) egyenletet behelyettesítve:

$$F_{cs,min} \leq F_e - F_{cs,st} \cdot \frac{\gamma}{1+\gamma} \quad (8)$$

Behelyettesítve az erő értékeket:

$$\frac{G_{kerék} \cdot r_k \cdot \varphi \cdot n}{r_{cs} \cdot n_{cs} \cdot \mu} \leq F_e - G_{kerék} \cdot \frac{ET}{r_{cs} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot n_{cs}} \cdot \frac{\gamma}{1+\gamma} \quad (9)$$

ahol r_k – a kerék sugara,

φ – a kerék tapadási tényezője,

n – a kerekek száma a kerékagyon.

Az egyenletet tovább rendezve:

$$\frac{G_{kerék} \cdot r_k \cdot \varphi \cdot n}{r_{cs} \cdot n_{cs} \cdot \mu} + G_{kerék} \cdot \frac{ET}{r_{cs} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot n_{cs}} \cdot \frac{\gamma}{1+\gamma} \leq F_e \quad (10)$$

$$\frac{r_k \cdot \varphi \cdot n}{r_{cs} \cdot n_{cs} \cdot \mu} + \frac{ET}{r_{cs} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot n_{cs}} \cdot \frac{\gamma}{1+\gamma} \leq \frac{F_e}{G_{kerék}} \quad (11)$$

5. AZ EREDMÉNYEK ÉRTELMEZÉSE

A (11) egyenlet egyik oldalán az erők szerepelnek, a másikon a csavar geometria, a kerék geometria, az anyagjellemzők és a súrlódások értékei.

A kerék geometria értékei állandónak tekinthetők, ahogy az anyagjellemzők is. A kerék-talaj súrlódás és a kerék-kerékagy súrlódás azok, amelyek nehezen leírhatóak, és bizonytalanságot okozhatnak a számításban. Az belátható, hogy a kerékterhelés növekedésével nagyobb előfeszítő erő szükséges. Más szóval a kerécsavar előfeszítő erő közvetlenül behatárolja a biztonságosan alkalmazható kerékterhelést vagy tengelyterhelést. A kerécsavarok számának növelése adott meghúzási nyomaték esetén kedvező hatású. Az agyra csavározott kerekek száma erősen hat az előfeszítésre. Itt egyetlen kerék alkalmazása kedvezőbb, mint az ikerkerék alkalmazása.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A kerécsavar kötés több szinten befolyásolja a jármű vonóerő leadását és fékezhetőségét, azaz a stabilitását. A hajtó vagy fékező nyomaték, a terhelés és a csavarkötés erőjátéka kizárólag együtt kezelve adja meg a jármű számára a megfelelő biztonságot.

7. IRODALOM

- [1] <http://www.discount-marine.com/forums/forum-remorque/gros-probleme-de-roue>, leolvasás dátuma: 2019.09.30.
- [2] <https://www.dodgetalk.com/forums/showthread.php?t=291992>, leolvasás dátuma: 2019.09.30.
- [3] www.boltscience.com leolvasás dátuma: 2019.09.30.
- [4] K. A. Kounoudji. "Intimité tribologique" des contacts d'un assemblage boulonné. PhD értekezés, INSA-Lyon, 1996.
- [5] Junker G. New criteria for self-loosening of fasteners under vibration. Transactions of the Society of Automotive Engineers, vol. 78, pp 314–335, ISSN: 0148-7191, 1969.
- [6] D. P. Hess, N. G. Pai. Three-dimensional finite element analysis of threaded fastener loosening due to dynamic shear load. Eng. Fail. Anal., Vol. 9, pp. 383–402, 2002.