

Can be the Wheel Faster than a Car?



The question in the title could sound absurdly to the reader. How is it possible that the wheel can move faster than the automobile to which it belongs? But still, these cases really occur and they are not so unusual. Nearly 70% of the asked drivers during their driving had some experiences with loosened fasteners, respectively with the wheel nuts of cars or lorries. Even some respondents stated that one or more nuts were missing after finishing the drive. Recorded were also worse cases, unfortunately, with tragic consequences. The rolling wheel cannot only destroy but also kill. Give the answer to the questions why can this happen and how to prevent it is the role of this article.

Theory

The frequent cause of bolted joints fail is their spontaneous self-loosening during the operation including the car driving. The cause is on the side of vibrations and cyclical dynamic stressing of responsible structural nodes. If transversal force F_T fulfils the condition:

$$F_T > F_v \cdot \mu,$$

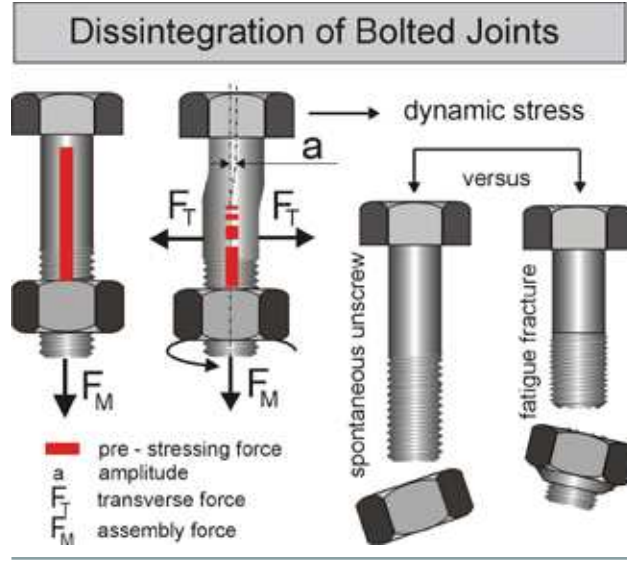


Fig.1 - Şekil 1



Fig.2 - Şekil 2

when μ is a friction coefficient, then it comes to the relative movement in partition lines (Fig. 1), to the loss of the joint self-locking and progressively towards its total decay or fatigue fracture (Fig. 2) occurs.

The relative movement may be in the axial or radial direction. Representative for automobiles is radial.

The process of screw release occurs at three known stages:

- I. Seating of material it means the micro-plastic deformation of roughness on the contact surfaces (s. Table Nr. 1)
- II. Spontaneous unscrewing as a result of vibration or dynamic stressing (Fig. 1)
- III. Decay of bolting as total unscrewing or fatigue fracture (Fig. 1 and 2)

The decrease of bolted joint clamp force to zero is the side effect which is, e.g. for automobiles

accompanied by depletion of holes for fasteners on wheels disks (Fig. 3). This is very dangerous because there is an impulse of progressive self-loosening of all the nuts/screws and the wheel could fall off during the ride and besides such disks are no more usable.



Fig.3 - Şekil 3

Often the question of when spontaneous unscrewing and when of fatigue fracture occurs. The answer is in hand. Critical is what happens

Tekerlek Arabadan Hızlı Olabilir mi?

Başlıktaki soru okuyucuya saçma gelebilir. Tekerleğin ait olduğu otomobilden daha hızlı hareket etmesi nasıl mümkün olabilir ki? Ama işte, gerçekten de oluyor, hem de bunlar o kadar da sıra dışı olaylar değil. Görüşme yapılan sürücülerin neredeyse %70'i sürüş esnasında araba ya da kamyonlarında bijon somunu gevşemesi yaşadıklarını

söylüyor. Hatta bazıları, sürüş bitiminde bir ya da daha fazla somunun kayıp olduğunu belirtiyorlar. Trajik sonuçlar doğuran daha kötü durumlar da kaydedilmiş bulunuyor. Dönen tekerlek sadece yıkım değil ölüm de getirebilir. Bunun hangi nedenle olduğu ve nasıl önleneceğine cevap vermek bu makalenin rolüdür.

Teori

Cıvatalı bağlantılardaki başarısızlığın nedeni sıklıkla, araba sürüşü dahil olmak üzere çalışma esnasındaki kendi kendine spontane gevşemedir. Bunun nedeni ilgili yapısal boğumlarda titreşimler ve çevrimsel dinamik streştir. μ sürütünme katsayısı iken enlemesine kuvvet F_T şu koşulu sağlıyorsa:

$$F_T > F_v \cdot \mu,$$

birleşme hatında bağlı devinime, birleşim kilitletmesinde ve yanı sıra artan oranda toplam bozunuma veya yorgunluk kırılmasına (Şekil 2) neden olur.

Interface Ara yüz	Stress: tensile - pressure / Stres: gerilme - baskı		
	Surface roughness R_z [μm] / Yüzey pürüzü R_z [μm]		
	≤ 10	10 - 40	≥ 40
Under head Kafa altı	2,5	3	4
Under nut Somun altı	1,5	2	3
Between parts Parçalar arası	2,5	3	4
In threads / Dişlerde	3	3	3

Table Nr. 1 The size of seating [μm] on different partition lines
Tablo No 1 Farklı birleşim hatlarında oturma boyutu [μm]

- after the prestressing force decrease to zero. Either the free turning of the nut continues until complete disintegration of joint or protection against disintegration, as DIN 985 (Fig. 4) or alternatively cotter pin, stops the next turn of the nut. In the latter case, favorable conditions for fatigue fracture are created.

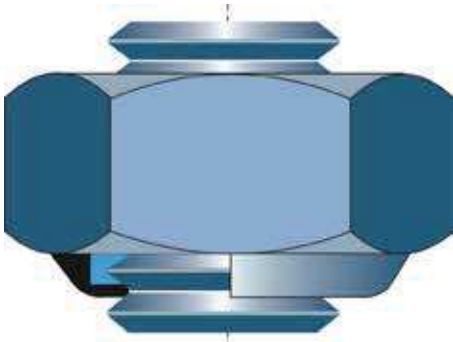


Fig.4 - Şekil 4

Explanation provides Fig. 5 - the DIN 985 stop nuts are not able to prevent the loss of the prestressing force. They serve as protection against disintegration only. The same applies to cotter pins.

There is one more dangerous phenomenon in the case of transport, namely the overloading of vehicles. All motor vehicles, especially lorries and trailers, have a limit of the acceptable loading determined by the producer. This limit is a result of difficult calculations and longitudinal tests. Mainly the axle is a critical construction component which transfers the vehicle weight and its external load onto the road. It also concerns screw connections which are deformed (Fig. 6) and with simultaneous rotation extremely complicated stressed.

It would be clear if the drive continued that the wheel would fell off, either by the fatigue fracture or by the uncontrolled loosening of



Fig.6 - Şekil 6

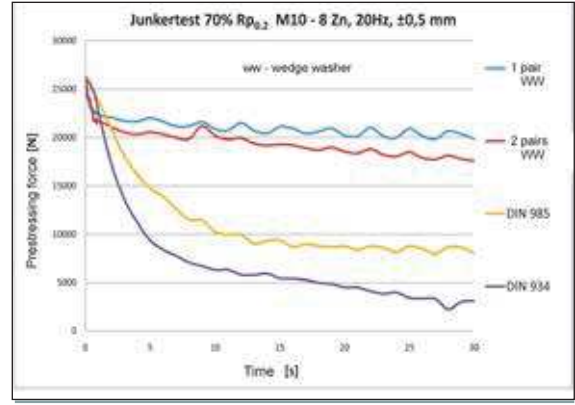


Fig.5 - Şekil 5

the nuts. Both cases would have the same catastrophic consequences - the wheel slip. Preventive measures are simple, they consist in respecting prescribed loading capacity.

Causes of wheel release

In the case of the automobile wheels the following specific factors have the influence on self-loosening of bolted joints:

1. Vehicle overload
2. Damaged threads and damaged and contaminated contact surfaces
3. Wheel bearings overheating
4. Poor road conditions
5. Different heat expansion of the joint components
6. Intensive wheel vibrations and dynamic stressing of bolted joints
7. Low hardness of bolts and nuts
8. Nuts or bolt threads out of specification
9. Too much interfaces
10. Incorrect installation/assembly

Bağlı devinin aksenal ya da yanıl yönde olabilir. Otomobiller için temsili hareket yanıldır (Şekil 1 Şekil 2)

Vida boşalması, bilinen üç aşamada oluşur:

Malzemenin oturması, yani temas yüzeylerindeki pürüzlerin mikroplastik deformasyonu (Tablo No 1)

Titreşim ya da dinamik stres sonucu spontane vida gevşemesi (Şekil 1)

Toplam çözülme ya da yorgunluk kırılması olarak civata zayıflaması (Şekil 1 ve 2)

Vidalı bağlama kelepçe kuvvetinin sifıra düşmesi, örneğin otomobiller için; tekerlek diskleri üzerindeki bağlantı elemanı deliklerinde zayıflamanın eşlik ettiği bir yan etkidir (Şekil 3). Bu, oldukça tehlikelidir çünkü tüm somun/vidaların artan oranda kendi kendine gevşemesinin bir etki noktası vardır ve sürüş esnasında tekerlek çıkabilir ve ayrıca bu diskler bir daha kullanılamaz.

Spontane vida gevşemesi ne zaman, yorulma kırılması ne zaman olur sorusunun cevabı bellidir. Önemli olan öngerilim kuvveti sifıra düşükten sonra ne olacağıdır. DIN 985 (Şekil 4) veya alternatif

olarak kamalı pim, somunun bir sonraki dönüşünü durdururken, birleşim tamamen dağılına veya parçalanmaya karşı koruma sağlanıncaya kadar, somunun serbest dönüşü devam eder. İkinci durumda yorulma kırılmasının koşulları yaratılır.

Şekil 5 açıklaması- DIN 985 stop somunları ön gerilim kaybını önleyemez. Sadece parçalanmaya karşı koruma görevi yapar. Aynı şey kamalı pim için de geçerli.

Nakliyede bir tehlikeli olgu da aracın aşırı yüklenmesidir. Tüm motorlu araçlar, özellikle kamyon

ve tırlar üreticinin belirlediği kabul edilebilir yüklemeye limitine sahiptirler. Bu limit zor hesaplamalar ve boyuna testlerin bir sonucudur. Kısaca, dingil önemli bir yapı komponenti olup araç ağırlığını ve dış yükünü yola aktarır. Aynı zamanda, deforme olmuş ve simultane dönme ile son derece gerilmiş vidalı bağlantıları da ilgilendirir (Şekil 6).

Yorulma kırılması ya da kontrol dışı somun gevşemesiyle tekerleğin çıkacağı açıktır. Her iki durum da aynı felaket sonucunu getirir: patinaj. Belirlenmiş yüklemeye kapasitesine uymak kadar da basit bir önlemdir.

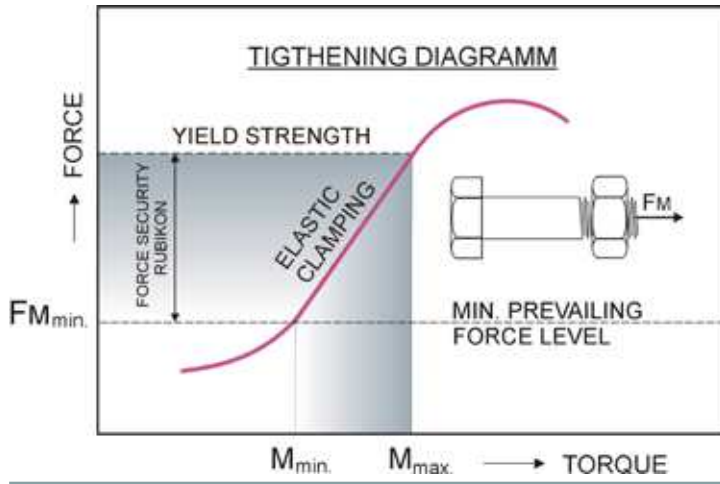


Fig.7 - Şekil 7

All these cases are important, but extra attention deserves point 10 – tightening. The seemingly simple operation conceals many tricks. In the diagram in Fig. 7 is defined the so called force security rubikon (FSR). All force changes during tightening and during operation must take place within this FSR. Otherwise, the screw connection will occur. An important role is played by friction too. It does not matter whether they are tightened by the new or rusty screws (Fig. 8). Similarly, aluminum discs must be tightened differently than steel.

The accuracy of the tightening is also very important (Table Nr. 2). The worst is tightening per hand with factor $\alpha_A = 2,5 - 4$ and scattering $\pm 43 - \pm 60\%$.

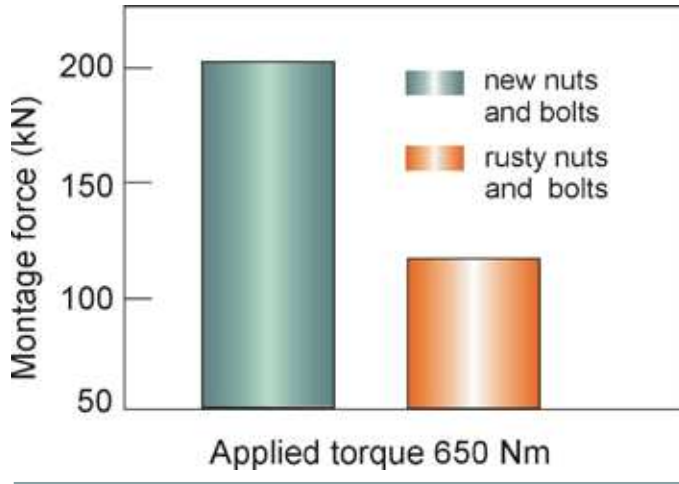


Fig.8 - Şekil 8

Table Nr. 2 Accuracy of tightening method

α_A	Scattering in % Dağılım	Oversizing in % Boyut Aşımı	Tightening method Sıkma Metodu
1	$\pm 5 - \pm 12$	0	Yield strength Sünme dayanımı
1,2 - 1,8	$\pm 9 - \pm 23$	20 - 60	Hydraulically Hidrolik
1,4 - 1,8	$\pm 17 - \pm 23$	40 - 60	Torque wrench Tork anahtarı
2,5 - 4	$\pm 43 - \pm 60$	150 - 300	per hand El için

Table No 2 Sıkılaştırma metodunda tamlık

Tekerlek kurtulmasının nedenleri

Otomobil tekerleklerinde şu belirgin faktörler civata birleşimlerinin gevşemesinde etkili olurlar:

1. Aracı aşırı yüklenme
2. Hasarlı dişler ile hasarlı ve kirli temas yüzeyleri
3. Tekerlek rulmanı ısınması
4. Kötü yol koşulları
5. Birleşim komponentlerindeki farklı ısı genişlemeleri
6. Yoğun tekerlek titreşimi ve civata birleşimlerinin dinamik gerilimi
7. Civata ve somunların düşük sertlikte oluşu
8. Spektlere uymayan somun ve civata dişleri
9. Aşırı sayıda ara yüz
10. Yanlış kurulum/montaj

Tüm bu durumlar önemli olmakla birlikte 10. Madde özellikle dikkat etmeyi hak ediyor: sıkma. Görünüşte basit olan bu işlem pek çok inceliği içinde barındırıyor. Şekil 7'deki şemada kuvvet güvenlik rubikonu (FSR) tanımlanmaktadır. Sıkma esnasında ve çalışma esnasındaki tüm kuvvet değişiklikleri FSR dahilinde olmalıdır. Aksi takdirde vida bağlantısı oluşacaktır. Sürtünme de önemli bir rol oynar. Yeni ya da paslı vidalarla sıkıştırılmış olmasının önemi yoktur (Şekil 8). Benzer şekilde alüminyum diskler çelikten farklı olarak sıkılmalıdır.

Sıkmanın tamlığı da oldukça önemlidir (Tablo No 2). En kötüsü, el için $\alpha_A = 2,5 - 4$ faktör ve $\pm 43 - \pm 60\%$ dağılım ile sıkılaştırmadır.

Önleyici tedbirler

Otomobil üreticileri vida gevşeme sorunlarını, küre ya da konik yatak seçeneklerinden biri ile, ya da entegre flanşlı somunlar ile temas yüzey-

lerinde sürtünme katsayısını artırarak çözmeye çalışmaktadırlar.

Böyle çözümler genellikle iyi sonuç verir ve sürücüler, tekerleğin düşmesinden endişe etmek zorunda kalmazlar. Ancak, garajda amatörce ya da eğreti bir şekilde yolda tekerlek değiştirmeden sonra durum kötüye gider. Deneyimler, aracın ilk 50 ila 100 km'sinin kritik aşama olduğunu gösteriyor. Bu da dış sigortaya ilave unsurların geliştirilmesi için itici güçtür. Mevcut piyasa, kama pulları, kontrol noktaları vb. çeşitli türde ürünler sunmaktadır. Ferodom geliştirme atölyesinin son ürünü de dikkate değer: TaTrim kilit noktası (FEM analizi Şekil 9'da). Güvenilir işlevine ek olarak büyük avantajı, sürtünme katsayısından ve sıkma seviyesinden bağımsızlıktır. TaTrim kilit noktalarının bu bağımsızlığı tekerlek montajındaki insan hatası faktörünü kompanse etmektedir.

► Preventive measures

The automobiles producers try to solve the problems with loosening screws with the increase of the friction coefficient on the contact surfaces by the choice of ball or cone seating, or rather by nuts with integrated flange.

Such solutions are usually satisfying and the drivers do not have to be worried, that the wheel will fall off. However, it is worse after several tyre changes in the garage or amateurishly or provisionally on the road. The experience indicates that critical phase is after driving first ca. 50 to 100 km. That's the impulse for the development of supplementary external insurance elements. The current market offers several such types as wedge washers, check points etc. Respect also deserves the latest product from the Ferodom development workshop – the lock point TaTrim (s. FEM analysis on Fig. 9). In addition to reliable function, its big advantage is independence from the friction coefficient

and from the tightening level. This independence of TaTrim lock points makes it possible to compensate for the failure of human factor by the wheel assembly.

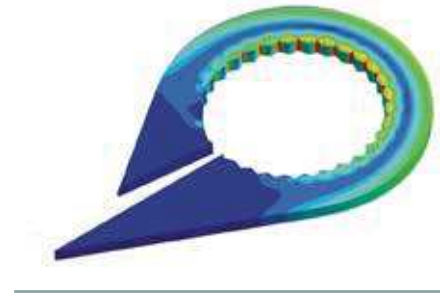


Fig.9 - Şekil 9

Conclusion

The bolted joints of automobiles present significant safety risk. The incorrect assembly and

disrespecting the principles of their behaviour during the operation could be dangerous not only for the crew of the incriminated vehicle but also for the unsuspecting surroundings. As shown, the vehicle's wheel can be really faster than the car it belongs to. It will use every opportunity to think he's in the F1 race. The task is to get the chimer out of his head. There is no need to be afraid. It is important to observe the recommended rules of the wheels assembly and do not regret the time for their continuous check. It will surely pay.

The author and the editorial staff wish in New Year all the readers a safe journey and in conclusion one appeal: Share your own experience with loosened automobile screws with Fastener Eurasia. Contribute this way to the increased safety on the roads because it will be the source of the instruction for the others. ■

Sonuç

Otomobillerde cıvatalı birleşimler önemli oranda güvenlik riski oluşturur. Yanlış montaj ve çalıştırma esnasında davranış ilkelerinin göz ardı edilmesi sadece ilgili aracın çalışması için değil civarındaki ilgisi olmayanlar için de tehlikeli olabilir. Belirtildiği gibi, araç tekerleği gerçekten de

ait olduğu araçtan daha hızlı olabilir. F1 yarışında olduğunu düşündürecek her fırsatı kullanacaktır. Görev kaygısı kafalardan silmektir. Korkmaya gerek yok. Önemli olan tekerlek montajında önerilen kuralları gözetmek ve sürekli olarak kontrole zaman ayırmaktır. Geri ödemesi kesinlikle olacaktır.

Yazar ve yazı kadrosu tüm okurlara Yeni Yıl'da güvenli yolculuklar dilerken arzu ederseniz otomobil vidası gevşemesi deneyimlerinizi Fastener Eurasia'da paylaşmanızı istiyor. Bu şekilde başkaları için bir eğitim kaynağı oluşturarak yollarda güvenliğin artmasına katkıda bulunacaksınız..



TaTrim Effective Lock point from Slovakia



a) one-to-one (mutual) locking



b) supporting (assistance) locking

Main advantages:

- safety of a drive (**not only to check the position of the nuts!**)
- easily replacement by a new one with the original characteristics
- no dependence on the friction coefficient and on the tightening
- simple assembly and low cost