



Research Article

Norm One Way Patentli Üründe Ağırlık Azaltımı için Mekanik Dayanım ve Torklama Çalışmalarının Gerçekleştirilmesi

Doğuş Zeren^{1*}, Fatih Kocatürk¹, M. Burak Toparlı¹

¹ Norm Fasteners R&D Center, Orcid ID: 0000-0002-7878-5886, dogus.zeren@normfasteners.com

¹ Norm Fasteners R&D Center, Orcid ID: 0000-0001-7387-9907 , fatih.kocaturk@normfasteners.com

¹ Norm Fasteners R&D Center, Orcid ID: 0000-0002-5203-5171, burak.toparli@normfasteners.com

* Sorumlu Yazar: dogus.zeren@normfasteners.com; Tel.: +90232 376 76 10-2362

(First received October 02, 2022 and in final form December 22, 2022)

2nd International Conference on Design, Research and Development
December 14 - 17, 2022

Reference: Zeren, D., Kocatürk, F., Toparlı, M. B. Norm One Way Patentli Üründe Ağırlık Azaltımı için Mekanik Dayanım ve Torklama Çalışmalarının Gerçekleştirilmesi. Orclever Proceedings of Research and Development,1(1), 142-151.

Özet

Günümüzde güvenlik ve kalıcı bağlantı ihtiyacının ön planda olduğu durumlar için özel geliştirilmiş bağlantı elemanları mevcuttur. Bunlardan ilk akla gelen “shear bolt” olarak bilinen sadece sıkılmaya izin veren bağlantı elemanıdır. Bu bağlantı elemanında kafa altında özel olarak talaşlı imalat ile inceltilmiş bir bölge yer almakta ve bu sayede cıvata belli bir tork değerine ulaştığında kafa kısmında kırılma meydana gelmektedir. Böylece altı köşe formda olan ve sadece sıkım esnasında kullanılan kısım ortadan kalktığı için çözülemez bir bağlantı elde edilmektedir. Shear bolt kullanımı ile ortaya çıkan dezavantajların başında sadece sıkım esnasında kullanılan ciddi bir malzeme miktarının olması ve maliyeti artırması gelmektedir. Ayrıca, kırılma yüzeyinde meydana gelen kaplamasız alan ve olası korozyon problemleri ve talaşlı imalattan gelen ekstra bir maliyet söz konusudur. Seri imalat koşullarında kırılan kafa kısmının bertaraf da ekstra maliyet olarak ortaya çıkmaktadır. Bu problemlerin önüne geçmek amacıyla patentli Norm Cıvata ‘ya ait olan Norm One Way (NOW®) ürünü geliştirilmiştir. Özel kafa ve soket geometrisi sayesinde yalnızca tek yönde sıkım yapılmakta, sökümleri yapılamamaktadır. Bu çalışmada soket derinliği artışının cıvatanın kafa dayanımına olan etkisi, deneysel, analitik ve sonlu elemanlar yöntemleri



kullanılarak incelenmiştir. Sonuç olarak daha güvenli, montaj sırasında sıyrma ihtimalini ortadan kaldıracak ve aynı zamanda maksimum ağırlık azaltımı sağlayacak kafa formunu sahip NOW® ürünü elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Soğuk dövme, cıvata, bağlantı elemanlar, ağırlık azaltma

Performing Mechanical Strength and Torque Studies for Weight Reduction in Norm One Way Patented Product

Abstract

Today, there are specially developed fasteners for situations where the need for security and permanent connection is at the forefront. The first thing that comes to mind is the "shear bolt", a fastener that only allows tightening. In this fastener, there is a specially thinned area under the head with machining, and thus, when the bolt reaches a certain torque value, a break occurs in the head part. Thus, a permanent connection is obtained since the hexagon part used only during tightening is eliminated. One of the disadvantages that arise with the use of shear bolts is that there is a significant amount of material used only during tightening and it increases the cost. In addition, uncoated area on the fracture surface makes possible corrosion problems and an extra cost from machining is another disadvantage. The disposal of the broken head part during mass production also appears as an extra cost. In order to prevent these problems, the Norm One Way (NOW®) product, whose patent belongs to Norm Cıvata, has been developed. Thanks to the special head and socket geometry, tightening is done only in one direction and disassembly is not possible. In this study, the effect of increasing the socket depth on the head strength of the bolt was investigated using experimental, analytical and finite element methods. As a result, NOW® product was obtained which is safer, has a head form that will eliminate the possibility of stripping during assembly and at the same time provide maximum weight reduction.

Keywords: Cold forging, bolt, fasteners, weight reduction

1. Giriş

Günümüzde otomotiv endüstrisinde CO₂ emisyonlarının azaltılmasına yönelik sınırlamalar getirilmesiyle beraber otomotiv endüstrisinde ağırlık azaltma önemli bir konu haline gelmiştir. Otomotivdeki en önemli parçalardan biri olan bağlantı elemanlarında da ağırlık azaltma konusundaki çalışmalar bu kapsamda oldukça önem kazanmaktadır. Bağlantı elemanlarındaki ağırlık azaltma çalışmaları da genellikle kafa kısmında yoğunlaşmaktadır. Bağlantı elemanlarında tasarım çalışmaları yapılırken, mekanik performanstan ödün vermeden maksimum ağırlık azaltmayı yakalayabilmek için kritik soket derinliğini belirlemek çok önemli bir parametredir. Ayrıca soket derinliğini belirlerken torklama esnasında sıyrma problemi gerçekleşmemesi açısından



bitle cıvata arasında yeterli bir temas alanı olması gerekmektedir. Patenti Norm Cıvata'ya ait olan Norm One Way (NOW®) ürününün soket derinliği artışıyla birlikte cıvatanın kafa kısmında tam dayanım gösterip göstermediğini anlayabilmek için öncelikle Ar-Ge Merkezimizde geliştirilen ve maksimum soket derinliğini hesaplamak için kullanılan analitik model kullanılarak kritik soket derinliği hesaplanmıştır [Kocatürk&Toparli, 2020]. Standart M8 DIN933 cıvatalara minimum kırılma torku uygulanarak oluşan kontakt alanı hesaplanmıştır ve M8 NOW® ürünü ile bu temas alanının yakalayacak uygun soket derinliği tasarımları yapılmıştır. Analitik model yardımıyla elde edilen kritik soket derinliklerini doğrulamak amacıyla NOW® ürünlerine sayısal benzetim yöntemleri kullanılarak çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Çekme testi simülasyonları farklı soket derinliklerinde gerçekleştirilerek kafa altındaki yüksek gerilme değerlerinin dış bölgesine geçiş yaptığı kritik soket derinlikleri bulunmuştur. Sayısal benzetim çalışmaları sonucunda analitik model kullanılarak elde edilen kritik soket derinliklerine benzer sonuçlar elde edilmiştir.

2. Metot ve Yöntemler

2.1. Temas Alanı Çalışmaları

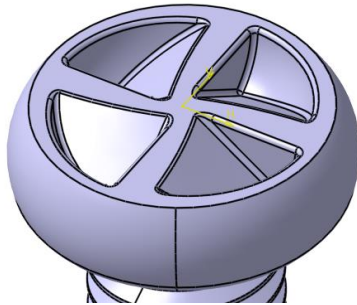
Hedef temas alanını belirlemek amacıyla standart bir M8x1,25 DIN 933 (anahtar ağzı, SW=13) cıvata numuneleri kullanılarak deneysel torklama testleri yapılmıştır. Testlerde M8x1,25 için gerekli olan minimum kırılma torku değerine kadar sıkma işlemi gerçekleştirilmiştir. Standart altı köşe sıkıcıyla torklama sonrası temas alanlarını belirlemek için cıvataların kafa kısmı basınçlı kağıt ile sarılmıştır. Torklama sonrası bit ile cıvata kafasındaki temas alanları Şekil 1'de görüldüğü üzere kırmızı renge dönmektedir. Deneysel torklama testleri sonrasında basınçlı kâğıttan stereo mikroskop altında görüntüler alınmış ve cıvataların temas alanları ImageJ görüntü işleme yazılımıyla ölçülmüştür.



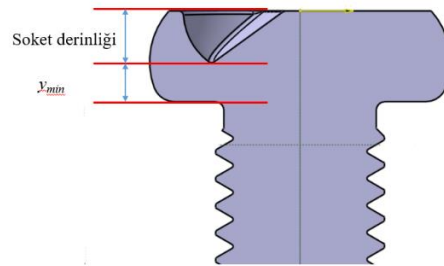
Şekil 1 M8x1,25 DIN 933 cıvata için torklama testi sonrası temas alanlarının belirlenmesi

2.2. Analitik Formülasyon

Çalışmada incelenen M8 NOW® ürününün üç boyutlu modeli Şekil 2’de gösterilmiştir. Şekilde kritik olan ölçüler soket derinliği ve maksimum soket derinliği ile cıvatanın kafa altı arasındaki y_{min} değeridir.



(a)



(b)

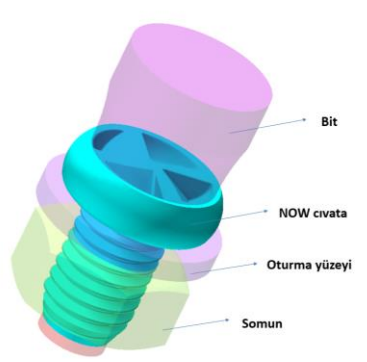
Şekil 2 M8 NOW® ürününün üç boyutlu modeli; (a) izometrik görünüm, (b) kesit görüntüsü

Cıvatanın kafa bölgesinde tam dayanıma sahip olduğu maksimum soket derinliğini hesaplayabilmek için Norm Cıvata Ar-ge Merkezi tarafından geliştirilen analitik model kullanılmıştır [Kocatürk&Toparli, 2020]. Bu model ile cıvata kafasında tam dayanımı sağlayan soket ucu ile kafa altı arasındaki minimum yükseklik, y_{min} ,

hesaplanabilmektedir. Cıvatanın kafa yüksekliğinden y_{min} değeri çıkarıldığında maksimum soket derinliği elde edilebilmektedir.

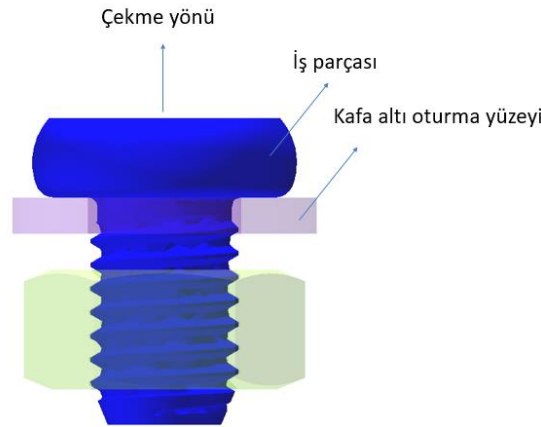
2.3. Numerik Analizler

Numerik analizlerde torklama modeli Simufact.Forming sonlu elemanlar yazılımında gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlarda bit (sıkıcı), oturma yüzeyi ve somun rijit olarak modellenmiştir. Cıvata ise elastik-plastik olarak modellenmiştir.



Şekil 3 M8 NOW® torklama simülasyonu modeli

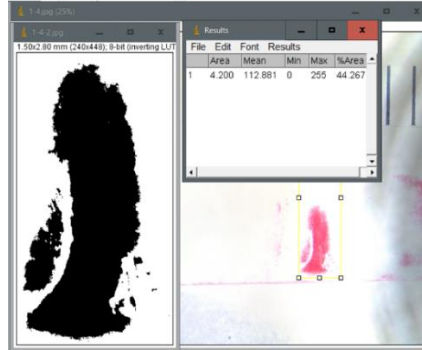
Simülasyon ortamında farklı soket derinliklerindeki ürünlere çekme testi yapılarak kritik soket derinliği ve kafadaki tam dayanım ilişkisi belirlenerek tam dayanımı sağlayacak maksimum soket derinliği değeri belirlenmiştir. NOW® ürünü elastik-plastik olarak tanımlanmıştır. Kafa altındaki oturma yüzeyi sayesinde cıvata çekme yönünde deformasyona maruz bırakılmıştır. Cıvatanın kalitesi 8.8 olduğu için kafa altındaki gerilmelerin 640 MPa akma değerine ulaşıp dış dibindeki gerilmeleri geçtiği derinlik, kritik soket derinliği belirlenmiştir.



Şekil 4 Çekme testi simülasyonu modeli

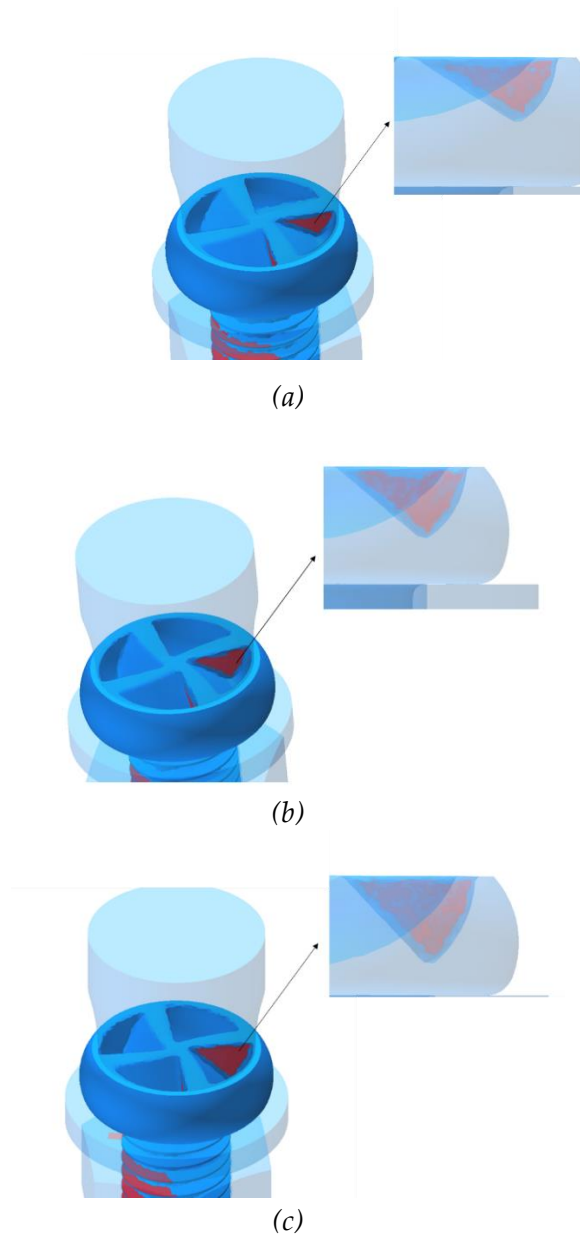
3. Bulgular ve Sonuçlar

Deneysel torklama testleri sonrasında basınçlı kâğıttan stereo mikroskop altında görüntüler alınmış ve cıvataların temas alanları ImageJ görüntü işleme yazılımıyla ölçülmüştür (Şekil 5). 3 farklı cıvata dan alınan ölçümler sonucunda ortalama temas alanı elde edilmiştir.



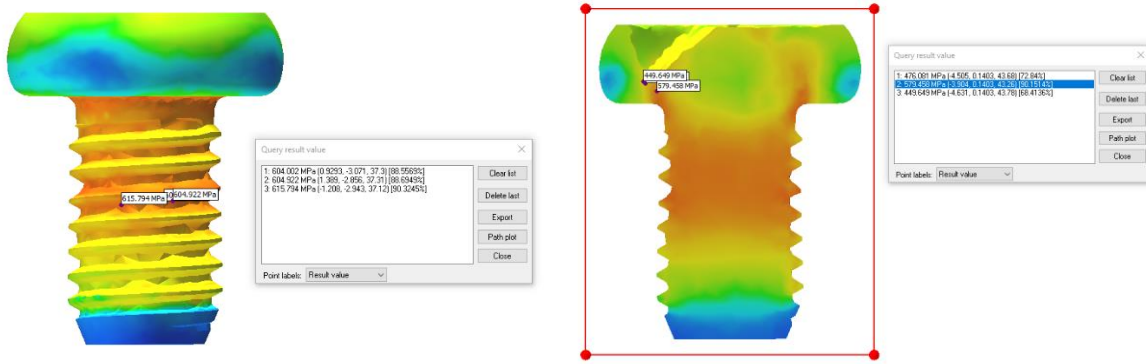
Şekil 5 M8 DIN 933 cıvataların ImageJ görüntü işleme yazılımıyla kontak alanlarının belirlenmesinin sonuçları

Sırasıyla 1,95 mm, 2,45 mm ve 2,95 mm nominal soket derinliklerindeki NOW® kafa formları için torklama analizleri gerçekleştirilmiştir ve bu soket derinliklerine göre sırasıyla 11,45 mm², 15,35 mm² ve 17,75 mm² temas alanları elde edilmiştir. Sonuçlara göre 1,95 mm soket derinliği ile hedef temas alanı sağlanamamış olup 2,45 mm ve 2,95 mm soket derinliğinde hedeflenen temas alanına ulaşılmıştır.

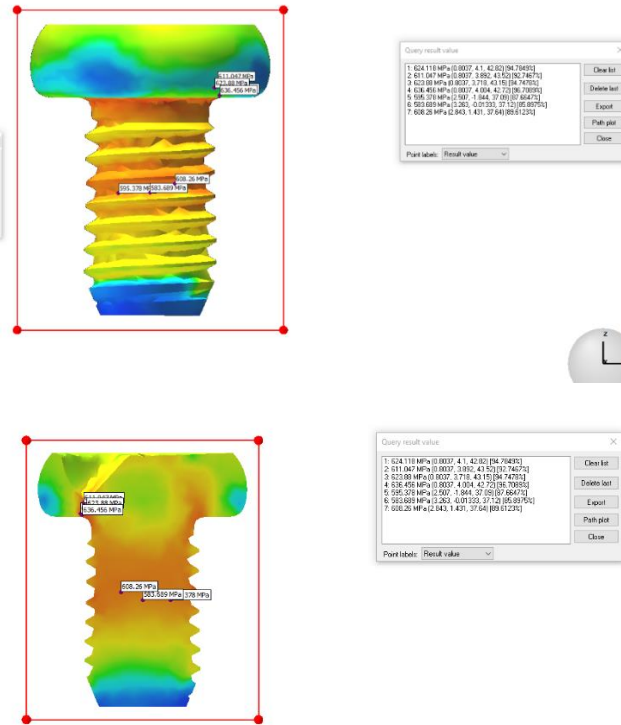


Şekil 6 (a) 1,95, (b) 2,45, (c) 2,95 mm soket derinlikleri için gerçekleştirilmiş torklama analizleri

Çekme testi analizlerine 2,70 mm soket derinliği ile başlanmıştır. Sırasıyla 2,75, 2,80, 2,85, 2,90, 2,95 mm soket derinliklerine göre çekme testi analizleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 9'daki çekme testi sonuçlarına göre 2,95 mm soket derinliği ile birlikte soket altındaki gerilmeler diş dibinden önce 640 MPa değerine ulaşmıştır. Bu durumda hasar mekanizması olarak kafadan kopma olabileceği için bu istenen bir durum değildir. Dişli bağlantı elemanlarında kırılmaların diş dibinden olması beklenmektedir. Bu sebeple kritik soket derinliği değeri sonlu elemanlar yöntemine göre 2,90 mm olarak belirlenmiştir.



(a)



(b)

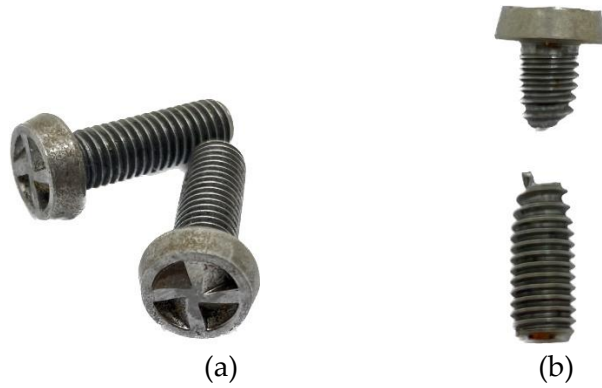
Şekil 7 Farklı soket derinlikleri için çekme simülasyonu sonuçları (a) 2,7 mm soket derinliği, (b) 2,95 mm soket derinliği

Norm Cıvata Ar-Ge Merkezi tarafından geliştirilen analitik model kullanılarak yapılan çalışmada maksimum soket derinliği 2.44 mm olarak hesaplanmıştır. Farklı yöntemler kullanılarak elde edilen kritik soket derinlikleri Tablo 1’de özetlenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde maksimum soket derinliği 2.44 mm olarak belirlenmiştir. Soğuk şekillendirme istasyon ve kalıp tasarımları elde edilen bu değere göre oluşturulmuştur. Üretimler sonucunda ürün şekillendirmesi ile alakalı bir problemle

karşılaşılmamıştır. Ürünler üzerinde yapılan torklama testleri sonucunda sıyırma gözlenmemiş ve mekanik çekme testi sonucunda da kırılma dış dibinden olduğu gözlenmiştir. Bu sayede, yapılan çalışmalar doğrulanmış ve nihai ürün formu doğrulanmıştır.

Tablo 1 Analitik model ve çekme testi simülasyonları ile elde edilen kritik soket derinlikleri

Kafa Yüksekliği [mm]	y_{min} Analitik [mm]	y_{min} Sonlu Elemanlar [mm]	Maks. Soket Derinliği Analitik [mm]	Maks. Soket Derinliği Sonlu Elemanlar [mm]
4,2	1,76	1,30	2,44	2,90



Şekil 8 NOW® ürünü (a) görseli (b) çekme testi sonrası dış dibinden kırılma

4. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında güvenlik ve kalıcı bağlantı ihtiyacı olan uygulamalarda kullanılabilecek patenti Norm Cıvata 'ya ait NOW® ürünü ele alınmıştır. Yapılan torklama testleri ve görüntü işleme ile hedef temas alanı belirlenmiştir. Bu sayede montaj sırasında olası sıyırma probleminin önüne geçilmesi için gerekli kontak alanı ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca, özellikle otomotiv sektörünün beklentisini karşılamak amacıyla maksimum ağırlık azaltışı da elde etmek için Norm Cıvata tarafında geliştirilen analitik model ve Simufact.Forming sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak maksimum soket derinliği elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar üretilen nihai ürünler üzerinde testler yapılarak doğrulanmıştır. Sonuç olarak, daha güvenli, montaj sırasında sıyırma ihtimalini ortadan kaldıracak ve aynı zamanda maksimum ağırlık azaltışı sağlayacak kafa formu için çalışmalar yürütülmüş ve bu forma sahip NOW® ürünü elde edilmiştir.



Referanslar

- [1] Kocatürk F, Toparli M.B, Tanrikulu B.,İnce U.,Kılıçaslan C.,“A new analytical model to estimate maximum internal socket depth of non-reduced strength bolts”, Procedia Structural Integrity, Volume 28, 2020, Pages 1276-1285, ISSN 2452-3216, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.11.109>.