



## TWIP ÇELİKLERİNİN DEBRİYAJ KAPAĞI RİJİTLİK DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Mehmet Onur Genç<sup>1</sup>, Ahmet Koray Pehlivan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Valeo Otomotiv Sistemleri, Bursa

### ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the usage of TWIP980 steel in clutches which have been demanded in automotive sector recently as an alternative to industrial steels and to compare the stiffness difference of clutch covers between industrial mild steel and TWIP980 under operating conditions. Since the cover stiffness has high effect on functioning, it needs to be well optimized according to the operating conditions. TWIP steels are a member of advanced high strength steels (AHHS) which are highly preferred steels due to high strength and elongation ratios for lightening studies. CO2 emission reduction, energy saving, cost saving are the main advantages of TWIP steels. In this article, the stiffness behavior of industrial mild steel and TWIP980 steels in the clutch cover was investigated by comparative FEA analysis. According to the analysis results, If the TWIP steel is 50% thinner than the DD14 steel material thickness, cover stiffness would be 76% lower than the industrial mild steel. This condition shows that for the clutch components which has precise functionality AHHS steels usage needs to be deeply investigated.

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı kuru kavramalı debriyajlarda sıkça kullanılan endüstriyel çeliklere alternatif olarak son yıllarda otomotiv sektöründe talep görmeye başlayan TWIP980 çeliğinin debriyajlarda kullanılmasının incelenmesi ve çalışma koşulları altında debriyaj kapaklarının rijitlik farkının karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. Kapak rijitliğinin fonksiyonelliğe olan etkisinin yüksek öneme sahip olmasından dolayı çalışma koşullarına göre optimize edilmesi gerekir. TWIP çelikleri (Eşleştirme ile indüklenen plastisite) gelişmiş yüksek mukavemetli çeliklerin (AHHS) bir üyesidir, yüksek mukavemet ve uzama oranlarından dolayı hafifleştirme çalışmalarında çok tercih edilen çelikler arasına katılmıştır. CO2 emisyon azaltımı, enerji tasarrufu, maliyet tasarrufu gibi birçok avantajları mevcuttur. Bu makalede DD14 ve TWIP980 çeliklerinin debriyaj kapağındaki rijitlik davranışları karşılaştırmalı FEA analizleri ile incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre endüstriyel çelik malzeme kalınlığına göre %50 daha ince TWIP çeliği kullanıldığında kapak rijitliğinde endüstriyel çeliğe göre %76 düşüş olmaktadır. Bu durum debriyaj gibi hassas fonksiyonelliğe sahip olan komponentlerde AHHS çelikleri için ileri analiz aşamalarının gerekliliğini göstermektedir.

## 1.GİRİŞ

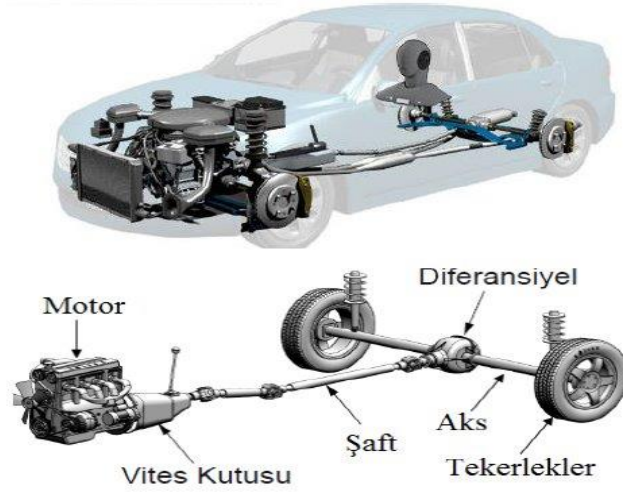
Otomotiv endüstrisinde malzeme seçiminde hafiflik, yakıt tasarrufu ve güvenlik kriterleri yoğun olarak esas alınmaya başlanmıştır. Son yıllarda mukavemet yönünden güçlü, yakıt tasarrufu sağlayan, karbondioksit salınımının düşmesine yardımcı olan yüksek mukavemetli çeliklere (Advanced High Strength Steels) ilgi giderek artmaktadır. Bu çelikler otomobilde birçok bölgede kullanılma potansiyeline sahip olmakla birlikte debriyaj saclarında kullanılacak önemli alternatifler arasına girmiştir. Bu alanda yapılan çalışmalar çoğunlukla yeni nesil çeliklerin otomotiv sektöründeki kullanım alanlarını incelemiştir.

Papaefthymiou [1] yaptığı çalışmada otomotiv sektöründe yeni nesil yüksek mukavemetli çeliklerin gelişimini incelerken TWIP çeliklerinin malzeme yapısı, mikro yapı ve termal prosesler altında gösterdiği malzeme karakterlerini gözlemlemiştir. Debasish [2] çalışmasında AHHS (Advanced high strength steels) çeliklerinin otomotivde kullanım alanlarını incelerken bu çelikleri özelliklerine göre sınıflandırıp günümüz endüstriyel çeliklerle karşılaştırmasını yapmıştır. Bleck ve arkadaşları [3] yaptıkları çalışmada TRIP (Transformation Induced Plasticity) ve DP (Dual Phase) çeliklerinin mikroyapı ve malzeme özelliklerini deneysel olarak inceleyerek karşılaştırmalarda bulunmuştur. Billur ve arkadaşları [4] çalışmalarında yeni nesil yüksek mukavemetli çelikleri (AHHS) üç nesile ayırarak her nesilde yapılan gelişmeleri ve malzeme karakterlerini incelemişlerdir.

Bu çalışmada debriyaj komponentinde kullanılan baskı kapağının günümüz endüstriyel çelikler ve TWIP çeliği ile kullanımında sahip olacağı rijitliği simüle etmek amacıyla karşılaştırmalı FEA analiz sonuçları karşılaştırılarak, yeni nesil çeliklerin kapak fonksiyon gerekliliklerini karşılama alanında sahip olduğu yetkinlikler değerlendirilmiştir.

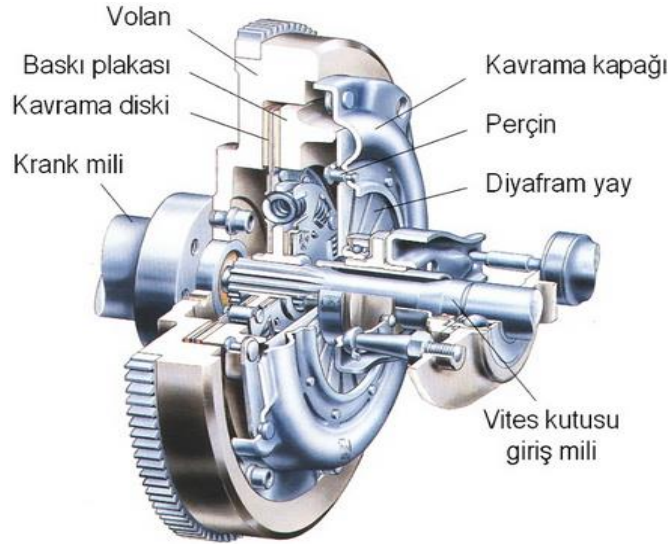
## 2.MATERYAL VE METOD

Debriyaj güç aktarım sisteminde motor ve dişli kutusu arasında bağlantı sağlayarak küçük kuvvetler ile büyük atalet kuvvetlerine izin veren önemli bir yapıdır. Bu yapının en uygun şekilde dizayn edilmesi araç konforunun artması ve araç mekaniğinin uzun ömürlü olması için gerekliliktir. Güç aktarım sisteminin akış kontrolü debriyaj ile yapılır, bu kontrol iki sürtünme yüzeyinin kontağı ile gerçekleşir (Şekil 1).



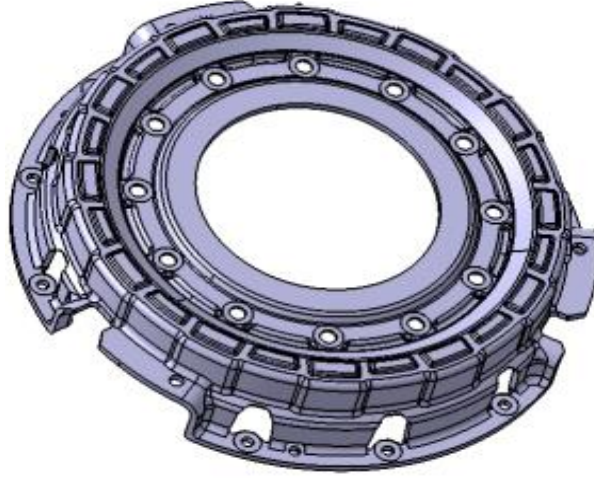
**Şekil 1. Güç aktarım sistemi**

Sürtünme işlemi sürtünme katsayısı oldukça yüksek malzemelerden yapılmış balataların vites kutusu giriş mili üzerinde aksel hareket edebilen bir diskle itilerek bu disk ile volan arasında sıkıştırılmasıyla gerçekleşir, bu yüzden yapının diğer adı kavrama olarak geçmektedir. Motorda üretilen tork sürtünme ile debriyajdan diğer güç aktarma sistem elemanlarına geçerek aracın hareketi sağlar (Şekil 2).

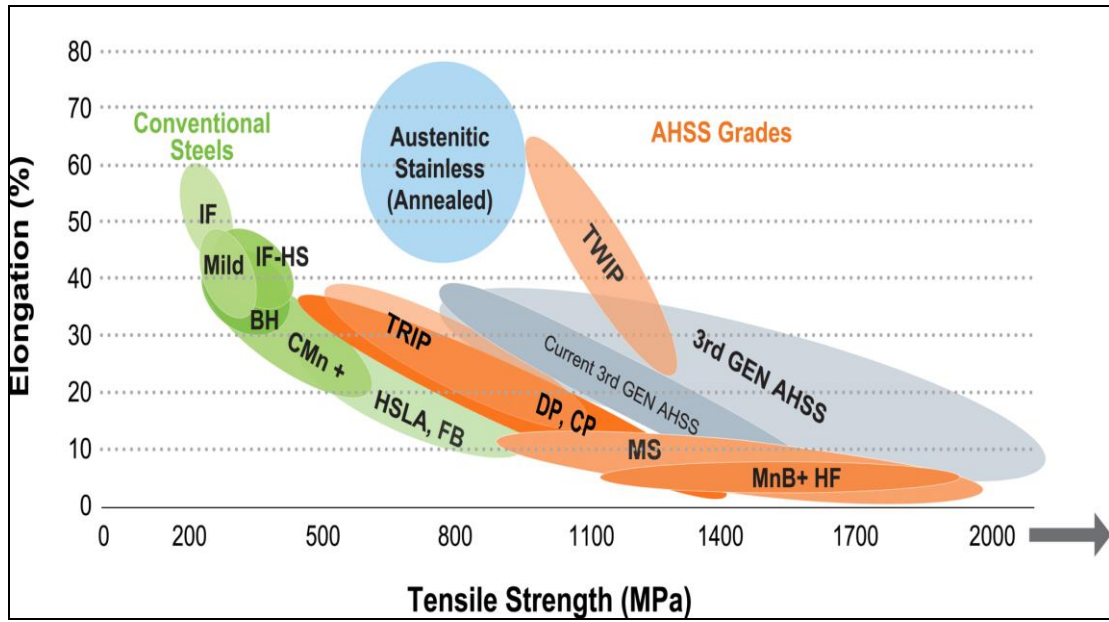


**Şekil 2. Debriyaj kompleksi**

Debriyaj baskı kompleksinde kullanılan baskı kapağı yüksek hacim ve ağırlığa sahip olarak hafifleştirme çalışmalarında tercih edilebilecek büyük bir potansiyele sahiptir. Debriyaj baskı kapağı tork iletiminde önemli bir fonksiyona sahip olmasından dolayı bu üründe kullanılacak çelik malzemelerinin gereklilikleri karşılaması beklenmektedir.



Şekil 3. Debriyaj Baskı Kapağı



Şekil 4. Çelik çeşitlerinin uzama-dayanım eğrisi

Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte kullanılan çelik malzemelerinde yeni nesil çelikler tercih sebebi olmaya başlamıştır. Yüksek uzama ve dayanıma sahip olan bu çeliklerden bazıları; DP (Dual Phase – Çift Fazlı), CP (Complex Phase – Karmaşık Fazlı), TRIP (Transformation Induced Plasticity – Şekillendirme ile artan plastisite), MS (Martensitik) ve PHS (Press Hardened Steel – preste sertleştirilmiş/sıcak şekillendirilmiş

çelikler), östenitik paslanmaz çelikler (Austenitic Stainless Steel) ve TWIP (Twinning-Induced Plasticity) sınıfı çeliklerdir (Şekil 4).

TWIP çelikleri yeni nesil çelikler arasında hem yüksek bir kopma mukavemeti (~UTS 1000 MPa) hem de yüksek bir uzama (toplam uzama > %50) değerine sahip olarak önemli bir yere sahiptir. İkizlenmeyle plastisite kazanan (Twinning Induced Plasticity, TWIP) çelikler, yüksek mukavemetleri ile hafiflik sağlarken, yüksek sünekliklerinden dolayı da karmaşık geometrilere kolayca şekillendirilebilmektedir. TWIP çeliğinin yüksek mukavemeti ikizlenme mekanizması sayesinde ortaya çıkmaktadır. İçerdikleri bazı dezavantajlar arasında içerdikleri yüksek alaşım malzemeleri nedeniyle yüksek maliyetleri, kaynak edilmelerinde yaşanan zorluk, şekillendirmeden sonra yüksek miktarda geri esneme yapma olasılığı bulunmaktadır. Diğer dezavantajları ise üretim maliyetinin yüksek olması ve gecikmeli çatlama sorunlarıdır.

Otomotiv sektöründe tampon, yan kapı, gövde destek sacları olarak tercih edilmeye başlanan TWIP çelikleri, hafiflik ile birlikte karbondioksit salınımının ve yakıtın düşürülmesi alanlarında büyük avantaj sağlarken, sahip oldukları yüksek süneklik ve dayanım ile araçta meydana gelecek olası darbelere karşı kullanımda tercih sebebi olmuştur (Şekil 5).



Şekil 5. TWIP çeliği otomobil tampon destek parçası

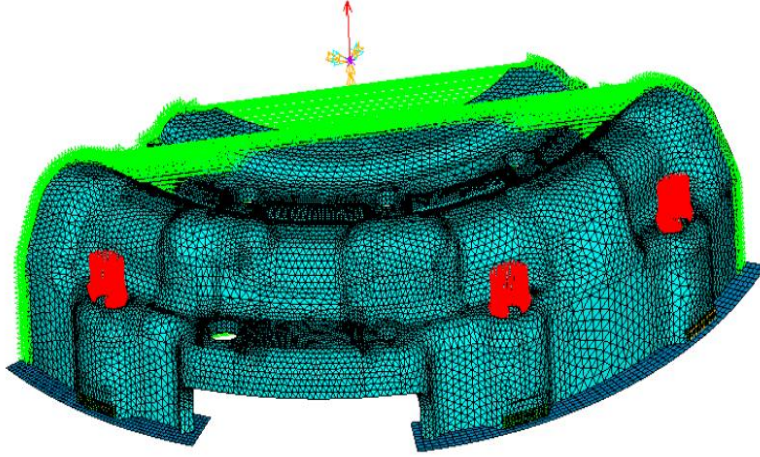
### 3.SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Bu bölümde TWIP980 çeliği ile endüstriyel DD14 çeliği arasında debriyaj kapağına yapılan karşılaştırmalı rijitlik analizi incelenmiştir. Debriyajda rijitliğin optimum seviyede olması gerekmektedir. Düşük rijitlik kapağın fazla esnemesine sebep olurken ayırma ve kavrama fonksiyonel parametrelerinde istenen verilerin elde edilememesine

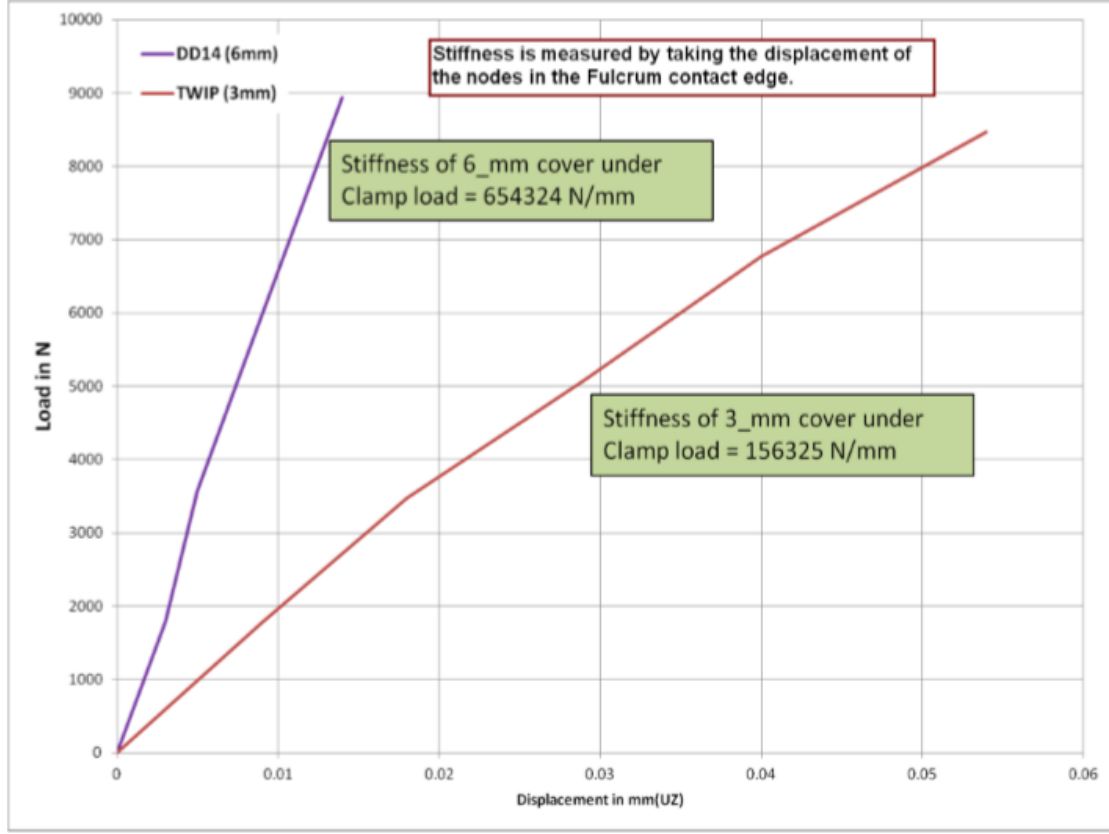
sebeplerden yüksek rijitlik de baskının fonksiyonel gerekliliklerini karşılayamamasına sebep olmaktadır.

ANSYS sonlu elemanlar analizi programında yapılan karşılaştırmalı incelemede aynı tasarıma sahip debriyaj kapağının farklı kalınlıkta ve farklı malzemelerde çelik ile rijitlik analizi sonucu elde edilen verileri değerlendirilmiştir. Daha düşük mukavemete sahip DD14 çeliği kullanılan 6mm kalınlıkta debriyaj kapağı ile yüksek mukavemete sahip TWIP980 çeliği kullanılan 3mm kalınlıkta debriyaj kapağı karşılaştırılmıştır. TWIP980 çeliği 980 Mpa çekme gerilmesi değerine sahipken, DD14 çeliği 350 Mpa çekme gerilmesi değerine sahiptir.

Kapak bağlama civatalarından bağlanarak sabitlenen modelde 36000N kuvvet iletme kabiliyetine sahip baskı kompleksi dört parçaya bölünerek analiz yapılan birim sayısı küçültülmüştür. Kapak bağlama civataları ile aşağı yönlü zorlanan debriyaj kapağı, diyafram yayı kuvveti ile de yukarı yönlü bir kuvvetin etkisi altında çalışmaktadır.



**Şekil 6. Debriyaj kapağı rijitlik analizi**



Şekil 7. TWIP-DD14 çeliği debriyaj kapağı karşılaştırmalı rijitlik eğrisi

Analiz sonuçlarında elde edilen karşılaştırmalı grafik Şekil 7. 'de gösterilmiştir. Sonuçlara göre DD14 malzemeli çeliğin kullanıldığı 6 mm kalınlıkta kapakta 1 mm esneme olması için kapağa 654324 N kuvvet uygulanması gerekirken, TWIP980 çeliğinin kullanıldığı 3 mm kalınlıkta kapakta 1 mm esneme olması için 156325 N kuvvet uygulanması gerekmektedir. Bu değerler TWIP980 çeliğinin kullanıldığı 36000N yük ileten baskı kompleksinde DD14 çeliğine göre %76 daha düşük rijitlik değerinin olduğunu göstermektedir. Düşük rijitlik değeri yük altında kapağın istenenden fazla esnemesine ve fonksiyonelliğin bozulmasına yol açabilmektedir.

Yapılan FEA analizlerinin fiziki testler ile doğrulanması gerekmektedir. Fiziki testler ve FEA analizlerinin karşılaştırılması sonucu nihai sonuç görülerek gelecek çalışmalara yön verilebilir. İlerleyen aşamalarda analizi yapılan bu çalışmanın TWIP980 çeliğinin kullanıldığı fiziki testler ile doğrulanması planlanmaktadır.

#### 4. SONUÇ

AHHS (Advanced High Strength Steels) çelikleri son yıllarda özellikle otomotiv sektöründe hafiflik, yakıt tasarrufu ve güvenlik avantajları sebepleriyle kendine geniş kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Bu çelikler arasında TWIP çelikleri yüksek mukavemet ve yüksek uzama oranları ile önemli bir yere sahiptir. Bu çelikler halen sahip oldukları yüksek fiyatlar sebebiyle daha düşük mukavemete sahip endüstriyel çelikler ile rekabet konusunda geride kalmaktadır. Yakın gelecekte bu çeliklerin

fiyatlarının düşmesi ve çok daha geniş kullanım alanlarına sahip olması öngörülmektedir.

Aynı tasarıma sahip debriyaj baskı kapağında TWIP 980 ve DD14 malzemeleri ile yapılan karşılaştırmalı rijitlik analizinde 3 mm kalınlığa sahip TWIP980 çelik malzemesinin, 6 mm kalınlığa sahip DD14 çelik malzemesine göre %76 daha düşük rijitlik davranışı sergilediği gözlemlenmiştir. TWIP çeliği yüksek mukavemeti ve yüksek uzama oranları sebebiyle hafifletirme çalışmalarında önemli bir yere sahip olmakla birlikte debriyaj gibi fonksiyonelliği yüksek ve hassas parametrelere bağlı komponentlerde detaylı ve ileri analiz çalışmalarına ihtiyaç duymaktadır.



## KAYNAKLAR

- [1] S. Papaefthymiou, 'A New Opportunity for the Design of Advanced High Strength Steels with Heterogeneous-Phase Microstructures via Rapid Thermal Processing, *Journal of Nanoscience with Advanced Technology*, pp 20-23, vol:2, issue:1, 2017
- [2] C. Debasish, 'Behind the Development of Advanced High Strength Steel (AHSS) Including Stainless Steel for Automotive and Structural Applications - An Overview', *Materials Science and Metallurgy Engineering*, Vol. 4, No. 1, pp 1-15, 2017
- [3] Bleck W, Frehn A, Papaefthymiou S. Microstructure and tensile properties in DP and TRIP steels. *Steel Research International*.75(11):704-710, 2004
- [4] Billur, E., Dykeman, J. ve Altan, T., 'Three generations of advanced high strength steels for automotive applications', *Stamping Journal*, pp. 12-13, 2014
- [5] Matlock, D.K., Speer, J.G., De Moor, E. ve Gibbs, P.J., 'Recent Developments in Advanced High Strength Sheet Steels for Automotive Applications: An Overview' *JESTECH*, 15, 1, pp. 1-12, 2012
- [6] Samek, L. ve Krizan, D., 'Steel – Material Of Choice For Automotive Lightweight Applications', *Proceedings of Metal 2012*, p. 551-556, 2012
- [7] Chung K., Ahn K., Yoo D.H., Chung K.H., Seo M.H. ve Park S.H., 'Formability of TWIP (twinning induced plasticity) automotive sheets', *Int. J. Plast.*, 27 (1), 52- 81, 2011.