



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Debriyaj Diski Dış Ana Sac Batma Prosesinin Etkilerinin İncelenmesi

 Ömer YILDIZ ^a,  Caner EŞ ^b,  Serdar AKBULUT ^b,  Ulaşcan KURT ^b,  İbrahim Can KAYMAZ ^b,  Hüseyin ÇAKILI ^b

^a *Gümüşhane Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane / Türkiye*

^b *Dönmez Debriyaj San. Ve Tic. A.Ş., Ar-Ge Merkezi, İzmir / Türkiye*

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: omerryldz0@gmail.com

DOI: 10.29130/dubited.1114223

ÖZ

Araçlarda ve bazı makinelerde motor ve şanzıman arasında tork ve hareketi aktarma organı olarak debriyaj sistemleri kullanılır. Debriyaj sistemleri debriyaj diski, debriyaj baskısı ve debriyaj rulmanı olarak 3 ana bileşen ve 2 yardımcı bileşenden oluşmaktadır. Çalışmamızda debriyaj ana bileşenlerinden olan debriyaj diskinin alt parçalarından “dış ana sac” parçası konu alınmıştır. Debriyaj diski hareket aktarımı sırasında dönme momenti ve baskı kuvvetine maruz kalır. Dönmez Debriyaj A.Ş bünyesinde, üretilen dış ana sac üretiminde delme-kesme, doğrultma, tormalama operasyonları uygulanmaktadır. Bu çalışmada dış ana sac tasarımında yüzeye 0,05-0,04 derinlikte batma uygulanmıştır. Çalışmamızda dış ana sac yüzeyindeki batmaların, perçin delikleri çevresinde ve ana sac yüzeyindeki gerilmelere etkisi incelenmiştir. Batmalı ve Batmasız olarak iki farklı ana sac tasarımı ANSYS ticari yazılımı static structural modulünde gerçek çalışma şartları tanımlanıp simule edilmiştir. Her iki tasarım üzerinden eşdeğer gerilmeler, asal gerilmeler, toplam deformasyon ve gerilme vektörleri sonuçları elde edilmiştir. Sonuçlara göre batma operasyonu, dış ana sac yüzeyi ve perçin çevresindeki gerilmeleri parça yüzeyine dağıtıp sönmülediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Debriyaj Diski, Gerilme, Perçin, Sonlu Elemanlar Analizi*

Investigation of The Effects of Sinking Process on The Clutch Outer Main Plate

ABSTRACT

In vehicles and some machines, clutch systems are used between motor and transmission as torque and motion drivetrain. Clutch systems consist of 3 main components and 2 auxiliary components as clutch disc, clutch cover assembly, and clutch bearing. In our study, the “outer main plate” part of the sub-parts of the clutch disc, which is one of the main components of the clutch, is discussed. The clutch disc is exposed to rotation momentum and pressure force during the transmission of motion. In the production of the outer main plate within the Dönmez Clutch Inc. drilling-cutting, straightening, and turning operations are applied. In this study, in the design of the outer main plate, the indentations with the depth of 0,05-0,04 has been applied on the surface. In our study, the effect of the indentation on the surface of the outer main plate to the stress around the rivet holes and on the main plate surface has been examined. Two different main plate designs with and without the indentations have been simulated by defining the real working conditions on the static structural module of the ANSYS commercial software. Through the two designs, equivalent stress, principal stress, total deformation, and stress vectors have been obtained. As a result, the indentation operation has been observed to absorb the stress on the outer main plate and around the rivets by distributing the stress on the surface of the part.

Keywords: *Clutch Disk, Strain, Rivet, Finite Element Analysis.*

Geliş: 09/05/2022, Düzeltme: 10/07/2022, Kabul: 06/09/2022

I. GİRİŞ

A. DEBRİYAJ SİSTEMİ

Debriyaj, hareket ve tork aktarımı yapan 2 mil arasında istenildiği takdirde tahrik milini tahrik edilen milden ayırabilen bir bağlantı sağlar. Debriyaj sistemleri, küçük güçler ile yüksek atalet yükünün çalıştırılmasına izin verir, ayrıca her türden üretim makinelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. [5] Debriyaj sistemi motor ve şanzımana göre daha az kompleks yapıda olup, 3 ana bileşen ve 2 yardımcı bileşenden oluşmaktadır (Şekil 1). Bunlar;

- Debriyaj baskısı
- Debriyaj diski
- Debriyaj rulmanı
- Volan (Yardımcı)
- Çatal (Yardımcı)

A. 1. Debriyaj Baskısı

Ayna, diyafram yay ve baskı kafesi gibi alt parçalardan oluşan, sürekli dönen bir parça olan volan yüzeyine disk parçasını sabitleyen ve gerektiği zaman aradaki bağlantıyı kesen bir mekanizmadır.

A. 2. Debriyaj Diski

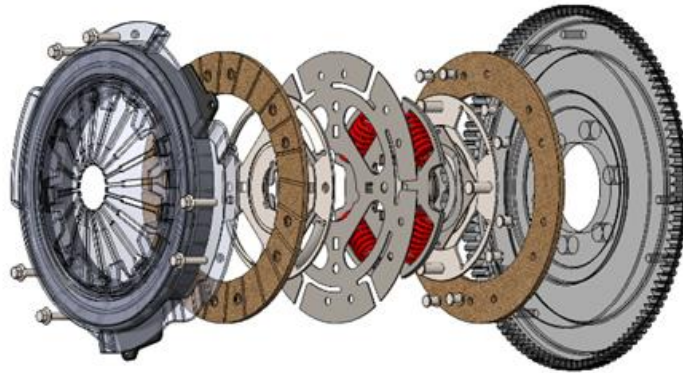
Balata, göbek, yaprak yay gibi alt parçalardan oluşan disk, volan ile ayna arasında sürtünme oluşturarak beraber dönmesini sağlar.

A. 3. Debriyaj Rulmanı

Debriyaj rulmanı, debriyaj baskı kompleksinin itmeli ya da çekmeli ayırma tipli olmasına göre, diyafram yayı ileri ya da geri hareket ettirerek kavramanın çözülmesini sağlayan bir mekanizmadır.

A. 4. Yardımcı Elemanlar

Volanın görevlerinden biri motorun hareketini ve torkunu debriyaj diskine sürtünme yoluyla iletmektir. Çatal debriyaj rulmanını iterek diyafram yaya ihtiyacı olan aksel hareketi verir.



Şekil 1. Debriyaj sistemi elemanları.

B. DEBRİYAJ DİSKİ

Debriyaj diskisi, volan ve baskı plakası arasında bulunan, motor torkunu ve hareketini prizdirek miline sürtünme yardımıyla aktaran debriyaj sistemi elemanıdır. Debriyaj diskisinde tork aktarımı sırasında gözlemlenen sürtünme ilk olarak balatalara uygulanır. Perçinler ile sisteme montajlanan balatalar ana sac yüzeyinde bir gerilme oluşturur.

Debriyaj diskisi temelde 8 elemandan oluşur;

- Balata bağlantı perçinleri
- Balata
- Pre-damper yayları (Rolanti ve düşük tork değerlerinde iletim ve sönümlenme özelliği sağlar.)
- Ana-damper yayları (Yüksek tork değerlerinde iletim ve sönümlenme özelliği sağlar.)
- Kapak
- Ana sac
- Yaprak yay
- Yaprak yay bağlantı perçinleri
- Göbek

Debriyaj diskisi, motor tarafından üretilen torkun şanzıman giriş miline aktarılmasında rol oynayan ana elemanlardan biridir. Disk torkun iletimi sırasında sürtünmeli olarak çalışır ve kullanıcıya maksimum konfor yaratma ilkesine dayanarak çalışmaktadır. Konforun artırılması adına torsiyonel titreşimlerin sönümlenmesinde pre-damper ve anadamper yapılarını, yumuşak kavrama yapılması için ise yaprak yayları içinde barındırmaktadır. Motor torkunun iletimi sırasında oluşan dönme momenti ilk olarak balatalara uygulanır. Balataların perçin kullanılarak bağlandığı ana sac ve yaprak yay elemanlarına iletilen dönme torku, buradan disk göbeğine ve şanzıman miline aktarılır.

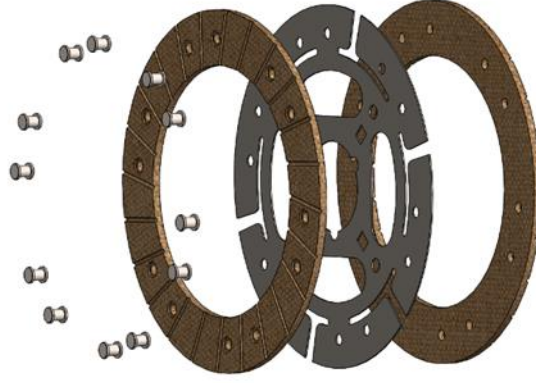
B.1. Ana Sac

Debriyaj diskisi volan ve baskı plakası yüzeyi ile kuru sürtünmeli olarak çalışır. Diskin her iki tarafında sürtünme yüzeyi görevini balatalar görmektedir. Balataların birbirleri arasındaki ve göbek ile arasındaki bağlantıyı ana sac sağlar. Kavrama anında motordan gelen hareket disk ve baskı plakası aracılığıyla şanzımana aktarılır iken disk üzerine gelen momentin büyük bir bölümünü ana sac karşılamaktadır.

Ana sac iki bölümden oluşmaktadır;

- İç ana sac
- Dış ana sac

Dış ana sac yaprak yay ile balataların bağlantısını sağlarken, iç ana sac dış ana sac ile göbek arasında bağlantıyı sağlamaktadır.



Şekil 2. Ana sac - balata perçin bağlantısı.

II. AMAC

Bu çalışmada sonlu elemanlar analizi metodu kullanılarak günümüzde aktif olarak kullanılan iki farklı ana sac tasarımı incelenmiş ve ana sac yüzeyinde gözlenen farklılıkların sunulması hedeflenmiştir. Ana sac üzerinde yapılan tasarım değişikliğinin ana sac perçin delikleri çevresinde oluşan gerilmeleri olumlu yönde etkilemesi beklenmektedir. Analiz sonuçlarını testlerle doğruladıktan sonra üretime geçilmesi amaçlanmaktadır.

III. KAPSAM

Debriyaj sistemi yaygın olarak taşıtlarda motorların oluşturduğu gücün aktarma organlarına iletiminde kullanılan bir iletim organıdır. Debriyaj sistemlerine, otomotiv sektörü dışında her tür makine sektöründe de rastlamak mümkündür. Kuru Sürtünmeli debriyaj sistemlerinde kavrama esnasında temas yüzeyleri (baskı plakası, debriyaj diski ve volan) arasında kayma meydana gelir ve bu kayma nedeniyle ara yüzeylerin sürtünme yüzeylerinde ısı enerjisi üretilir [1]. Bu sebeple debriyaj sistemlerinde kullanılan malzemelerinin mekanik mukavemet özelliklerinin yanı sıra termal dayanım özelliklerine de dikkat edilmelidir.

Debriyajın alt bileşenlerinden biri olan ve bu çalışma kapsamında incelenen parça (Dış ana sac) ERD 6106 (SAE J403-2014) malzemesinden imal edilmiştir. Bu çelik, soğuk haddelenmiş karbon çeliği olarak bilinir.

Doğru bir perçinli bağlantı, aşağıdaki üç gereksinimi karşılamalıdır;

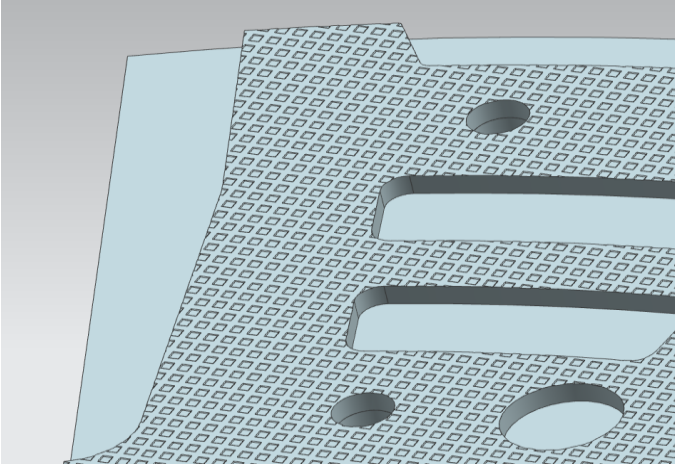
- Bağlantının kesilmeye karşı direnci. (perçin kesiti yoluyla)
- Birleştirilen komponentlerin perçin deliklerinden çökme yaşanmaması. ("d/e" oranı aracılığıyla)
- Birleştirilmiş komponentlerin yırtılmaması.

Perçinli bağlantılarda gözlemlenen tipik hasar mekanizmaları şunlardır: perçin kafasının yırtılması, perçinin kesme altında kırılması, perçin deliklerinin yakınında plakanın kırılması ve plakaların ani çökmesi. [2]

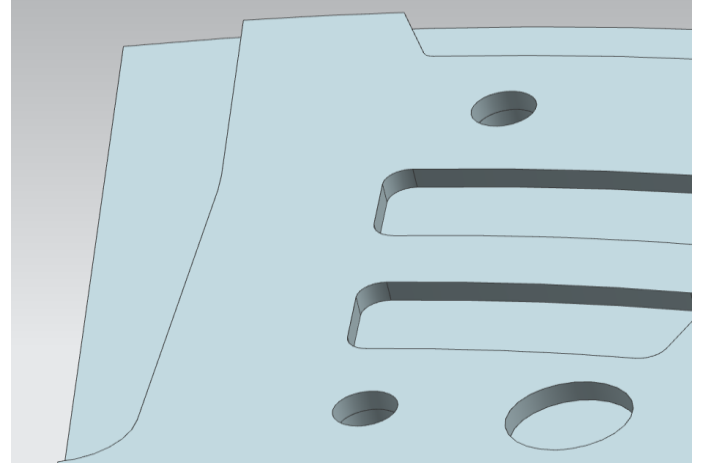
Perçinli bağlantılarda plakada kayma gerilmesinin yanı sıra perçin temas yüzeylerinde çapsal basınç oluşur, birleştirilmiş komponentlerde yükün (perçin deliğinin iç yüzeyi) perçin şaftına uyguladığı basınçtır. Çift kesme altındaki perçinler için, Belçika Standardizasyon derneği normlarına göre, dikkate alınması gereken izin verilen yük olarak, kesme hesabından elde edilen sonuçlar ile çapsal sıkıştırmanın sonuçları arasındaki minimum değeri tavsiye edilmektedir. Bu öneriler, kayma dayanımı

için 110 [MPa] ve çapsal basınç dayanımı için (yumuşak çelik) 320 [MPa] verilerine dayanmaktadır. [4]

Çalışmamızda konu aldığımız ana sac yüzeyindeki 0,04-0,05 mm derinliğindeki batmalar ile ilgili literatürde benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak VMK.Tipirineni ve PP.Rao yaptıkları çalışmada debriyaj diski kapağı üzerindeki gerilmelerin azaltılması ve safety factorun artırılması amacı ile ana sac kalınlığını arttırmış, yay yuvaları köşe radiuslarının yarı çaplarını artırarak safety factor değerini 1,23 seviyesinden 1,7 seviyesine çıkartmıştır. [7] Ana sac parçasının yüzeyinde batmaları oluşturmak için hali hazırda uygulanan doğrultma presi kalıbında bir değişikliğe gidilerek doğrultma ve batma operasyonu tek seferde gerçekleştirilecektir. Ana sac yüzeyine yapılan batma prosesi, parçanın gerilmelere karşı olan performansını direkt olarak etkilemesi beklenmektedir. Analizi yapılacak olan kesitlerin kompleks ve küçük olmaları sebebiyle değerlendirme yöntemi olarak sonlu elemanlar metodu (FEM) belirlenmiştir. Ana saca yüklenen kuvvetlerin etkisi ANSYS Workbench ticari yazılımı Statik yapısal modülü kullanılarak doğal çalışma ortamı simule edilip incelenmiştir.



Şekil 3. Batmalı Ana sac Görünümü.



Şekil 4. Batmasız Ana sac Görünümü.

IV. YÖNTEM

Yapılan literatür araştırmalarında perçinli bağlantıların analizleri için aşağıda belirtilen sonuçların incelendiği gözlemlenmiştir.

- Yorulma ve sürtünme analizi
- Gerilme yoğunluğu faktörü ve yük transferi analizi
- Çatlak büyümesi ve çoklu site hasarı

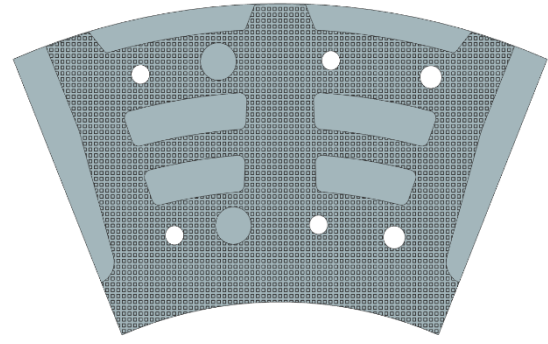
Bulunan literatür çalışmaları sonrasında yaptığımız çalışmada yüklere bağlı olarak perçin temas yüzeyi ve ana sac yüzeyindeki gerilme yoğunluklarının incelenmesine karar verilmiştir.

Gerilme yoğunluğu faktörü ve yük transferi analizi;

Perçinli bağlantıların gerilme durumu ve yorulma ömrü tahminini karakterize etmek için, gerilme yoğunluk faktörleri çözümleri yapılmalıdır. Perçinli bağlantılardaki çatlaklar üzerinde yapılan çalışmalarda genellikle perçin rijit pim olarak kabul edilmiştir. Perçin montajından ve plakaların eğilmesinden kaynaklanan artık gerilmeyi ve plakaların temas noktalarındaki karmaşık temas durumunu ortadan kaldırmak için balata elemanları analize dahil edilmemiştir.

Literatürde yapılan perçin analizlerinde bağlantı elemanı deliklerinden kaynaklanan çatlaklar için stres yoğunluğu faktörleri incelendiği görülmüştür. Bu çalışmalar, yapılacak a perçinli bağlantı analizi için bir başlangıç noktası niteliği taşımaktadır. Moreira, P. M. G. P. ve arkadaşları 2007 yılında yaptıkları çalışmada iki plakanın perçinler ile bağlantısının analizlerini gerçekleştirmiş ve yük transferinin önemli bir parametre olduğunu göstermiştir.[3]

Sonlu elemanlar analizi yapılacak batmalı/batmasız ana sac tasarımlarının 3 boyutlu modelleri ve perçinler ile montaj çalışmaları Siemens NX ticari yazılımı kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil 3). Hazırlanan geometri verisi ANSYS Workbench ortamına aktarılarak Statik yapısal modulünde sonlu elemanlarda analizleri gerçekleştirilmiştir. Dönmez debriyaj bünyesinde üretilen debriyaj diskleri boyut ve performans açısından ağır ticari araçların ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Bu sebeple analiz ortamında Hazırlanan modellere çalışma ortamında karşılaştıkları 2300Nm dönme momenti ve 37000N baskı kuvveti yükleri uygulanmıştır. Perçinler rijit elemanlar olarak kabul edilerek, çalışma koşullarında özellikle ana sac tasarımlarının perçin temas yüzeylerinde ve çevresinde oluşan gerilmeler incelenmiştir.



Şekil 3. CAD ve Gerçek Görünümde Batmalı Ana sac-Balata Montajı.

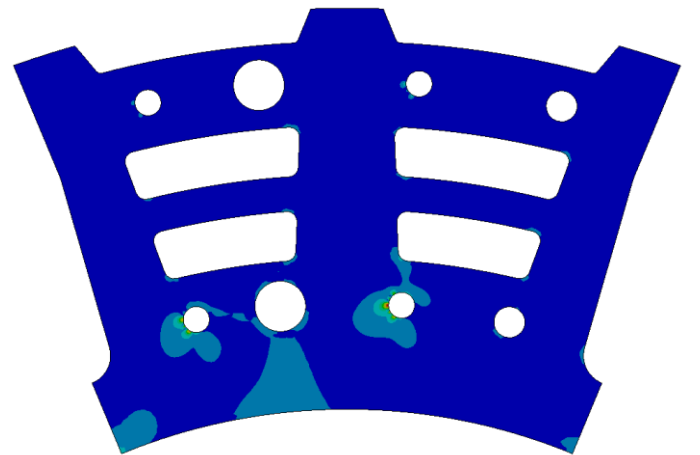
V. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bir ağır ticari araçta takılı olan debriyaj diskinin görebileceği maksimum yüklemelere ve sınır şartlarına göre sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilen ana sac analizini batmalı ve batmasız modeller üzerinden incelersek, perçinlere gelen kuvvetin ana sac perçin delikleri ve çevresinde gerilme yarattığı görülüyor. Batma prosesinin bu gerilmeleri parça geneline dağıtarak sönmlediği görülmektedir.

A. EŞDEĞER GERİLME



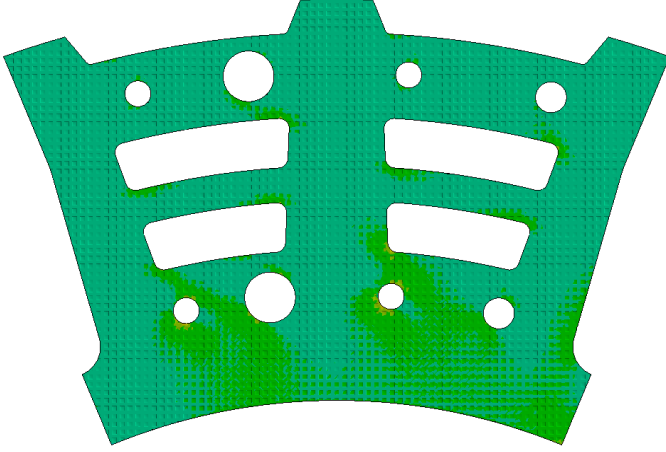
Şekil 6. Batmalı Ana sac Eşdeğer Gerilme.



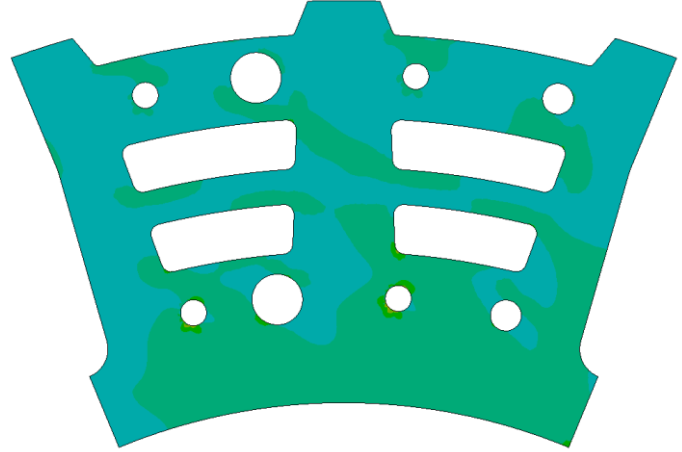
Şekil 7. Batmasız Ana Sac Eşdeğer Gerilme.

Resimlerde görüldüğü üzere batmalı ana sac parçası üzerinde oluşan gerilmelerin etki ettiği yüzey alanı genişlemiştir. Bu genişlemenin sebeplerinden birisi parça üzerinde form değişikliği yaparak dislokasyonların artırılmasıdır. Dislokasyonların parçaya etkisi ile akma dayanımının artmasına yol açmıştır. Analiz sonucunda görülmüştür ki batmasız ana sac tasarımında elde edilen eşdeğer gerilme 211,74 MPa görülür iken batmalı ana sac üzerinde bu sonuç 181,67 olarak görülmüştür.

B. ASAL GERİLME



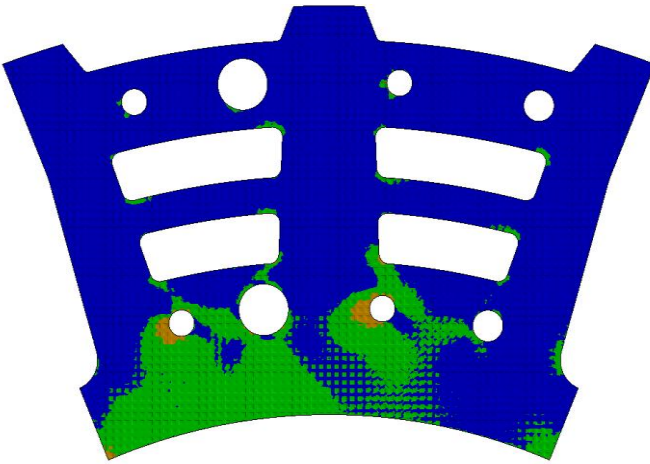
Şekil 8. Batmalı Ana sac Asal Gerilme.



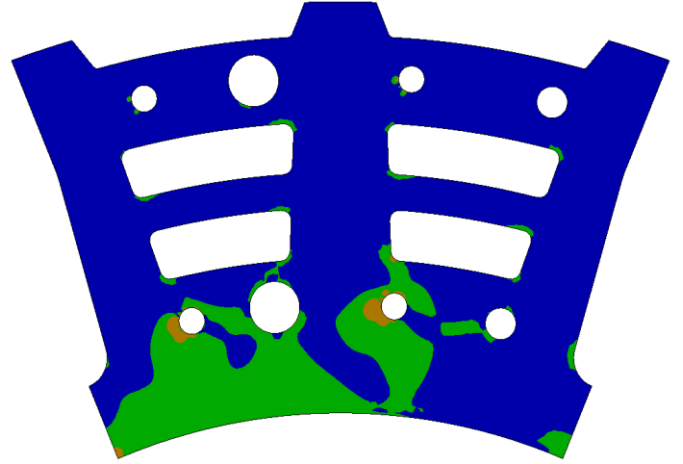
Şekil 9. Batmasız Ana sac Asal Gerilme.

Eş değer gerilme sonuçları gerilme değerlerinin enerji yoğunluklarını gösterirken gerçek gerilmeyi asal gerilme sonuçlarında inceleyebiliriz. Batmasız ana sac analizinin sonuçlarında asal gerilme 139,04 görülürken batma operasyonu sonrasında aynı sınır şartları ve yüklemelere tabii tutulan parça üzerinde gerilmeler 120,42 olarak gözlemlenmiştir.

C. GÜVENLİK KATSAYISI



Şekil 10. Batmalı Ana sac Güvenlik Katsayısı.



Şekil 11. Batmasız Ana sac Güvenlik Katsayısı.

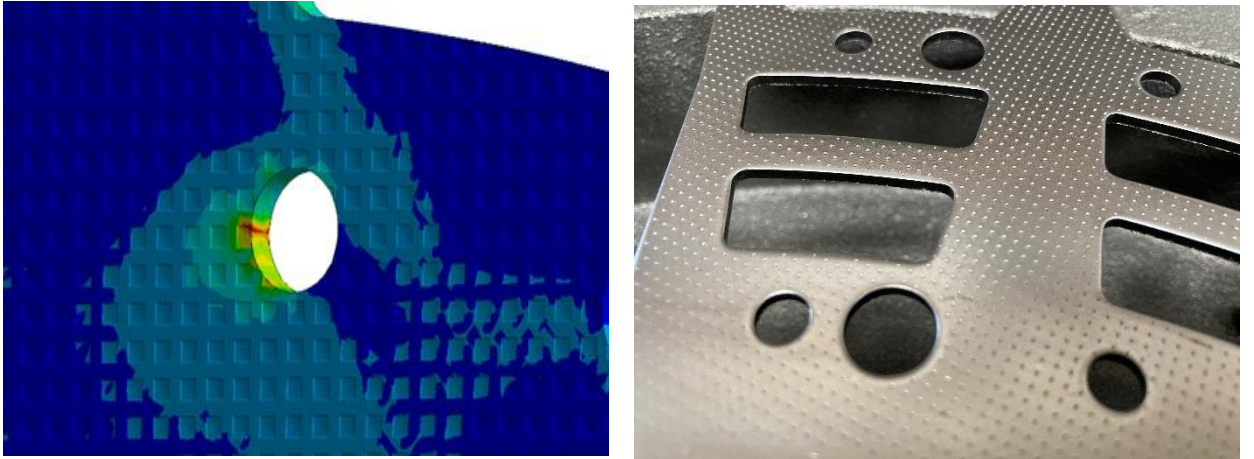
Dislokasyonlar malzemenin stresini ve mukavemetini artırır bu sebeple parçanın güvenlik katsayısı artar. Batmasız ana sac analizinde safety factor 0,94 iken batma operasyonundan sonra 1,10 seviyesine çıkmıştır. Analiz sırasında parça üzerine uygulanan kuvvet değeri çalışma şartlarında maruz kaldığı kuvvetin 1,5 katı alınarak yükleme sağlanmıştır.

	Batmasız Ana sac	Batmalı Ana Sac
Eşdeğer gerilme (MPa)	211,74	181,67
Maks. Asal Gerilme (MPa)	139,04	120,42
Safety Factor	0,94	1,10

D. TARTIŞMA VE ÇIKARIM

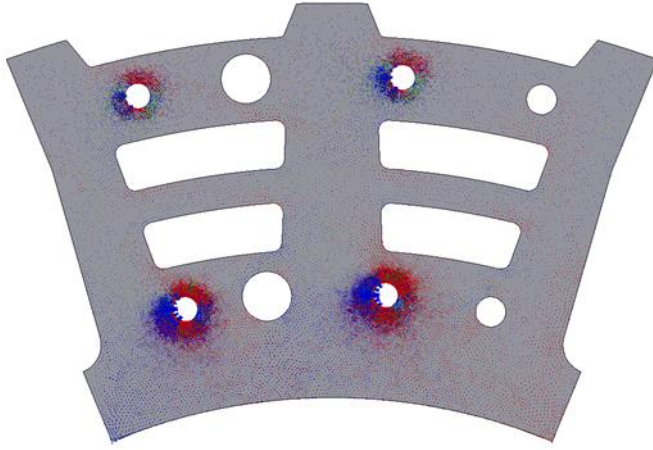
Debriyaj diski dış ana sacı tasarımında kullanılan yüzey batma operasyonlarının “perçin çevresi gerilme” durumlarına etkisi simule edilerek, iki farklı tasarımın sonuçları karşılaştırmalı olarak elde edilmiştir.

Her iki geometriye de uygulanan eşit sınır şartları ve yüklemeler sonucunda maksimum gerilmelerin perçin temas yüzeylerinde olduğu görülmüştür. Batma operasyonu uygulanmayan ana sac tasarımında maksimum gerilme 211,74 MPa olarak ölçülen değer batmalı ana sac tasarımında 181,67 MPa olarak gözlemlenmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde batma operasyonu uygulanan ana sac tasarımının gerilme açısından %14,2 daha dayanıklı olduğu görülmektedir.

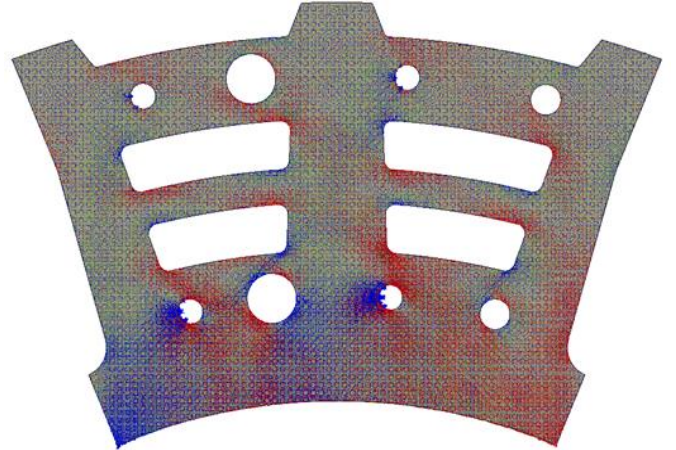


Şekil 12. Batmalı ana sac modeli ve gerçek görüntüsü.

Ana sac yüzeyindeki batma operasyonlarının perçin temas yüzeylerindeki gerilmelerin yanı sıra, perçin delikleri çevresinde yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Yoğunlaşan gerilme bölgelerini parça yüzeyine dağıtıp sönmölemek amacı ile batma operasyonları uygun bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Batmaların parça üzerinde gösterdiği etkiyi elde etmek için benzer bir uygulama olan shot peening (Bilyalı dövme) ile de malzemede plastik deformasyon ve artık gerilim oluşturularak yorulma ve korozyona karşı direncini arttırdığı literatürde bilinen bir prosestir. [6]



Şekil 13 . Batmasız ana sac vektörel gerilmeler.



Şekil 14. Batmalı ana sac vektörel gerilmeler.

Batma operasyonu uygulanan ana sac tasarımında gözlemlenen bir diğer etki ise, parçanın güvenlik katsayısının yükseltilmiş olduğudur. Batmasız ana sacda güvenlik katsayısı 0,94 iken batma operasyonu sonrasında bu sayı 1,10 değerine yükselerek daha güvenli olarak çalıştırılması öngörülmektedir. Yapılan analizler göstermektedir ki batma operasyonları bu ve benzeri yapılarda oluşacak gerilmelerin dağıtılarak çalışma koşullarında daha güvenli olarak işlev görmesini sağlayacaktır.

Debriyaj diski dış ana sac yüzeyinde oluşturulan batmalar, dış ana sac perçin delikleri ve yüzeyinde oluşan gerilmeleri sönmüleyerek %14,2 azalttığı görülmüştür. Bu sonuçlardan yola çıkarak Dönmez Debriyaj A.Ş bünyesinde batma operasyonu uygulanan bir dış ana sac parçası üretim araç testleri yapılarak tasarımın yaygınlaştırılması planlanmıştır.

Bu çalışmanın literatüre olan katkısını yorumlayacak olursak, baskı kuvveti ve moment ile zorlanan, perçinli bağlantı sağlanan sac malzemelerin bağlantı bölgelerinde oluşan gerilmeleri önlemek amacıyla batma prosesi uygulanabilir. Ayrıca debriyaj diski ana sac parçasının performansı arttıkça karşılayacağı moment miktarı da artar ve ağır ticari araç motorlarının üreteceği yüksek tork değerlerini şanzımana iletirken ana sac hasarlarını minimum seviyeye düşüreceklerdir.

TEŞEKKÜR: Çalışmamızda emeği geçen Dönmez Debriyaj A.Ş personeli ve desteklerini esirgemeyen Dönmez Debriyaj A.Ş genel müdürü Sn. Cumali ERTAŞ ve yönetim kurulumuza teşekkürlerimizi sunarız.

VI. KAYNAKLAR

- [1] Abdullah, O. I., Schlattmann, J., & Al-Shabibi, A. M.,” Stresses and deformations analysis of a dry friction clutch system”, *Tribology in Industry*, vol. 35, no. 2, pp. 155-162, 2013.
- [2] Aerts, L.,” Eléments pratiques de la résistance des matériaux”,4., Liège, Belgium: J. Wouters-Ickx-Ch. Béranger, pp. 26-34, 1911
- [3] Moreira, P. M. G. P., De Matos, P. F. P., Camanho, P. P., Pastrama, S. D., & De Castro, P. M. S. T., “Stress intensity factor and load transfer analysis of a cracked riveted lap joint”, *Materials & design*, vol. 28, no. 4, pp. 1263-1270, 2007
- [4] Collette, Q., Wouters, I., Lauriks, L., & Verswijver, K.,” Morphogenesis of the theory and design principles of riveted connections in historical iron and steel structures”, *In Proc of the Int Conf on Structural Analysis of Historical Constructions (SAHC 2012)*, DWE Wroclaw, pp. 1080-1088, 2012.

- [5] Purohit, R., Khitoliya, P., & Koli, D. K., "Design and finite element analysis of an automotive clutch assembly", *Procedia materials science*, c. 6, pp. 490-502, 2014.
- [6] Meo, M., & Vignjevic, R., "Finite element analysis of residual stress induced by shot peening process". *Advances in Engineering Software*, c. 34, s. 9, pp. 569-575, 2003.
- [7] TIPIRINENI, V. Mani Kiran; RAO, P. Punna. Optimal Design of a Clutch Plate using Ansys. Editorial Committees, vol. 03, no.12, pp. 62, 2013