

## DEBRİYAJLARDAKİ HİSTEREZİS RONDELASI İÇİN YENİ BİR MALZEME KULLANIMI VE PARÇA GEOMETRİSİNİN DEĞİŞTİRİLMESİ

*Seren SAYACA\**

*Ali BAYRAM\**

**Özet:** Bu çalışmada debriyajdaki H4 histerezis rondelasının sanayide üretimi esnasında karşılaşılan problemler incelenmiştir. H4 histerezis rondelasının sanayide üretimi esnasında parçanın kulak kısmında yırtılmalar ve belli bir kilometreden sonra parçada kırılmalar görülmektedir. Çalışmada, H4 histerezis rondelası ile ilgili karşılaşılan problemleri çözmek amacıyla C15E malzemesi seçilmiştir. Seçilen malzeme ve uygun geometri ANSYS paket programı kullanılarak doğrulanmıştır. Yapılan ön araştırmalarda üretim yöntemi olarak da bileşik kalıp yönteminin uygun olduğu belirlenmiştir. Parçanın iç çapı küçültülerek taşıyıcı kısmın kesit yüzeyi artırılmıştır. Karbonitrüleme yüzey işlemi uygulamanın ve yağlayıcı kullanmanın da H4 histerezis rondelası ile ilgili sorunları çözmek için gerekli olduğu anlaşılmış ve uygulanmıştır. Yapılan iyileştirmeler sonucu bu parçaların kullanım esnasında karşılaşılan yırtılma ve benzeri problemler önemli ölçüde giderilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Debriyaj, H4 Histerezis Rondelası, ANSYS, Karbonitrüleme.

### Modification of the Component Geometry and a New Material Usage for Hysteresis Washer Material in Clutches

**Abstract:** In this study problems which occur during the manufacturing of H4 hysteresis washer used in the clutch was analysed. Tear on the corner and breakage after certain kilometers are the problems that may be encountered in industrial manufacturing of H4 hysteresis washer. In the study C15E material was chosen in order to solve H4 hysteresis washer problems which occur during the manufacturing. The chosen material and feasible geometry were verified the results with ANSYS packet program. As a result of preliminary studies it is determined that compound die usage is suitable to produce H4 hysteresis washer. Reducing the inner diameter of the component makes it possible to increase the cross section surface of the carrier part. It is understood that application of carbonituration as a surface treatment and lubricant usage were essential to solve manufacturing problems. As a result of improvement, tear and similar problems which occur on the usage of H4 hysteresis washer are solved.

**Key Words:** Clutch, H4 Hysteresis Washer, ANSYS, Carbonituration.

## 1.GİRİŞ

Debriyaj motor ile vites kutusu arasındaki bağlantıyı sağlayan bir aktarma organıdır. Sürücünün isteğiyle, aracın harekete geçirilmesi, hız değiştirilmesi ve durdurulması gibi olayları gerçekleştirir.

İçten yanmalı motorlarda uygun olmayan birçok özellik vardır. Bunlardan en istenmeyeni vibrasyondur. Debriyaj, bu vibrasyonu engellemek için, bir çok yay ve vibrasyon yutucu elemanlarla donatılmıştır (Anonim 2007).

Debriyajın diğer bir özelliği de, değişik vites oranlarına göre, motor torkunun uygulanabilirliğini sağlamaktır. Rahatlıkla vites değiştirebilmek için, motoru vites kutusundan ayırmak gerekir. Bu görevi de debriyaj üstlenir. Ayrıca, farklı hızlarda dönmelerine rağmen, motor ile vites kutusunun

\* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 16059, Görükle, Bursa.

yeniden birleşmesini sağlar ve bu işlem sırasında oluşan ısıyı hasara sebep olmayacak şekilde dağıtır (Anonim 2007).

Debriyajın başka bir fonksiyonu da, motor ve vites kutusu arasında, bir güvenlik valfi olmasıdır. Yüksek ve ani torkların, vites kutusuna zarar vermesini önleyen bir sigorta görevi görür (Anonim 2007).

Debriyajın çalışması sırasında iç komponentlerin birbirine göre göreceli hareketleri vardır. Bu hareketler sonucu sürtünme kuvveti oluşur. Bu sürtünme kuvvetlerinin oluşturduğu etkiye histerezis denir. Histerezis sürtünme ile kontrol edilir. Histerezis rondelalarının görevi dişli kutusundan gelen titreşimleri sönmülemektir (Anonim 2007).

Motordan gelen düzensizlikleri debriyajda ortadan kaldırma görevi iki şekilde sağlanır (Anonim 2007):

1. Stiffness: Aracın konforunu olumsuz yönde etkiler. Stiffness değeri artıkça aracın ayrılması zorlaşır. Kolay vites değiştirilemez.
2. Histerezis: Debriyajda, motordan gelen düzensizlikleri filtre etmek için oluşturulan sürtünme kuvvetlerinin oluşturduğu etkiye histerezis denir. Histerezisin aracın konforunu artırmakta olumlu etkisi vardır (Anonim 2007.)

Debriyajda birbirine göre göreceli hareket eden komponentlerin malzemelerini, çaplarını ve bunlara etki eden dikey kuvvetleri kontrol ederek histerezis istenilen seviyede ayarlanabilir (Anonim 2007).

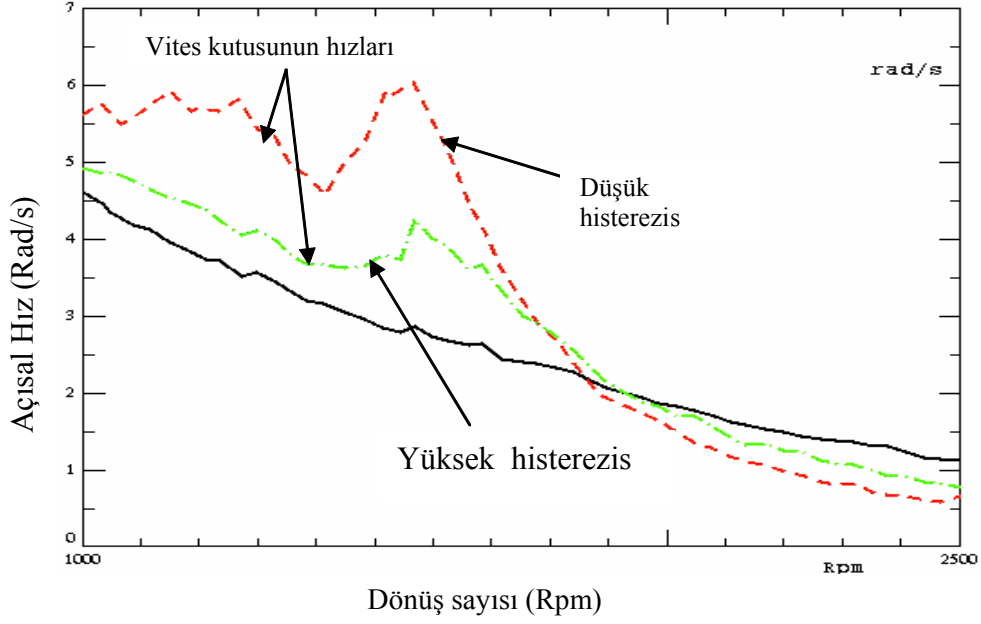
Araç konforunu artırmak için 90'lı yılların ortalarında hidrolik kumandalar ve çift kütleli völanlar kullanılmaya başlanmıştır (Theodossiades ve Tangasawi, 2007). Debriyajda sürücünün konforunu artırmak için çok uzun yıllar çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucu standart amortisör kullanımının ardından radyal progresiviteli ve histerezisli amortisörler de kullanılmaya başlanmıştır (<http://www.valeoclutches.com/>). Debriyaj sistemlerinde yapılan yeniliklerin amacı darbe amortisör yelpazesini genişleterek aracın konforunu artırmaktır. Araçta histerezis oluşturan dört farklı histerezis rondelası vardır. Bu çalışmada incelenen, dördüncü aşamada histerezis oluşturan H4 histerezis rondelasıdır. Histerezis rondelaları, histerezis oluşturarak aracın daha konforlu hale gelmesini sağlarlar. Bu nedenle H4 histerezis rondelasın da oluşan hatalar aracın konforunu etkiler. Motorlu araçlarda bu parça ile ilgili problemler; parçanın kulak kısmındaki yırtılmalar ve belli bir kilometreden sonra parçadaki kırılmalarıdır.

Bu çalışmada, H4 Histerezis rondelasında oluşan hasarları gidermek amacıyla DD11 malzemesine alternatif olarak C15E malzemesi seçilmiştir. Ayrıca parça geometrisi değiştirilmiştir. Malzemenin mekanik özelliklerini iyileştirmek için karbonitrüleme işlemi uygulanmış ve de bu malzemenin ve parça geometrisinin uygunluğu ANSYS programı ile kontrol edilmiştir. Parça üretiminde ise bileşik kalıp yöntemi kullanılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

H4 histerezis rondelası çalışırken (tam torkda) metal metale sürtünmeyi sağlamak için yaylar ile kanat arasında çalışır ve kılavuz rondelaya sürtünür. Debriyajda vites kutusunun hızı motorun hızına ne kadar yakınsa aracın vibrasyonu o kadar azalır ve aracın konforu artar. Histerezisin filtrelemeye etkisine bakıldığında Şekil 1'de görüldüğü gibi yüksek histerezislerde daha iyi bir filtreleme vardır.

H4 histerezis rondelası ile ilgili problemler, üretim esnasında parçanın kulak kısmındaki yırtılmalar, belli bir kilometreden sonra kırılmalar yada çatlamlar ve H4 histerezisindeki ani düşmelerdir (Şekil 2). Bu problemleri çözmek için malzeme seçimi, üretim yöntemi belirlenmesi ve ürün tasarımının gözden geçirilmesi şeklinde bir yol izlenmiştir.



Şekil 1:  
Histerezisin Filtrelemeye Etkisi (Anonim 2007).



Şekil 2:  
H4 Histerezis Rondelasındaki Yırtılma

H4 histerezis rondelası için kullanılacak malzemeden beklenen özellikler;

- Yüksek mekanik dayanım (Sürtünmeye karşı dayanım);
- Yüksek yorulma ömrü,
- Yüksek sertlik;
- Yüksek gerilme dayanımı;
- Isıl işleme uygunluk;
- Yüksek boyutsal kararlılık.
- Yüksek korozyon dayanımı şeklindedir.

Yukarıdaki belirtilen mekanik ve fiziksel özellikleri, H4 Histerezis rondela üretiminde kullanılan DD11 (EN 10111) malzemesi sağlayamadığı için bu malzemeye alternatif olarak C15E (EN 10084) seçilmiştir. Bu iki malzemenin kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri Tablo 1 ve Tablo 2’de görülmektedir.

**Tablo 1.**  
**Optik Emisyon Spektrometresi ile Kimyasal Bileşimlerin Karşılaştırılması.**

Elementler	DD11 (EN 10111)	C15E (EN 10084)
% C	0,05	0,12
% Mn	0,27	0,35
% P	0,010	0,018
% S	0,07	0,005
% Si	0,01	0,22
%Cr	0,02	0,02
%Mo	0,0	0,0
%Ni	0,03	0,01
%Ca	0,0	0,0001
%Cu	0,03	0,01
%Sn	0,03	0,001
%Pb	0,0	0,018
%Ti	0,0007	0,009
%Nb	0,0003	0,0005
%As	0,0062	0,0013
%Sb	0,0011	0,0003
%Co	0,007	0,002
%W	0,01	0,002
%Ta	0,02	0,002
%Zn	0,02	0,001
% Al	0,051	0,001

**Tablo 2.**  
**Mekanik Özelliklerin Karşılaştırılması.**

Test	DD11 (EN 10111)	C15E (EN 10084)
Sertlik	103-104 HV 1*	132-135 HV 1*
Çekme Mukavemeti (Rm) (Avrupa normu EN 10002-1 göre ölçülmüştür)	395 N/mm <sup>2</sup> *	647 N/mm <sup>2</sup> *
Akma Mukavemeti (Rp) (Avrupa normu EN 10002-1 göre ölçülmüştür).	275 N/mm <sup>2</sup> *	457 N/mm <sup>2</sup> *
Yüzde Uzama Miktarı (A) (Avrupa normu EN 10002-1 göre ölçülmüştür).	0,3mm<e<3mm A% =24*	0,3mm<e<3mm A% =35 *

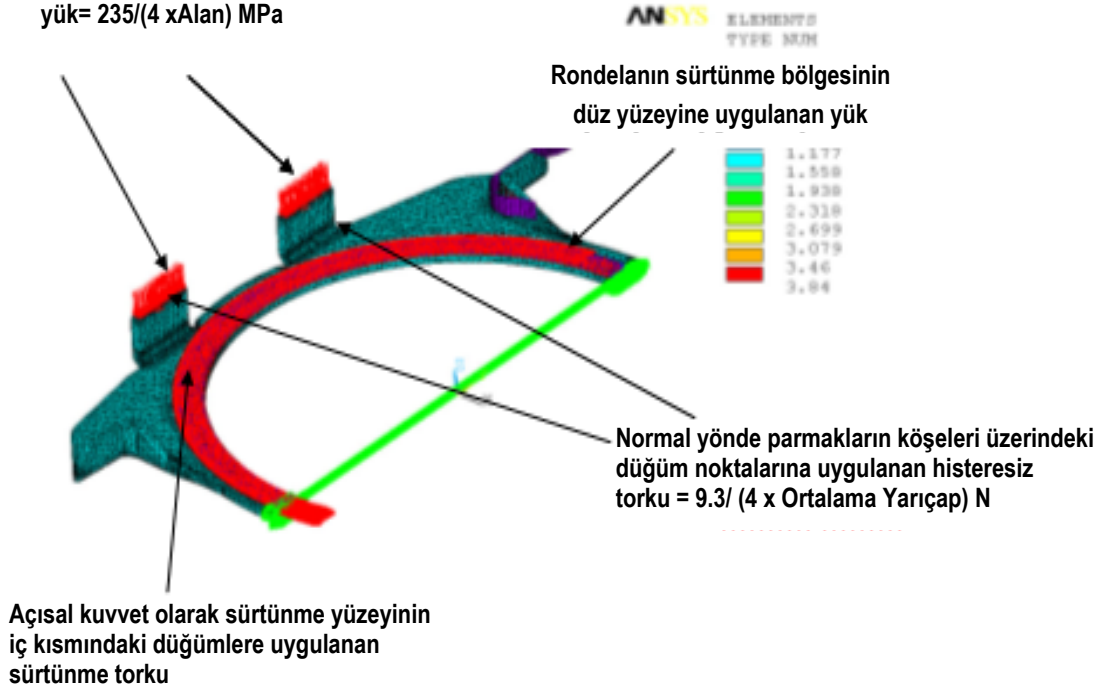
\*Üretici firmanın tahahüt ettiği katalog değerlerdir.

**C15E Malzemesinin Uygunluğunun ANSYS Paket Programı ile İncelenmesi:** ANSYS programındaki adımlar:

- 1.Adım:** Analiz Tipi seçmek: Multiphysics seçilmiştir.
- 2.Adım:** Kullanılan eleman tipi: Solid 92.
- 3.Adım:** Geometri oluşturma: Simetriden yararlanılmıştır.
- 4.Adım:** Malzeme özellikleri: Elastisite Modülü: 205000MPa, Poisson oranı: 0.33
- 5.Adım:** Uygulanan mesh tipi: Tetramesh
- 6.Adım:** Sınır şartları: Sürtünme yüzeylerine uygulanan yük: 390N (Şekil 3)  
Sürtünme yüzeyine uygulanan tork: 25Nm  
Parmaklara uygulanan yük: 235N  
Parmaklara uygulanan tork: 9.3N  
Emniyet Gerilmesi: 430 MPa

**7. Adım: Çözüm:** Sınır şartlarının tatbik edilmesinden sonra problem çözüme hazırdır. Program, denklem takımlarını sınır şartlarına göre düzenler ve eş zamanlı çözer. Çözüm neticesinde yer değiştirmeleri ve gerilim dağılımları hesaplanmaktadır.

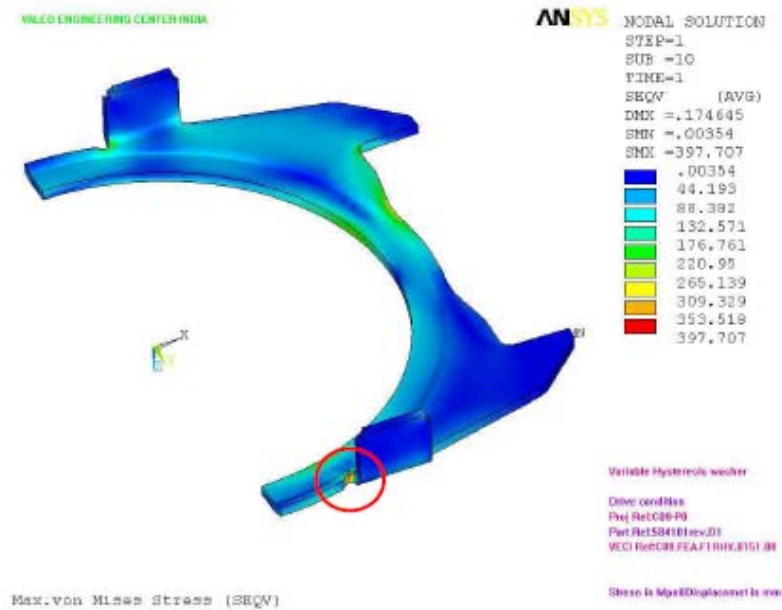
Parmakların düz yüzeyine uygulanan yük =  $235/(4 \times \text{Alan})$  MPa



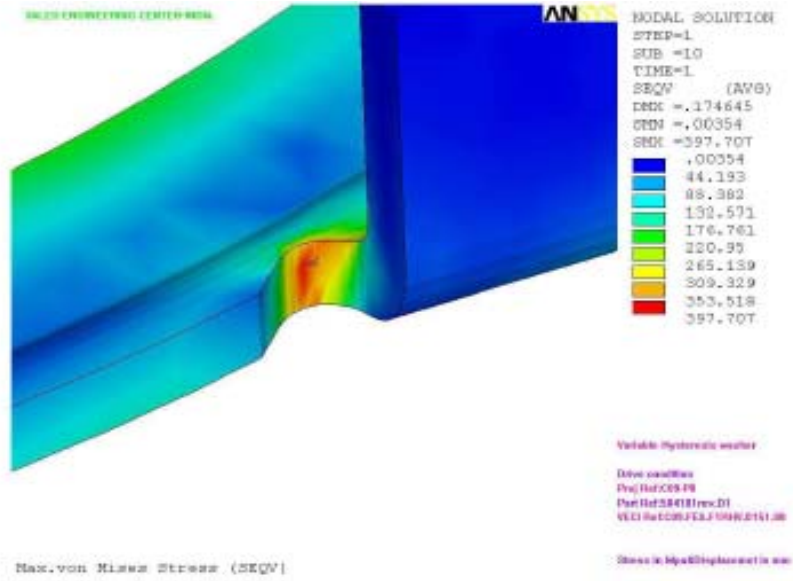
Şekil 3:  
Sınır Koşulları.

### 3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

H4 rondelası üzerinde, şekil 4 ve 5’de görüleceği üzere bu yükler etkisinde hesaplanan maksimum gerilim 397.707 MPa olmaktadır. Emniyet gerilmesi 430 MPa alınmasından dolayı C15E malzemesi ile üretilen H4 rondelasının problemsiz çalışacağı anlaşılmıştır.



Şekil 4:  
Parça Üzerine Gelen Gerilimlerin Dağılımı.



Şekil 5:  
Maksimum Gerilim Bölgeleri.

Farklı iki malzemeden üretilmiş H4 histerezis rondelaların araç üzerinde maruz kalacakları torkun 2.5 katı tork uygulayarak debriyaj kitinin yorulma davranışları incelenmiştir. Bu testi geçme kriteri, parçanın en az 2 milyon çevrimi tamamlaması ve parçalar üzerinde herhangi bir çatlak veya kırık oluşmamasıdır. Parçada 2 milyon çevrimde çatlak ve kırık oluşmaz ise parça kırılıncaya kadar veya çatlak oluşuncaya kadar teste devam edilir. DD11 malzemesinden yapılan H4 histerezis rondelası bu test kriterlerini tamamlamadan yaklaşık 1 milyon çevrimde parçada kırılmalar oluşmuştur (Şekil 6). C15E malzemesinden yapılan H4 histerezis rondelası bu test kriterlerini tamamlamış ve 4 milyon çevrime kadar parçada bir kırılma gözlenmemiştir.

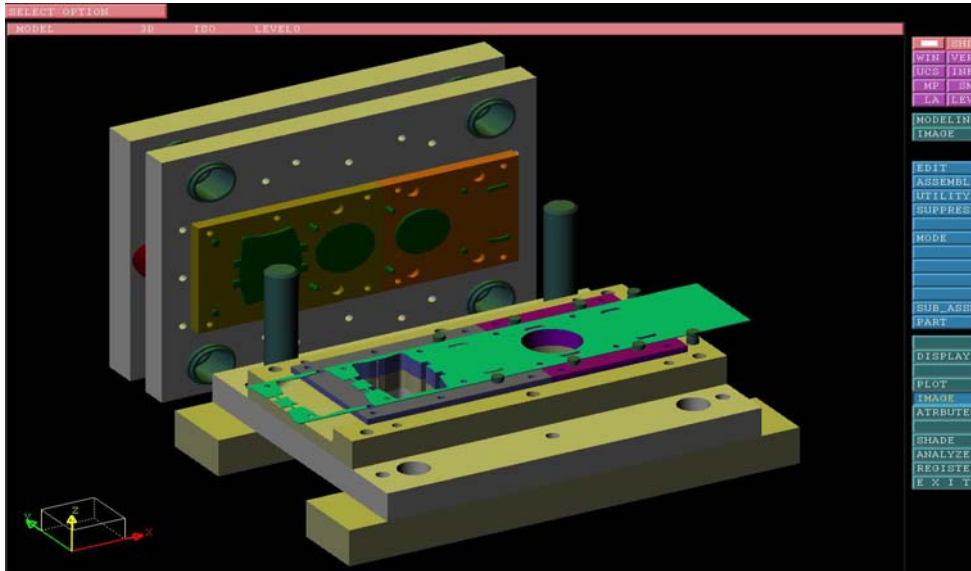


Şekil 6:  
DD11 Malzemesinden üretilmiş H4 Histerezis Rondelasında yorulma deneyi sonrasında meydana gelen kırılmalar (1 milyon çevrim).

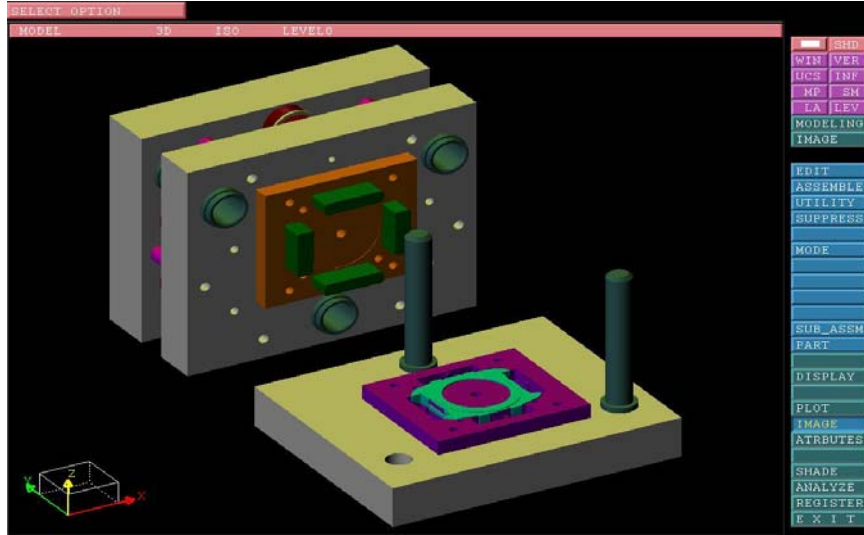


Şekil 7:  
C15E Malzemesinden üretilmiş H4 Histerezis Rondelasının yorulma deneyi sonrasındaki görünümü (2milyon devir).

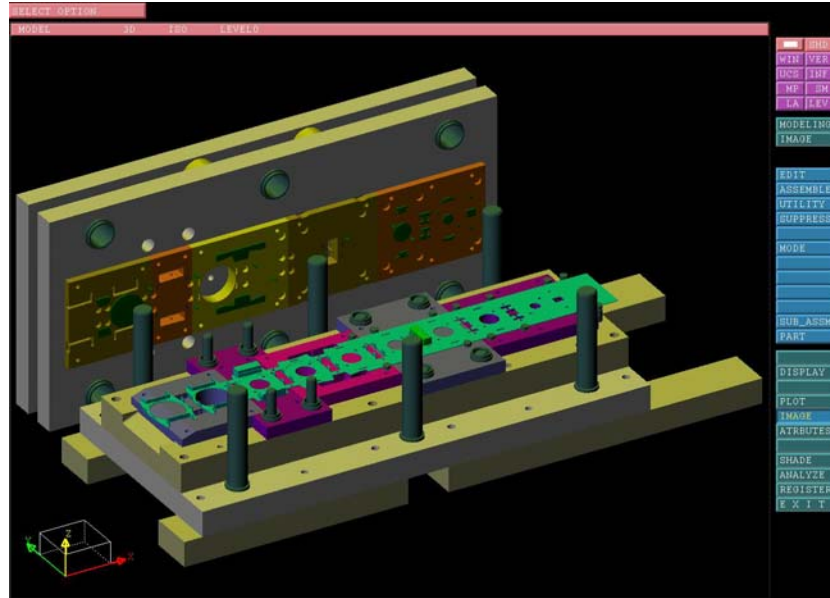
H4 histeresiz rondelasının üretim maliyetleri, kesme-bükme kalıpları (Şekil 8-9) ve bileşik (progresif) kalıp (Şekil 10) yöntemleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. İki ayrı kalıpla üretim yapmanın maliyeti artıracığı ve zaman kaybına yol açacağı bilinmektedir (Gürün ve Nalbant, 2005; Ataşımşek, 2002). Bileşik kalıpların üretim maliyetleri daha fazla olmasına rağmen ürün üretim adedinin fazla olması ayrıca zaman tasarrufu ve işçi gücündeki azalma sağlaması nedeniyle bileşik kalıp tercih edilmektedir. Bileşik kalıp yönteminin kullanımı ile yıllık en az %10'luk bir iyileşmenin gerçekleşmesi beklenmektedir.



Şekil 8:  
Kesme Kalıbı.



Şekil 9:  
Bükme Kalıbı.



Şekil 10:  
Bileşik Kalıp.

Bileşik kalıp ve iki ayrı kalıpla üretim zaman açısından da karşılaştırılmıştır. Herbir üretim aşaması için tespit edilen ortalama zaman miktarları üretim sırasında yapılan ölçümler sonucunda elde edilmiştir. İki ayrı kalıpla üretim için harcanacak ortalama üretim zamanı Tablo 3’de verilmiştir. Bileşik kalıpta üretim için de harcanan ortalama üretim zamanı Tablo 4’de görülmektedir. Bileşik kalıp maliyeti diğer kalıplara göre daha fazla olmasına rağmen yapılan analiz göstermiştir ki bileşik kalıpla sağlanan zaman tasarrufu ve işçilik maliyetindeki azalma kalıp maliyetini gidermekte ve çok kısa sürede daha hızlı ve seri H4 histerezis rondelası üretmeyi sağlamaktadır.

**Tablo 3.**  
**İki Ayrı Kalıpla H4 Rondelası Üretim Zaman Çizelgesi.**

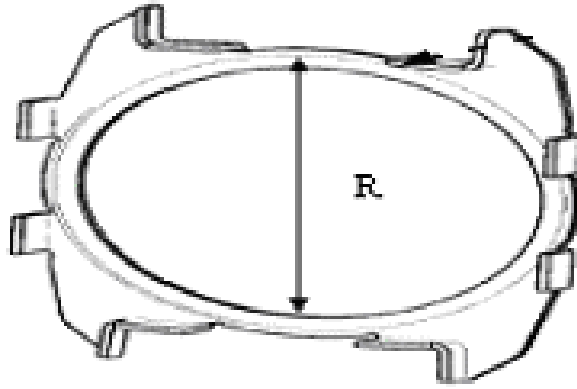
Üretim İşlemi	Gerekli Kuvvet (kg)	Gerekli Ekipman	Gerekli İnsan Gücü	Zaman (sn.)
Kesme	6870	Kesme Kalıbı	Var	25
U bükme	730	U Bükme Kalıbı	Var	25
Toplam	7600	2 adet kalıp	2 işçi	50



**Tablo 4.**  
**Bileşik Kalıpla H4 Rondelası Üretim Zaman Çizelgesi**

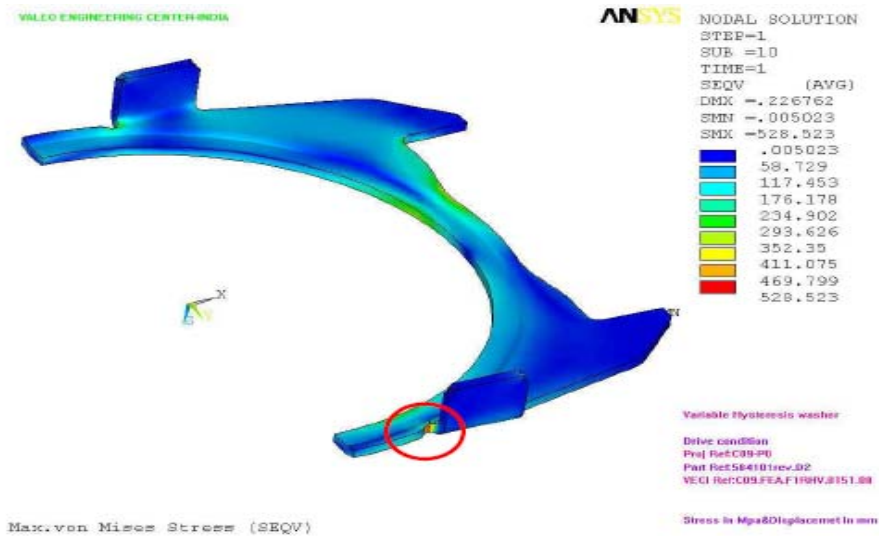
Üretim İşlemi	Gerekli Kuvvet (kg)	Gerekli Ekipman	Gerekli İnsan Gücü	Zaman (sn.)
Kesme	6870	Bileşik Kalıp	Var	10
U bükme	730	-	Yok	10
Toplam	7600	-	1 işçi	20

H4 Histerezis rondelasında karşılaşılan problemler genellikle rondelanın kırılması ve kulaklardaki yırtılmalardır. C15E malzemesi ile üretim yapılmaya karar verildikten sonra H4 histerezis rondelasının geometrik yeniden tasarımı yapılmıştır. Buradan hareketle parçanın iç çapının azaltılması yoluna gidilmiştir (Şekil 11). Böylece sac kalınlığı artırılmış ve birim yüzeye gelen gerilim miktarı azaltılmıştır.

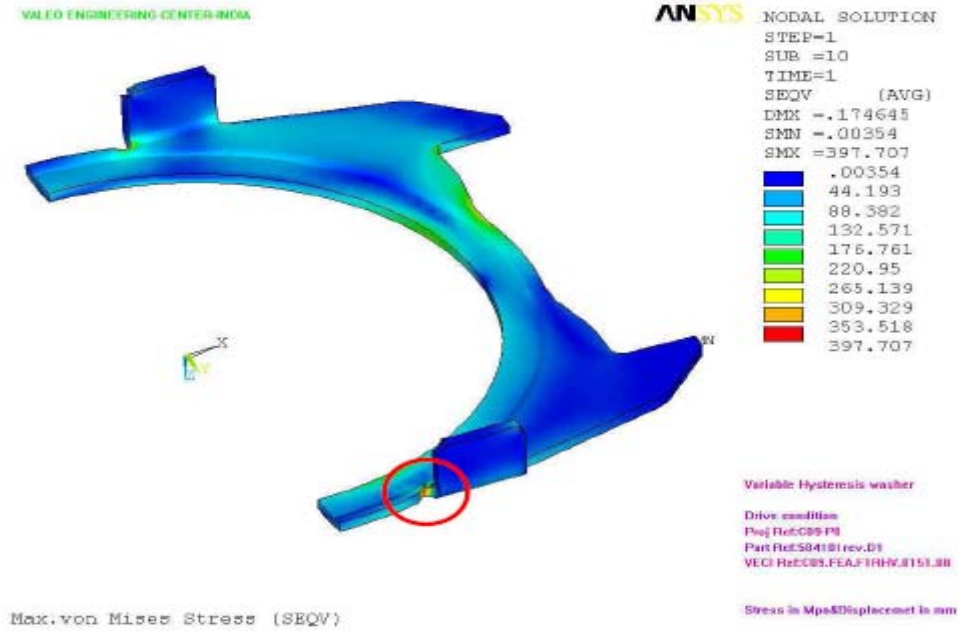


*Şekil 11:*  
*H4 Histerezis Rondelasının Şematik Görünümü.*

ANSYS programı ile gerilme analizi yapılarak iki geometrik durum için maruz kalınan gerilme miktarları hesaplanmıştır. ANSYS ile karşılaştırma yapılırken kalınlık farkı göz önüne alınmıştır. Sınır şartları ve diğer şartlar aynı tutularak, yalnızca geometride değişiklik yapılmıştır. Kalınlığın artması, oluşacak gerilmeyi % 24.75 oranında azaltmıştır. Bu malzemenin emniyet gerilme değeri 430 MPa'dır. Çap 73 için bu parçanın maruz kaldığı gerilim değeri 528.523 MPa olduğu ANSYS programı ile saptanmıştır. İç çapın küçültülmesi ( $D=71$ ) ile gerilimin uygulandığı alan büyütülmüş olup, birim yüzeye gelen maksimum gerilim değeri 397.707 MPa değerine düşmüştür (Şekil 12 ve Şekil 13).



*Şekil 12:*  
*İlk Çap Değeri İle Gerilim Dağılımları ( $D=73$ ).*

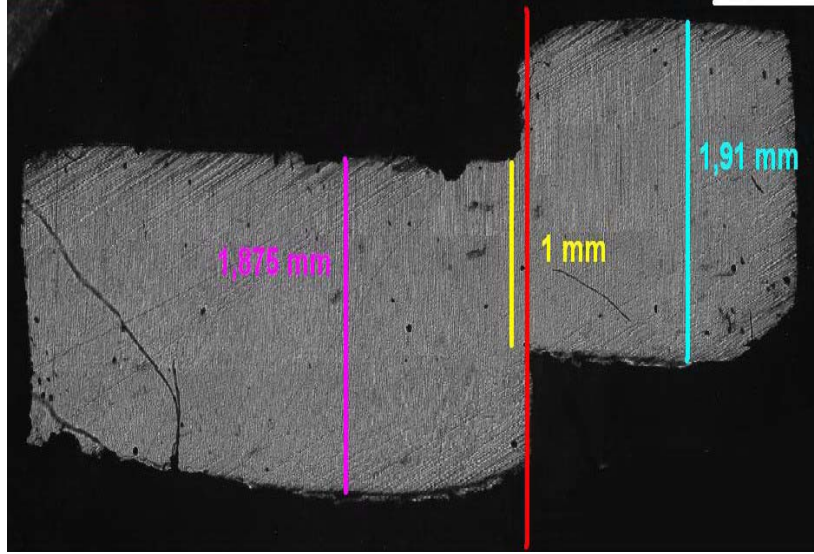


Şekil 13:  
Değiştirilmiş Çap Değeri İle Gerilim Dağılımları (D=71).

H4 histerezis rondelasının üretiminde karşılaşılan diğer bir problem de rondelanın kulak bölgesinde oluşan yırtılmalardır (Şekil 14). Pek çok uygulamada olduğu gibi H4 rondelasında da görülen yorulma çatlaklarının ve yırtılmalarının bir çoğunun sebebi yüzey durumudur (Şekil 15 ve Şekil 16) . Bu nedenle yorulma, özellikle yüzeydeki çentik, girinti, çıkıntı, keskin köşe vb. gibi tasarımdan kaynaklanan kusurlara karşı duyarlıdır. Yüzeylerdeki çentik ve keskin köşelerin yorulma özelliklerini olumsuz yönde etkilemesinin nedeni bu bölgelerin yüksek çekme gerilimine maruz kalmalarındandır. Bu yüzden yorulma kırılmalarının çoğu bu bölgelerden başlar (Hertzberg, 1976).

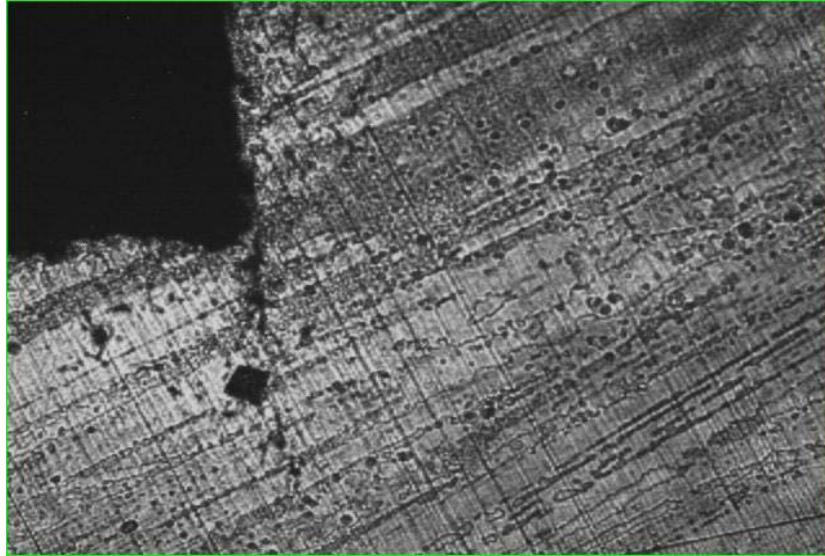


Şekil 14:  
H4 Histerezis Rondelasını Kulak Bölgesindeki Yırtılmalar.



Şekil 15:  
H4 Histerezis Rondelası Kulak Bölgesi

Sürtünme gerilimine maruz kalan H4 histerezis rondelasında aşınmanın meydana gelmesi kaçınılmazdır. Bu yüzden H4 histerezis rondelasına yüzey işlemi uygulanarak sertliği artırılmıştır. Yorulma dayanımını artıracak en etkili yöntemlerden biri yüzey sertleştirme işlemidir. H4 histerezis rondelasına plazma yöntemiyle karbonitrüleme işlemi uygulanmıştır. Karbonitrüleme işlemi, mühendislik malzemelerinin aşınma direnci, yorulma mukavemeti ve korozyon mukavemetini iyileştirmekte kullanılan en önemli termokimyasal işlemlerden biridir. Plazma karbonitrüleme işlemi, demir esaslı malzemelerin yüzeyine azot ve karbonun yayınmasını içeren termokimyasal işlemidir. Yüzeyde tek fazlı ( $\epsilon$ -nitür) tabakası onun altında da difüzyon tabakası oluşur (Alsaran ve diğ., 2004).



Şekil 16:  
H4 Histerezis Rondelası Kulak Bölgesindeki Çatlaklar

En dış yüzeyde oluşan ve beyaz tabaka olarak adlandırılan faz, çentik ve çizilmeye karşı yüksek mukavemete sahip olan hegzagonal sıkı paket (hsp) kafes yapısına sahip  $Fe_2(N, C)$ 'dir (Hoffman

ve Mayr 1997). Beyaz tabakanın altında oluşan ve difüzyon tabakası olarak adlandırılan yapı, azot ile  $\alpha$ -Fe fazının doymasıyla ve çelik bünyesinde bulunan alaşım elementleriyle azotun birleşerek metal nitrür çökeltilerini içermesiyle meydana gelir (Haruman and Sun, 1992). Oluşan difüzyon tabakası bası gerilmeleri içerir ve bu da malzemenin yorulma dayanımını artırır. Yorulma çatlağının oluşmasını ve ilerlemesini geciktirir (Manory ve Hensler, 1995).

Plazma şartlarında gerçekleştirilen karbonitrüleme işleminin bilinen yöntemlere göre işletim maliyetinin düşük olması, bir çok işlem parametresinin (zaman, sıcaklık, basınç, gaz karışımı, akım yoğunluğu) hassas kontrolünün mümkün olması işlem sonrası daha üstün teknik özelliklere sahip yapıların elde edilebilirliği gibi bir çok avantajlarının olması nedeniyle H4 histersiz rondelasının üretiminde kullanılmaktadır. H4 histerezis rondelasının karbonitrüleme derinliği 0.2-0.3 mm arasındadır. Yapılan ölçümlere göre sertlik değerleri Tablo 5’de görülmektedir.

**Tablo 5.**  
**C15E Malzemesinin Karbonitrüleme Sonucu Sertlik Dağılımı**

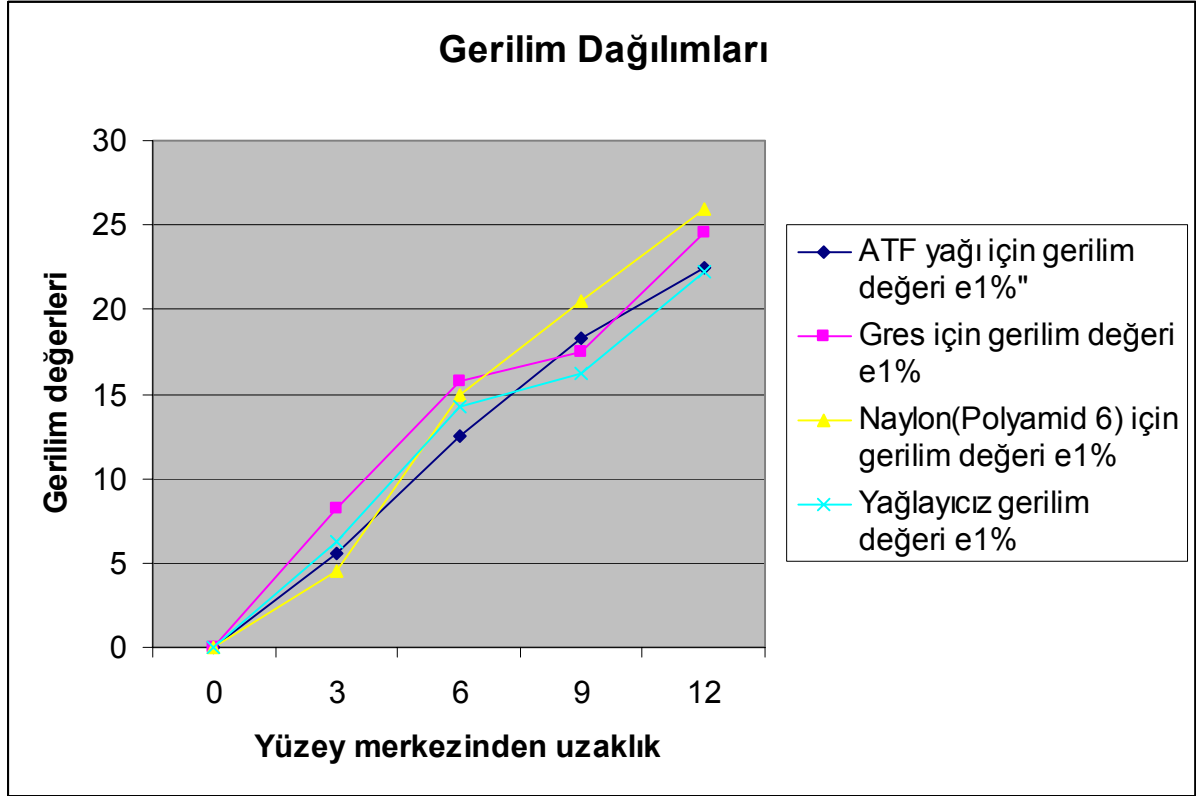
Test	HV1
0.2 mm de ölçülen yüzey sertliği	772
0.3 mm de ölçülen yüzey sertliği	467
Çekirdek sertliği	162

Ayrıca rondelada sürtünme sonucu aşınmaları azaltmak için yağlayıcı kullanılmaktadır (Cerit,1994). Bu nedenle ATF yağı, gres ve naylon yağlayıcıları seçilmiştir. Yağlayıcıları değerlendirmek için gerilim dağılımlarına bakılmıştır. Gerilim dağılımları Hecker testi ile belirlenmiştir. Bu testte, kare şeklinde kesilen numuneler hidrolik preste sac metal yırtılana kadar zımba ile baskı uygulanmış ve gerilim dağılımlarını elde edilmiştir. Gerilim dağılımı metoduna göre yağlayıcısız ve üç tip yağlayıcı kullanılan numunelerin, kap üzerinde oluşan gerilim dağılımı sonuçları Tablo 6’de verilmiştir.

**Tablo 6.**  
**Farklı Yağlayıcı Tiplerinin Gerilim Dağılımı Üzerine Etkisi**

Yüzey merkezinden uzaklık (mm)	ATF yağı Büyük gerilim e1 %	Gres Büyük gerilim e1 %	Naylon (Polyamid 6) Büyük gerilim e1 %	Yağlayıcısız Büyük gerilim e1 %
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,00	5,60	8,25	4,50	6,25
6,00	12,50	15,80	15,00	11,25
9,00	18,30	17,50	20,50	16,25
12,00	22,50	24,50	26,00	22,25

Sürtünmeyi azaltmak için kullanılan yağlayıcı ne kadar düzgün bir gerilim dağılımı gösterirse parça üzerindeki gerilim o kadar düşer (Anonim, 2007). Bu nedenle yağ seçimi yaparken gerilim dağılımı doğrusal olan yağlar seçilmelidir. Gerilim dağılımlarına bakıldığında ATF yağlayıcı kullanılan numunelerin nispeten doğrusal bir değişim gösterdiği görülmektedir. Yüzey merkezinden uzaklaştıkça gerilim değişimi doğrusal olarak artmaktadır. Naylon (Polyamid 6) yağlayıcı kullanılan numunelerde kap merkezinden uzaklaştıkça gerilim değişimi artmakta fakat doğrusal bir artış görülmemektedir, düzensiz bir artış vardır. Gres yağlayıcı kullanıldığında, kapın merkezinden 6mm uzaklığa kadar doğrusal bir artış varken, 6 mm ile 9 mm arasında doğrusal gerilim değişmesi olmamaktadır. 9 mm ile 12 mm arasında ise tekrar doğrusal bir gerilim artışı görülmektedir. Gres ise düzenli bir dağılım göstermemektedir. Naylon (Polyamid 6) katı yağlayıcı olduğu için gerilim değişmesi doğrusal olmamıştır.



Şekil 17:  
Kullanılan yağların gerilim dağılımları.

Sürtünmeyi azaltmak ve şekillendirme sırasında orantılı ve düzgün gerilim dağılımı elde etmek için yağlama gereklidir. Bu çalışma sonunda gerilim dağılımlarına bakarak ATF yağının en uygun yağlayıcı olduğu görülmüştür.

#### 4. SONUÇLAR

- C15E (EN 10084) malzemesinin H4 histerezis rondelası üretmek için uygun bir malzeme olduğu görülmüştür.
- H4 histerezis rondelasının mekanik dayanımını artırmak için iç çap küçültülmüş ve yüzeye gelen gerilim miktarı % 24.75 oranında düşürülmüştür.
- Plazma yöntemiyle uygulanan karbonitrüleme yüzey işleminin parçanın sertliğini artırmıştır.
- Sürtünmeyi azaltmak için uygun yağlayıcının ATF yağı olduğu anlaşılmıştır.
- Bileşik kalıpla üretimin hem zaman tasarrufu hemde maliyetleri düşürme bakımından faydalı bir üretim şekli olduğu görülmüştür.

#### 5. KAYNAKLAR

1. Alsaran, A., Karakan, M., Çelik, A., Yetim, A. (2004) Plazma Nitrokarbürleme, *Makina Teknolojileri Dergisi*, Bileşim Yayıncılık.
2. Anonim (2007) Technical Documentation of Valeo A. Ş.
3. Ataşımşek, S. (2002) *Plastik ve Metal Kalıpcılık Teknikleri*, İstanbul.
4. Cerit, A. M. (1994) Üretim ve Tasarım, Makine Mühendisliği El Kitabı.
5. Edenhofer, B. (1974) Physical and Metallurgical Aspect of Ionitriding, *Heat Treat. of Metals*, 2, 23.

6. Gürün, H. ve Nalbant, M. (2005) Bilgisayar Destekli Ardışık Delme-Kesme Kalıbı Tasarımı, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(2), 15160.
7. Haruman, E. ve Sun, Y. (1992) Compound layer characteristics resulting from plasma nitrocarburing in atmospheres containing carbon dioxide gas additions, *Surface Engineering*, 8, 275-282.
8. Hoffman, F. ve Mayr, P. (1997) Nitriding and Nitrocarburing, *ASM Handbook*, Ohio, 6, 878-883.
9. Hertzberg, R. W. (1976) *Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Material*, Second Edition, John Wiley and Sons, New York, USA.
10. <http://www.valeoclutches.com>
11. Manory, R. R. ve Hensler, J. H. (1995) Compound layer growth and compound layer porosity of austenite plasma nitrocarbured non-alloyed steel, *Surface and Coatings Technology*, 71, 112-120.
12. Theodossiades, S. ve Tangasawi, O. (2007) Gear teeth impacts in hydrodynamic conjunctions promoting idle gear rattle, *Journal of Sound and Vibration*, 303(3-5), 632-651.

Makale 28.01.2008 tarihinde alınmış, 27.02.2008 tarihinde düzeltilmiş, 27.02.2008 tarihinde kabul edilmiştir. İletişim Yazarı: A. Bayram (bayram@uludag.edu.tr).