

KIRILARAK İKİ PARÇAYA AYRILABİLEN BİYEL KOLLARININ AYRILMA PARAMETRELERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Ziya AKSOY, Zafer ÖZDEMİR, Tekin ÖZDEMİR

*Balikesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Balikesir, TÜRKİYE
zaksoy@balikesir.edu.tr ,ozdemirzafer@yahoo.com, tozdemir1@gmail.com*

ÖZET

Kırarak ayırma, otomobil motorlarında kullanılan biyel kollarının üretiminde son yıllarda geliştirilen modern bir metoddur. Bilinen yöntemlerle karşılaştırıldığı zaman bu yöntemin avantajları oldukça fazladır. Bu metot üretim proseslerini azaltır, alet ve ekipman yatırımını azaltır, daha az enerji kullanılmasını sağlar. Sonuç olarak, toplam üretim maliyetinde % 25 gibi önemli bir oranda tasarruf sağlar. Ayrıca yüksek kalite ve hassasiyette biyel üretimi sağlanır. Kırarak ayırma yöntemi çok ilgi çekmiş, halen teknolojik olarak bir çok modelde kullanılmaktadır. Bu makalede C70S6 çeliğinden yapılmış biyel kolu darbeli yük ile kırılarak kırma parametreleri incelenmiş, kırılan yüzeylerin optik ve SEM analizleri yapılmıştır. Yük ve hız parametreleri incelenmiş olup, uniform dağılan darbeli kuvvet etkisi ile başlangıç çentiğinin gevrek-klevaj kırılma tipine neden olduğu sonucuna varılmış, iç yapının bu gevrek kırılmaya neden olduğu ve tokluğu azalttığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Biyel kolu, kırarak ayırma parametreleri, metalografik inceleme, kırılabilir C70 çeliği, gevrek kırılma

AN EXAMINATION OF FRACTURE SPLITTING PARAMETERS OF CRACKABLE CONNECTING RODS

ABSTRACT

Fracture splitting method is an innovative processing technique in the field of automobile engine connecting rod (con/rod) manufacturing. Compared with traditional method, this technique has remarkable advantages. Manufacturing procedures, equipment and tools investment can be decreased and energy consumption reduced remarkably. Furthermore, product quality and bearing capability can also be improved. It provides a high quality, high accuracy and low cost route for producing connecting rods (con/rods). With the many advantages mentioned above, this method has attracted manufacturers attention and has been utilized in many types of con/rod manufacturing. In this article, the method and the advantages it provides, such as materials, notches for fracture splitting, fracture splitting conditions and fracture splitting equipment are discussed in detail. The paper describes an analysis of examination of fracture splitting parameters and optik-SEM fractography of C70S6 crackable connecting rod. Force and velocity parameters are investigated. That uniform impact force distribution starting from the starting notch causes brittle and cleavage failure mode is obtained as a result. This induces to decrease the toughness.

Keywords: connecting rod, fracture splitting parameters, metallographic examination, crackable C70 steel, brittle fracture

1. GİRİŞ

Biyel kolları genel olarak toz dövme, dövme ve döküm yöntemleri ile üretilir. Biyel kolları motor içerisinde değişik yüklere maruz kalırlar; şöyle ki, piston başındaki gaz basıncından dolayı uzunlamasına basmaya, pistonun hızındaki değişikliklerden dolayı karşılıklı çekme ve basma kuvvetlerine, salınım hareketinden dolayı biyel gövdesinde eğilmeye ve büyük basma kuvvetlerinden dolayı burkulmaya maruz kalır.[1]

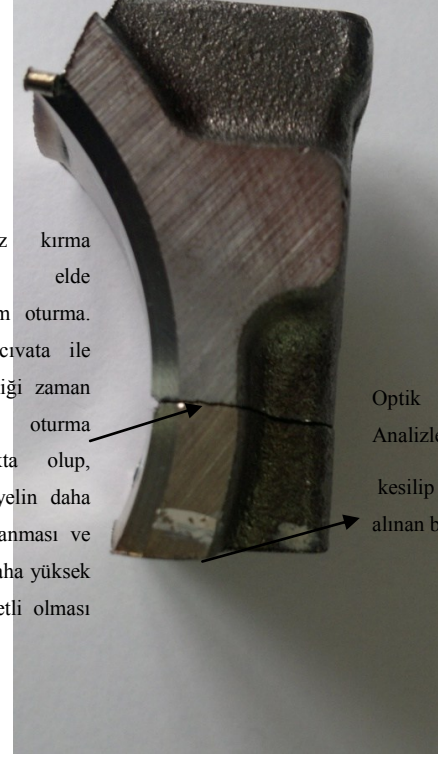
Motor içerisindeki işlevi gereği önce tek parça olarak imal edilir, daha sonra talaşlı imalat ile ya da tek seferde darbeli yüklerle kırılarak iki parçaya ayrılır. Talaşlı imalat ile ikiye ayırma çok fazla zaman ve maliyet kaybına neden olurken, kırarak iki parçaya ayırma zaman, iş gücü ve maliyet açısından büyük avantajlar yaratmakta, malzeme zayıflığından dolayı talaşlı imalata oranla daha az olmaktadır. Biyel kolu imalat teknolojisinde özellikle darbe etkisiyle tek seferde kırma konusundaki gelişmeler, son yıllarda artan rekabetin etkisiyle iyice önem kazanmıştır.

Yoğun rekabet, ekonomik yönden tasarlanması ve üretilmesi gereken biyelerin yüksek performanslı süper ürünler olarak üretilmeleri yönünde motive olmalarına sebebiyet vermiştir. Bu yüzden bazı otomotiv üreticileri pahalı olmasına rağmen dövme çelik yerine toz metalden biyel üretimine geçmişlerdir. Bunun için en önemli sebep biyel ile başlık kısmının ayrılma işlemindeki talaşlı imalat sürecinin maliyeti göz önüne alındığında, birleştirilen yüzeylerin çok iyi bir uyum vermeleridir. Toz metal biyel kolları bu ilave talaşlı imalata ihtiyaç duymazlar. Ancak son zamanlarda düşük alaşımlı ayrılabilir çelikler ve C-70 çeliği cazip hale gelmiştir. Bu çelikler gövde ve kapların yüzeylerinin talaşlı imalat maliyetini en aza indirerek üretim maliyetini azaltmaktadır. Toz metallerle kıyaslandıklarında ise yüksek yorulma dayanımına sahiptirler.[1]

Kırarak ayırma prosesi otomobillerin biyel kolları üretiminde yenilikçi bir tekniktir. Geleneksel metod ile karşılaştırıldığı zaman, tekniğin önemli avantajları mevcuttur. Üretim prosedürleri azalır, alet ve ekipman yatırımı önemli ölçüde düşerken enerjiden de tasarruf sağlanır. Bu yüzden toplam üretim maliyeti önemli ölçüde azalır. Dahası bu yeni teknik aynı zamanda üretim kalitesini artırırken biyel-krank mili yataklama kapasitesini de artırır. Yüksek kalite, hassasiyet, doğruluk ve düşük maliyet sağlar. Bu yöntem geniş bir çekim alanı yaratmış ve pek çok modelde biyel kolu üretiminde kullanılmaktadır. [2-4]

Bu sistemde tek parça imal edilen biyel, tek darbeli bir yük ile iki parçaya ayrılmakta, daha sonra birleştirildiği

zaman malzeme kaybı yok denecek kadar az olmaktadır. İki parça birbirine tam olarak oturmaktadır [Şekil 1.].



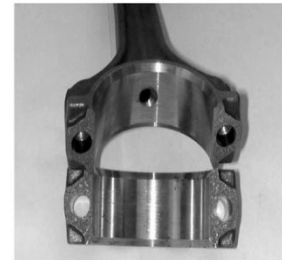
Yaptığımız kırma deneyinde elde edilen tam oturma. Delikler civata ile birleştirildiği zaman tam bir oturma sağlanmakta olup, bu da biyelin daha iyi yataklanması ve sonuçta daha yüksek mukavemetli olması demektir.

Optik ve SEM Analizleri için kesilip numune alınan bölüm

Şekil 1. Kırılıp Tekrar Monte Edilen Biyel Kolu – Tam Oturma Sağlanmıştır

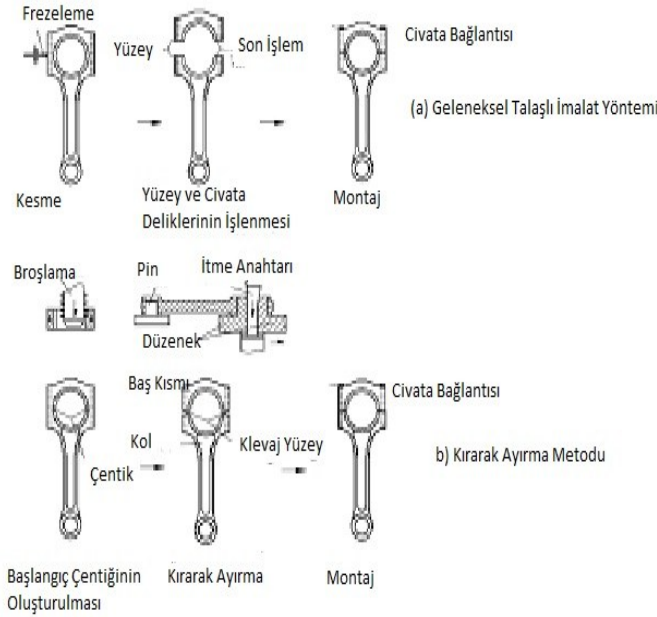


(a) Talaşlı İmalat ile İkiye Ayırma Yöntemi



(b) Kırarak İkiye Ayırma Yöntemi

Şekil 2. Biyel Kolu İşleme Yöntemleri (a) Geleneksel Talaşlı İmalatla İkiye Ayırma (b) Yeni Kırarak İkiye Ayırma Tekniği [5]



Şekil 3. Biyel Kolu İşleme Yöntemleri: (a) Geleneksel Talaşlı İmalatla İkiye Ayırma (b) Yeni Kırarak İkiye Ayırma Tekniği [6]

Tablo 1. Kırılarak Ayrılabilen Biyel Kolunda Kullanılan C70S6 Çeliğinin Kimyasal Yapısı (%)

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Cr	V
C70S6	0,692	0,182	0,507	0,01	0,064	0,114	0,042

Biyel kolu üretim prosedürü şekil 3'te gösterilmiştir. Geleneksel metotta tek parça imal edilen biyel kolu baş ve gövde olacak şekilde kesilerek ikiye ayrılır. Bu yöntemde iki ana gereksinim vardır; (1) Başlık ve gövde çok hassasiyetli birleşme yüzeylerine sahip olmalıdır ki daha sonraki kaba taşlama ve bitirme taşlamasına gereksinim duyulmaktadır, (2) cıvata ve vida deliklerini tam birbirine oturtmak ve yüzeye sıfır olacak şekilde iki parçayı birleştirmek karmaşık ve zor bir proses gerektirir. Tüm bu gereksinimler büyük ölçüde işlemin zorluğunu, prosedürleri ve maliyeti artırmaktadır. Ancak, mekanik bir metod olan kırarak ayırma prosesi bu sorunları mükemmel bir şekilde düzeltmektedir. Şekil 4'te görüldüğü üzere biyelin büyük parçasının iç tarafında iki parçaya ayrılmayı kolaylaştıracak şekilde stres konsantrasyonu meydana getirecek aynı ebat ve büyüklükte iki adet çentik broşlanarak açılır. Buna kırılma başlangıç çentiği denir. Daha sonra bir kama, boşluğa oturtularak yukarıdan darbeli bir yükü iki parçaya ayırma gerçekleşir. Bu çeşit kırılma gevrek

tarzda bir kırılma olup, deformasyon ve malzeme kaybı meydana getirmez. Kırılmadan sonra vidalı yerlerden cıvatalanan biyel kolu müteakip prosesler için hazır hale getirilir.[7]

Kırarak ayırmada kullanılan çeliklerden C70S6 çeliğinin kimyasal yapısı Tablo 1.de görülmektedir. Bu yapıda Mangan (Mn) oranı düşüktür, Vanadyum (V) düşük süneklik için eklenmiş olup Kükürt (S) işlenebilirliğin ve gevrekliğin artırılması için eklenmiştir. Biyel malzemesinin yapısı perlit ve süreksiz ferrittir. Sertlik 280-310 HB arasında değişmekte, çekme mukavemeti 900+150 MPa ve akma dayanımı 520 MPa civarındadır. En yüksek uzama oranı %10'dur.[8]

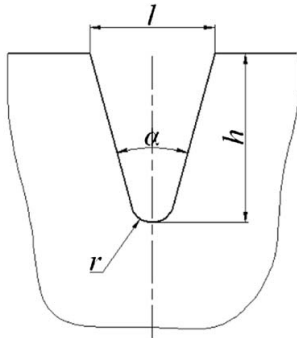
1.1. Kırarak ayırma parametreleri

Kırarak ayırma parametreleri ana olarak **kırma basıncı, geri basınç ve basınç hızıdır**. Kırma basıncı malzeme özellikleri ile çentiğin büyüklüğü ve şekline bağlıdır. **Aşırı kırma basıncı** büyük parçada çok fazla deformasyona neden olabilir. Uygun **geri basınç** kırılarak ayrılma parametrelerinin kararlılığını sağlarken, aynı zamanda büyük parçada deformasyonu azaltırken, kırılarak ayrılan klevaj yüzeyinin uniform olmasını sağlar. **Basınç hızı** klevaj yüzeyin kalitesine etki eder. Artan basınç hızı biyel kolunun gevrek kırılmasını sağlarken, tüm klevaj yüzeyin sünek kırılma alanını önemli ölçüde azaltır. Sünek kırılma alanı ne kadar az olursa ayrılan iki parçanın birbirine uyması o kadar iyi olur. Ancak bazı çalışmalar [6] göstermiştir ki basınç hızı 100 mm/s.den sonra sünek kırılma alanı hemen hemen sabit kalmaktadır. Bu göstermektedir ki basınç hızını 100 mm/s.den daha fazla artırmanın bir gereği olmadığıdır.[2]

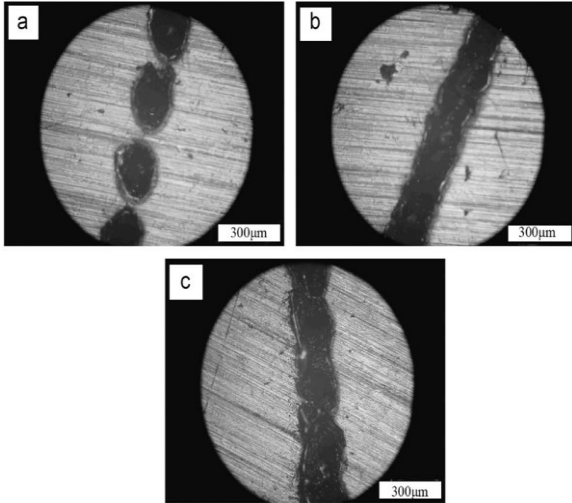
Çentikler kırılarak ayrılma prosesinde çok önemlidir. Çünkü çatlaklar ilk önce broşlanmış bu iki çentikten başlarlar, stres birikimi oluştururlar ve radyal basınç ile birlikte artan çatlaklar dışarıya doğru genişleyerek büyük parçanın tamamen kırılarak ayrılma kalitesine etki ederler. Bu yüzden çentiklerin yeri, şekli ve büyüklüğü kırılarak ayrılma prosesinin kalitesini direkt etkiler. İki çentik simetrik olarak karşılıklı açılmalı, aynı büyüklükte ve aynı şekilde olmalıdır. Çentik derinliği ihtiyaç duyulan ayırma basıncını etkiler ve daha sonra büyük parçanın ayrılma deformasyonuna etki eder. Jetta araçlarında çentik derinliği ile ilgili araştırmalar yapılmış olup; çentik derinliği arttıkça ihtiyaç duyulan basınç azalmaktadır. Bunun esas sebebi çentik derinliği arttıkça stres konsantrasyonunun artmasıdır. Ancak çentik derinliği daha sonraki işlemler için sınırlandırılmıştır. Deneysel çalışmalar göstermiştir ki; en uygun çentik derinliği 0,1-0,4 mm arasındadır. Çentik genişliği ve çentik dip

yarıçapı da kırılarak ayrılma prosesinde diğer önemli iki etkendir.[2]

Başlangıç çentiğinin (SN-Starting Notch) işlenmesi kırılarak ayrılma prosesinde en önemli üç çalışma ayağından birisidir. Broşlama ve lazer ile açma iki ana yöntem olup, broşlama yöntemi geleneksel olan yöntemdir. Lazer yönteminin temel avantajları; malzemeye temas olmadan çentiğin açılması, yüksek kalite ve hassasiyet olarak sıralanabilir. Diğer taraftan, broşlama yönteminin lazere göre daha kötü işleme ve takım ömrünün daha az olması ve sık bakım ihtiyacı gibi dezavantajları vardır. Sonuç olarak, zamanla lazer yöntemi broşlama yönteminin yerini almaya başlamıştır. Genelde Nd-YAG lazerler bu makinelerde kullanılmaktadır.[9]



Şekil 4. Başlangıç Çentiğinin Geometrik Parametreleri [9]



Şekil 5. Optik Mikroskop Altında Çentiğin Yapısı: (a) Süreksiz SN, (b) Sürekli SN ve (c) Aşınma (ablation: aşınarak malzeme kaybı) olayının görüldüğü SN [9]

Kırılarak ayrılma prosesinde kullanılacak **malzeme** aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

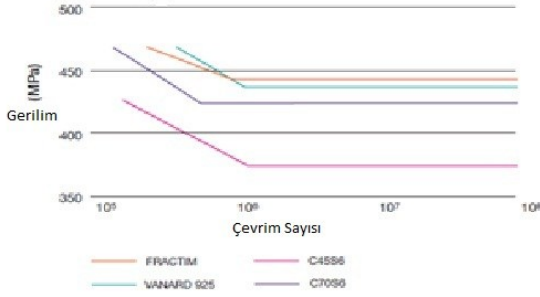
- (1) Kırılarak ayrılmada minimum deformasyon,
- (2) Yüksek yoğunluk,
- (3) Uygun gevreklik,
- (4) Yüksek işlenebilirlik [3].

Halihazırda, biyel kollarının kırılarak ayrılma prosesinde toz metalurji malzemeleri, dövme demir, nodüler dökme demir ve yüksek karbonlu düşük alaşımli çeliklerdir.[3,10] Ancak pratikte bildiğimiz anlamda düşük alaşımli karbon çeliklerini kırılarak ayrılma prosesinde kullanmak için üretmek mümkün değildir, çünkü bu malzeme çok fazla süneklik ve kırılma esnasında fazla deformasyon gösterir. Plastik deformasyon biyel başlık ve gövdesinin tam olarak birleşmesine izin vermez. Deformasyon ne kadar az olursa klevaj kırılma yüzeylerinin birbirlerine oturması (uyması) o kadar iyi olur. Malzemenin kimyasal yapısı süneklkte çok önemlidir. Örneğin Mn ve N oranının azaltılması ve Si ve V oranının artırılması süneklğin azalmasına sebep olur. SPLITASCO70 ve SPLITASCO50 (Fransa), S53CVFS ve S50CVS1 (Japonya) ve C70S6BY (Almanya) gibi malzemeler kırılarak ayrılan biyel kolu prosesinde geliştirilmiş olup, kitlesel olarak başarılı bir şekilde imal edilmektedir. C70S6BY (Almanya) Jetta-Volkswagen (Çin'de) arabalarının biyel kolu imalatında kullanılmakta olup, Tablo 1.de kimyasal yapısı görülmektedir. Bu çelikte Mn oranı azken, V süneklğin azaltılması için ve S ise işlenebilirliğin artırılması için eklenmiştir. Yapı perlit ve süreksiz ferrittir. Sertlik 263-310 HB, çekme mukavemeti 900+150 MPa, akma mukavemeti 520 MPa ve en yüksek uzama oranı ise 10% dur.[3]

Tablo 2. Teknolojik olarak kullanılabilen kırılarak ayrılabilen biyel kolu çeliklerinin mekanik özellikleri [11]

Malzeme	0,2 % Akma Muk. (MPa)	Çekme Muk. (MPa)		Uzama %	Havada Su Verme	Kırılarak Ayrılabilme
		Min	Min.			
C45S6	370	370	630	780	17	+
VANARD 925	560	560	850	1000	12	+
70 MnVS	510	510	810	970	10	+
38MnVSS	580	580	850	1000	12	+
C70S6	560	560	850	1010	10	+
FRACTIM	580	580	850	1000	12	+

Aşağıda Şekil 6'da FRACTIM ve VANARD 925 ile diğer endüstriyel çeliklerin (C70S6 ve C45S6) S-N (Gerilme-Devir) kartında yorulma testleri görülmektedir. Yorulma dayanımı yatay çizgi ile gösterilmektedir. FRACTIM ve VANARD 925 gibi yüksek yorulma dayanımına sahip çelikler biyel kollarında daha fazla yüke maruz kalacak şekilde kullanılmaktadır [11].



Şekil 6. Bazı Kırılarak Ayrılabilen Çeliklerin S-N (Gerilme-Devir) Kartı

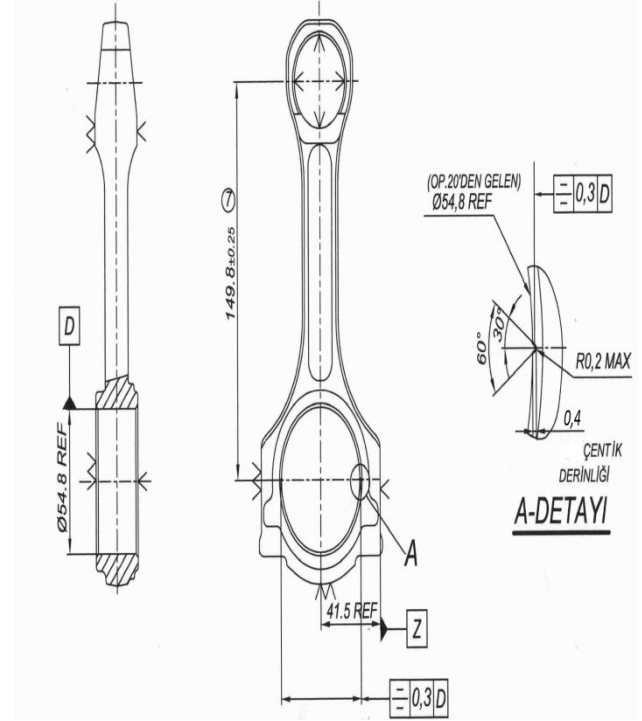
1.2. Malzeme seçimi

Biyel kolu üretiminde kontrollü olarak havada su verilen çelikler normal ısıl işleme tabii tutulan çeliklerin yerlerini almaktadır. Dizel motorları ve yüksek performanslı benzinli otomobiller için yüksek mukavemet değerli çeliklere gereksinim vardır. Ağırlık ve ambalaj kısıtlamaları nedeniyle yüksek mukavemetli çeliklere olan ihtiyaç büyümektedir. VANARD 925®, çeliği çoğunlukla kullanılan C45S6 çeliğine göre çok daha yüksek mukavemettir ve 38MnVS5 çeliğine göre de işlenebilirliği daha iyidir. FRACTIM çeliği de C70S6 çeliğine göre hem maliyet olarak hem de işlenebilirlik olarak daha iyidir [11]. Kırma deneylerinde kullandığımız C70S6 çeliği kırılabilir biyel kollarında kullanılan en popüler malzemelerden birisidir. Bilinen düşük alaşımli yüksek karbonlu çelikte bulunan S (kükürt) oranı C70S6'da daha fazla olup (%0,064), bunu nedeni tek darbeli kırma da gevrek bir kırılma elde etmektir.

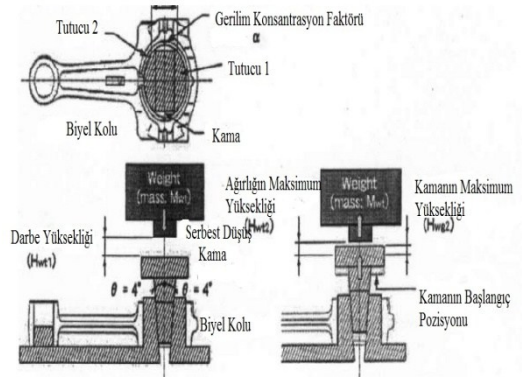
2. Deneysel çalışma

Deneylerde kullandığımız eksantrik millî hidrolik pres (Şekil 11.) 160 ton kapasitelidir. Kırılma hızı ortalama 300 mm/saniye olarak ölçülmüştür. Bu genel olarak çok yüksek bir hız olup, tek darbede biyelinin deformasyonsuz iki parçaya ayrılmasını sağlamıştır. Deneylerde kullandığımız biyel kolu şekil 9'da görülmektedir. Kırma aparatımızın şematik bir görünümü şekil 8'de ve tek darbeli kırılma ile elde ettiğimiz uniform kuvvet dağılımı ve basınç yönlenmesi da şekil 23'te görülmektedir. Çentik derinliği arttıkça kırılma basıncı azalmaktadır. Optimum

çentik derinliği 0,1-0,4 mm. arasındadır [2]. Deneylerde kullanılan çentik derinliği şekil 7'de görüldüğü gibi maksimum 0,4 mm.dir (Şekil 10.).



Şekil 7. Deneylerde kullanılan biyel kolu



Şekil 8. Örnek bir kırarak ayırma aparatının şematik görünümü [12]

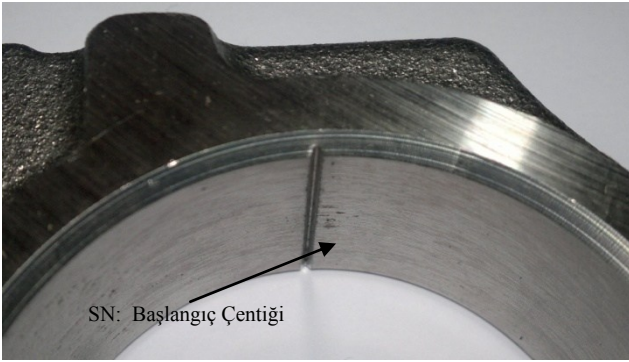
Kırarak ayırma deneyi sonucunda klevaj kırılma yüzeyi elde edilmiştir (Şekil 15-16.). Bu uniform kuvvet dağılımının ve malzemenin sert ve gevrek olmasının sonucudur.



Şekil 9. Kırma Deneyinde Kullanıldığımız C70S6 Biyel Kolu



Şekil 12. Biyel ve Yaptığımız Kırma Aparatı



Şekil 10. Kırılmayı Başlatan Başlangıç Çentiği-Starting Notch:SN



Şekil 13. Darbeli Presin Altına Yerleştirilen Biyel ve Hazırladığımız Kırma Tertibatı



Şekil 11. Kırma Deneyinde Kullanılan Eksantrik Hidrolik 160 Tonluk Pres



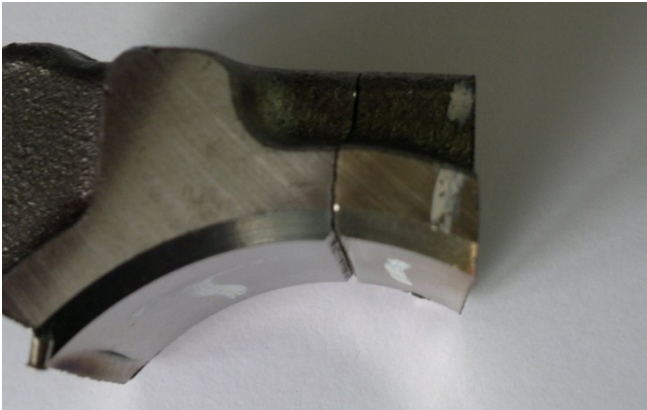
Şekil 14. Biyel ve Hazırladığımız Kırma Tertibatı



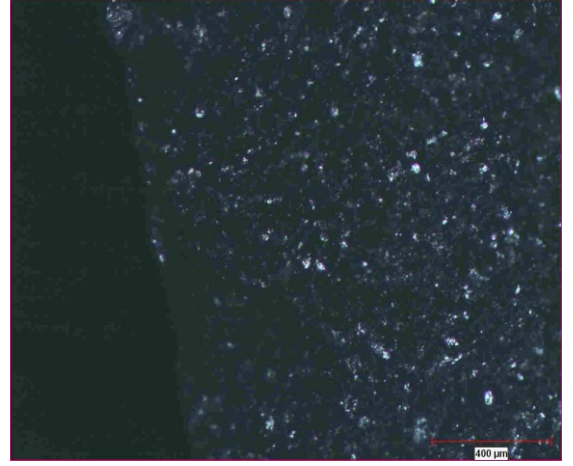
Şekil 15. Kırılmış ve SEM-Optik Analiz İçin İkiye Kesilmiş Parçalar



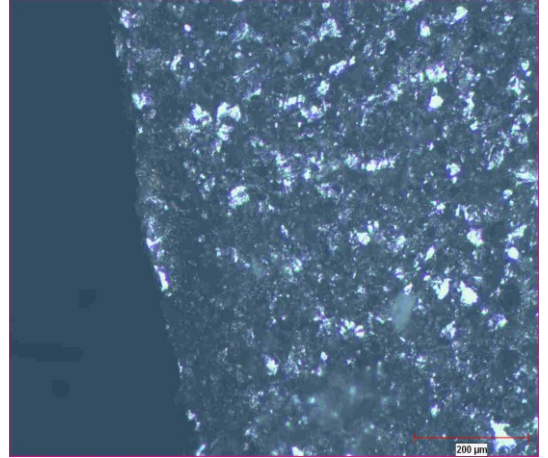
Şekil 16. Gevrek ve Klevaj Kırılma Yüzeği



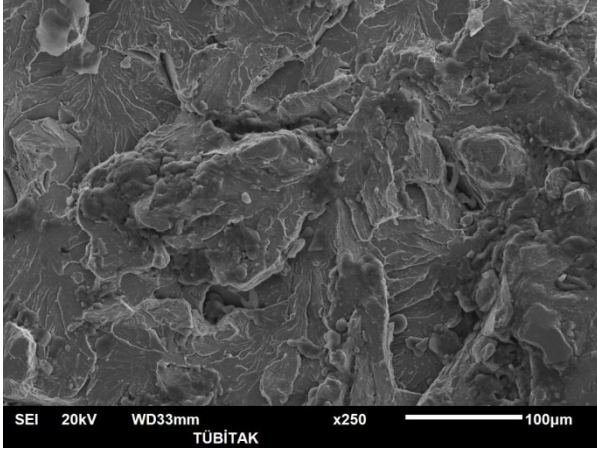
Şekil 17. Kırılmadan Sonra Birleştirildiği Zaman Tam Oturan Karşılıklı Yüzeyler



Şekil 18. Optik Foto 1. (% 90 Perlit ve % 10 Ferrit İç Yapı)



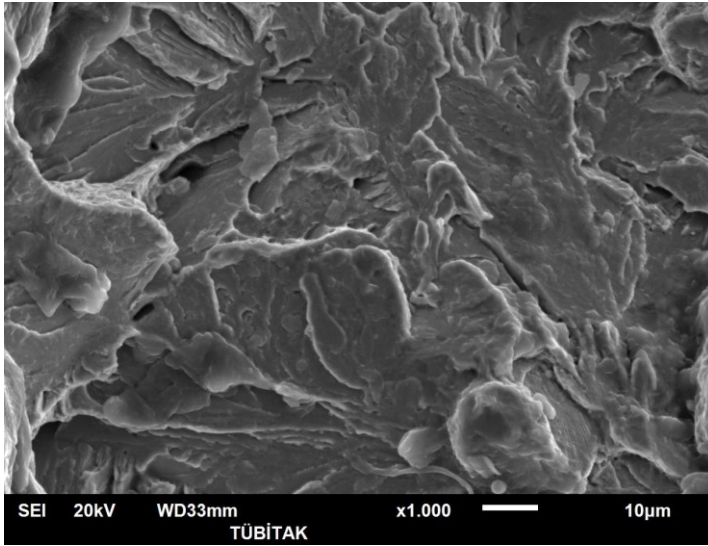
Şekil 19. Optik Foto 2. (Ağırlıklı Olarak Perlitik İç Yapı)



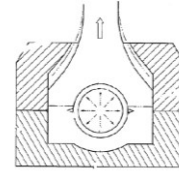
Şekil 20. SEM Analizi 1. (Klevaj Kırılma Yüzeyleri)



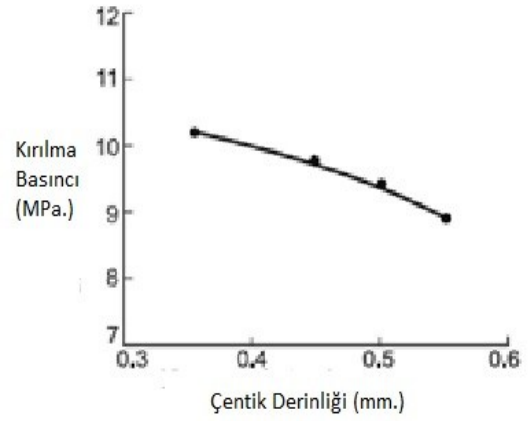
Şekil 22. Spektral Analiz Yapılan Kesilmiş ve Temizlenmiş Parça



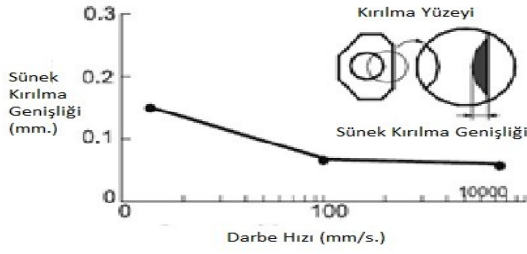
Şekil 21. SEM Analizi 2. [Gevrek Kırılma Yüzeyi - Dendritik Yapı ve Nehir Benzeri Yapı (River Like Pattern)]



Şekil 23. Uniform basınç yönlendmesi [13]



Şekil 24. Çentik derinliğinin kırılma basıncına etkisi [2]



Şekil 25. Basınç hızıyla sünek kırılma yüzeyinin ilişkisi [2]

Yaptığımız kırma deneyinde ortalama kırma hızı 300 mm/s. [Darbe Yüksekliği:150 mm., Darbe Süresi: 0,5 s.] olarak ölçülmüştür. Şekil 25. e göre kırılmamız gevrek kırılma olup, sünek kırılma genişliği ortalama 0,05 mm.dir.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deneyler sonucunda tek parçalı ve deformasyonsuz bir kırılma yüzeyi elde edilmiştir. Bu şekilde şu an için optimum [2] sınırlar içerisinde kırılma parametrelerini yakalanmıştır. Bu yöntem sayesinde maliyet ve işçilik önemli ölçüde azalırken, biyelin büyük parça ve şapka diye tabir edilen kısımlarının mükemmel bir şekilde birbirine oturması da bu yeni yöntem ile sağlanmaktadır. Teknolojik olarak üretim sektöründe kullanılmaktadır. İşleme hassasiyeti, mükemmel yataklama kapasitesi de yöntemin diğer avantajlarından. Ayrıca son bitirme (hassas talaşlı işleme) işleminden sonra motorun kalitesi ve ömründe de gelişim kaydedilmiştir. [14]

Deneyler ve incelemelerden şu sonuçlar çıkarılmıştır;

1. Tek darbeli kırılma deformasyonsuz elde edilmiştir (Şekil 15-16)
2. Biyelin iki parçasının mükemmel bir şekilde birbirine oturması sağlanmıştır (Şekil 1, 17)
3. Malzeme özelliklerinden dolayı kırılma, klevaj yüzeyde arzu edilen şekilde gevrek olarak gerçekleşmiştir. (Şekil 18- 19.)
4. Optimum sınırlar içerisinde kesme hızı ve basınç-kuvvet değerleri elde edilmiştir.
5. Kuvvet uniform dağıldığı için gevrek bir kırılma ve kırılma sonrası yüzeylerin birbirine mükemmel oturması (biyelin iki parçasının) sağlanmıştır. Kuvvet ne kadar homojen dağılırsa tam bir klevaj kırılma o kadar ideale yakın gerçekleşir ve yüzeyler birbirine tam oturur; bu bir sonuçtur, çünkü SN (başlangıç çentiğinden) başlayan

kırılma başlangıcı C70S6 çeliğinin bileşiminden dolayı gevrek ve deformasyonsuz bir kırılma elde edilmektedir. Bu optik ve SEM analizlerinde de açık bir şekilde görülmektedir. Bu sonuç iç yapının ağırlıklı olarak perlitik yapıda olması ve S (kükürt) oranının konvensiyonel yüksek karbonlu düşük alaşımlı çeliklere göre daha fazla olmasından ileri gelmektedir.

6. Yaptığımız çalışmanın en önemli özgün yönü de şudur ki; bugüne kadar literatürde kırılmadan sonra iç yapı incelemesine (gerek optik gerekse SEM analizi) rastlanmamıştır.

7. Malzeme bileşiminde veya ısıl işlem ile iç yapıda değişiklik yapılarak aynı zamanda tok ve sert bir yapı elde edilerek biyelerin yorulma dayanımları artırılabilir. Bu konu ileriki aşamalarda inceleme konusu olabilir.

8. Konu ile ilgili genel hatları ile ve detaylı olarak incelenen yerli literatüre rastlanmamıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Roman. Celin., Boris. Arzensek., Dimitrij. Kmetič., A metallographic examination of a fractured connecting rod, *Materials and Technology* 42 2, 93–95, (2008)
- [2] Z.Gu., S.Yang., S. Ku., Y. Zhao., X. Dai., Fracture splitting technology of automobile engine connecting rod, *Int J Adv Manuf. Springer-Verlag London Limited*, 25: 883–887, (2005)
- [3] Yu.R., The fracture splitting process of connecting rods, *Process Mater Autoob* 9:9 – 11, (1998)
- [4] Shi. X., Detach connecting rod by cracks expanding process method 7:3–4, (1995)
- [5] Gu. Z., Connecting rod fracture splitting *New Technol New Process* 7:12–15, (2003)
- [6] Fukuda. S., Eto. H., Development of fracture splitting connecting rod, *JSAE Rev* 23(1):101–104, (2002)
- [7] Whittaker. D., The competitions for automotive connecting rod markets. *Metal Powder Report* 5:32–36, (2001)
- [8] Weber. M., Comparison of advanced procedures and economics for production of connecting rods, *Powder Metall Int* 26(3):125–128, (1993)
- [9] Liming. Zheng., Shuqing. Kou., Shenhua. Yang., Lili. Li., Fei. Li., A study of process parameters during pulsed Nd:YAG laser notching of C70S6 fracture splitting connecting rods, *Roll Forging Institute, College of Materials Science and Engineering, Jilin University, Renmin Street No. 5988, Changchun 130025, PR China* (2009)
- [10] Kou. S., Yang. S., Deng. C., et al. Fracture splitting process –the advanced method in manufacturing

engine connecting rod, Chin Mech. Eng. 12(7):839–841, (2001)

- [11] Corus Engineering Steel 2003, FRACTIM, An improved machinable air cooled fracture splittable carbon steel for connecting rods
- [12] Tsuyoshi. Kubota., Shinya. Iwasaki., Tsuneo. Isobe., Toshikatsu., Koike., Development of fracture splitting method for case hardened connecting rods, Advanced Technology Research Div. Research & Development, Yamaha technical paper, (2007)
- [13] Momose. Y., Ota. S., Yamamoto T., Method of and apparatus for cracking connecting rod, USA, (2005)
- [14] Orrin. P.B., Connecting Rod Cracking Apparatus, USA, (2004)