



**Makale
(Article)**

C70S6 Çeli inden mal Edilen Biyel Kolunun Çentikli Kırma Yöntemi ile malatı Esnasında Isıl İlem Parametrelerinin Kırılmaya Etkisi

Zafer ÖZDEMİR*, **Osman Selim TÜRKBAĞ****, **Tekin ÖZDEMİR***

*Balıkesir Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Mak. Müh. Böl. Balıkesir/TÜRK YE

**Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Mak. Müh. Böl., Ankara/TÜRK YE

ozdemirzafer@yahoo.com

Geli Tarihi: 27.05.2013

Kabul Tarihi: 20.07.2013

Özet

Özellikle son yıllarda biyel kolları; tala lı imalat ile iki parçaya ayrılma yerine kırılarak iki parçaya ayrılarak imal edilmeye başlandı ve oldukça yaygınlaştı. Bu şekilde imal edilen biyel kollarına kırılarak imal edilen biyel kolları denmektedir. Özellikle yüksek karbonlu C70S6 çeli bu imalatla kullanılmaktadır. Kırılarak ikiye ayırma işleminde başlangıç çentiği, darbe kuvveti ve kırılma hızı gibi parametreler kırılma parametrelerini oluşturmakta ve kusursuz gevrek kırılma diye tabir edilen (malzeme kaybı olmadan ve tam oturma sağlayan) bir yüzey elde edilmesi istenmektedir. Kırılma parametrelerinin iyileştirilmesi yönünde iç yapının metalografik özellikleri de önem arz etmektedir. Kırılabilir C70S6 çeli için ana mikro yapısı perlitlidir. Perlitik yapının değişik ısıtılma işlem koşulları ile (sertleştirme, tavlama, martenzitleme temperleme) değiştirilmesinin C70S6 çeli için teknolojik kullanılabilirliği açısından önemli alternatif olabileceği düşünülmüştür. Bu makalede iç yapısı ısıtılma işlem ile temperlenmiş martenzit olarak değiştirildikten sonra darbeli kırma deneylerine tabi tutulan C70S6 çeli için kırılma parametreleri incelenmiştir. Sonuç olarak temperlenmiş martenzitik yapının konvansiyonel perlitik yapıya önemli bir alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: temperlenmiş martenzit, kırılabilir biyel kolu, ısıtılma işlem, metalografik inceleme, C70S6 çeli

Heat Treatment Effect To The Fracture Parameters of Crackable C70S6 Connecting Rod

Abstract

Recently crackable connecting rods are used to be manufactured instead of conventional connecting rods separated into two by machining process. These connecting rods are called crackable connecting rods. Especially C70S6 high carbon steel is used in this process. Starting notch, impact force and fracture velocity are some parameters that effect the perfect fracture without material loss. The rough cleavage surfaces ensure the perfect match of cap and rod and have larger joint surface area than conventional machined smooth surfaces, so the processing accuracy, product quality and bearing capability are dramatically improved. The main microstructure of the crackable C70S6 steel is mostly pearlite. Changing the microstructure by various heat treatment applications such as hardening&quenching, annealing, tempering can be economic and technological alternatives to the use of crackable C70S6 steel. In this study, the microstructure and the metallography of the crackable C70S6 steel has been changed by heat treatment method. Besides this, some fracture experiments has been conducted after heat treatment application. Finally, it has been seen that tempered martenzite structure can be an important alternative to the pearlitic structured crackable C70S6 connecting rods.

Keywords : tempered martenzite, crackable connecting rod, heat treatment, metallographic examination, C70S6 steel.

Bu makaleye atıf yapmak için

Özdemir Z., Türkbağ O.S., Özdemir T., "Kırılabilir C70S6 Çeli için Kırılma Parametrelerine Temperlenmiş Martenzitin Etkisi" Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi 2013, (10) 49-58

How to cite this article

Özdemir Z., Türkbağ O.S., Özdemir T., "Tempered Martenzite Effect To The Fracture Parameters Of C70S6 Connecting Rod" Electronic Journal of Machine Technologies, 2013, (10) 49-58

1. G R

Kırarak piston kolunu (biyel kolu) ikiye ayırma süreci otomobillerin biyel kolları üretiminde yenilikçi bir tekniktir. Geleneksel metot ile karşılaştırıldığında zaman, teknikin önemli avantajları mevcuttur. Üretim prosedürleri azalır, alet ve donanım yatırımı önemli ölçüde daha erken 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 araç modelinde biyel kolu üretiminde kullanılmaktadır [1,2].

Yüksek karbonlu-düşük alaımlı kırılarak ikiye ayrılan C70S6 [2], SMA40 [3] ve FRACTIM [4] gibi çelikler toz dövme ile imal edilen biyel kollarına teknolojik ve ekonomik alternatifler olmaktadır. Böyle ki bu yeni yöntem ile (kırarak ikiye ayırma) üretimsel ve i çilik olarak % 25'e kadar tasarruf sağlanabilmekte ve % 30'a varan yüksek yorulma ve çekme mukavemet değerleri gözlenebilmektedir. Ayrıca % 13'e kadar daha hafif olabilmektedirler. Tala lı imalata gerek duyulmaması, malzeme kaybının olmaması, biyelin baş kısmı ile büyük kısmının yüzeylerinin tam olarak birbirlerine oturması nedeniyle de son yıllarda teknolojik olarak da ilgi çekici bir metot olmuştur. [5,6]

Daha önce C70S6 ve diğer düşük alaımlı kırılma yöntemi ile imal edilen biyel kollarının kırılma parametreleri ile ilgili yapılan ara tırmalardan bazıları şunlardır;

Kimyasal yapıyı değiştirmeye yönünde Manabu Kubota ve Shinya Teramoto adlı ara tırmacılar V, Zr, Ca ve Al. ilave ederek ve oranları değiştirerek ara tırmalarda bulunmuşlardır. Bu ara tırmada yapıdaki V, Zr (zirkonyum), Ca (kalsiyum) ve Al (alüminyum) oranlarını artırarak ve C70S6 çeliindeki 0,7 olan karbon oranını 0,35'e çekerek ve Pb (kurun) ilave etmeden hem tokluk ve mukavemette artış sağlanmış, hem de darbeli kırılma parametrelerinden taviz verilmeden kırılma elde edilmiştir. Böylece göreceli olarak düşük mukavemetinden dolayı sınırlı kullanım alanı olan C70S6 çeliine de bir alternatif olmuştur. Burada en önemli unsur Pb (Kurun) oranının çok düşük seviyede tutulması ve C (Karbon) oranının da C70S6 ya göre düşük tutulmasıdır. Buna rağmen diğer alaım elementleri ile takviye edilen malzeme kusursuz kırılarak ayrılmaktadır [7].

Liming, Z. ve arkadaşları tarafından başlangıç çentiği lazer ile açılmış ve bunun kırılma parametrelerine etkisi incelenmiştir [8]. Deen, Z. ve arkadaşları ise lazerin çentik yarıçapına ve derinliğine etkisini incelemiştir [9]. J.W. Qiu ve arkadaşları tarafından FEM metodu ile Ti (Titanyum) ekleyerek simüle edilen kırılabilir biyel kolu da yapılan çalışmalardandır [1]. Kırılma parametreleri ve metalografik yapı Z.Aksoy, Z.Özdemir ve T.Özdemir tarafından detaylı şekilde araştırılmış, yaptıkları darbeli kırma deneylerinde gevrek kırılma başlangıç çentiklerinden başlanarak meydana gelmiştir [5,6].

X Zhang ve arkadaşları V-Ti ve N ilaveli düşük alaımlı düşük karbon çeliinin kırılma parametrelerini yapıları vasıtasıyla incelemiştir; yaptıkları deneylerde çentik yerlerinden kusursuz gevrek kırılma gözlemiştir [10].

Roman C. ve arkadaşları ise biyel kollarının biyel kolunun kırılma yüzeyindeki hasar analizleri üzerinde çalışmışlardır [11].

Kou, S.Q., Wang, J.W., ve Gao, Y. adlı ara tırmacılar başlangıç çentiğini lazer yöntemi ile açmışlar ve bunun kırılma parametrelerine etkilerini ara tırmışlardır [12].

Iwazaki, S., Isobe, T. ve Kubato, T. ise kırılarak ayrılan biyel kollarının imalatında kullanılmak üzere bir makine tasarımı ve uygulamalarıdır [13].

Yeni bir metod ile stres yoğunluk faktörü kırılma noktasına kadar stres yükseltici ile sürekli artırılmakta ve bu sayede kontrollü bir şekilde ve bilinen yöntemlerin hataları olmadan ayırma işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Guirgos S. adlı ara tırmacı bu konu üzerinde çalışmıştır [14].

Biyelde en önemli dayanım kriteri çevrimli yüklerde çalışması için yorulma dayanımıdır. Burada karımıza fretting korozyonu tabiri çıkmaktadır. Bu şudur demektir: ki temas eden yüzey arasında sürtünme nedeniyle oluşan bir aşınma olup, genel olarak mekanik yapıdaki malzemelerin

tekrarlı ve birbirlerine göre çok az genlikte hareketleri neticesinde meydana gelir. Bu çalı mada da C70S6 ve SMA40 çeliklerinin yorulma dayanımları fretting korozyonu oldu u zaman ki durumları ile de incelenmi olup, normalde her iki malzeme de yüksek yorulma dayanımı (432 MPa ve 437 MPa) görülmü tür, ancak fretting korozyonu oldu u anda önemli bir dü ü oldu u görülmü tür. Hye, K. ve arkadaş ları bu konuyu ara tırmı lardır [3].

Kırılma parametrelerinin optimizasyon yöntemlerinden birisi de kimyasal yapıyı de i tirmeden ısıl i lem yöntemleri ile iç yapıyı de i tirmektir. Ne yerli ne de yabancı literatürde ısıl i lemlemlerin kırılma parametrelerine etkisi ile ilgili bir çalı maya rastlanmamı tır. Bu makalenin özgün yanını olu turmaktadır. Bu ekli ile makalemizin konuya yeni bir bakı açısı getirece i ve bilime katkı sa layaca ı de erlendirilmektedir. Çalı mamızda C70S6 kırılabilir biyel kolu çeli inin martenzitleme ve ardından temperleme yapıldıktan sonraki kırılma davranı ı üzerinde durulmu tur.

Bu makalede; tavlama, temperleme ve sertle tirme gibi ısıl i lemlemlerden sonra içyapı özellikleri ve bunun kırılma parametrelerine etkisi ara tırmı tır. Isıl i lemden sonra elde edilen yapıların sertlik de erleri ölçülmü bunların darbeli kırılmaya etkisi de incelenmi tir. Çalı mamız dört ana ba lıkta toplanmı tır: 1. Isıl i lemlemler 2. Darbeli kırma deneyleri 3. Metalografik incelemeler 4. Analiz ve yorumlama.

2. MATERYAL VE METOT

Çalı mamız ısıl i lem uygulamaları (tavlama, sertle tirme, temperleme), darbeli kırma deneyleri, metalografik inceleme ve tüm bunların yorumlanmasından meydana gelmektedir. Ayrıca sertlik de erleri ölçülmü ve iç yapı foto rafları Nikon MA 100 metal mikroskopu tarafından çekilmi tir (ekil 1).



ekil 1. Optik Mikroskop Nikon MA 100



ekil 2. Isıl i lem fırını



ekil 3. Isıl i lem fırını kontrol ünitesi

Isıl i lemlemlerde kullanılan ısıl i lem fırını ve kontrol ünitesi ekil 2-3'te görülmektedir.

Tablo 1. Isıl i lem uygulamaları ve deneylerde kullanılan C70S6 çeli inin kimyasal yapısı (%)

Ala ım Elemanı (%)	C	Si	Mn	P	S	Cr	V	Ni	Fe
C70S6	0.692	0.182	0.507	0.02	0.064	0.114	0.042	0,060	Kalan

2.1. Martenzit ve Temperlenmi Martenzit Hakkında Kısa Bilgi

Martenzit: Östenitleme sıcaklı ına gelen (700-800°C) demir-karbon ala ımlarının daha ziyade çok daha dü ük sıcaklıklara (ortamın hemen yanında) çok hızlı biçimde so utulması (su verme) ile olu an dengesiz ve yarı stabil (kararsız) yapıya denir. Perlit ve beynitik yapıların bir bile imi ekinde de dü ünülebilir. Martenzit yapı; karbonun demir içerisine difüze olmasını engelleyecek ölçüde su vermenin hızlı olması durumunda meydana gelir. Herhangi bir difüzyon (karbonun difüze olması) ferrit ve sementit fazlarının olu ması ile sonuçlanacaktır. Martenzit dönü ümü; karbonun demir içerisine difüze olmasının engelleyecek ölçüde su vermenin hızlı olması durumunda meydana gelir [15].

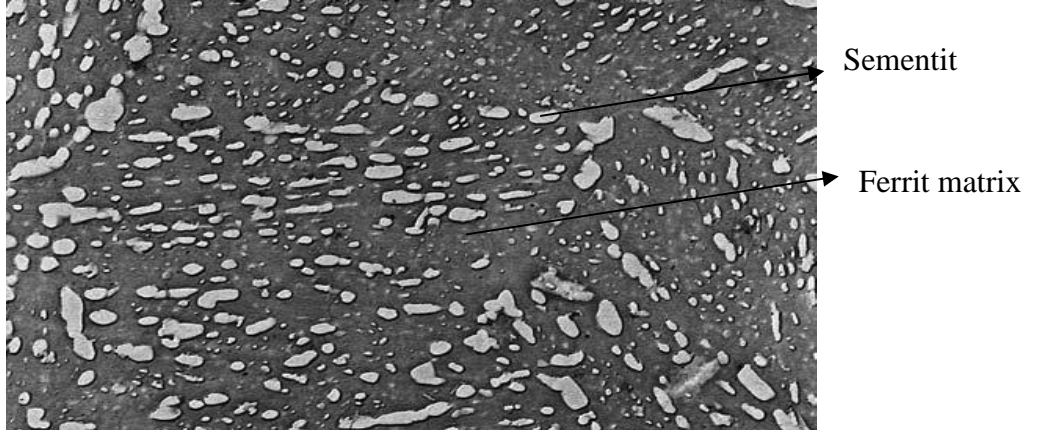
Su verilmi hali ile martenzit çok sert ve kırılğan oldu u için ço u uygulamada kullanılamaz. Bunun yanında iç gerilmeler de bir di er zayıflık sebebi olarak kar ımıza çıkar. Bu sebeplerden dolayı teknolojik olarak martenzitin kullanılabilmesi için bu çok sert ve kırılğan yapısının tokla tırılmasına ve iç gerilmelerin azaltılıp yok edilmesine gerek duyulur. Temperleme (menevi leme) denilen yöntemle martenzitin toklu u ve sünekli i artırılırken, yapı iç gerilmelerden arınır. Temperleme martenzit yapıdaki parçaya genellikle 250 – 650°C arasında bir sıcaklıkta belirli bir süre (her 25 mm. parça kalınlı ı için 1 saat kadar) uygulanır. Mamafih 200°C sıcaklıkta dahi iç gerilmelerden kurtulmak mümkündür. Bu temperleme ısıl i lemi difüzyon ile gerçekleşir; temperlenmi martenzit [BCT: Body Centered Tetragonal (Hacim merkezli tetragonal) tek faz] temperlenmi martenzit [(ferrit) + Fe₃C (sementit) fazları] ekinde meydana gelir. BCT (kübik hacim merkezli) martenzit temperleme ile tam doymu karbonlu kararlı ferrit ve sementite dönü ür. Temperlenmi martenzit; sürekli ferrit matriks içerisinde son derece küçük uniform da ımlı Fe₃C'den (sementit) ibarettir. Temperlenmi martenzit hemen hemen martenzit ile aynı sertlik ve mukavemete sahip olup, ilaveten artırılmı tokluk ve sünekli e sahiptir [15].

2.2. Östenitleme, Suda Su Verme ve Temperleme

C70S6 kırılabilir biyel kolu çeli i 780°C'de östenitlemeye tabii tutulmu , 45 dakika bekletildikten sonra suda su verilmi tir. Daha sonra 450°C'de 30 dakika süre ile temperleme yapılmı tir.

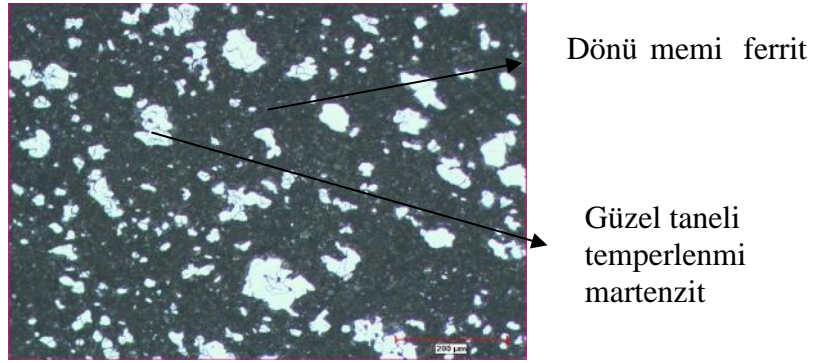


ekil 4. Deneyleerde kullandı ımız temperlenmi martenzitik C70S6 çeli i

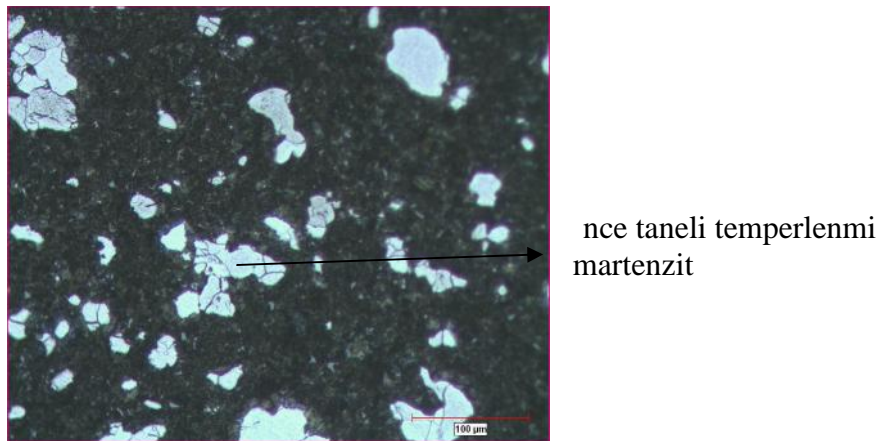


ekil 5. 594°C'de Temperlemeye tabii tutulmu sementit (Fe_3C) ve ferrit () fazlarındaki iç yapıya sahip örnek bir temperlenmi martenzitik yapı [15]

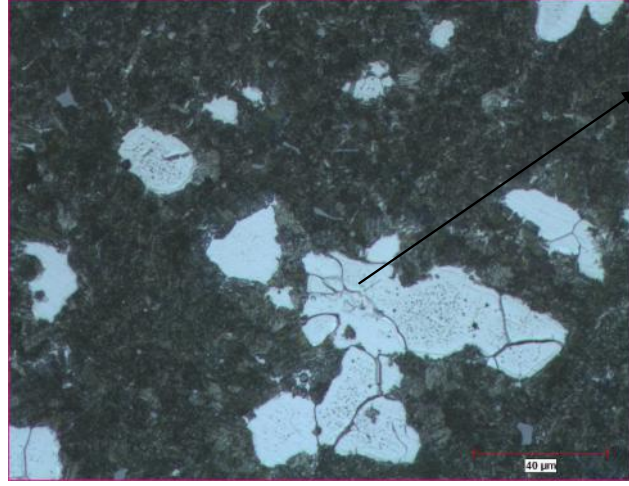
Temperlenmi martenzit yapı Nikon MA 100 Metal Mikroskopy (Bknz. ekil 1) ile gözlemlenmi olup ile ekil 6-8'de görülmektedir.



ekil 6. Optik içyapı X 200



ekil 7. Optik içyapı X 100



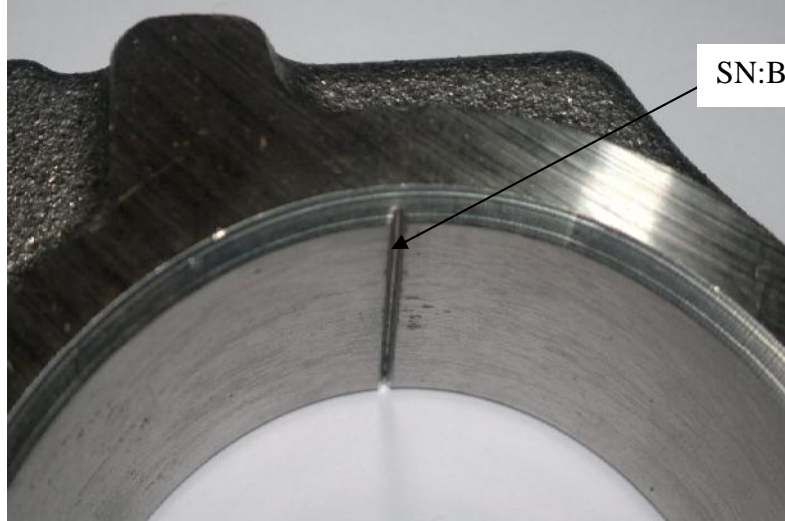
Güzel Fe₃C (sementit) taneleri

ekil 8. Optik içyapı X 500

ç yapı ço unlukla temperlenmi martenzit olup, dönü memi ferrit de iç yapıda gözlemlenmi tir. Sertlik 306 HB. olarak ölçülmü tür. Sementit tanelerinin yapıda uniform olarak da ıldı ı gözlemlenmektedir.

2.3. Kıırma Testleri

Test aparatı 100 tonluk bir ekzantrik pres ve oturma kalıbından olu maktadı r, ekil 10-12'de deneysel süreç görünmektedir. Kıırma ba langıç çentiklerinden (ekil 9.) ba lamakta olup, kusursuz ve deformatsyonsuz bir gevrek kıırılma elde edilmi tir.



ekil 9. Ba langıç çenti i [5,6]



ekil 10. Kırılma testinden önce C70S6 biyel kolu ve oturma kalıbı



ekil 11. Kırma test aparatı



ekil 12. Kırma deneyi

Darbeli kırma deneyinden sonra gevrek bir kırılma yüzeyi elde edilmiş olup, biyelin baş kısmı ile gövde kısmı arasında mükemmel bir birleşme ve oturma sağlanmıştır. Konvansiyonel perlitik C70S6'nın sertlik değeri de 280-310 HB. arasında olduğundan hemen hemen aynı sertlik değeri (306 HB.) elde edilmiş tir diyebiliriz.

3. SONUÇLAR VE TARTI MA

1. Kırılma çenti inden kusursuz bir gevrek kırılma elde edilmi tir. Bilinen perlitik yapıdaki biyel kollarının kırılma deneylerinde elde edilen kusursuz gevrek kırılma yüzeyi elde edilmi tir (ekil 13.).
2. ç yapıda temperlenmi martenzitin olması yapıdaki toklukta çok fazla fedakarlık etmeden sertli i önemli ölçüde artırmı bu ise ba langıç çenti inden kusursuz gevrek kırılmanın olu masını sa lamı tir.
3. Temperlenmi martenzitik yapının konvansiyonel perlitik yapıya önemli bir alternatif olu turaca ı sonucuna varılmı tir.
4. Kırma deneylerinden elde edilen kusursuz gevrek kırılma ve sertlik de erleri (temperlenmi martenzit için 306 HB.) bunu desteklemektedir.
5. Temperlenmi martenzitik yapının kırma deneyi sonucu kusursuz gevrek kırılma yüzeyi elde edilmi tir. Yüzey foto rafı ekil 13. te görülmektedir.



ekil 13. Darbeli kırma deneyinden sonraki kusursuz gevrek kırılma yüzeyi

6. Temperlenmi martenzitik yapıda bulunan Fe_3C (sementit) taneleri sertli i artırırken, kalıntı ferritin sertli i bir miktar dü ürmesi sonucu elde edilen sertlik de eri (306 HB.) teknolojide mevcut konvansiyonel perlitik yapıya benzer bir kırılma parametresi olarak kar ımıza çıkmakta, bu da deneysel sonucu ba arılı kılan etkenlerin ba ında gelmektedir.

4. GENEL SONUÇLAR VE ÖNER LER

1. Sonuç olarak kırılarak iki parça ayrılarak imal edilen biyel kolu imalatında temperlenmi martenzit yapı perlitik yapıya önemli bir alternatif olarak dü ünülebilir. Sertlik de erinin hemen hemen perlitik yapının sertlik de eri ile aynı olması, kusursuz gevrek kırılmanın elde edilmesi bunu destekleyen en önemli unsurlardır.
2. Kimyasal yapının de i ik ısıllı lemlerle (östemperleme-beynitleme) de i tirilerek incelenmesi gelecekte ara tırılabilir bir konu olabilir.
3. Kırma deneyleri tekrarlanarak optik analizin yanısıra SEM ya da TEM analizleri de yapılarak daha ayrıntılı çalı malar yapılabilir.
4. Temperlenmi martenzitik yapı kusursuz bir gevrek kırılma sa lamı olup, de i ik malzeme bile enleri katılarak toklukta taviz vermeden lokal bir gevreklik elde edilerek de kırılabilir biyel kolu parametrelerinin tasarımında malzeme iç yapıları geli tirilebilir.

5. KAYNAKLAR

- [1] J.W. Qiu, Y. Liu, Y.B. Liu, B. Liu , B. Wang , Earle Ryba , H.P. Tang, “Microstructures and mechanical properties of titanium alloy connecting rod made by powder forging process”, *Materials and Design*, 14: 213-219, 2011.
- [2] Z.Gu., S.Yang., S. Ku., Y. Zhao., X. Dai., “Fracture splitting technology of automobile engine connecting rod”, *Int J Adv Manuf.*, 25: 883–887, 2005.
- [3] Hye, K., Tae, K., Tai-Joo, C., Hyun, Kim. ve Soon-Jik, H., "Fatigue Characteristics of High Strength C70S6 and SMA40 Steels". *Materials Science and Engineering*, 527, 2813–2818, (2010).
- [4] Sumitomo Metal Industries, "Development of special forging steel for high-strength fracture splitting connecting rods". Japonya, 2007.
- [5] Z.Aksoy, Z.Özdemir, T.Özdemir, “A metallographic examination of fracture splitting C70S6 steel used in connecting rods”, *Fen Bilimleri Dergisi, Marmara Üniversitesi*, 24(2), 45-58, 2012.
- [6] Z.Aksoy, Z.Özdemir, T.Özdemir, “Kırılarak ki Parçaya Ayrılabilen Biyel Kollarının Ayrılma Parametreleri Üzerine Bir nceleme”, *Fen Bilimleri Dergisi, Sakarya Üniversitesi*, 16(2),113-122, 2012.
- [7] Manabu Kubota, Tokyo (JP); Shinya Teramoto, Tokyo (JP), “Hot-Forging Micro-Alloyed Steel and Hot-Rolled Steel Excellent In Fracture-Splitability And Machinability, And Component Made Of Hot-Forged Microalloyed Steel”, *United States Patent Application, US* 2010/0143180, 2010.
- [8] Liming, Z., Shuqing, K., Shenhua,Y., Lili, Li. ve Fei. Li., "A study of process parameters during pulsed Nd:YAG laser notching of C70S6 fracture splitting connecting rods". *Optics and Laser Technology*, ,42: 985-993, 2009.
- [9] Deen, Z., Harris, S.J., McCartney, D.G., Pashby, I.R., Towell, J., Shipway P.H., et al., "The effect of laser transformation notching on the controlled fracture of a high carbon (C70S6) steel", *Material Science and Engineering*, 489, 273-284, 2008.
- [10] X Zhang, Z., Q Cai, G. Zhou et al., "Microstructure and Mechanical Properties of V-Ti-N Microalloyed Steel Used For Fracture Sptlitting Connecting Rod" *Journal of Material Science*, 46:1789-1795, 2011.
- [11] Roman, C., Boris, A. ve Dimitrij, K., "A metallographic examination of a fractured connecting rod". *Institute of Metals and Technology*, 42, 93-95, 2007.

- [12] Kou, S.Q., Wang, J.W., ve Gao, Y., "Microstructure and fracture splitting properties of a fracture splitting notch produced in a connecting rod (C70S6) using pulsed laser grooving". *Lasers In Engineering*, 20, 381–395, 2010.
- [13] Iwazaki, S., Isobe, T. ve Kubato, T., "Split connecting rod and engine". United States Patent, 159, 1-31, 2007.
- [14] Guirgos, S., "Process to fracture connecting rods and the like with resonance fatigue". United States Patent Application Publication, 225,1-13, 2004.
- [15] W.Callister, David G.Rethwisch, "Fundamentals of Material Science and Engineering", The University of Iowa, 2008.