



DUMLUPINAR BULVARI
06800 ÇANKAYA/ANKARA
T: +90 312 210 25 11
F: +90 312 210 25 10
mete@metu.edu.tr
www.mete.metu.edu.tr

ARAŞTIRMA RAPORU

(Kod No: 2012.XXX)

Raporu İsteyen :

Raporu Hazırlayanlar: Prof. Dr. Bilgehan Ögel

Tel: 0.312.210 41 24

e-posta: bogel@metu.edu.tr

Uzman Cengiz Tan

Tel: 0.312.210 59 09

e-posta: tancm@metu.edu.tr

Konu : Bir arka aks miline ait parçalarda görülen hasarın nedenleri.

Tarih : XX.XX.XXXX

I. GİRİŞ

XXX Firmasının dövme işlemi sonrası hasarlanan iki adet arka aks mili incelenmek üzere Bölümümüze getirilmiştir. Numuneler:

1. **P kod'lu numune:** Bu aks mili, bağlantı bölümünün önündeki dişli şaftın hemen dibinden kırılmış durumda idi. (Şekil.1). Şaft üzerindeki kırık yüzeyin bir tarafı Firma tarafından kesilerek alınmış, kırık yüzeyin diğer bölümü incelenmek üzere Bölüm'ümüze yollanmıştır.
2. **R Kod'lu numune:** Üretim sonrası, bu aks milinde, şaft ile bağlantı diskinin birleştiği noktada çatlak tespit edilmiştir. (Şekil.2). Çatlağın, disk bağlantı bölümü üzerindeki yakın görünümü Şekil.3a'da, şaft kesitinde ilerlediği yol ise Şekil.3b'de görülmektedir.

II. DENEYSEL YÖNTEM

Firma yetkilileri, P ve R kod'lu numuneden inceleme amacı ile bazı parçaları kesmiş ve hazır durumda Bölüm'ümüze iletmiştir. P Kod'lu numunenin kırık yüzey incelemeleri tarama elektron mikroskobunda (SEM) gerçekleştirilmiştir. P ve R numunelerinin içyapı incelemeleri ise aks mili'nin ekseninden alınmış kesitler üzerinde yapılmıştır.

III. BULGULAR

3.1. Makro İncelemeler:

P Numunesinin kırık yüzeyi üzerinde yapılan makro incelemelerde, metal yorulması vb. bir belirtiye rastlanmamıştır. Ancak, çatlağın gevrek olarak ilerlediği kırık yüzey morfolojisinden anlaşılmaktadır.

3.2. P numunesinde Kırık Yüzey İncelemeleri (SEM):

P numunesinde, kırık yüzeyin genel görünümü Şekil.5'de verilmektedir. Tane sınırları çok belirgin olmamakla birlikte seçilebilmektedir. Bu görünüm ısıtma işlem görmüş çeliklerde görülebilecek ve yadrganmayacak bir morfolojidir. Gevrek bir kırılma görünümünü veren kırık yüzey bir miktar oksitlenmiştir.

Ancak, kırık yüzeyin belirli bölgelerinde sıvı kalıntısı benzeri morfolojide yapılar da tespit edilmiştir. Dendrit yapılar, sıvı metalin katılaşması sırasında oluşur. Sıvı içinde oluşan katı dendrit çekirdekleri katılaşma sırasında büyür ve sıvıyı tüketir. Böylece dendrit kolları büyürken katılaşma gerçekleşir. Ancak, çekme boşluğu vb. gözenekler içeren metal kırık yüzeylerinde dendrit kolları rahatlıkla seçilebilir. Bu nedenle, katılaşma sırasında oluşan çekme boşluklarının en doğru kanıtı gözenek içlerinde tespit edilen dendrit kollarıdır. Şekil.6a ve 6b'de **A** ile işaretlenmiş bölgeler kırık yüzey üzerinde tespit edilen dendrit morfolojisine örnek yapılar olarak gösterilebilir. Yine çekme boşluğunun bir göstergesi olan derin kaviteasyonlar ise Şekil.7'de **B** ile işaretlenmiştir.

Bu sonuçlar ışığında, aks çeliğinin döküm aşamasından kalan gözenek vb. çekme boşlukları içerdiği söylenebilir.

3.3. P numunesinde içyapı incelemeleri (SEM):

Kırık yüzey incelemeleri sonrası, aks mili eksenine yönüne paralel alınan kesitte içyapı incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Şekil.8'de P numunesinin içyapısı görülmektedir. Beklendiği gibi yapı martensit fazından oluşmaktadır. Tane iriliği vb. bir olumsuz gelişim yoktur. Yapının detaylı incelemesinde, metal-dışı iri kalıntılara rastlanmamıştır.

Ancak, numune içinde çatlak benzeri pek çok yapının varlığı tespit edilmiştir. Bu tür bir çatlak benzeri yapı Şekil.9'da görülmektedir. Kırık yüzeyde tespit edilen boşluklar dikkate alındığında, bu tür çatlak benzeri yapı oluşumları, dişlinin dövme işlemi sırasında ezilen ve kapanan gözeneklerden kaynaklanabilir. Yüzeydeki mevcut hatalar çok detaylı incelenmiştir. Şekil.10'da, P numunesinin farklı bölgelerinde yarı kapanmış gözenek artıkları görülmektedir. Şekil.11'de ise dövme işlemi sonrası dahi kapanmamış bir katılaşma boşluğu görülmektedir.

Sonuç olarak, P numunesinde içyapıda çatlak benzeri yapıların, katılaşma aşamasından kalan çekme boşlukları olduğu söylenebilir. Dövme işlemi sırasında bazı boşluklar kapanmış görünmektedir. Belirli bölgelerde ise boşlukların varlığı rahatlıkla tespit edilebilmektedir. Dövme işlemi sonrası, her ne kadar kapansa da, gözenek yüzeyleri oksitlidir ve birbirine kaynamaz. Dolayısı ile bu bölgeler birer kılcal çatlak görevi görür (Şekil.9 ve 10).

P numunesinin içyapısında MnS ve Al_2O_3 -MnS karışımı kalıntılara da rastlanmıştır. Şekil.12'de, bu tür iri kalıntılardan örnek görülmektedir. Malzemenin genel yapısı incelendiğinde normal bir dağılımı olan metal-dışı kalıntıların, çekme boşlukları çevresinde çok yoğunlaştığı görülmektedir. Bu ise beklenen bir durumdur. Katılaşma boşluğu bir çelik ingot içinde son katılan bölgede olacağından, curuf vb. yabancı parçacıkların da çekme boşluklarına yakın bir yerde görülmesi beklenen bir olgudur.

3.4. R numunesinde içyapı incelemeleri (SEM):

R kodlu aks mili, kontrol sırasında çatlak olduğu anlaşılan ve incelemeye alınan bir parçadır. Çatlağın bulunduğu yer Şekil.3'de detaylı olarak görülmektedir. Çatlağın nedenini anlamak amacı ile, yine R numunesinde olduğu gibi, mil aksı yönüne paralel bir kesit alınmış ve inceleme bu bölge üzerinde gerçekleştirilmiştir.

R numunesinde de içyapı martensittir (Şekil.13). Bu parçada da ısıtma işlemi vb. bir hataya rastlanmamıştır. Yapılan detaylı incelemede, P numunesi gibi R numunesinde de kesitte çok sayıda katılaşma boşluğuna rastlanmıştır. Şekil.14'de görüldüğü gibi, katılaşma boşluğu dövme işlemi sonrası kapanmamıştır. Yine P numunesinde olduğu gibi çok sayıda metal-dışı kalıntılar boşlukların çevresinde yer almaktadır. P numunesinden alınan Al_2O_3 -MnS türü kalıntılara örnek bir EDS Şekil.15'de verilmektedir.

IV. BULGULARIN İRDELENMESİ

Her iki aks mili üzerinde yapılan incelemelerde, ingot aşamasında oluşan katılaşma boşluklarının kanıtları bulunmuştur. Boşlukların katılaşma aşamasından kaynaklandığını gösteren en önemli morfolojik kanıt "Dendrit Kolları" olacaktır. P numunesi kırık yüzeyinde yapılan incelemelerde kırık yüzeyin pek çok lokasyonunda dendrit kollarına rastlanmıştır.

Aks mili içinde bulunan iri metal-dışı kalıntıların katılaşma sırasındaki hata nedeni ile bu bölgelerde yoğunlaştığı izlenimi elde edilmiştir. Bunun en önemli göstergesi, malzemenin diğer bölgelerinde iri kalıntıların görülmemesidir. Kalıntılar ya gözenek çevrelerinde ya da dövme sırasında kapanmış hataların çevresindedir.

Özellikle R numunesinde görülen çatlak, ısıt işlemler (indüksiyon ile sertleştirme) aşamasından da kaynaklanabilirdi. Ancak, gerek çatlak başlangıç bölgesinin gerekse çatlak ilerleme patikasının sertleştirilmiş kabuk ile bir ilişkisinin olmaması, diğer yandan martensit iğne boyutlarında bir irileşmenin görülmemesi bu olasılığı tartışma dışı tutmaktadır.

V. SONUÇLAR

1. İncelenmesi amacı ile getirilen hasarlı her iki aks milinin içyapısında da gözeneklere rastlanmıştır.
2. Gözeneklerin bir bölümünün dövme işleminde kapandığı gözlemlenmiştir. Ancak, belirli bir bölümü iri boşluklar olarak seçilebilmektedir.
3. Yapılan incelemede, yapıda görülen gözeneklerin, aks çeliğinin katılaşma aşamasında oluşan çekme boşlukları olduğu sonucuna varılmıştır.
4. Millerin ısıt işleminde kaynaklanan herhangi bir hataya rastlanmamıştır.

Prof.Dr. Bilgehan Ögel

Prof.Dr. Rıza Gürbüz

Uzman Cengiz Tan

ŞEKİLLER



Şekil 1. P Kod'lu aks milinin genel görünümü. Görüldüğü gibi hasar, bağlantı diski ile dişli şaftın birleştiği yerde gerçekleşmiştir.

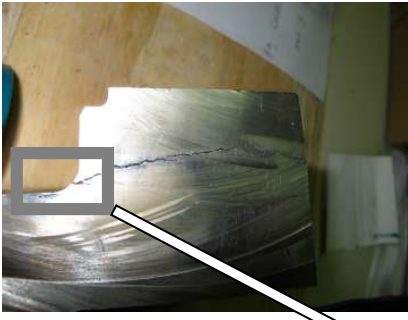


Şekil 2. . R Kod'lu aks milinin genel görünümü.

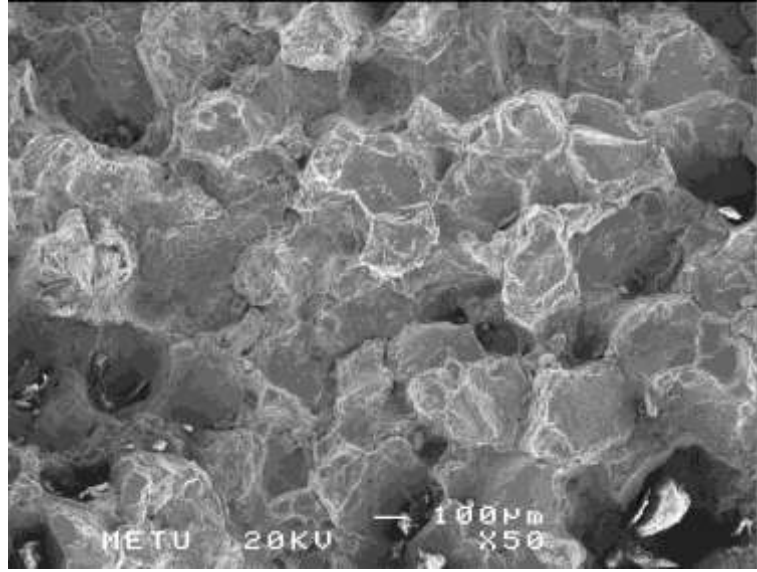


c

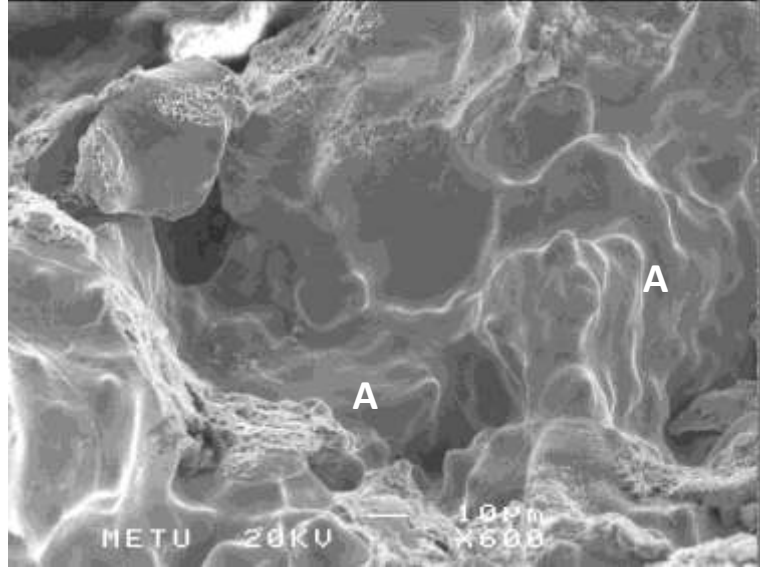
Şekil 3. (a) R Kod'lu parçada çatlağın yeri: (b) Disk biçimli bağlantı parçasından ana şaftın çıktığı yerin dibindedir. (c) Disk bağlantı parçasından alınan yan kesitte, çatlağın iç bölgelere doğru uzadığı görülebilmektedir.



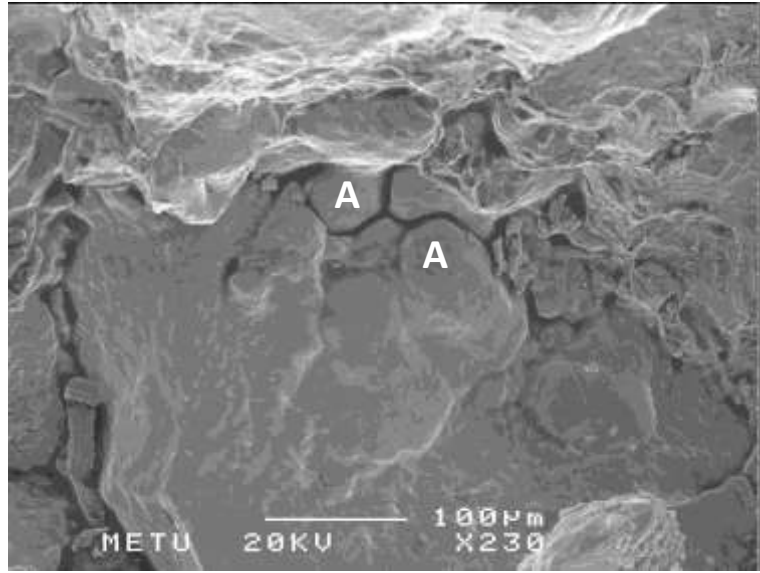
Şekil 4. R numunesinde, aks şaftının köküne uygulanan indüksiyon ile sertleştirme. Çatlak ile indüksiyonla sertleştirilmiş tabakanın ilişkisi de ok ile işaretlenmiştir.



Şekil 5. P numunesinde, kırık yüzeyin genel görünümü.

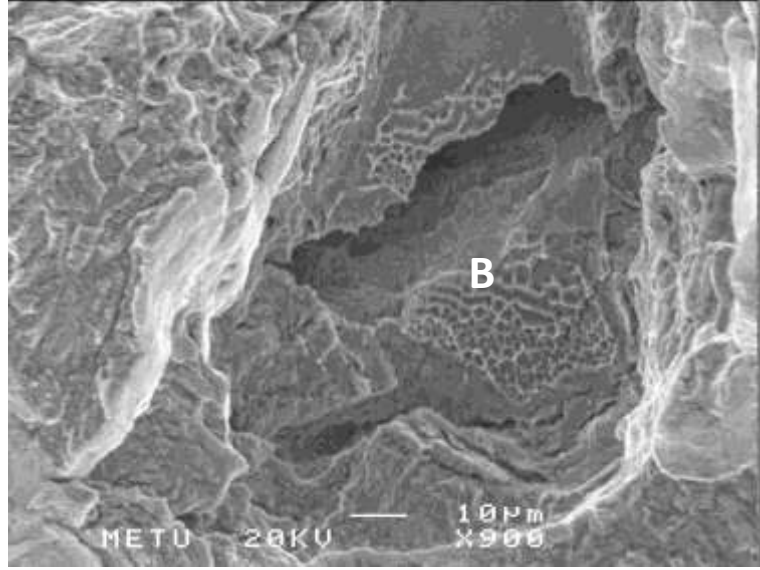


(a)

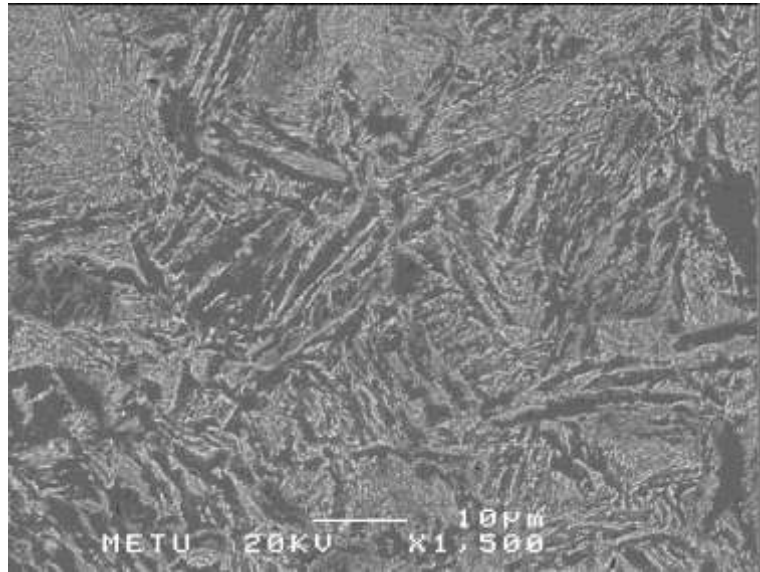


(b)

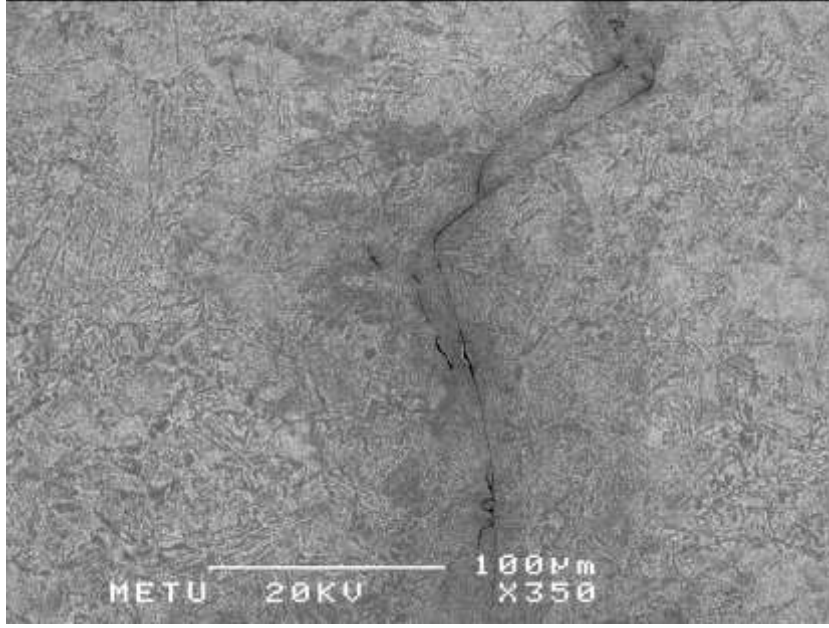
Şekil 6. P numunesinin kırık yüzeyinde görülen dendrit kolları. (A ile gösterilmiştir)



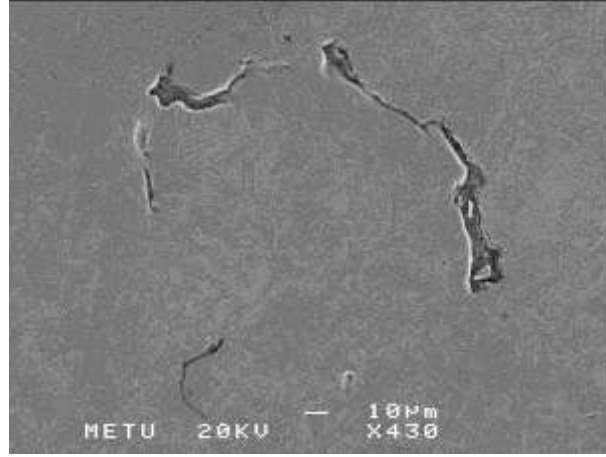
Şekil 7. P numunesinin kırık yüzeyinde görülen çekme boşlukları.



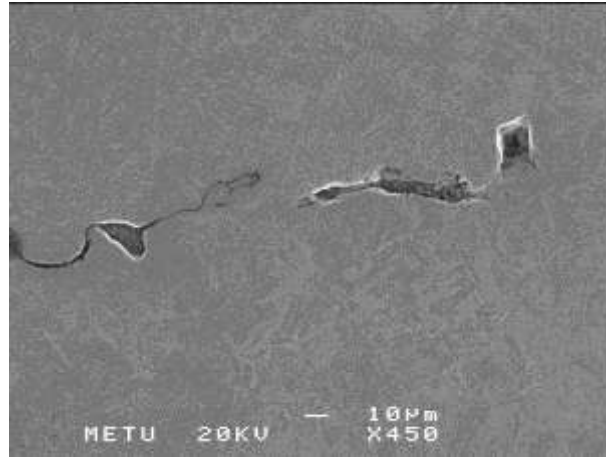
Şekil 8. P numunesinde martensitli yapı.



Şekil 9. P numunesinin içyapısında görülen çatlak benzeri hatalar.

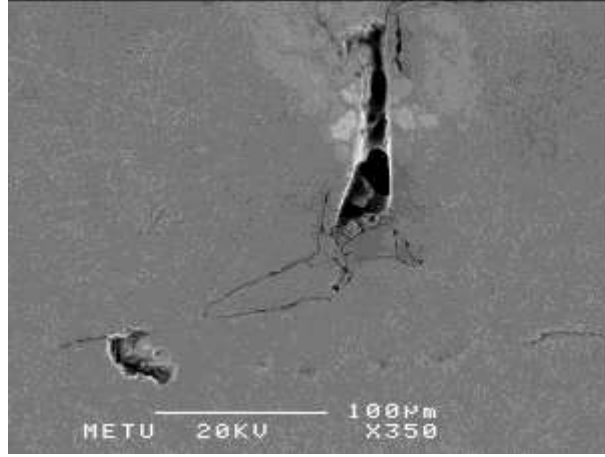


(a)

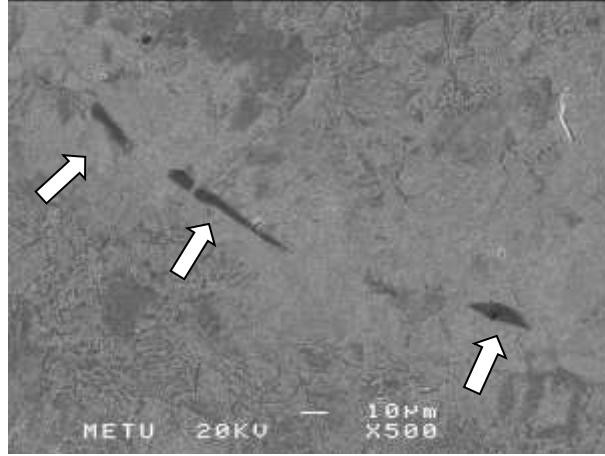


(b)

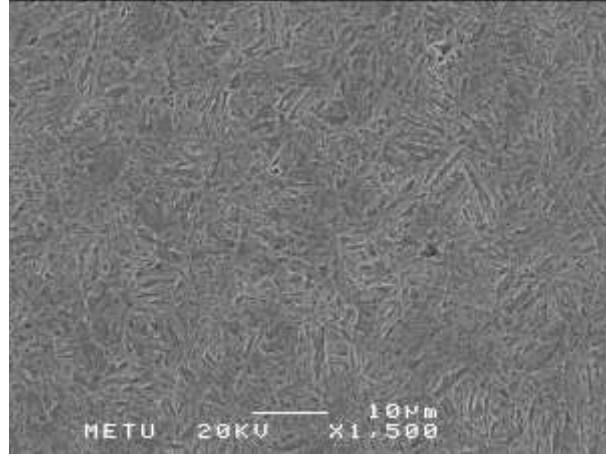
Şekil 10. P numunesinin farklı bölgelerinde yarı kapanmış gözenek artıkları



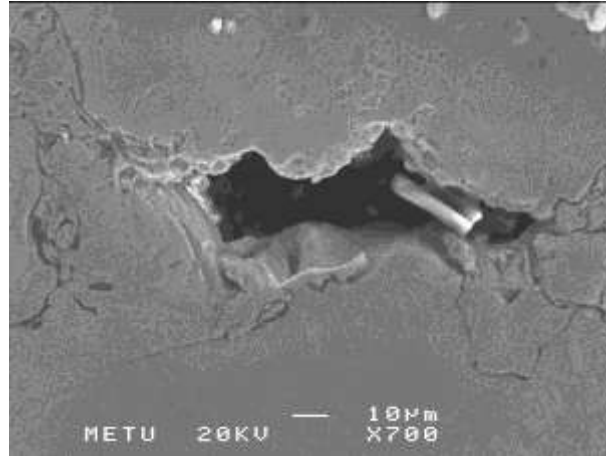
Şekil 11. P numunesinin içyapısında, dövme sonrası kapanmamış bir katılaşma boşluğu.



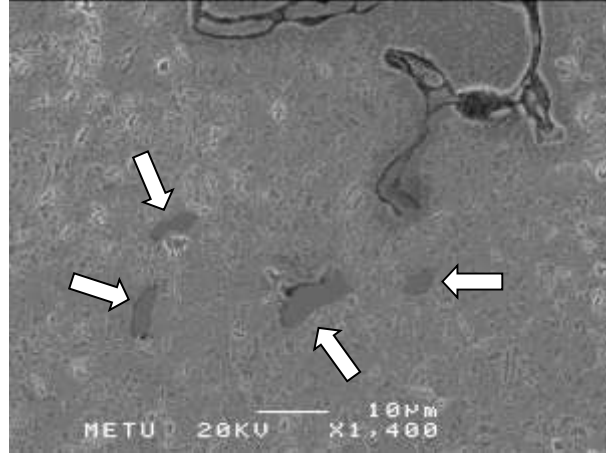
Şekil 12. P numunesinin içyapısında MnS ve Al₂O₃-MnS karışımı İRİ kalıntılar.



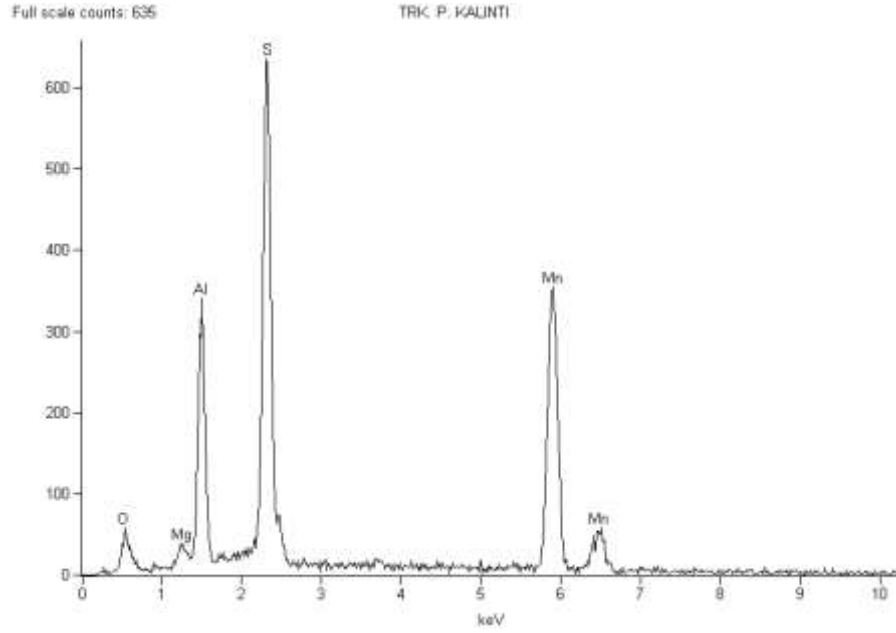
Şekil 13. . P numunesinde martensitli yapı.



Şekil 14. R numunesinin içyapısında, dövme sonrası kapanmamış bir katılma boşluğu.



Şekil 15. R numunesinin içyapısında MnS ve Al₂O₃-MnS karışımı kalıntılar. Yarı kapanmış bir katılaşma boşluğunun hemen yanındadır.



Şekil 15. P numunesinin içyapısındaki Al₂O₃-MnS karışımı kalıntıların nokta analizine örnek.