

TEL ÇEKME PROSESİ VE İNKÜZYON HASARLARI

Ümit ŞENYÜREK, Hüseyin CÖMERT

Özet – Bu çalışmada tel çekme işlemlerinde hasara neden olan inküzyon türleri sınıflandırılmış. Tellerde kopmaya sebep olan inküzyonlar, optik ve EDS mikroskopik incelemeleri sonucu kimyasal yapılarının alümina ve silikat karakterde oldukları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler - Çelik tel, İnküzyon, alümina, silikat.

Abstract – In this study, inclusion types which cause failure in wire drawing processes are classified. The inclusion types which cause failure in wires are examined by optical and EDS and it was found that their chemical structure are alumina and silica.

Key Words - Steel Wire, Inclusions, alumina, silica.

I. GİRİŞ

Filmaşınlar, soğuk çekme işlemleri ile tel üretimine uygun nitelikteki çelik yarı ürünleridir. Çelik tel üretiminde kullanılan filmaşınların iç yapısının temizliği nihai tel ürünün niteliğini arttırmaktadır [1]. Tel çekme işlemi çelik halat, yay teli, çelik kord gibi yüksek dayanımlı tellerin üretilmesinde önemli yer tutan bir plastik şekil verme prosesidir. Bu işlemle, 5,50 mm çaplı bir filmaşın, sürekli veya kesintili olarak, neredeyse 100 kat daha küçük bir çapa çekilebilmektedir. Bu filmaşınların süneklilik değerleri ile ilişkilidir. Bunun için filmaşınların üstün nitelikli olarak üretilmesi ve ısıtma işlemlerinin uygun olarak yapılması gereklidir. Yapılan araştırmalarda filmaşınların çekilebilirliğini azaltan en önemli nedenlerin başında metalik olmayan kalıntıların (inküzyon) olduğu ortaya çıkmıştır.

Tel çekme, belli çaplardaki tellerin, sürekli veya kesikli olarak matris olarak bilinen haddelerden geçirilmek suretiyle şekillendirildiği bir prosestir. Bu prosesin ilk adımı yüzey hazırlamadır.

Ü.Şenyürek, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, Esentepe/Sakarya
H.Cömert, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Müh. Böl. Esentepe/Sakarya

Filmaşınların yüzeyi sıcak şekillendirilmeden kaynaklanan bir oksit tabakası ile kaplıdır. Bu oksit tabakası matris aşınmasına ve çekilen üründe yüzey kusurlarına yol açacağından, soğuk çekme işleminden önce temizlenmelidir. Oksit giderme mekanik ve/veya kimyasal olarak yapılır. Kuru tel çekmede, matrisin önünde, içine katı ve kuru bir yağlayıcı (örneğin toz sabun) doldurulmuş bir kap bulunur. Tel bu yağlayıcı içinden geçerek matrise girer. Islak çekme için, çelik malzeme elektrolitik olarak bakır (pirinç) veya kalay kaplanır.

Sıcak haddelenmiş malzeme, bileşimine göre hızlı soğuduğu takdirde soğuk çekilemeyecek kadar sertleşir. Bu durumda malzemenin çekme işleminden önce tavlanması gerekir. Ayrıca soğuk çekme sırasında ise malzeme pekleşir. Dolayısıyla birkaç kademede yapılan soğuk çekmede, ara kademelerin birinde, pekleşme nedeniyle malzeme çekilemez hale gelerek kopabilir. Çekme işlemine devam edebilmek için malzemeye yeniden kristalleşme tavi uygulanmalıdır. Bu amaçla filmaşınlar homojen ostenit elde edilecek bir sıcaklıkta (1000 °C) tavlandıktan sonra kurşun veya tuz banyosunda uygun bir hızla soğutulur [2]. Bu işlem patentleme olarak bilinir ve elde edilen ince perlitik yapı telin daha fazla çekilmesi için idealdir.

Tel çekme işlemi ve takiben kord örülmesi sırasında meydana gelen hasarlar oluşum kaynaklarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir [1] :

a. Çelik Üretiminden Gelen Hatalar

Çatlaklar
Merkez Segregasyonu
Metalik Olmayan İnküzyonlar
Ergime Sürecinde Giren Yabancı Maddeler

b. Isıl İşlem Hataları

Yüzey Karbonsuzlaşması
Sert Noktalar
Kaba Tane
Tane Sınırı Ferriti

c. Üretim Hataları

Sürtünme Nedenli Martenzit Veya Beynit
Sıvanmalar

Yüzeye Taşınmış Segregasyon
Haddelme Sürecinde Giren Yabancı Maddeler
Çizikler
Hadde İzleri
Oksit Tabakası

Çelik tel üretimi ve kullanımı sırasında meydana gelen hasarların önemli bir kısmının sebebi hammadde olup özellikle metalik olmayan inküzyonlardan kaynaklanmaktadır. Filmaşinde istenmeyen ferrit fazı ve inküzyonlar mekanik özellikleri etkilemektedir. Örneğin inküzyonlar filmaşinin tel çekme sırasında kopmasına yol açmakta ve mukavemetini düşürmektedir[1].

ASTM, E7'ye göre, inküzyon, mekanik olarak tutulan oksit, sülfür, silikat ve benzeri veya katılma sırasında oluşan empüritelere partikülleridir. Gözle veya on kez büyütme ile görülebilen inküzyonlara makroinküzyon denir.

Üretim ve döküm aşamasında herhangi bir şekilde çelik içerisinde hapsolan inküzyonlar, şekil, bileşim, yoğunluk ve boyutlarına bağlı olarak, çeliğin yüzey özellikleri, tokluk, derin çekme, kopma ve yorulma direncini büyük oranda düşürürler.

Temiz çelik üretiminin gerçekleştirilmesi, inküzyon oluşum kaynaklarının elimine edilmesi ve mevcut inküzyonların yüzeye çıkarılması (curufa alınması) esasına dayanmaktadır.

Modern temiz çelik uygulamasında tamamı olmasa da büyük inküzyonların çoğu sıvı çelikten alınabilmektedir. Temiz çelik uygulamasında genellikle 20 µm ve küçük inküzyonlarla ilgilenilmektedir. Çelik içerisinde kalan inküzyonların kimyasal yapısını ve özelliklerini saptamak önemlidir.

Ürün hatasına sebep olan inküzyonlar genellikle 50 µm' den büyük inküzyonlardır. 4 µm'dan küçük inküzyonların ise sıklığı önemlidir. Belli başlı inküzyon türleri şunlardır [3] :

a) Oksitler

Alümina (Al_2O_3), magnezyum alüminat ($MgO.Al_2O_3$), kalsiyum alüminatlar ($CaO.Al_2O_3$), spersorit ($3MnO.Al_2O_3.SiO_2$), radonit ($MnO.SiO_2$), pisedo-vallastonit ($CaO.SiO_2$), gehlenit ($2CaO.Al_2O_3.SiO_2$), anortit ($CaO.Al_2O_3.2SiO_2$), tridimit (SiO_2), perovskit ($CaO.TiO_2$), demiroksit (FeO), zirkonyum oksit (ZrO_2).

b) Sülfürler

Mangan sülfür (MnS), demirsülfür (FeS), kalsiyum sülfür (CaS), titanyum sülfür (TiS).

c) Oksisülfürler

Nadir toprak oksisülfürleri (Re_2O_2S), kalsiyum oksisülfürler (CaS).

d) Nitratlar ve Karbonitratlar

Titanyum nitrat ve karbo nitratlar, alüminyum nitrat (AlN), zirkonyum nitrat.

İnküzyonlar metallerin özelliklerini önemli ölçüde etkilerler. Bu etkiler genellikle olumsuzdur ve istenmezler. Ancak nadir de olsa bazı hallerde, özellikle çeliğe inküzyon yapıcı elementler ilave edilir. Bunun en iyi bilinen örneği otomat çelikleridir (free cutting steels). İnküzyonların çeliklerin özelliklerine etkileri şu şekilde sıralanabilir :

a) Talaşlı İşlem Özelliklerine Etkileri

Çeliğin kükürt içeriğinin artması işlenebilirlik için avantaj sağlar. İnküzyon sebepli sertlik arttıkça, işlenebilirlik azalır [4].

b) Yorulma Özelliklerine Etkileri

Çeliğin haddelenmesi sırasında inküzyonlar etrafında gerilimler oluşur. Bunlar yorulma sırasında çatlak oluşumunda çekirdeklenme etkisine sahiptirler [4, 5].

c) Kaynak Edilebilirliğe Etkileri

Ana metalde bulunan inküzyonlar, ısı tesiri altındaki bölgenin sıcaklık periyodundan etkilenebilirler. Füzyon kaynağı ve ısı tesiri altında kalan bölgede çeliğin çatlamasında bu tür metalik olmayan inküzyonların etkisi; ısı tesiri altındaki bölgede laminasyonlar, daha büyük oksit inküzyonlarından çatlak oluşumu, sülfürlerden sıcak yırtılma ve yanmadır [4].

d) Mekanik Özelliklere Etkileri

İnküzyonlarının sayısının artışı ile elastik limit ve maksimum çekme gerilmesinde bir azalma görülür [4].

e) Sünekliğe Etkileri

Çeliklerde kükürt artışı ile en çok etkilenen özellik, sünekliktir. Sünekliği en çok bozan, uzamış sülfür ile silikat inküzyonlarıdır ve bu etki en çok haddelme yönüne dik yönlerde ortaya çıkmaktadır [5].

f) Korozyona Etkileri

Oyuklanma korozyonu sülfür inküzyonlarından başlar. Pasif çelik yüzeyinin potansiyeli oldukça yüksek ve toplam metal yüzeyi sülfür alanından daha büyük olduğundan araya yerleşen sülfür inküzyonları çözünmeye başlar ve oyuk oluşturur [4].

g) Darbe Direncine Etkileri

İnküzyonlar çeliğin darbe direncini önemli ölçüde düşürürler [5].

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

II.1 Deney Malzemeleri

Bu çalışmada, kimyasal bileşimi % 0,005 S, % 0,809 C, % 0,519 Mn, %0,009 P, % 0,198 Si, % 0,001 Al, %

0,033 Cr, %0,006 Cu, % 0,012 Ni, % 0,0035 N₂* olan 5,50 mm çapındaki sıcak haddelenmiş filmaşın üretilmiş 0,30 mm çaplı teller incelenmiştir.

II.2 Çekme Deneyi

Kopmaya sebep olan tellerin üretildiği filmaşın grubunun çekme deneyi karakteristikleri Metro-Com (5000 daN) model çekme cihazı ile belirlenmiş ve elde edilen değerler Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. İnküzyon kopmalarının meydana geldiği filmaşın grubunun çekme deneyi değerleri

Çap (mm)	Kopma Mukavemeti (N/mm ²)	Uzama (%)
5,50	1120	17,6

II.3 Sertlik Ölçümü

Bu deneyde mikrosertlik test cihazı kullanılmış ve baskı süresi 15 sn, baskı yükü ise 300 grf olarak seçilmiştir. İnküzyon kopmaları görülmüş olan tellerden (Ø 0,300 mm) hazırlanmış numuneler üzerinde yapılan 5 adet ayrı ölçümün sonucu Tablo 2 de görülmektedir. Numunelerin sertlikleri, 2 No'lu örnek hariç, hemen hemen aynıdır. 2 numaralı numune diğerlerine nazaran bir miktar daha sert olmakla beraber bu değer kabul edilebilirlik sınırları içerisinde.

Tablo 2. İnküzyon kopmalarının meydana geldiği tellerin sertlik değerleri .

Malzeme No	Mikro sertlik (HV)
1	501
2	520
3	497
4	497
5	493

II.4 Kimyasal Analizler

Kopan 5 adet filmaşın numunelerinin Spektrofotometre cihazı ile yapılan kimyasal analizleri Tablo 3'de görülmektedir.

Tablo 3. İnküzyon kopmalarının meydana geldiği filmaşın grubunun karbon ve kükürt değerleri (ağ. %).

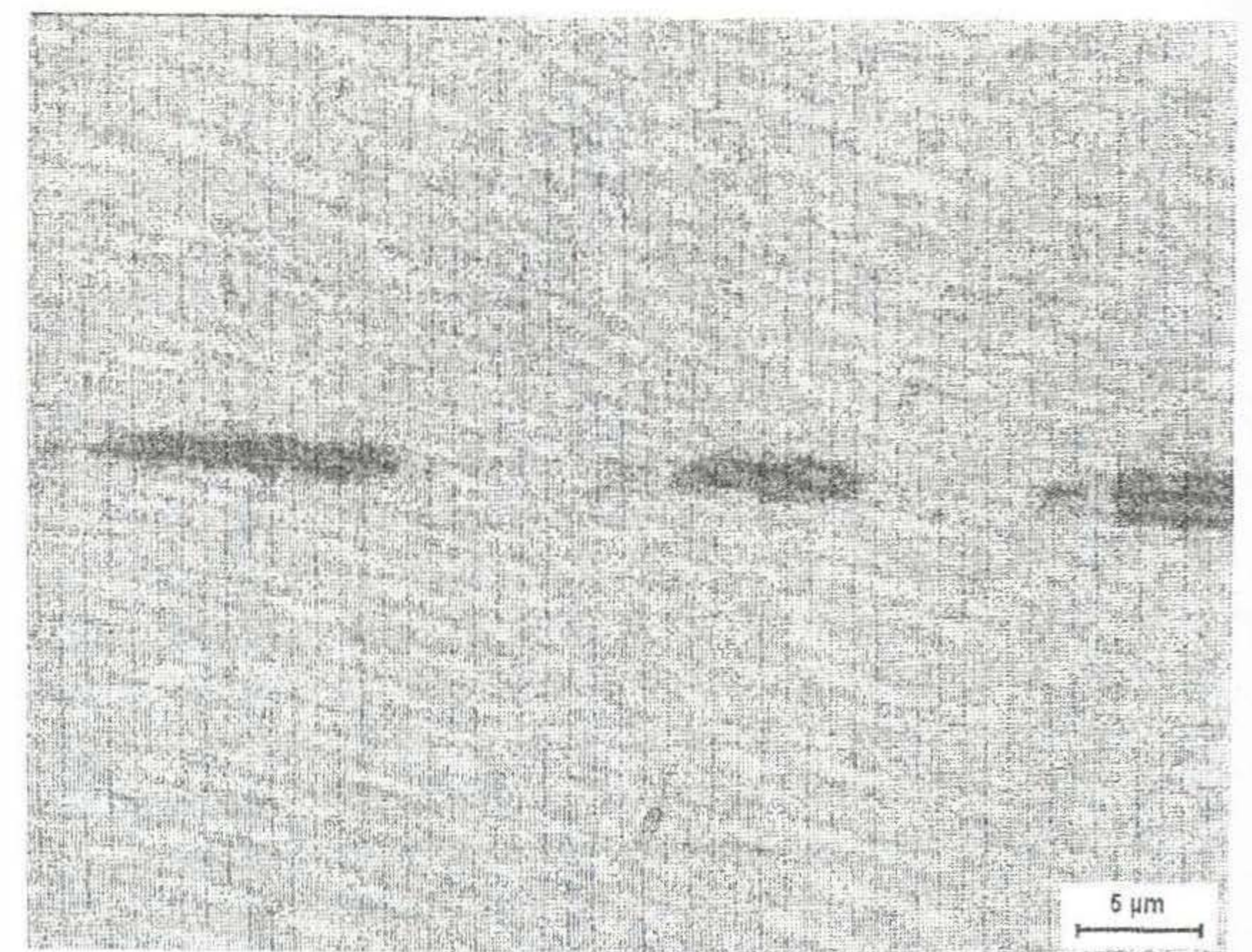
% C	% S
0,809	0,0064

II.5 Mikroskopik İnceleme

Optik Mikroskop : Kopan tellerin sıcak olarak kalıplanmış ve parlatılmış yüzeylerinde optik mikroskop ile yapılan incelemelerde inküzyonlar saptanmış, bunlardan çekme doğrultusunda uzamış ve uzamamış olmak üzere iki çeşidi tespit edilmiştir. Şekil 1a' da çekme doğrultusunda uzamamış inküzyonlar ve Şekil 1b' de çekme doğrultusunda uzamış inküzyonlar görülmektedir. Şekil değiştirmemiş inküzyonlar alumina, uzamış inküzyonlar ise silikat inküzyonları karakteristikleri taşımaktadır.



(a)



(b)

Şekil 1. Tel çekme doğrultusunda a) uzamamış b) uzamış inküzyonlar

* Üretici firma analizi

SEM ile EDS Analizi: Tel çekme operasyonu sırasında kopan tellerin kopma nedenleri, göz ve optik

mikroskop yardımı ile araştırılmıştır. Inklüzyon nedeni ile koptuğu anlaşılan tellerin kırık yüzeyleri ile bu tellerden inklüzyonları gösterecek şekilde normal metalografik tekniklerle hazırlanan numunelerde SEM ile EDS (energy dispersive x-ray spectroscopy) analizi yapılmıştır.

Şekil 2a Fe'ce yoğun ve az miktarda Mn ve Si olan bir bölgeden alınmıştır. Oksijen piki çok şiddetli olmamakla beraber, analiz bölgesinin adı geçen elementlerin oksitlerinin karışımı olduğu muhtemeldir. Şekil 2b' de analiz bölgesinde Fe ve Si'un yoğun olduğu görülüyor. İncelenen filmaşinde Si oranı yüksek değildir. Dolayısıyla, analiz edilen noktada bir Si yoğunlaşması olduğu açıktır. Oksijen pikinin yüksekliği, burada SiO₂'nin (silikat inklüzyonunun) bulunduğuna işaret etmektedir.

Şekil 2c' deki analiz, kompleks bir inklüzyonun varlığını göstermektedir. Burada yüksek oranda Fe yanında yüksekçe Mn, Si, Ca ve Al bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu bölgede FeO, SiO₂, MnO, CaO ve Al₂O₃'ün bulunduğu sonucuna varabiliriz. Al₂O₃'ün varlığı telin çekilebilirliğini olumsuz yönde etkileyen bir faktör olarak düşünülebilir. Burada S pikinin az da olsa görülüyor olması MnS esaslı başka bir inklüzyon olabileceğine de işaret etmektedir.

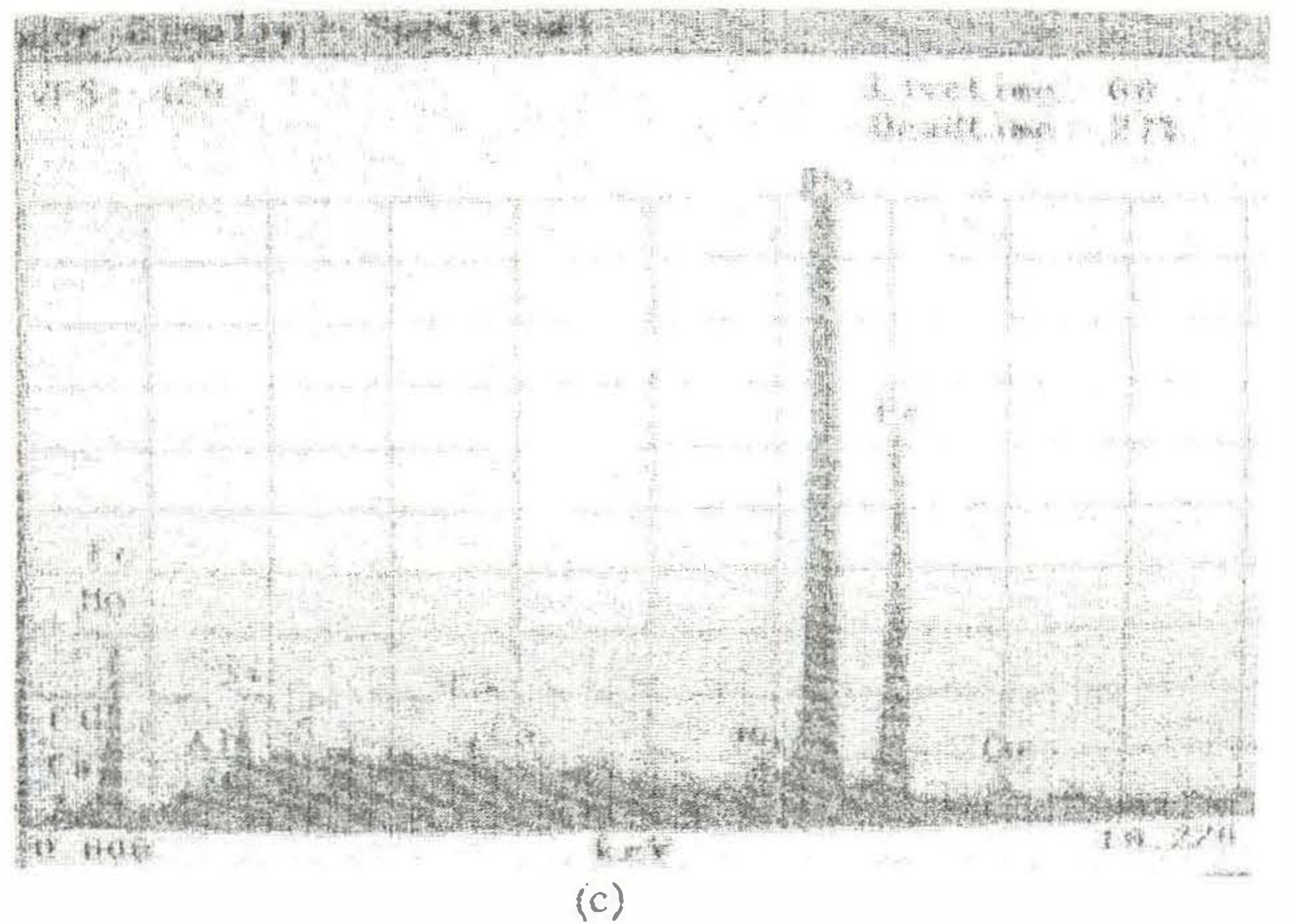
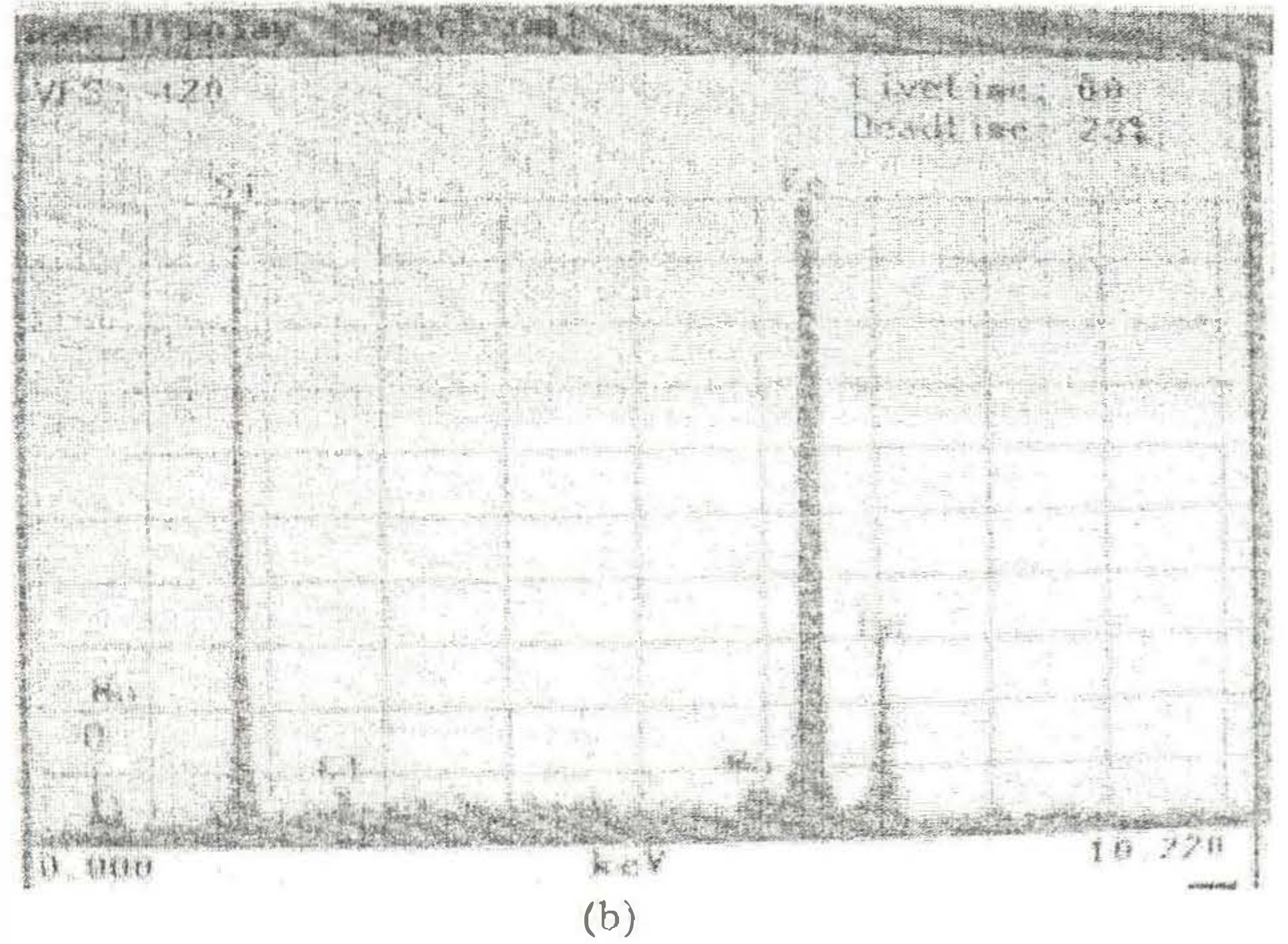
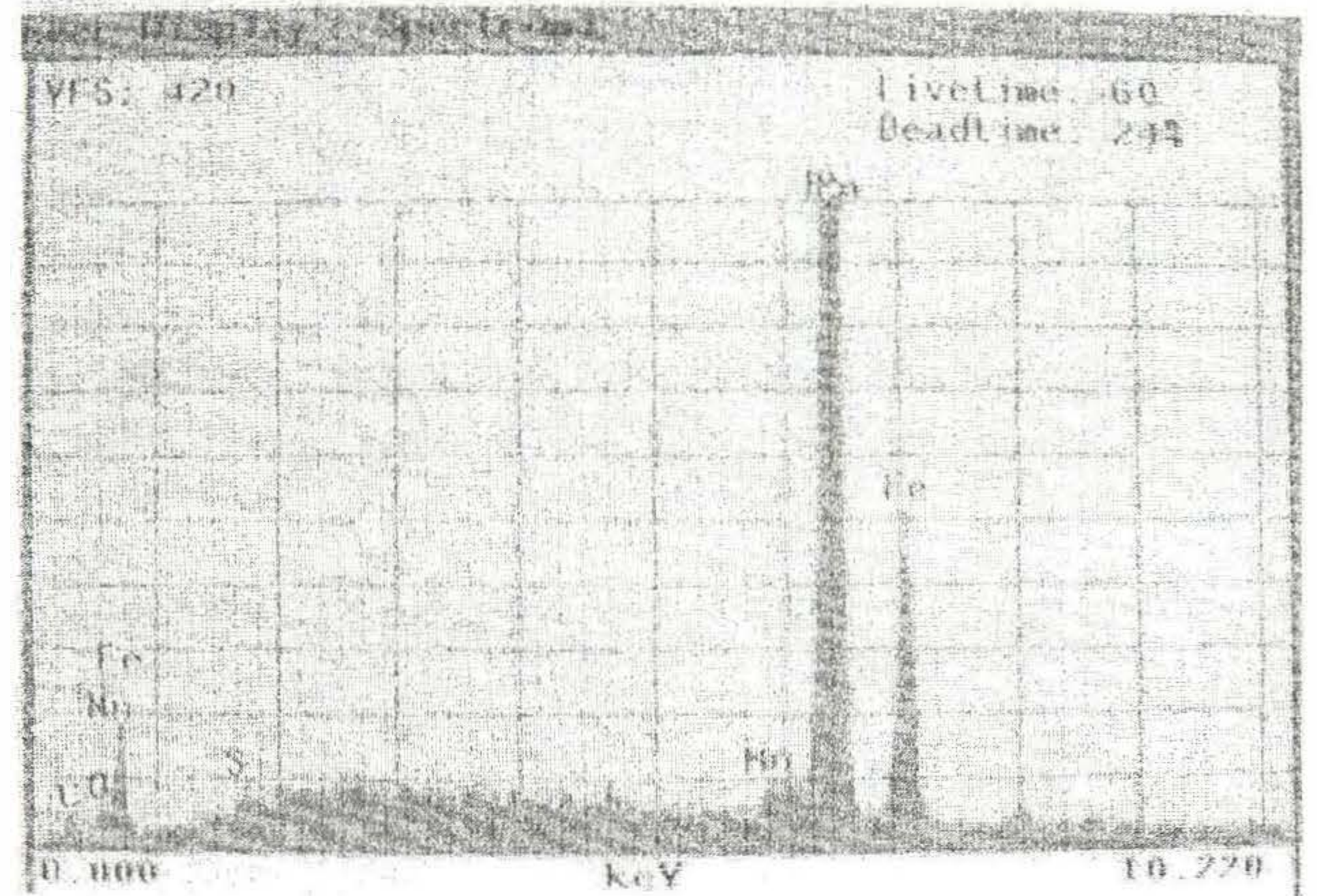
III. TARTIŞMA

Tel çekme işlemlerindeki süreksizlikler, ürün maliyetini arttıran faktörlerden biridir. Bu tür süreksizlikler özellikle malzemelerdeki inklüzyonlardan kaynaklanmaktadır.

Günümüzdeki teknoloji ile inklüzyonsuz çelik üretimi mümkün değildir, fakat üretim aşamasında uygulanan çeşitli proses yöntemleri ile zararsız duruma getirilebilirler. Ürün hatasına sebep olan inklüzyonlar genellikle 50 µm 'den büyük inklüzyonlardır. 4µm'den küçük inklüzyonların ise sıklığı önemlidir.

Yapılan incelemelerin büyük çoğunluğu oksit esaslı inklüzyonlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bunlar başlıca FeO, MnO, SiO₂, CaO ve Al₂O₃'tür. Bu inklüzyonların hepsi ayrı ayrı mevcut olmayabilir, bazıları FeO kafesinde katı eriyik olarak yer almış olabilir. İlgili curuf sistemlerinin (faz diyagramlarının) bilinmesi açısından yukarıda sıralanan analizler faydalıdır. Yalnız, analizlerin kalitatif olması faz diyagramlarının hangi bölgesinin göz önüne alınması gerektiği hususunda belirsizliğe neden olmaktadır. Bu tür belirsizliklerin ortadan kaldırılması açısından, kantitatif analiz yapılması zorunludur. Çünkü üretici firma, bir çok durumda inklüzyon analizlerinde yardımcı olabilecek faz diyagramlarını (veya bu diyagramların hangi bölgelerinin göz önüne alınması gerektiğini) tedarik etmektedir. Bu diyagramlar,

filmaşinde ne tür inklüzyonların bulunabileceğini ve çekme prosesinde ne tür problemlerle karşılaşılacağı hususunda yardımcı olmaktadır.



Şekil 2. Farklı inklüzyonlara ait EDS paternleri, a) FeO esaslı, b) Silikat esaslı, c) Kompleks

IV. SONUÇ

Tellerde meydana gelen hasarlar malzemenin kendinden kaynaklanabileceği gibi, proses şartlarından da ileri gelebilir. Bu çalışmada ikinci faktörler incelenmiştir (İncelenen tellerin mekanik özellikleri ve kimyasal bileşimleri istenen standartlar dahilindedir). Ancak, malzeme içerisindeki inküzyonlar yoğunlaşma derecelerine bağlı olarak hasara yol açmışlardır. Bu çalışmada, bu tür hasarlar göz önüne alınmış ve hasara yol açan inküzyon türleri belirlenmeye çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1]5.Uluslar arası Kırılma Konferansı Bildiriler Kitabı, 310-311, (2001)
- [2]Çapan L., Metallerde Plastik Şekil Verme ,İTÜ Yayını, 249-270, (1990)
- [3]Ünal L. M., Çelik Üretiminde İnküzyon ve Azaltılması Erdemir Yayınları , 9-48, (2001)
- [4]Kiessling R. , Lange N. " Nonmetallic Inclusions in Steel", The Metal Society, (PartIII) , London, 1978
- [5]Uzun İ. , "İnküzyonlar, Mekanik Özelliklere Etkileri ,Giderilmesi ve Saptanma Yöntemleri", İTÜ-Sakarya Mühendislik Fakültesi Metalurji Mühendisliği Bölümü Bitirme Ödevi 1991