

ELEKTROLİTİK BAKIR SEKTÖRÜNDEKİ FARKLI FİLMAŞIN ÜRETİM PROSESLERİNİN MUKAYESESİ VE SARKUYSAN'DA GERÇEKLEŞTİRİLEN MODERNİZASYON VE GELİŞTİRME ÇALIŞMALARI

Candan AYHAN, M. Uğur ILGAZ

**Sarkuysan A.Ş.
Ar-Ge Departmanı**

ÖZET

Sarkuysan A.Ş. Southwire ve Contirod oksijenli bakır (ETP) üretim hatları ve Outokumpu oksijensiz bakır (OFHC) üretim prosesini bünyesinde barındıran modern bir kuruluştur. Bu alanda faaliyet gösteren dünyadaki diğer firmalardan farklı olarak, sürekli filmaşın üretim prosesindeki üç ana teknolojiyi aynı çatı altında toplayan Sarkuysan A.Ş., müşterilerinin bütün beklentilerini karşılamak için çağın getirdiği yenilikleri takip etmekte ve yüksek kalitede filmaşın üretimini gerçekleştirmek için Ar-Ge faaliyetlerini ve modernizasyon çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu çalışmada öncelikle proses ve teknoloji açısından farklılık arz eden oksijenli ve oksijensiz sürekli bakır üretim yöntemleri birbirleri ile kıyaslamalı olarak incelenmiş, proses şartları, mekanik özellikler ve üretim aşamasındaki kalite kontrol parametreleri irdelenmiştir. Çalışmada ayrıca, Outokumpu ve Contirod sürekli bakır üretim tesislerinde Sarkuysan A.Ş. tarafından son dönemde gerçekleştirilmiş modernizasyon çalışmalarına da özet olarak değinilmiştir.

ABSTRACT

Sarkuysan A.Ş. hold three different continuous production systems, namely Southwire and Contirod oxygen bearing copper (ETP) rod production and Outokumpu oxygen free (OFHC) upcast technology. Apart from the other world companies of copper sector, Sarkuysan has decided to align these three main technologies under the same roof to fulfill all kinds of expectations from the customers and to provide superior quality rod for all purposes. Modernisation projects and R&D activities take important role in order to achieve this goal.

In this study first of all there is an investigation comparing oxygen bearing and oxygen free continuous rod production methods from the aspects of process conditions, mechanical properties and quality control parameters. Besides this study covers a brief summary of modernisation activities recently held in Outokumpu and Contirod rod mills of Sarkuysan A.Ş.

Keywords: Electrolytic Tough Pitch Copper, Oxygen Free Copper, Mechanical Properties

1. GİRİŞ

Sürekli bakır filmaşın üretiminde kullanılan Southwire ve Contirod sürekli döküm prosesleri ile Outokumpu sürekli döküm prosesi, teknolojik farklılıklar içermektedir. Southwire ve Contirod üretim prosesleri ile oksijenli elektrolitik bakır (ETP) filmaşın üretimi, Outokumpu teknolojisi ile de oksijensiz bakır filmaşın üretimi gerçekleştirilmektedir. Southwire ve Contirod tesisleri prensip olarak benzer teknolojiye sahip olmasına karşın döküm yöntemi ve sıcak haddeleme aşamalarında bir takım farklılıklar içermektedir. Outokumpu sürekli döküm yöntemi ise gerek üretim teknolojisi gerekse de ürünün mekanik özellikleri açısından bu iki prostesten tamamen ayrı olan bir yöntemdir.

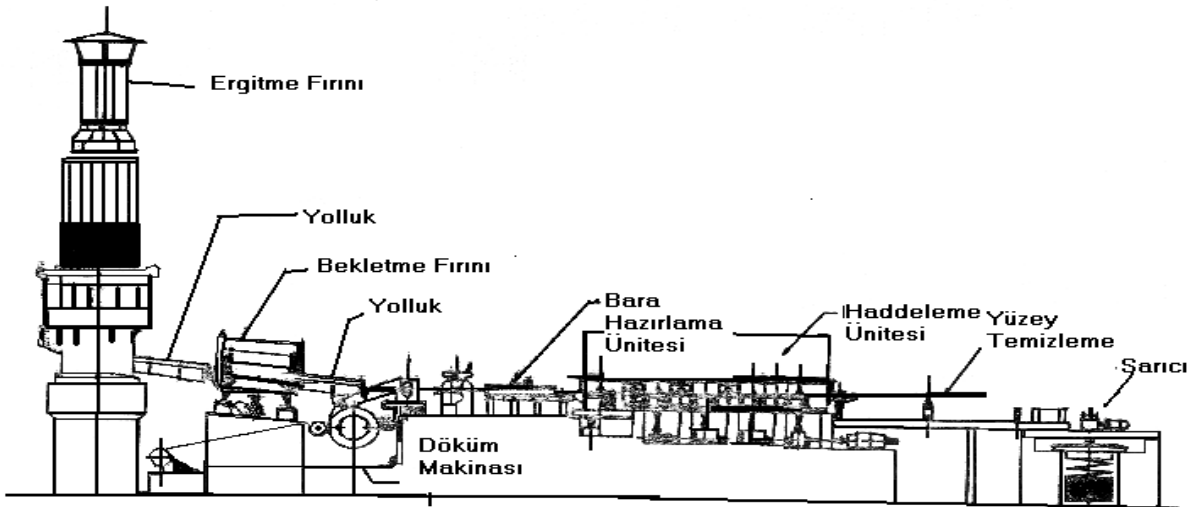
Yüksek kalitede filmaşın üretimini gerçekleştirmek için üretim aşamasındaki kalite kontrol parametrelerinin belirlenmesi ve takibi büyük önem taşımaktadır. Sürekli olarak gelişen teknolojiye ayak uydurmak ve beklentileri karşılamak amacıyla gerçekleştirilen yenilikler ve modernizasyon çalışmaları Sarkuysan A.Ş.bünyesinde yer alan Outokumpu ve Contirod sürekli döküm ünitelerinde gerçekleştirilmiş, bu sayede hem tel kopmalarının minimize edilerek çekilebilirlik performansının iyileştirilmesi hem de üretim kapasitesinin artırılması sağlanmıştır.

2. ELEKTROLİTİK BAKIR SEKTÖRÜNDEKİ SÜREKLİ FİLMAŞIN ÜRETİM PROSESLERİ

Sarkuysan A.Ş. bünyesinde gerçekleştirilen filmaşın üretimi; Southwire ve Contirod tesislerinde oksijenli olarak, Outokumpu tesisinde ise oksijensiz olarak gerçekleştirilmektedir.

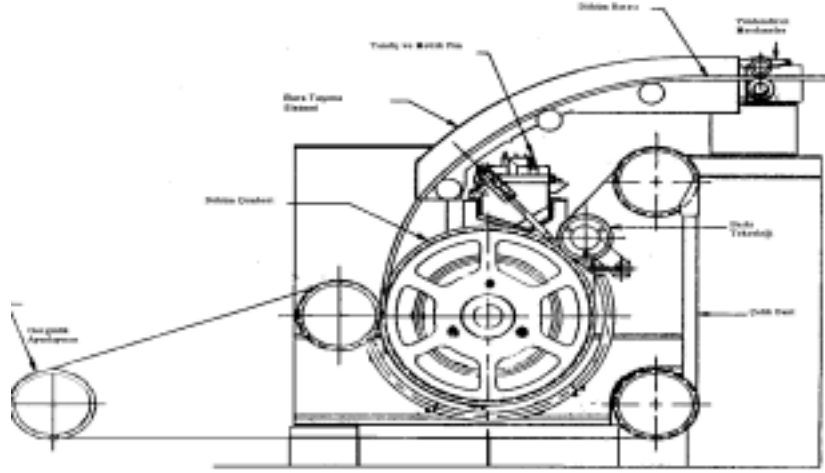
2.1. Southwire Sürekli Filmaşın Üretim Prosesi

Temel olarak ergitme, döküm, sıcak şekillendirme ve paketleme aşamalarından oluşan Southwire prosesinin şematik görünümü Şekil 2.1’de verilmektedir (1).



Şekil 2.1. Southwire sürekli döküm prosesinin şematik görünümü (1).

Bakır katodlar dikey şaft fırınında ergitilmekte ve atmosfer kontrollü üst yolluk vasıtasıyla silindirik bekletme fırınına aktarılmaktadır. Bu fırında metal akışı stabilize edilmekte, sıcaklık ve kimyasal içerik açısından sıvı metalin homojenizasyonu sağlanmaktadır. Sıvı metal atmosfer kontrollü alt yolluk vasıtasıyla tandişe aktarılmaktadır. Metalin tandiş haznesinden döküm makinasına kontrollü akışını sağlayan otomatik metal döküm sistemi mevcuttur (1,2,3). Şekil 2.2’de döküm makinasının şematik görünümü verilmiştir [3].



Şekil 2.2. Döküm makinasının şematik görünümü (1).

Döküm makinası, döküm tekerleği ve bu tekerleği çevreleyen çelik bant/kasnak sisteminden oluşmaktadır. Kalıbın her zonu su püskürtülerek soğutulmakta ve eriyik yaklaşık 15 saniyede katılaşmaktadır. Katılaşmış ürün bara olarak isimlendirilmekte ve döküm makinasını 180-200 mm/sn gibi yüksek hızlarda terk etmektedir (2100 mm² bara kesiti). Bara, kılavuz merdaneler vasıtasıyla sıcak haddeleme ünitesine girmektedir [3].

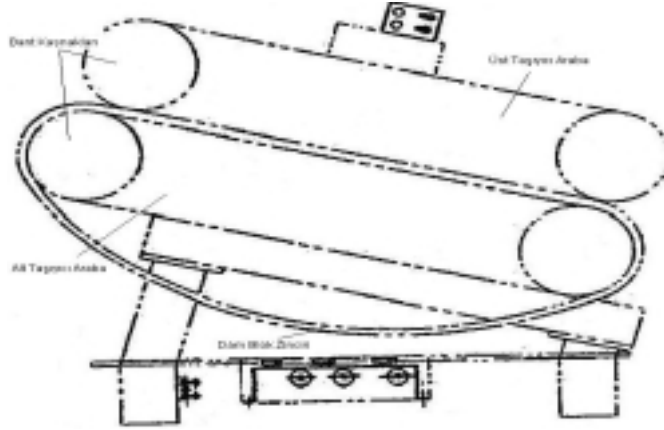
Traşlama işlemi ile köşe fazlalıkları alınan bara, bir seri yatay ve dikey hadde istasyonunda sıcak deformasyon işlemi ile nihai çubuk ölçülerine ulaşmaktadır. Southwire sürekli döküm tesisinde 9 adet hadde istasyonu bulunmaktadır. Sıcak haddeleme ünitesi çıkışında çubuğun sıcaklığı yaklaşık olarak 550-600 °C civarındadır. Sıcak haddeleme istasyonundan çıkan ürünün yüzeyini temizlemek amacıyla alkol/su solüsyonu püskürtülmekte ve bu sayede filmaşın yüzey oksitlerinden arındırılarak parlatılmaktadır. Filmaşın üretiminin son kademesinde bakırın atmosferik oksidasyonunu engelleyen vaks solüsyonu püskürtülmektedir [3]. Bu proses ile 8, 11 ve 16 mm çaplarında bakır filmaşın üretimi gerçekleştirilmektedir.

2.2. Contirod Sürekli Bakır Filmaşın Üretim Prosesi

Elektrolitik oksijenli bakır filmaşın üretiminde kullanılan diğer bir üretim teknolojisi Contirod sürekli filmaşın üretim prosesidir. Şekil 2.1’de şematik görünümü verilen Southwire prosesine benzer bir teknolojiye sahip olan bu proseste, döküm makinası ve sıcak haddeleme ünitesi Southwire tesisinden farklıdır. Şekil 2.3’de döküm makinasının şematik görünümü verilmiştir (4).

Şekil 2.3’de şematik görünümü verilen döküm makinası, alt ve üst taşıyıcı araba olarak isimlendirilen parçalardan oluşmaktadır. Katılaşmanın gerçekleştiği kalıbın yan

duvarları damblok adı verilen ve paslanmaz çelik bir zincir üzerine dizilmiş bakır küplerden oluşmaktadır. Alt ve üst duvarlar ise bahse konu taşıyıcıların iki ucunda bulunan kasnaklarda gerdirilmiş düşük karbonlu çelik banttandır oluşmaktadır. Sıvı metal damblok ve çelik bant arasına dökülmekte ve su ile soğutulan kalıp içerisinde katılaşmaktadır. Contirod sisteminin Southwire tesisinden bir diğer farkı, sıcak haddeleme ünitesinde deformasyon işleminin 12 pasoda gerçekleştirilmesidir. Southwire ve Contirod tesislerinde ergimiş metalin katılaşmasında kullanılan döküm makinaları arasındaki farklılık katılaşma mekanizmasını doğrudan etkilemektedir.



Şekil 2.3. Döküm makinasının şematik görünümü (4).

2.3. Outokumpu Sürekli Filmaşın Üretim Prosesi

Bu proses oksijensiz bakır üretiminin gerçekleştirildiği bir teknoloji olup gerek döküm yöntemi gerekse de ürün özellikleri açısından Southwire ve Contirod sürekli döküm ünitelerinden farklılık göstermektedir.

Oksijensiz bakır üretiminde kullanılan bu proses, 1960'lı yılların sonuna doğru kullanıcıların hizmetine sunulmuştur. Oksijensiz bakır üretiminin temel prensibi kimyasal reaksiyonla oksijenin sistemden uzaklaştırılmasıdır. İndirgeme karbon ile gerçekleştirilmektedir. Yüksek saflığa sahip katodların ergitilmesi induksiyon fırınında gerçekleştirilmekte ve buradan atmosfer kontrollü bekletme fırınına aktarılmaktadır. Bekletme fırınının üzeri koruyucu atmosfer sağlayan ince taneli grafit örtüsü ile kaplanmıştır. Yüksek saflıkta katod kullanılmasının nedeni, bakır içerisinde çözülmüş oksijenin mevcut olmaması dolayısıyla empüritelerin oksitlenerek zararlı etkilerinin ortadan kaldırılmasının mümkün olmayışındır. Bu noktada Southwire ve Contirod üretim prosesleri daha geniş aralıkta empürite seviyesine sahip katodlarla çalışma olanağı sağlayabilmektedir (5,6).

Yukarı döküm teknolojisi ile oksijensiz bakır üretiminin gerçekleştirildiği bu proseste, döküm makinası bekletme fırınının üzerinde yer almaktadır. Su soğutmalı kokil ergimiş metalin içerisine daldırılmakta ve metalostatik basınç ile ergimiş metal haddenin içerisine doğru yönlendirilmektedir (5,6,7). Su ile soğutma sayesinde metal hızlı bir şekilde katılaşmakta, katılaşmış ürün sürekli olarak sarıcılara aktarılmaktadır. Bu yöntemle oksijen içeriği yaklaşık 1-2 ppm civarında olan oksijensiz filmaşın üretimi gerçekleştirilmektedir.

3. OKSİJENLİ VE OKSİJENSİZ BAKIRIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Tek fazlı yani oksijensiz bakır ile oksijenli bakırın mekanik özellikleri kıyaslandığında, özellikle soğuk şekillendirme davranışları açısından iki ürün arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır (8).

Oksijenli bakır %4-12 oranında ötektik yapıdan oluşan ikili bir alaşımdır. Soğuk şekillendirme esnasında oksijenli bakırın bünyesinde bulunan bakır oksit partikülleri, gerilim konsantrasyonu merkezlerini oluşturmaktadır. Oksit partikülleri efektif alanı azaltmakta ve kırılma mekanizması açısından oksijensiz bakır ile belirgin farklılıklar içermesine neden olmaktadır. Oksijensiz bakır daha fazla boyun verme davranışına sahiptir ve oksijenli bakıra nazaran kırılma bölgesindeki boşluk konsantrasyonu daha düşüktür. Oksijenli bakırın deformasyon sertleşme mekanizması ve kırılma noktası daha hızlı gelişim göstermekte, oksijensiz bakır oksijenli bakıra nazaran kırılmadan önce daha fazla deforme olmaktadır. Başka bir deyişle, aynı gerilme değerlerinde oksijensiz bakır herhangi bir kırılma oluşmaksızın diğerine göre daha fazla ilave gerilmelere direnç gösterebilmektedir (8,9).

Sonuç olarak deformasyon davranışı ve kırılma mukavemeti gibi faktörlerin önem kazandığı şekillendirme proseslerinde oksijensiz tek fazlı bakır, oksijenli bakıra kıyasla daha üstün özelliklere sahiptir. Bunun nedenini dekompoze olan bakır oksitler dolayısıyla oksijenli bakırda potansiyel boşluk oluşumu ile izah etmek mümkündür. Ancak tek fazlı yani oksijensiz bakırda, empüritelerin katı çözültü içerisinde serbest olarak bulunmaları tavlabilirlik ve iletkenlik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Oksijenli bakıra kıyasla oksijensiz bakırın tavlama sıcaklığı daha yüksektir. Elektrolitik oksijenli bakırda ise empüriteler oksijen ile birleşerek oksitli bileşikler halinde çökelmekte ve bu sayede olumsuz etkileri minimize edilmektedir (10,11).

4. KALİTE KONTROL PARAMETRELERİ

Tel üreticileri için önemli bir parametre olan çekilebilirlik, filmaşın kalitesi ile yakından ilişkilidir. Filmaşın kalitesinin belirlenmesi ilerleyen tel çekme işlemlerinde malzemenin performansının tahmin edilebilmesini sağlamaktadır.

Yüzey kalitesi, oksijen içeriği, tozlanma miktarı ve deformasyon kabiliyeti gibi parametrelerin belirlenmesi için uygulanan bir çok test metodu mevcuttur. Bunları tek yönlü burma testi, çift yönlü burma testi, yüzey oksit kalınlığının ölçümü gibi ana başlıklar altına toplamak mümkündür. Ancak bütün bu test metodları temsili olarak alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilmekte ve bu temsili numunenin bütün malzemenin özelliklerini yansıttığı kabul edilmektedir. Bu nedenle filmaşın kalitesinin, üretim esnasında sürekli olarak kontrol edilmesini sağlayan “Eddy Current”, “Demir İnküzyon Dedektörü” gibi tahribatsız kontrol yöntemleri mevcuttur (12).

Dr. Foerster Defektomat C Eddy Current test metodu yüzey çatlakları, tozlanma gibi yüzey kusurlarının tespitinde kullanılmaktadır. Filmaşın üretim hattının sonuna yerleştirilmiş bir bobinin merkezinden geçmekte olan filmaşın üzerine akım gönderilmektedir. Ürün yüzeyindeki değişimlere karşı hassas olan bu akım elektronik olarak ölçülerek kaydedilmekte, bu sayede yüzey kusurları sürekli olarak tespit edilebilmektedir (12,13).

Demir inklüzyon dedektörü ile tel kopmalarına neden olan demir inklüzyonlarının, tel çekme işlemine geçmeden belirlenmesi mümkün olmaktadır. Eddy Current cihazının üzerine yerleştirilen mıknatıs sayesinde oluşturulan manyetik akım, demir inklüzyonlarının tespitinde kullanılmaktadır. Voltaj değişim sinyalleri sürekli olarak kaydedilmektedir (12,13).

5. SARKUYSAN'DA GERÇEKLEŞTİRİLEN MODERNİZASYON VE GELİŞTİRME ÇALIŞMALARI

5.1. Outokumpu Tesisinde Gerçekleştirilen Modernizasyon Çalışmaları

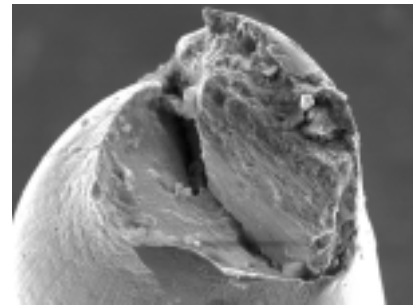
Sarkuysan Outokumpu dikey döküm tesisini 1974 yılında 20 mm'lik çubuk üretimi için devreye almış ve 1998 yılında gerçekleştirilen modernizasyon projesi ile doğrudan 8mm'lik çubuk üretimine geçmiştir. Ayrıca bazı hatlarda opsiyonel olarak 20 mm'lik çubuk üretim de yapılabilmektedir.

Dikey döküm teknolojisi, önceleri 20 mm çapındaki çubuklardan soğuk haddeleme ile 8 mm çapında, tel çekme işlemlerinin hammaddesi olan çubuk üretmekteydi. 20 mm çaplı çubukların soğuk olarak deformasyonu sırasında metalik inklüzyonlar çubuk bünyesine karışmakta ve bu inklüzyonlar ilerleyen tel çekme işlemlerinde tel kopmalarına sebebiyet vererek üretim ve zaman kaybına neden olmaktadır.

Bakır tel prosesinde sağlanan bir takım gelişmeler daha yüksek kalitede bakır çubuk üretimini gerekli kılmaktadır. Çubuk üretimini takiben tel çekme prosesinin gelişimine açıklık getirmek amacıyla tel kopmalarının nedenlerinin tespit edilmesini amaçlayan bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucu olarak Sarkuysan A.Ş. Ar-Ge departmanı, 1997 yılından beri tel kopmaları üzerine yoğunlaşmış ve halen başarılı bir şekilde bu çalışmayı devam ettirmektedir. Taramalı Elektron Mikroskobu ve EDS analiz cihazı kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların sonucunda Outokumpu tesisinde metalik inklüzyonların neden olduğu iki farklı kopma türü tespit edilmiştir. Bu tür kopmaya sebebiyet veren inklüzyonları Fe ve Fe-Cr%12 olarak sınıflandırmak mümkündür. Fe inklüzyonlarının, demir esaslı bir malzeme olan klavuz rollerinden (Şekil 5.1a), Fe-Cr%12 inklüzyonlarının ise (Şekil 5.1b) soğuk haddeleme rollerinden metal bünyesine karıştığı belirlenmiştir. Kaynağı belirlenen inklüzyonların giderilmesi için Sarkuysan A.Ş. Outokumpu tesisini modernize ederek doğrudan 8 mm'lik çubuk üretimini gerçekleştirmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.1. (a) Fe inklüzyonu, (b) Fe-Cr %12 inklüzyonu

5.2. Contirod Tesisinde Gerçekleştirilen Modernizasyon Çalışmaları

Contirod tesisinde, 2001 yılı içerisinde gerçekleştirilen modernizasyon çalışmalarını, filmaşın kalitesinin yükseltilmesi, üretim kapasitesinin artırılması ve proses otomasyonu olarak üç ana başlık altında toplamak mümkündür.

Filmaşın kalitesinin yükseltilmesi ve üretim kapasitesinin artırılması amacıyla bara kesitinin büyütülmesi hedeflenmiş ve bu amaç doğrultusunda döküm bölgesi, bara hazırlama hattı, sıcak haddeleme ünitesi gibi bir çok kademede tadilat ve modifikasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Döküm makinasında kalıbın büyütülmesi için damblokaların boyutları değiştirilmiş ve daha fazla metal akışını sağlayacak şekilde sıvı metal besleme sisteminde de modifikasyon yapılmıştır. Kalıp bölgesinde sürtünmeyi azaltmak amacıyla yağ püskürtme sisteminde tadilat yapılmıştır. Kesitte meydana gelen değişime paralel olarak döküm esnasında etkin soğutma sağlanabilmesi için döküm suyunun kapasitesi artırılmıştır. Baranın döküm makinasından çıkış sıcaklığının denetim altına alınması için döküm makinasının devamına ikincil soğutma ünitesi ilave edilmiştir.

Döküm makinasından çıkan ve kesiti büyütülmüş baranın sıcak haddeleme işlemi esnasında homojen olarak deforme edilebilmesi için mevcut 10 istasyonlu haddenin önüne iki yeni kaba haddeleme istasyonu koyulmuş, hadde motorları ve profil dizaynında bir takım değişiklikler gerçekleştirilmiştir. Buna ilave olarak sıcak haddeleme esnasında bara yüzeyinde oluşan oksitlerin sistemden uzaklaştırılmasını sağlayan ve haddelerin aşınmasını engeleyecek düzeyde efektif soğutmaya hedefleyen yeni emülsiyon devresi ve filtre sistemi mevcut devreye ilave edilmiştir. Ayrıca yüzey oksitlerinin uzaklaştırılmasını sağlamak ve tozlanma seviyesini azaltmak amacıyla yüksek basınçlı tufal atma sisteminin montajı gerçekleştirilmiştir.

Modernizasyon çerçevesinde artan hat hızına uygun olarak soğutma ve yüzey temizleme hattında alkol sirkülasyon hızının artırılmasına yönelik yeni alkol ve hava enjektörleri ilave edilmiştir.

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Sarkuysan'da gerçekleştirilen modernizasyon ve iyileştirme çalışmaları ile elde edilen sonuçları şu başlıklar altında toplamak mümkündür:

Outokumpu tesisinde gerçekleştirilen modernizasyon sonrası metalik inklüzyonların neden olduğu kopmaların sayısında ciddi oranda düşüş kaydedilmiştir. Bunun nedeni Fe-Cr%12 inklüzyonlarının modernizasyon sonrası ortadan kaldırılmasıdır.

Metalik inklüzyon türü kopmaların azaltılması sayesinde tel çekme işlemlerinde çekilebilirlik performansında önemli oranda iyileşme sağlanmıştır.

Doğrudan 8 mm çaplı çubuk üretimi sayesinde üretim maliyetinde belirgin bir düşüş kaydedilmiştir.

Contirod tesisine sahip dünyadaki diğer firmalarda daha önce denenmemiş ve Sarkuysan A.Ş. tarafından bu ölçüde ilk kez gerçekleştirilen modernizasyon çalışmaları ile Contirod tesisinin 7 ton/saat'lik üretim kapasitesini iki katına çıkartarak 14 ton/saat üretim kapasitesine ulaşılmıştır.

Filmaşın kalitesinde önemli oranda iyileşme kaydedilmiştir.

Proses otomasyonuna geçilmesi ile şarj anından filmaşın üretiminin son kademesine kadar geçen sürecin bilgisayar kontrollü olarak takibi gerçekleştirilmiştir. Sıcak deformasyonda kullanılan haddelerin tonaj kontrolünün bilgisayar ortamına taşınmasıyla birlikte, kullanım ömürlerinin belirlenmesi sağlanmış, bu sayede metalik inklüzyonların sayısı en aza indirilmiştir.

7. REFERANSLAR

1. Chia, E.Henry ve Adams, R.D., 1981.The Metallurgy of Southwire's Continuous Rod, Journal of Metals, Feburary, sayfa no, 68-74.
2. Chia, E.Henry, 1978. The SCR Continuous Copper System from Melt to Wire, SCR User Meeting.
3. Adams, R.D., Uday, S., 1190, May. Improving the Quality of Continuous Copper Rod, Jom, sayfa no, 31-34.
4. Bell, A. John ve Cofer, D.B., 1964. Continuous Casting and Rolling of Copper Rod, Journal of Metals, June, sayfa no, 58-64.
5. Rantanen, M., 1980. Upward Continuous Casting Technique In The Production of Nonferrous Wires, Wire Journal, March, sayfa no, 102-105.
6. Eklin, Lauri, 2000. Oxygen Free Copper Rod, Wire and Cable Technology International, September, sayfa no, 52-54.
7. Ashton, A.B., 1974. The Up-Cast Method of Forming Copper Rod, C.C.A. Technical Symposium.
8. Smets, J., Morties, R., 1983. The Influence of Oxygen During Hot Rolling and Drawing of Continuous Cast Rods, Proceeding of 53 rd Annual Conference, sayfa no, 226-281
9. Opie, W.R., Taubenlat and Cale, N.H., 1973, June. Effect of Oxygen on the Mechanical Properties of Copper, Wire journal International, sayfa no, 53-59.
10. Ivanich, L. And Kochowski, B., 1993. The effect of Oxygen on the Mechanical Properties of Copper, Tsvetnye Metally, sayfa no, 21-22.
11. Opie,W.R., Taubenlat, P.W. and Hsu, Y.T., 1970. A Fundamental Comparison of the Mechanical Behavior of Oxygen Free and Tough Pitch Coppers, Journal of the Institute of Metals, International Conference, sayfa no, 245-249.
12. Adams, R., 1990. Rod Surface Quality, SCR User Meeting.
13. Baldassari, G., 1978. C.C.I. Rod Classification Tests, SCR User Meeting, October.