

VAROL, A.; YILDIRIM, M., M.: Yüksek Krom-Nikel Alaşımli Çelikler İçin Yeni Bir Kullanım Alanı, Metalürji Dergisi, Sayı 51, Ağustos 1987, S: 12-14

YÜKSEK KROM-NİKEL ALAŞIMLI ÇELİKLER İÇİN YENİ BİR KULLANIM ALANI

Asaf VAROL
F.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi
Makina Eğitimi Böl.

M. Mustafa YILDIRIM
F.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi
Metalürji Eğitimi Böl.

ÖZET

Düşen sıcaklıkla metal ve alaşımların iç dirençlerinin azaldığı, mutlak sıfır değerine yaklaşıldığında da bunların bazılarında direncin sıfıra yaklaştığı ve buna bağlı olarak süper iletkenlik özelliklerinin ortaya çıktığı malzeme biliminde bilinen bir gerçektir.

Periyodik sistemin orta kısmında yer alan yirminin üzerinde elementi kapsayan bu özellikten yararlanmak ve bu yolla verimi yüksek jeneratörler üretmek fikri elektroteknikte güncel hale gelmiştir.

—269°C (4K) gibi çok düşük çalışma sıcaklıklarında işlem yapma zorunluluğu, bu sıcaklıklarda sürekliliklerini yitirmeyen malzemelerin geliştirilmesini de gerekli kılmıştır.

Bu yazıda süper iletkenliğin ortaya çıktığı kritik sıcaklıklar altında kalan sıcaklık değerlerinde kullanılacak alaşımlardan ve bunlarla ilgili son teknolojik gelişmeler üzerinde durulacaktır.

1. GİRİŞ

Elektroteknikte bir iletkenin iki ucu arasında ölçülen gerilimin, yine aynı uçlar arasındaki akım şiddetine olan oranına bilindiği gibi direnç adı verilir. Ohm yasası olarak adlandırılan bağıntıda elektrik direncinin değeri

(1)

eşitliği ile verilir. Bu eşitlikte $p = \rho / L$ elektrik direnci, L = iletken uzunluğu ve ρ = iletken kesiti anlamlarını taşımaktadır. Bağıntıda verilen özgül iletkenliğin birimidir. (Q mm²/m)

Özgül direncin tersine de iletkenlik denir. Dolayısı ile özgül direnç ne kadar az olursa, iletkenlik de buna bağlı olarak o ölçüde yüksek olur.

Bir iletkenin direnci daha çok kristal kafes sistemindeki hatalar nedeniyle serbest yolun değişimi ve kafes içi titreşimlere (fononlara) bağlı kalır. Özgül direnç (p); biri sıcaklıktan bağımsız ve diğeri de sıcaklığa bağımlı iki büyüklüğün toplamı olarak verilebilir(1).

$$P = P_0 + P(T)$$

(2)

Burada p_0 kristal hatalarından ileri gelen kalıntı direnci, $p(T)$ de sıcaklığa bağlı fonon direncini göstermektedir. Sıcaklık mutlak sifıra yaklaşırken ikinci terim de sifıra düşer.

$p(T)$, mutlak sıcaklıktan itibaren önce T^5 ile, daha sonra da T ile orantılı olarak artar. Doğrusal artış θ Debye sıcaklığını göstermek üzere $0,2 \theta < T < 2 \theta$ aralığı için geçerlilik arz eder. Yüksek sıcaklıklarda doğrusal ilişki geçerliliğini bir ölçüde yitirir.

p_0 sıcaklıktan bağımsızdır ve metalin kristal hataları konsantrasyonu için bir ölçüdür. Değeri helyumun kaynama noktası olan +4,2 K' da belirlenebilir, çünkü bu sıcaklıkta ikinci terimin değeri sifıra yaklaşır. Ancak kristal hatalarının az olması halinde $p(T)$ hatalara bağlı olmayacağından (Matthiessen Kuralı) p_0 'ın değeri oda sıcaklığında da belirlenebilmektedir.

İletkenin mutlak sifır (K) sıcaklığına yaklaşıldığında iletkenin elektriğe olan direncini tamamen kaybetmesi olayına süper iletkenlik adı verilir. Bir süper iletkene elektrik akımı verildiğinde, bu iletkenin akımı dirençsiz iletir.

Süper iletkenlik özelliği her metalde görülmez. Sadece periyodik sistemin ortalarında yer alan yirmi dört elementte süper iletkenlik özelliğine rastlanır. Örneğin niobyum 9,13 K, hafnium'da 0,3 K' da süper iletken olmaktadır. Bir alaşım veya kimyasal bileşiği oluşturan elementlerin hiçbiri süper iletken olmadığı halde, alaşım ve bileşim süper iletken olabilmektedir.

Örneğin bakır sülfürü (CuS) oluşturan bakır ve kükürt elementler süper iletken olmadığı halde bu bileşik süper iletkenlik özelliğine sahiptir. Süper iletken özellikli alaşım ve bileşiklerin sayısı yaklaşık 1000 dolaylarında bulunmaktadır(2,3).

Süper iletkenliğin başladığı sıcaklığa kritik sıcaklık adı verilir. Birçok metal ve alaşım için, kritik sıcaklık değeri mutlak sıfır dolaylarında bulunurken, Nb3 Alo, Ge2 üçlü alaşımı 20,9 K ile en yüksek kritik sıcaklık değerine sahiptir.

2. SÜPER İLETKENLERİN ELEKTROTEKNİKTE KULLANIMI

Her konuda olduğu gibi elektroteknikte de ekonomiklik çok önemlidir. İletkenlikte çevre sıcaklıkları için boy genellikle sabit kaldığından, iletken kesiti değiştirilerek kayıplar azaltılmaya çalışılır. Büyük kesitlerle çalışıldığında kayıplar azalırken, kuruluş masrafları artar. İnce kesitler ise enerji kaybından doğacak masrafları yükseltir.

İletkenlerde düşük sıcaklıklarda çalışarak, süper iletken element, bileşik veya alaşım kullanarak kayıpları asgari düzeye indirmek mümkündür. Bu görüş altında son yıllarda enerji üretim teknolojisinde yeni bir ufuk belirmiştir. Nitekim elektroteknik sanayinde süper iletkenli ikaz bobinine sahip jeneratörlerin geliştirilmesi ve işletilmesi yolunda önemli adımlar atılmıştır. Sıvı helyumla soğutulan süper iletken sargı ile jeneratör iç direnci hemen hemen tamamen ortadan kaldırılabilmektedir.

3. SÜPER İLETKEN SARGILI JENERATÖRLERDE MALZEME SEÇİMİ

Jeneratör sargı malzemesinin mümkün mertebe kritik sıcaklığı yüksek bir elementten seçilmesi gerektiği açıkça görülmektedir. Ancak türbünün diğer aksamının çok düşük sıcaklıklarda bile mukavemet özelliklerini yitirmeyen, ucuz çelik alaşımlarından üretilmesi gerekir. İlk akla gelen alaşımlar yüksek krom-nikel-molibdenli alaşımlardır, çünkü çalışma sıcaklıklarında alaşımın akma sınırı minimum $\tau_{0,2} = 350-400$

N/mm² değerinde olması ve bir yandan da iyi süneklik özellikleri göstermesi istenirken, diğer yandan da alaşımın manyetik alandan etkilenmemesi koşulu aranmaktadır. Bu üç özelliğe aynı anda sahip alaşım sayısı çok azdır, çünkü çeliğin mutlak sıfır değeri dolaylarında hem mukavemetli, hem sünek olması, gevrekleşmemesi istenirken, buyandan da sadece çelik alaşımları ile ulaşılabilen yüksek mukavemet değerlerinde alaşımın ferromanyetik olmaması koşulları aranmaktadır. Aranan mukavemet değerlerinin alışlagelmiş krom—nikelli çeliklerin sahip olduğu mukavemet değerlerinden son derece yüksek olması, malzeme seçim şansını iyice azaltmaktadır. Ayrıca oda sıcaklıklarından sık sık kritik sıcaklıklara inip çıkma zorunluluğu da malzeme seçimini güçleştirmektedir.

Yukarıda istenen özelliklere sahip sadece birkaç çelik türü

bilinmektedir. Bunlar X 2 **CrNiMoN** 18.13, X 3 CrNiMnMoNbN 19.16.5, X 3 CrNiMn MoNbN 23.17 ve X 5 NiCrTi 26.15 çelikleridir. Bu çeliklerde krom oranı % 18'in, nikel oranı % 16'nın üzerinde bulunurken; yapıya molibden, titanyum, niobyum ve azot elementleri de katılarak malzemeye belli bir mukavemet artışı ve yorulmaya dayanım kazandırılmaktadır(4).

4. SONUÇ

Süper iletkenli jeneratörlerde kullanılacak çelik malzemelerin dövme yolu ile imalatlarında, dövülen malzemenin homojenliği çok önemlidir. Nitekim bu amaçla dar bir sıcaklık aralığında kademeli olarak beş ayrı işlem uygulanmaktadır. Ostenitik çeliklerde homojen bir yapı oluşumunda parçanın soğuma şekli ve şekil değiştirme derecesi son derece önemlidir.

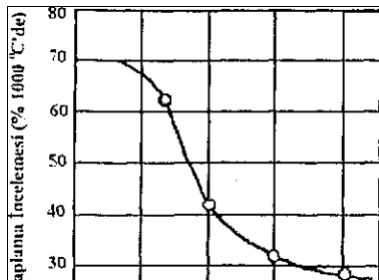
X 3 CrNiMnMoNbN 19.16.5 çeliğinin sıcak biçimlendirilmesi için aşağıdaki sıra takip edilir. 5 mm çaplı ve 60 mm uzunluğunda numuneler hazırlanır. Argon koruyucu gazı altında çalışma sıcaklıklarında onar dakika tutulup istenen sıcaklığa soğutulur ve dakikada sabit % 6'lık bir uzama hızı altında gerilerek sünme deneyi uygulanırsa elde edilecek kopma uzaması değerleri malzemenin sıcak şekil değiştirme yeteneği hakkında fikir verir. Bu işlemde aranan husus, kopma uzaması ile şekil değiştirme sıcaklığı arasındaki ilişkidir. % 30'un altında kalan kopma uzaması değerlerinde sıcak şekil değiştirme yeteneğinin olmadığı farz edilir. % 30-50 arasındaki değerlerde şekil değiştirebilirlik sınırlı olurken, % 50'nin üzerinde de kolaylıkla sıcak şekil verme işlemi uygulanabilmektedir.

Bu çelik için uygun sıcak şekil değiştirme derecesini belirlemek amacıyla yapılan deneylerde parçalar 1200 - 1300°C'ler den soğutulduktan sonra 1000°C'de sünme deneyine tabi tutulmuşlar ve sonuçta uygun fırın çalışma sıcaklığı 1170°C olarak belirlenmiştir (**Şekil 1**)-

Aynı şekilde 1050°C'nin altında çeliğin şekil değiştirme yeteneği dikkate değer ölçüde azalmaktadır. Çelik için en düşük dövme sıcaklığı 850°C olarak belirlenmiştir (**Şekil 2**).

Ostenitik krom-nikelli, molibden, titanyum, niobyum alaşımli çeliklerin bu üstün özellikleri nedeniyle ileride çok amaçlı ortamlarda kullanılma şansı daha da artacaktır.

Süper iletkenli jeneratörlerin üretimi ve çalışması henüz yenidir. Teknolojinin gelişmesiyle malzeme tekniğinde de yeni ve önemli atılımlar yapılmasını gerektireceği bir gerçektir.-



Şekil 1: X 3 CrNiMnMoNbN 19.16.5 çeliğinin sıcak biçimlendirilmesinde fırın sıcaklığına bağlı olarak kopma incelmelerinin deSisimi/4/.

Şekil 2: X 3 CrNiMnMoNbN 19.16.5 çeliğinin sıcak biçimlendirilmesinde fırın sıcaklığına bağlı olarak kopma incelmelerinin deSisimi/4/.

KAYNAKÇA

1Wassermann G., Praktikum der Metalkunde und Werkstoffprüfung,
Springer Verlag, Berlin/Hedielberg/New York (1965), 1.Aufl. s. 112-

VAROL, A.; YILDIRIM, M., M.: Yüksek Krom-Nikel Alaşımli Çelikler İçin Yeni Bir Kullanım Alanı, Metalürji Dergisi, Sayı 51, Ağustos 1987, S: 12-14

114

2Klaus S., Electronics, magnetic and thermal properties of metals, Mercei Decber inc., New York (1978), 403-412 475-490p

3 Okur İ., Yıldırım M. M., Malzemelerde İletkenlik ve Süper İletkenliğin Araştırılması, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Seminer Çalışması, 1987, s.39-42

4 Potthast E., Turbinen-und Generatorwellen aus CrNiMo-Sonderstaehlen, Stahl u. Elsen 105(1985)5, s.42-48