

ALÜMİNYUM İŞLEM ALAŞIMLARININ T6 ISIL İŞLEMİNDE YAŞLANDIRMA SICAKLIK VE SÜRELERİNİN İNCELENMESİ

A. Asım ESER^{1, a}, Emre GÖKÇİL^{1, b}, Seracettin AKDI^{1, c}, Yücel BİROL^{2, d}

¹ AYD Ar-Ge Merkezi, Konya, Türkiye

² D.E.Ü., Metalürji ve Malzeme Müh. Bölümü, İzmir, Türkiye

^aeser.ahmetasim@aydtr.com, ^bgokcil.emre@aydtr.com, ^cakdi.seracettin@aydtr.com,

^dyucel.biol@deu.edu.tr

ÖZET

Alüminyum alaşımları uzay, havacılık, savunma sanayi, otomotiv ve dayanıklı tüketim malları gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özgül mukavemet, korozyon direnci, şekillenme kabiliyeti ve geri dönüşüm başta olmak üzere cazip özelliklere sahip olmaları son yıllarda alüminyum işlem alaşımlarının tercih edilmesini sağlamıştır. Alüminyum işlem alaşımlarının mühendislik malzemesi olarak kullanılabilmesi için, ısıl işlem sürecinin başarılı bir şekilde tamamlanması gerekmektedir.

Farklı kimyasal kompozisyonlara sahip alüminyum işlem alaşımlarının ısıl işlem parametreleri de farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, alüminyum işlem alaşımlarına uygulanan T6 ısıl işlemde, çözeltiye alma sıcaklığı ve süresi sabit tutularak, yapay yaşlandırma sıcaklığı ve sürelerinin metalografik ve mekanik özelliklere etkisi ele alınmıştır. 6005, 6061 ve 6082 alaşımları olmak üzere seçilen 3 (üç) farklı alüminyum işlem alaşımı T6 ısıl işlemine tabi tutularak, her bir alaşım için ayrı ayrı yaşlandırma sıcaklık ve süre eğrileri çıkarılmıştır. Yürütülen deneysel çalışmalarda, 3 (üç) farklı yaşlandırma sıcaklığı ve 10 (on) farklı yaşlandırma süresinde denemeler gerçekleştirilmiştir. Yaşlandırma sıcaklığı ve süresinin mekanik özelliklere etkisinin incelenmesinde sertlik ölçümü esas alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Alüminyum alaşımları, ısıl işlem, T6, sertlik, yaşlandırma.

INVESTIGATION OF AGING PARAMETERS IN T6 HEAT TREATMENT OF ALUMINUM ALLOYS

ABSTRACT

Aluminum alloys are widely used in many fields such as aerospace, aviation, automotive and durable goods. In recent years, aluminum alloys are preferred because of their specific strength, corrosion resistance, extraction capability and recycle characteristics. For optimum use of the aluminum alloys as an engineering material, the heat treatment process is required to be executed successfully.

Heat treatment process parameters of aluminum alloys depend on their chemical composition. In this study, the effect of the temperature and time of the artificial aging temperature on the mechanical properties and microstructure were investigated. T6 heat treatments with fixed solutionizing but variable aging parameters were employed for 6005, 6061 and 6082 alloys. In the experimental studies, 3 different aging temperature and 10 different aging time were performed. The hardness measurement is taken as a basis to analyze the effect of aging temperature and time on mechanical properties.

Keywords: Aging, aluminum alloys, hardness, heat treatment, T6.

1. GİRİŞ

Alüminyum alaşımları günümüzde, çelik ve alaşımlarından sonra en çok kullanılan metallere birisidir. Demir-çelik, bakır ve pirinç malzemelere göre üç kez daha hafif olmasına rağmen amaca hizmet edecek düzeyde yüksek dayanıma sahip olması, alüminyumun ulaştırma sektöründe kullanım miktarını hızla yükseltmektedir. Avrupa’da tüketilen alüminyumun yaklaşık üçte biri ulaşım sektörü tarafından kullanılmaktadır. Otomobillerde, uçaklarda, tren ulaşım sisteminde yük taşıma ve yolcu kompartımanlarının yapımında, gemi sanayinde gittikçe artan oranlarda alüminyum kullanılmaktadır. Otomotiv endüstrisinde güvenlikten ödün vermeden, konfordan vazgeçmeden, büyük ve az yakıt tüketen otomobiller için hafif, fakat mukavemeti yüksek malzemelerin geliştirilmesi için daha fazla alüminyum kullanımı daima gündemde olmuştur. Çünkü hâlihazırda alüminyum bu amaçlara yönelik rakipsiz bir malzeme durumundadır [1].

Alüminyum alaşımları döküm ve işlem alaşımları olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. İşlem alaşımları plastik deformasyonla şekillendirilen grubu içermektedir [2]. İşlem alaşımları kendi içinde ısıtılma işlemi uygulanabilen ve ısıtılma işlemi uygulanmayıp deformasyonla mukavemetlenen olmak üzere iki gruba ayrılır [3]. İşlenmiş alüminyum alaşım grupları arasında ısıtılma işlemi tabii tutulan alaşımlar: 2xxx, 6xxx, 7xxx alaşımlarıdır. 1xxx, 3xxx, 5xxx alaşımları ise ısıtılma işlemi tabii tutulamayan alaşımlardır [4]. Alüminyum alaşımlarına çökeltme sertleşmesi ısıtılma işlemi uygulanır. Çökeltme sertleşmesi için kimyasal bileşimi uygun bir alaşım tek fazlı bir yapı elde etmek amacıyla (α) T₁ sıcaklığına kadar ısıtılır ve alaşımdaki bütün fazların tek faz içerisinde çözünmesine kadar bekletilir. Daha sonra ani su verilerek yaşlandırılır [5]. Çökeltme sertleşmesinde çökelti fazları oluşturan atomların çözünmesi ve bir araya gelerek çökmesi süreçlerinde difüzyon mekanizması çalışmaktadır. Bu nedenle difüzyon parametrelerinden olan sıcaklık ve süre, alüminyum alaşımlarındaki çökeltme sertleşmesinde önemli faktörlerdendir [6].

Bu çalışmada kullanılan AA 6005, AA 6061 ve AA 6082 alaşımlarının çökeltme sertleşmesi mekanizması incelenmiştir. AA 6005 ve AA 6082 alaşımları ile yapılan çalışmada dövme ve ekstrüzyon ürünleri döküme göre daha iyi bir sertlik almaktadır. AA 6005 alaşımının çözeltiye alma sıcaklığı ile yaşlanma kinetiği bağlantılı değildir. AA 6005 ve AA 6082 alaşımının 515°C - 565°C arasında çözeltiye alınarak 120 saat doğal yaşlanmaya bırakılmıştır. Bu çalışma sonucunda; AA 6005 alaşımının sıcaklıkla doğal yaşlanma sıcaklığı ile aldığı sertlik değişmezken AA 6082 alaşımı çözeltiye alma sıcaklığı arttıkça doğal yaşlanma sertliği artmaktadır. 570°C’de çözeltiye alınıp doğal yaşlanmaya bırakıldığında 90 HB sertliğe ulaşmıştır[7].

Bu çalışmada, alüminyum işlem alaşımlarına uygulanan T6 ısıtılma işleminde, çözeltiye alma sıcaklığı ve süresi sabit tutularak, yapay yaşlandırma sıcaklığı ve sürelerinin metalografik ve mekanik özelliklere etkisi ele alınmıştır.

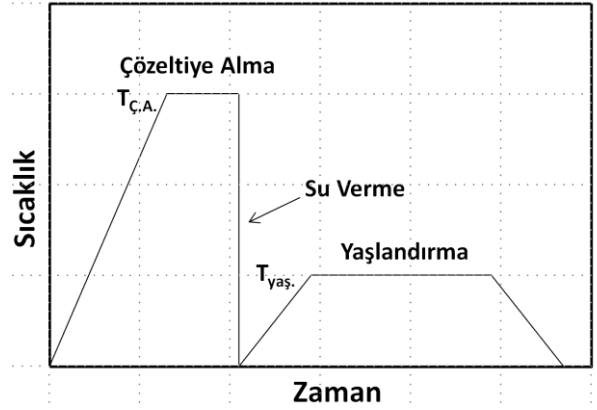
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

EN AW 6082, EN AW 6061 ve EN AW 6005 alaşımlar Tablo 1’de gösterilen kimyasal içeriklerde sürekli döküm yöntemi (wagstaff) ile biyetler dökülerek alaşım özelliklerine göre farklı sıcaklık ve sürelerde homojenize edildikten sonra ekstrüzyon preslerinde 420-500°C’a kadar ısıtılan biyetlerden profiller çekilmektedir. Bu çalışmada ekstrüzyonla şekillendirilmiş profillerle çalışılmıştır.

Tablo 1. Alaşımlara ait profillerin kimyasal bileşimleri

	Si	Fe	Mn	Mg	Cu	Ti	Cr
6082	1.00	0.20	0.55	0.80	0.04	0.02	0.18
6061	0.68	0.27	0.1	0.78	0.22	0.01	0.11
6005	0.77	0.24	0.12	0.49	0.02	0.01	0.02

Ekstürüde edilmiş profillerden 10 mm kalınlığında kesilen numuneler 540°C’de çözeltiye alınarak su verilmiştir. Ardından 3 farklı sıcaklıkta ve farklı sürelerde yaşlandırılarak T6 ısıl işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 1’de T6 ısıl işleminin ısıl haritası yer almaktadır.



Şekil 1. T6 prosesi

EN AW 6082, EN AW 6061 ve EN AW 6005 alaşımların her birinden 3’er tane olmak üzere 10 farklı süre için numuneler kesilmiştir. Her bir alaşım için toplam 30 numune olmak üzere, 3 alaşım için 90 numune hazırlanmıştır. Hazırlanan bu numuneler 540°C’de çözeltiye alınarak su verilmiştir. Su verme işlemi 10 farklı sepet ile fırının hemen önündeki su tankında gerçekleşmiştir. Şekil 2’de ısıl işlemin yapıldığı NABERTHERM laboratuvar tipi ısıl işlem fırını ve su tankı ile yaşlandırma fırını yer almaktadır.



Şekil 2. Çözeltiye alma fırını ve su tankı (solda) ile yaşlandırma fırını (sağda)

Sudan alınan numuneler hiç bekletilmeden 2. bir laboratuvar tipi fırında 170°C’de suni yaşlandırmaya alınmıştır. Her 10 dakikada bir numune alınarak yaşlanmasının devam

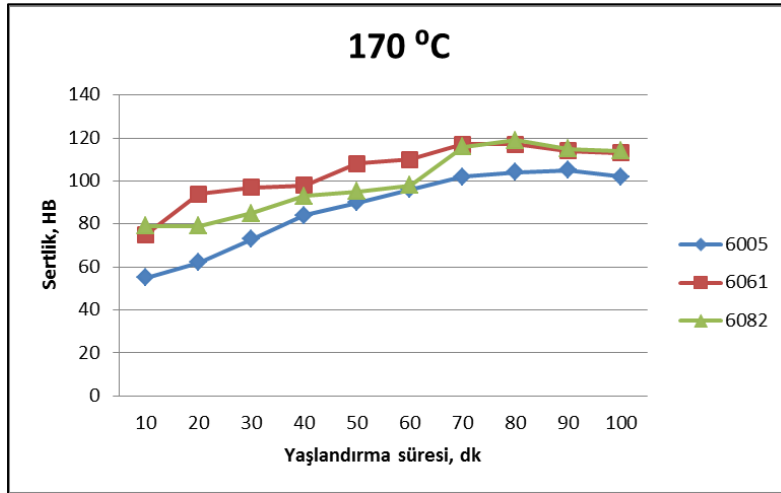
etmesini önlemek için su verilmiş ve sertlik değerleri incelenmiştir. Bu çalışmada 170°C, 200°C ve 250°C’de yaşlandırma işlemi yapıldığı için aynı süreç 200°C ve 250°C için de izlenmiştir. Toplamda 270 adet numunenin sertliği ölçülmüştür.

Sertlik ölçümü, Brinell Sertlik Testi cihazında 250 kgf yük altında 5 mm çapında çelik bilye kullanılarak 10 s. test süresinde ölçülmüştür ve mm/dk. hızında gerçekleştirilmiştir. 170°C, 200°C ve 250°C sıcaklıklarında suni yaşlandırılan numunelerden her 10 dakikada alınan numunelerin sertlik ortalamaları alınarak MS Excel programında farklı sıcaklıklar ve 3 alaşım için sertlik-zaman (HB) grafikleri oluşturulmuştur.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

540°C’de çözeltiye alınan, ardından 3 farklı sıcaklıkta (170°C, 200°C ve 250°C) yaşlandırılan EN AW 6082, EN AW 6061 ve EN AW 6005 alaşımlarının sertlik-zaman (HB) grafikleri hazırlanmıştır.

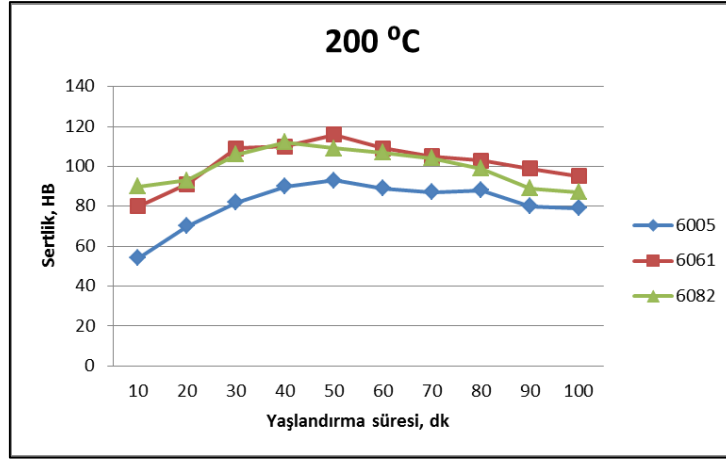
Bu çalışmanın amacı farklı alaşımların aynı yaşlanma sıcaklığında gösterdikleri tepkinin araştırılmasıdır. Şekil 3’te 170°C ve 10-100 dakika arasında yaşlandırma fırınından alınan EN AW 6082, EN AW 6061 ve EN AW 6005 alaşımlarının sertlik-zaman (HB) grafikleri yer almaktadır.



Şekil 3. 170°C da EN AW 6082, EN AW 6061 ve EN AW 6005 alaşımlarının sertlik-zaman (HB) grafiği

Bu grafikte görüldüğü gibi en yüksek sertliğe ilk ulaşan alaşım EN AW 6061 olmuştur. En yüksek sertliğe EN AW 6061 70. Dakikada ulaşırken, EN AW 6082 ve EN AW 6005 alaşımları 80. dakikada ulaşmışlardır. 170°C’de aşırı yaşlanma net olarak görülememektedir. İstenilen sertlik değerine 3 alaşım da 40. dakikada ulaşmaktadır.

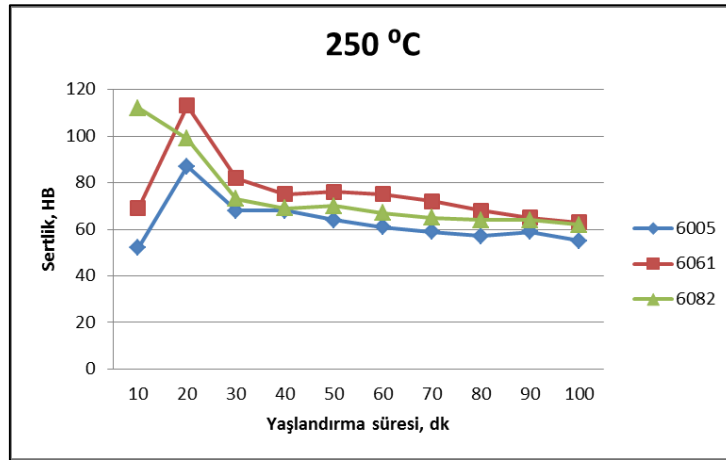
Şekil 4’te 200°C ve 10-100 dakika arasında yaşlandırma fırınından alınan EN AW 6082, EN AW 6061 ve EN AW 6005 alaşımlarının sertlik-zaman (HB) grafikleri yer almaktadır.



Şekil 4. 200°C’de EN AW 6082, EN AW 6061 ve EN AW 6005 sertlik-zaman (HB) grafiği

EN AW 6082 alaşımı en yüksek sertliğe 40. dakikada, EN AW 6061 ve EN AW 6005 50. dakikada ulaştıkları görülmektedir. EN AW 6061 alaşımı Cu içermesinden dolayı 3 alaşım içerisinde en yüksek sertliğe ulaşmakta ancak, EN AW 6082’den daha geç bir zamanda bu sertliğe erişmektedir. 3 alaşımında aşırı yaşlanma eğilimi göstermektedir.

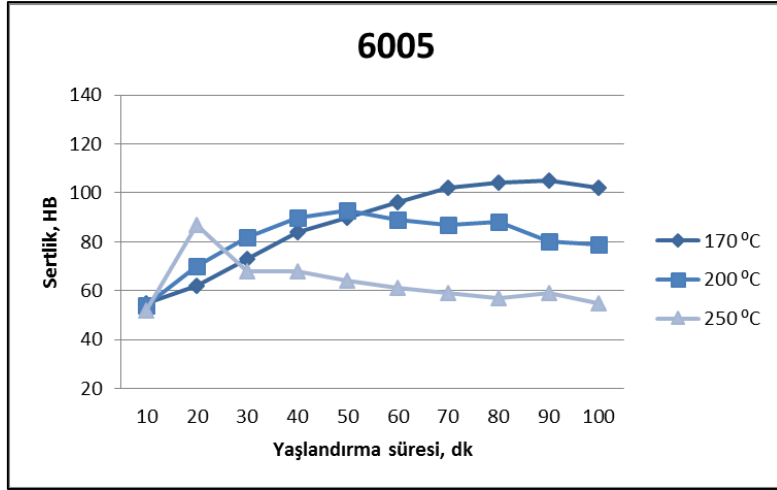
Şekil 5’te 250°C ve 10 -100 dakika arasında yaşlandırma fırınından alınan EN AW 6082, EN AW 6061 ve EN AW 6005 alaşımlarının sertlik-zaman (HB) grafikleri yer almaktadır.



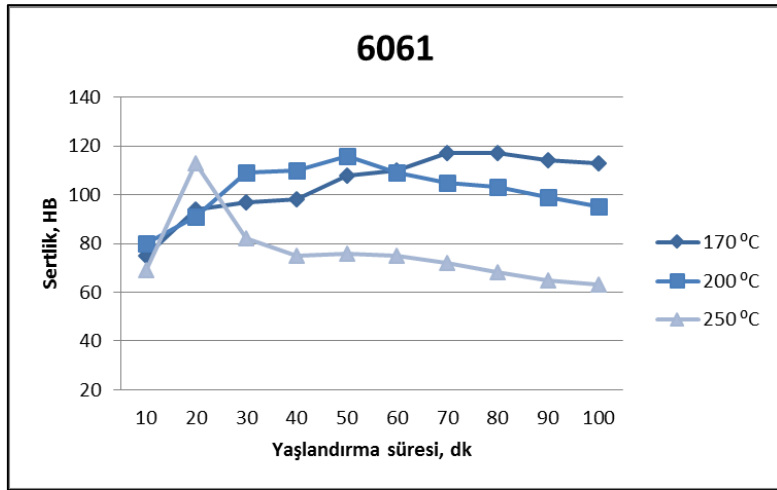
Şekil 5. 250°C da EN AW 6082, EN AW 6061 ve EN AW 6005 alaşımlarının sertlik-zaman (HB) grafiği

En yüksek sertlik değerine EN AW 6082 10. dakikada ulaşırken EN AW 6061 ve EN AW 6005 20. Dakikada ulaşmıştır. Çökeltme sertleşmesinin difüzyon mekanizması ile çalıştığı bilinmektedir. Kimyasal içerikte yer alan Cu difüzyonu yavaşlatmaktadır. Bu nedenle EN AW 6061 alaşımı en yüksek sertliğe daha geç ulaşmakta ve çökelen Cu fazları nedeniyle de daha yüksek sertliğe sahip olmaktadır.

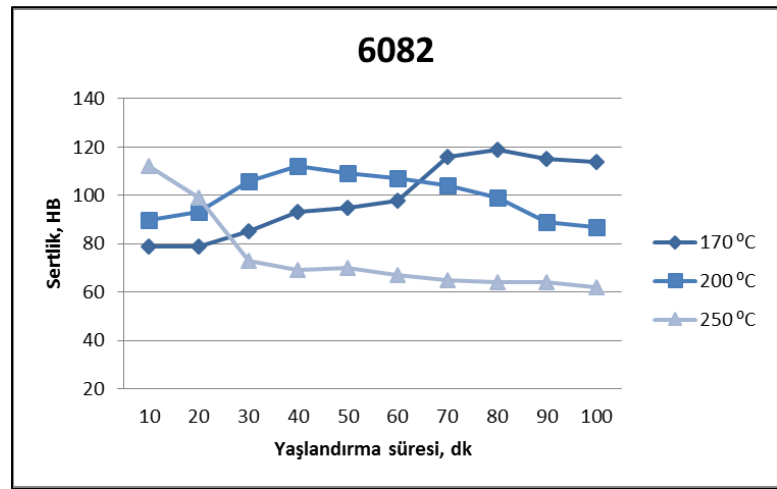
Şekil 6, 7 ve 8’de aynı çalışmanın alaşımlara göre grafikleri yer almaktadır.



Şekil 6. EN AW 6005 alaşımının 170°C, 200°C ve 250°C sıcaklıklarındaki sertlik-zaman (HB) grafiği



Şekil 7. EN AW 6061 alaşımının 170°C, 200°C ve 250°C sıcaklıklarındaki sertlik-zaman (HB) grafiği



Şekil 8. EN AW 6082 alaşımının 170°C, 200°C ve 250°C sıcaklıklarındaki sertlik-zaman (HB) grafiği

3 alaşımda en yüksek sertlik değerine 170 °C’de ulaşmaktadır. Bu durum da yaşlandırma sıcaklığının düşmesiyle ulaşılabilen en yüksek sertliğin artığını kanıtlamaktadır. EN AW 6061, alaşımlar içerisinde en yüksek sertliğe ulaşırken, EN AW 6005 alaşımı bu sıralamada her zaman 3. sırada kalmıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada 3 farklı 6XXX alaşımının suni yaşlandırma sıcaklık ve sürelerine göre gösterdikleri tepkiler araştırılmıştır. ıkan sonuçları şöyle özetleyebiliriz;

- En yüksek sertliğe kimyasal içeriğinde Cu içeren EN AW 6061 alaşımı çıkmıştır. Bu sonucun çıkmasında Al-Cu keltilerinin Mg₂Si çökeltilerine ilave olarak sertlik artırdığı görülmüştür.
- 6005 alaşımı ile ulaşılabilen en yüksek sertlik değeri yaşlandırma tav parametrelerinden bağımsız olarak 6061 ve 6082 alaşımlarından 10 HB’den daha düşüktür.
- Suni yaşlandırma tav sıcaklığı düştükçe ulaşılabilen en yüksek sertlik değeri artmaktadır. Daha kısa sürelerde yaşlandırma tavi yapıldığında sertlikten bir miktar fedakarlık edilmesi gerekmektedir.
- 3 alaşım da en yüksek sertlik değerine 170°C’de ulaşmıştır. Suni yaşlandırma sıcaklığı artıkça ulaşılan en yüksek sertlik değeri düşmekte, buna karşın en yüksek sertliğe ulaşma süresi kısalmaktadır.

5. TEŐEKKÜR

Makale yazım ve grafik tasarımıdaki katkılarından dolayı AYD firmasından Sn. Gamze KKYAğLİOğLU’ na teŐekkürü bir borç biliriz.

6. KAYNAKLAR

1. Alüminyum Raporu, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası, Alüminyum Komisyonu, 24. Dönem alışma Raporu
2. ASM SPECIALTY HANDBOOK Aluminum And Aluminum Alloys Sf 18
3. Ersmer Y. A., Alüminyum Alaşımlarının Isıl Ve Mekanik İşlemleri, İT Kütüphanesi, Sayı 43
4. Demir E., Alüminyum Alaşımlarda Isıl İşlem Etkilerinin İncelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
5. Geçkinli L.F. 2002, Alüminyum Ve Alaşımlarının Isıl İşlemi, 2. Isıl İşlem Sempozyumu, İstanbül Türkiye Őubat 07-08
6. Alüminyum Alaşımlarının Isıl İşlemlerinin Esası, Kocaeli Üniversitesi
7. G, M, Nowotnik, J. Sieniawski. Influence Of Heat Treatment On The Microstructure And Mechanical Properties Of 6005 And 6082 Aluminium Alloys. Department of Materials Science, Faculty of Mechanical Engineering and Aeronautics, Rzeszow University of Technology, Poland, Journal of Materials Processing Technology 162–163 (2005) 367–372