

T6 Yaşlandırma Isıl İşlemi Uygulanan Ekstrude AA 7075 Alüminyum Alaşımlarının Mekanik Davranışları

Mehmet Demir, Okan Tekin and *Adem Demir

Faculty of Technology, Department of Metallurgical and Materials Engineering Sakarya University of Applied Science, Turkey

Özet

AA 7075 dövme alaşımları T6 yaşlandırma ısıl işlemi ile yüksek mukavemetli üretilebildikleri için, havacılık sektöründe çokça tercih edilen alüminyum alaşımlarıdır. Dövme alaşımlar ayrıca döküm alaşımlarına göre daha boşluksuz ve de sünek özelliklere sahip olduğundan havacılık sektöründe güvenle kullanılırlar. Bu çalışmada havacılık sektöründe tercih edilen, ekstrüzyonla şekillendirilmiş 7075 alaşımlarına yaşlandırma ısıl işlemi uygulanmış ve alaşımın mekanik özelliklerinde ciddi bir artış sağlanmıştır. Bunu sağlamak için, extrude AA 7075 alaşımlarına ve 125°C ve 138°C olmak üzere iki farklı yaşlandırma ısıl işlem sıcaklığında T6 yaşlandırma ısıl işlemi uygulanmıştır. Öncelikle numunelerin hepsi 470°C de 5 saat süreyle çözeltiye alınmış, oda sıcaklığındaki suda hızla soğutulmuş ve aşırı doymuş çözelti elde edilmiştir. Numunelerin bir kısmı oda sıcaklığında doğal yaşlandırılmış bir kısmı 125°C ve bir kısmı da 138°C'de farklı sürelerde yapay yaşlandırılmıştır ve her iki işlem sonucu 220 HV sertliğe ulaşılmıştır. En yüksek mukavemet 604 MPa 125°C de 50 saatlik ve 603 MPa 138°C ve 10 saatlik yaşlandırmada elde edilmiştir. Yaşlandırma ısıl işlemi sonucu, akma mukavemetindeki artışın çekme mukavemeti artışından çok daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kilitimler: AA 7075 alüminyum alaşımları, çökelme sertleşmesi

Abstract

Mechanical Behavior of T6 Age-Hardened AA 7075 Extruded Aluminum Alloys

AA 7075 wrought alloys are highly preferred aluminium alloys in the aviation industry, as they can be produced with high strength by T6 aging heat treatment. In addition, forged alloys are used safely in the aviation industry because they have more void-free and ductile properties than casting alloys. In this study, aging heat treatment was applied to 7075 alloys, which are preferred in the aviation industry and formed by extrusion, and a significant increase was achieved in the mechanical properties of the alloy. To achieve this, T6 aging heat treatment was applied to the extrude AA 7075 alloys at two different aging heat treatment temperatures, 125 ° C and 138 ° C. Initially, all samples were taken into solution at 470 ° C for 5 hours, quickly cooled in water at room temperature and supersaturated solution was obtained. Some of the samples were naturally aged at room temperature, some were artificially aged at 125 ° C and some at 138 ° C, and 220 HV hardness was reached as a result of each processes. The highest strength was obtained at 604 MPa 125 ° C for 50 hours and 603 MPa at 138 ° C and 10 hours of aging. As a result of aging heat treatment, it has been observed that the increase in yield strength is much more than the increase in tensile strength.

Key words: AA 7075, aluminium alloys, precipitation hardening

1. Introduction

Alüminyum ve alaşımları hafifliği, korozyon dayanımı ve ısıtma işlemler sonrası yüksek mekanik dayanıma ulaşması nedeniyle paketleme, otomotiv, inşaat, havacılık ve uzay endüstrilerinde yaygın olarak kullanılan malzemelerden biridir. 7075 (Al-Zn-Mg-Cu) alüminyum alaşımı haddelenmiş veya ekstrude yarı-mamül olarak sahip olduğu düşük yoğunluk, yüksek mukavemet, süneklik, tokluk ve yorulma dayanımı gibi üstün özellikleri nedeniyle savunma, otomotiv ve havacılık sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Döküm ve dövme alüminyum alaşımlarında, mekanik özellikleri de ısıtma işlemi yoluyla daha üst seviyelere çıkarılabilmektedir. Alüminyum alaşımlarına uygulanan ısıtma işlemler, genelde malzemenin dayanım ve sertliğini artırmak için uygulanan çökelme sertleştirme işlemlerini kapsamaktadır.

Son yıllarda, sürdürülebilirlik için artan talep, hafif metallere dayalı gelişmiş yapısal malzemelerin geliştirilmesinde oldukça ilgi uyandırmıştır. Al, Mg, vb. ticari olarak temin edilebilen Al alaşımları, ulaşım ve havacılık da dahil olmak üzere birçok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Al alaşımları arasında, esas olarak Al-Zn-Mg-Cu'dan oluşan yaşlandırma yoluyla sertleştirilebilir 7075 alaşımı, mükemmel mekanik özellikler sergileyen ve bu nedenle birçok uygulamaya sahip önemli bir üyesidir [1],[2]. T6 işleminin (yapay yaşlandırma) 7075 alaşımını güçlendirmede etkili olduğu kanıtlanmıştır, bu sırada Al matrisi içinde çeşitli nano ölçekli ince çökeltiler oluşur ve dislokasyon hareketlerine engel olarak işlev görür [3]. Son 50 yılda, önemli sayıda çalışma, T6 ısıtma işlemi sırasında 7075'in mikroyapısal dönüşümüne odaklanmış ve çökelti fazlarının yapıları iyi anlaşılmasına çalışılmıştır. [[4], [5], [6]].

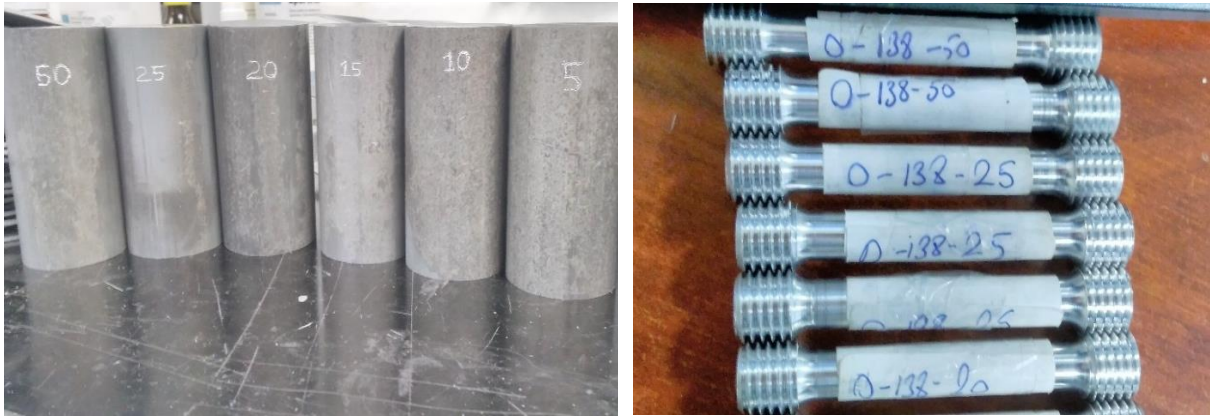
Gerçek uygulamalarda, 7075 alaşımları servis sırasında veya özellikle hava aracı bileşenleri olarak kullanıldığında olduğu gibi bakım sırasında kaçınılmaz olarak aşırı ısınma yaşayabilir [7]. Yüksek sıcaklığa maruz kalma, bunlarla sınırlı olmamak üzere, aşağıdakileri içeren faktörlere bağlanabilir: süpersonik ve uçuş hızı sırasında aerodinamik ısıtma; motor bileşenlerinin yakınında oluşan yüksek sıcaklıklar; güneşte bir pistte boşta duran uçak ve sıcak gaz sızıntısı. Isıya maruz kalma, Al alaşımlarının özel mikro yapısına ciddi zararlar verebilir ve mekanik özelliklerin bozulmasına yol açabilir [7], [8], [9], [10].

Bu çalışmada 7075 alaşımların yaşlandırma ısıtma işlemi yoluyla en uygun çökelme sertleşmesi şartları belirlenmiş ve çekme ve sertlik gibi mekanik testlere tabi tutulmuştur. Bu sayede havacılık sektöründe güvenle kullanılabileceği akma sınırı araştırılmıştır.

2. Deneysel Çalışmalar

Şekil 1 a) da görülen 7075 ekstrude Al parçalar ASAŞ alüminyum fabrikasından 50 mm çapında ve 200 mm boyunda temin edilmiş ve farklı sürelerde T6 yaşlandırma ısıtma işleminden geçirilmiş, gerekli mikro yapı ve mekanik özellikleri bu numuneler üzerinde incelenmiştir. Mikro yapı incelemeleri için ısıtma işlemi görmüş numuneler makro olarak dağlanmış ve stereo mikroskopta görüntülenmiş ayrıca elektrolitik dağlama yapılarak mikroskopta mikro yapıları incelenmiştir.

ASAŞ firmasından temin edilen ekstrude ısıl işlem görmemiş 7075 Al parçalara mukavemet artışı için T6 yaşlandırma ısıl işlemi uygulanmıştır. Bunun için Al parçalar 470°C de 5 saat süreyle çözeltiye alınarak tane sınırında biriken segregasyon elementleri ve MgZn₂ intermetalik parçalanarak tane içine alınmaya çalışılmıştır. Çözeltiye alınan alaşım oda sıcaklığında suda hızla soğutulmuş ve aşırı doymuş çözelti elde edilmiştir. Soğutulan numuneler 125°C ve 138°C de yapay yaşlanma için 5,10,15,20,25 ve 50 saat süre tutulmuş ve yavaş soğutulmuştur. Ham ve ısıl işlem görmüş numuneler tornada DIN 50125 standardına göre işlenerek Şekil 1 b) de görüldüğü gibi çekme testi numuneleri elde edilmiştir. Arta kalan parçalar 25 mm çapında ve 20 mm yüksekliğinde tornalanmış, sertlik ve mikro yapı numuneleri elde edilmiştir. Sertlik ölçümleri Vickers Hardness test cihazında ölçülmüş, parlatılan numuneler elektrolitik dağlanmış ve mikro yapı görüntüleri farklı büyütmelerde alınmıştır.



(a) (b)
Şekil 1 a) Ekstrude AA 7075 alaşımı b) DIN 50125'e göre işlenmiş çekme numuneleri

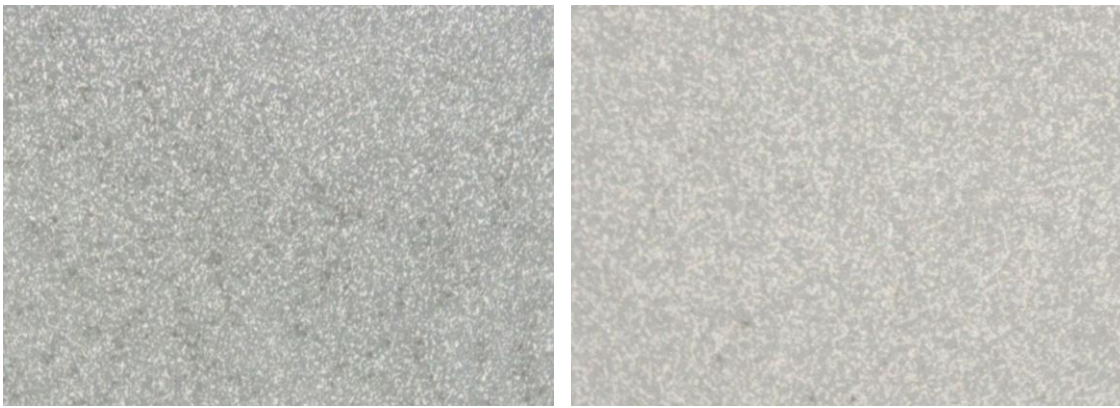
3. Sonuçlar ve İrdelenmesi

AA 7075 dövme alüminyum alaşımının ana katkı maddesi olan çinko % 5.6 civarında kullanılır ve alaşımlara çok yüksek çekme mukavemeti verir. Bu standartta, ana alaşım elementi olan çinko az miktarda magnezyumla kullanıldığında ısıl işlem tatbik edilebilen çok yüksek mukavemetli alaşımlar meydana gelmektedir. Çinkonun % 8 den yüksek olması halinde, Al alaşımının dökülebilirliğini düşürmekte ve sıcak çatlamaya sebep olmaktadır. % 5.6 Zn içeren 7075 % 1.6 Cu ve % 2.5 Mg ilavesi dayanımı çok yüksek bir alaşım yapmaktadır [11].

Ana alaşım elementi çinko olmasına karşın, içinde mekanik özelliklerini etkileyen magnezyum ve bakır gibi ikincil alaşım elementi bulunmaktadır. Diğer alaşım elementleri eser miktarda miktardadır ve alaşımın mekanik ve fiziksel özelliklerine veya ısıl işlem davranışlarına fazlaca bir etkisi bulunmamaktadır. Ekstrüzyon öncesi bilet dökümü sırasında Zn, Mg ve Cu segregasyon olmakta tane sınırları alaşım elementlerince zenginleşmektedir. Tane içi ve tane sınırı arasında oluşan bu segregasyon, döküm sonrası homojenleştirme tavlama ile azaltılmaya çalışılır [12]. Homojenleştirilmiş dökümler ekstrüzyon sıcaklığına tekrar çıkarılır ve ekstrüzyon kalıbında 1/3

oranında çap azaltılarak 50 mm çapında ekstrüzyon ile şekillendirilir. Ekstrüzyonla şekillendirilmiş AA 7075 Al alaşımı parçaları firmadan temin edilerek bu çalışmaya başlanmıştır.

5-50 saat arasında farklı sürelerde yaşlandırma ısıl işlemi uygulanmış 7075 Al numuneler parlatıldı ve optik mikroskop ile görüntülendi. Şekil 2 a' da bu alaşımının 5 saat çözeltiye alınmış ve Şekil 2 b' de 25 saat süreyle yaşlandırılmış numunelerinin stereo mikroskop ile elde edilmiş makro yapı gözükmemektedir. Makro yapı içerisine başta taneler arası, çatlaklar, boşluklar, metal dışı gayri safsızlıklar (inklüzyonlar) ve bunun gibi makro hatalar girer. Hasar veya kusurların incelenmesinde yaygın olarak kullanılır. Mikro yapı incelemesine göre incelenecek alan çok daha geniştir. Detaylı olmasa da malzemelerin belli başlı yapısal özelliklerinin belirlenmesinde makro dağlama ile inceleme etkili bir yöntemdir. 125 °C Yaşlandırma yapılan 5 ve 50 saatler arasındaki numunelerin makro yapıları aşağıda verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi herhangi bir gözenek hatası görülmemektedir. Ancak dendritik taneler arası bileşim farkı özellikle 5 saat yaşlandırılan numunede belirgin bir şekilde görülmektedir. Yaşlandırma süresinin artması yapının dendrit merkezlerindeki alaşım elementinin tane sınırına doğru difuze olmasına ve tane sınırlarına yakın bölgelerde çökmesine yol açtığı anlaşılmaktadır.



(a)

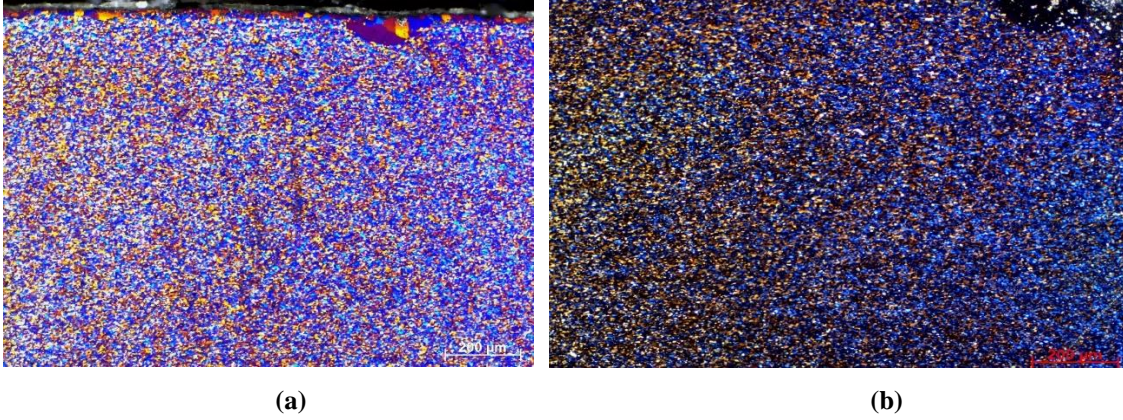
(b)

Şekil 2 a) 125 °C -5 saat yaşlandırma b) 25 Saat yaşlandırma

Farklı sürelerde çözeltiye alınmış ve farklı sürelerde yaşlandırılmış ekstrüze numunelerin mikro yapı incelemeleri yapılmıştır. Mikro yapı kavramı içerisine tane sınırları, tane büyüklüğü, tane morfolojisi, tane içi unsurlar, ikincil fazlar segregasyonlar, mikro boşluklar ve mikro çatlaklar girmektedir. Metalografik tetkiklerde, mikroskobik incelemeler makroskobik incelemelerden daha ön planda olduğu için, ayıraç ve yöntemler bakımından mikro dağlama makro dağlamaya göre daha zengindir.

Bir elektroliz banyosu içerisinde anot olarak parlatılmış numunenin kullanılması suretiyle, metal veya alaşımdaki faz ve yapı bileşenlerinin ortaya çıkarılması işlemine elektrolitik dağlama denir. En etkili elektrolitik dağlama elektrolitik parlatma çözeltisindeki akım yoğunluğunun on misli veya daha fazla artırılması ile elde edilir.

Şekil 3 a ve b'de görülen mikro yapı görüntüleri elektrolitik dağlanarak polarize görüntülerdir. Parçalar döküm sonrası ekstrüzyonla şekillendirildiği için tane yapısı oldukça incedir. Yine de tane içi ile tane sınırı arasında bileşim farklılığı olduğu polarize ışık farklılıklarından anlaşılmaktadır. 10 saat ve 25 saat yaşlandırma sonunda MgZn₂ çökelmesi oranı artmaktadır bu da polarize renk dağılımını etkilediği anlaşılmaktadır.

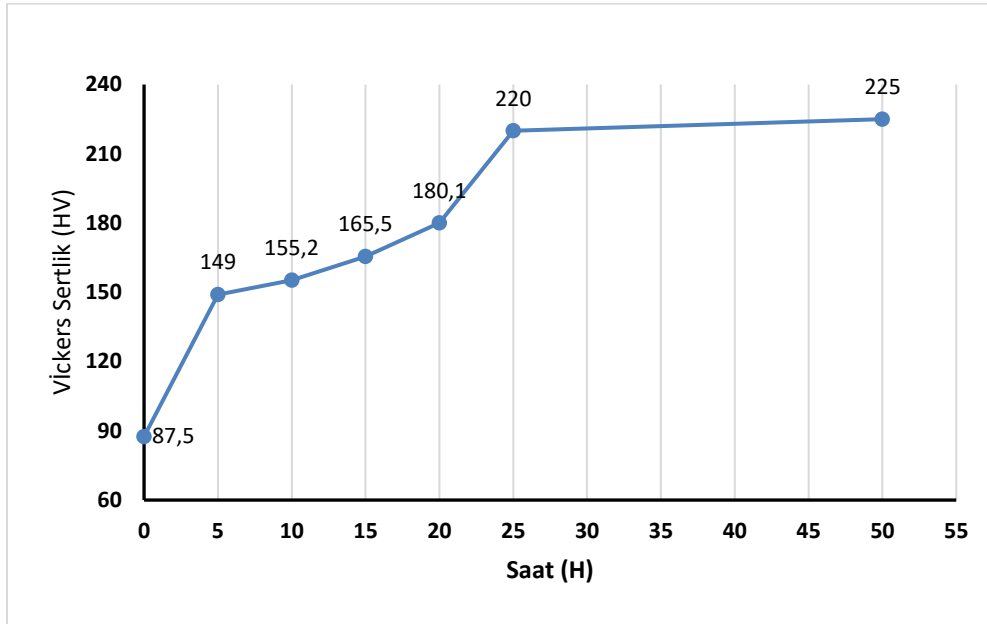


Şekil 3 125 °C'de a) 10 h ve b) 25 h yaşlandırılmış polarize görüntüler

T6 yaşlandırma ısıl işlemine tabi tutulan numunelerin Vickers sertlik değerleri ölçülmüş ve Şekil 4' de sertlik artışı grafik olarak verilmiştir. Isıl işlem görmemiş ekstrüde numune 87.7 HV ölçülmüş ve 5 saatlik yaşlandırma süresi ile bu değer 149 HV değerine ulaşmıştır. Bundan sonra eğrinin artışı yavaşlamış ve 20 saatlik yaşlandırma süresi ile 180.1 HV değerine ulaşılabilmiştir. Isıl işlem süresinin 20 saatten 25 saate çıkarılmasıyla sertlikte hızlı bir artış gözlenmiş ve 220 HV değerine ulaşmıştır. Isıl işlem süresinin 25 saatten 50 saate çıkarılması ise çok fazla değiştirmemiş ve maksimum 225 HV elde edilmiştir. Buradan kritik yaşlandırma süresinin 125°C de 25 saat olduğu anlaşılmaktadır. 25 saatlik bir yaşlandırma süresi ile literatürde belirtilen 200 HV standart AA 7075 alaşımının sertlik değerinin üzerine ulaşmıştır.

Yaşlandırma ısıl işlemi ile farklı sürelerde sertleştirilen numuneler çekme çubuğu olarak işlenmiş ve çekme testine tabi tutulmuştur. Elde edilen çekme testi sonuçları Tablo 1 ve Şekil 5 de verilmiştir. Tablo 1 de numerik sonuçlar, Şekil 5 de ise çekme testlerinin birleştirilmiş çekme grafikleri verilmiştir. İşlem görmemiş alaşımlar, oda sıcaklığında yaşlandırılmış alaşımlar ve 125°C'de farklı sürelerde yapay yaşlandırılmış alaşımlar olmak üzere üç farklı türde numune test edilmiştir. Tablo 1 de görüldüğü gibi işlem görmemiş numunelerin en yüksek akma mukavemeti 222,08 MPa ve çekme mukavemeti 355,38 MPa gerçekleşmiştir. Oda sıcaklığında yaşlandırılan alaşımlar ise en yüksek akma mukavemeti 450,62 MPa ve çekme mukavemeti 602,64 MPa gerçekleşmiştir. Oda sıcaklığında oldukça yüksek mukavemet elde edilmiş, ancak akma mukavemeti 125°C yapay yaşlandırılmış numunelere göre düşük kalmıştır ve iki değer arasında 152 MPa fark ortaya çıkmıştır. Aslında oda sıcaklığında yaşlandırma ile hedef çekme değerine ulaşılmış ancak akma mukavemetine ulaşılamamıştır. 125°C de yaşlandırma süresi 5 saatten 50 saate kademeli artırılmasıyla çekme mukavemeti çok değişmemiş 50 saatlik ısıl işlem sonucunda 604,70 MPa ile maksimuma ulaşmış ve akma mukavemeti ise her kademede ortalama artarak 555,06 MPa seviyesine ulaşmıştır. Dolayısıyla AA 7075 alaşımının oda sıcaklığında

yaşlandırılması yerine, 125 °C yaşlandırılması akma mukavemetini ortalama 447 MPa'dan 555 MPa'a çıkarmıştır. Dolayısıyla sıcaklık altında gerçekleşen çökeltme sertleşmesinin oda sıcaklığındaki doğal yaşlanmaya göre akma mukavemetini oldukça yükselttiği söylenebilir.

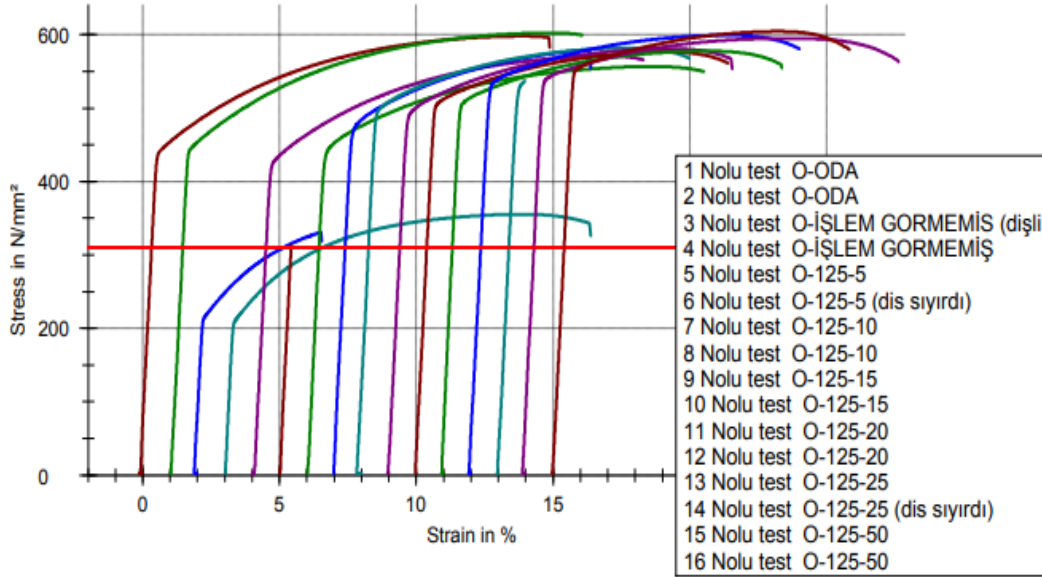


Şekil 4 Yaşlandırma ısıl işlemi sonucu AA 7075 alaşımındaki sertlik artışı

Tablo 1 125°C de yaşlandırılmış extrüde AA 7075 alaşımının akma ve çekme mukavemeti sonuçları

Legends	Nr	d0 mm	EMod kN/mm ²	Fm N	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	A %
	1	8,02	73,19	30217	444,39	598,16	14,19
	2	7,98	65,45	30141	450,62	602,64	14,14
	3	8	67,59	16612	222,08	330,48	4,20
	4	8,02	72,80	17953	216,83	355,38	12,92
	5	8,02	71,88	28858	430,90	571,25	13,43
	6	8,03	75,10	15868	-	313,32	0,01
	7	8,01	77,83	28068	445,00	556,99	13,76
	8	8,02	76,83	29288	476,13	579,77	8,67
	9	8,04	68,31	29555	502,14	582,15	11,32
	10	8,01	73,53	29285	495,99	581,15	11,83
	11	8,02	68,56	29134	509,79	576,71	10,63
	12	8,01	81,46	29120	508,21	577,88	11,77
	13	8,03	65,87	30362	538,03	599,52	11,21
	14	8,03	69,38	27184	536,06	536,77	0,23
	15	8,02	78,84	30068	540,07	595,21	13,04
	16	8,03	72,70	30624	555,06	604,70	10,05

Şekil 5 de görülen grafiklerde numunelerin çekme grafiklerinden akma davranışları çok iyi görülmektedir. Elastik bölgenin lineer olarak tamamlanmasıyla akma bölgesi başlamakta tüm numuneler mükemmel bir yay çizerek kopma noktasına ulaşmaktadır. Yaşlandırma süresinin artırılması MgZn₂ çökeleklerin oranını ve büyüklüklerini artırmış, akma mukavemetini yükseltmiş ancak akma davranışını değişmesine sebep olmamıştır. Yaşlandırma süresi 50 saate çıkarılsa bile çökeltilerin kristal yapıyla bağdaşıklığı bozulmamış ve aşırı yaşlanma gerçekleşmiştir.



Şekil 5 125° C yaşlandıran AA 7075 alaşımının çekme davranışları

AA 7075 ekstüzyon alaşımlarının çözeltiye alma şartları aynı kalmak şartıyla yaşlandırma sıcaklığı 138 °C seçilmiş ve yine farklı sürelerde yapay yaşlandırılmıştır. Yaşlandırma süreleri de yine 5,10,15,20,25 ve 50 h alınmış ve ısıl işlem deneyleri yapılmıştır. Sertleşen numuneler DIN 50125'e göre dişli kavramalı çekme numunesi standart olarak işlenmiş ve çekme testine tabi tutulmuştur. Tablo 2 de elde edilen çekme ve akma mukavemet sonuçları verilmiştir. Her ısıl işlem süresinde en az iki adet çekme testi yapılmıştır. Her test sonucu ayrı ayrı verilmiştir. Burada ortalaması alınarak tartışılacaktır. 138°C ısıl işlem gören malzemelerden oda sıcaklığında doğal yaşlanan numune bulunmamaktadır. İki adet 5 h ısıl işlem gören numunenin çekme testi yapılmış ve ortalama 517,75 MPa akma değeri ve 576,75 MPa çekme değeri bulunmuştur 10 saatlik ısıl işlem sonucunda bu değerler sırasıyla 539,48 MPa ve 594,70 MPa, 15 saatte 522,64 MPa 578,52 MPa, 20 saatte 534,61 MPa 584,26 MPa, 25 saatte 525,26 MPa 575,98 MPa, 50 saatte 516,15 MPa 571,42 MPa akma ve çekme mukavemet değerleri bulunmuştur. Çözelti sıcaklığı 470°C ve süresi 5 saat sabit tutulup yaşlandırma sıcaklığı 125°C den 138°C ye çıkarılınca yaşlandırma sonucu bağdaşık çökeleklerin oluşması kısa sürmüş ve 10 saatlik bir yaşlanma sonucunda maksimuma ulaşmıştır. 125°C akma değerinde süre artışına bağlı belirgin bir artış görülürken 138°C'de sadece 5 saatlik ısıl işlem yeterli çökelek oluşumunu sağlamış ve 517.75 MPa değer elde edilmiş, ancak 10 saatlik ısıl işlem sonucunda 539,48 MPa değeri ile maksimum akma değerine ulaşmış ve bu noktadan sonra 50 saatlik ısıl işlem noktasına kadar azar azar bir düşüş göstermiş ve 516,16 MPa

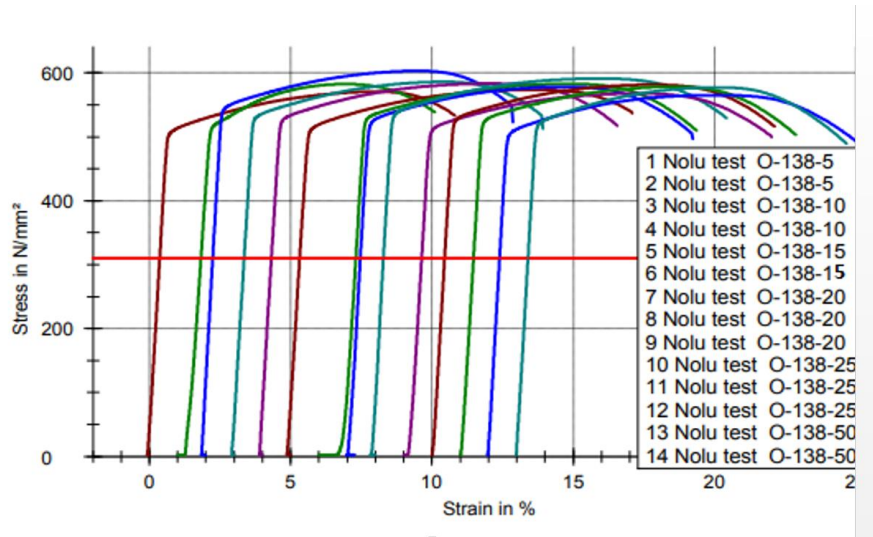
olmuştur. Çekme test sonuçları Akma sonuçlarına benzer davranış göstermiş 10 saatlik yaşlandırma ısıl işlemi sonucunda 594,70 maksimum değerine ulaşmıştır. Bu değer 125°de 50 saat yaşlandırılan değere yakındır.

Tablo 2 138°C farklı sürelerde yaşlandırılmış numunelerin akma ve çekme mukavemet sonuçları

Legends	Nr	d0 mm	EMod kN/mm ²	Fm N	Rp 0,2 N/mm ²	Rm N/mm ²	A %
	1	7,92	71,41	28121	510,09	570,82	10,13
	2	7,84	48,49	28128	525,40	582,67	7,71
	3	7,84	80,06	29119	546,70	603,19	10,35
	4	7,74	75,64	27583	532,26	586,22	10,31
	5	7,75	70,69	27518	530,33	583,34	11,94
	6	7,94	69,37	28406	514,94	573,69	11,43
	7	7,89	56,00	28505	535,46	583,01	11,63
	8	7,89	64,50	28284	528,94	578,49	11,42
	9	7,9	73,34	28982	539,42	591,28	11,82
	10	8	64,01	28543	516,74	567,84	12,06
	11	7,87	74,28	28294	529,94	581,64	11,40
	12	7,89	69,33	28282	529,11	578,45	11,11
	13	7,95	77,23	28062	508,06	565,33	12,72
	14	7,92	71,40	28451	524,25	577,51	10,99

Şekil 6'da yaşlandırma ısıl işlemi sonucu çökeltme sertleşmesi oluşan AA 7075 numunelerin çekme eğrileri sıralı olarak tek grafikte verilmiştir. Genel olarak bakıldığında 5 saatten 50 saate kadar olan yaşlandırma sonucunda standart değerde hatta biraz üzerinde bir mukavemet artışı sağlandığı görülmektedir. Tüm çekme uzama eğrilerinin akma noktaları ve kopma noktaları açıkça görülmektedir. Akma noktasına kadar tüm numuneler lineer mukavemet artışı ile elastik davranış göstermişler, akmanın başlamasıyla da çok düzgün plastik deformasyon gerçekleşmiştir. Grafiklere mukayeseli bakıldığında akma ve çekme noktalarının birbirine yakın olduğu 10 saat yaşlandırılmış numunenin akma ve çekme mukavemetlerinin en yüksek olduğu ve bu noktadan sonra yaşlanma süresinin artışına bağlı akma ve çekme mukavemetinde çok az düşüşler gözlenmiştir.

AA 7075 extrude alüminyum alaşımına 138°C uygulanan yaşlandırma ısıl işlemi sonucu numuneler akma ve çekme mukavemetinde oldukça yüksek artış göstermiştir. Çözeltiyeye almadan önceki akma mukavemeti ortalama 220 MPa olduğu düşünülürse, yaşlandırma sonucu en yüksek elde edilen akma mukavemeti 555 MPa'dır. Bu çalışma sonucunda akma mukavemeti $555/220=2,52$ kat ve çekme mukavemeti $604/342=1,77$ kat artırılmıştır. Buradan anlaşılacağı üzere çökeltme sertleşmesi 7075 alaşımının akma mukavemetini artırmada daha etkili olmaktadır. Bunun nedeni $MgZn_2$ çökelekleri dislokasyon hareketini engelleyerek plastik deformasyonu geciktirmiş ve akmanın daha yüksek gerilme altında meydana gelmesini sağlamıştır. Dolayısıyla işlem görmemiş numunedeki 110 MPa olan akma ve çekme mukavemeti arasındaki fark azalmış ısıl işlem sonucu 60 MPa'a düşmüştür. Bu sonuçlardan ayrıca, yaşlandırma ısıl işlem ile alaşımın aşırı sünek yapısının değiştiği ve daha rit malzeme elde edildiği söylenebilir.



Şekil 6 135° C yaşlandıran AA 7075 alaşımının çekme davranışları

125 C’de ve 138 C’de yaşlanma arasındaki farklara geldiğimizde ise 125 C’de yaşlanmada 50 saat gibi bir sürede en yüksek dayanıma ulaşırken, 138C’de ise 10 saatlik yaşlandırma süresinde en yüksek dayanıma ulaşıyor. Arada 40 saat gibi uzun bir süre farkı var, bu yüzden, 138 C’de yaşlandırma süresini ve 10 saat tercih edilmelidir.

Genel Sonuçlar

AA 7075 alaşımlarının T6 yaşlandırma ısıl işlemi ile çökeleme sertleşmesi başarılmıştır. Yaşlandırma ısıl işlemi sonucu bağdaşık MgZn₂ çökelekleri oluşmuş 225 HV kadar sertlik artışı sağlamıştır. Yaşlandırma ısıl işlemi sonucu akma mukavemetinde yaklaşık 2,5 kat çekme mukavemetinde 1,8 kat mukavemet artışı gerçekleşmiştir. Yaşlandırma ısıl işlemi ayrıca tane sınırı fazını tane içine alarak segregasyonu minimize etmiş ve mikro yapıyı daha homojen hale getirmiştir. Havacılık sektöründe yüksek statik ve dinamik yüklere karşı güvenilir olan hafif alaşım özellikleri kazanılmıştır.

Kaynaklar

- [1] S.K. Panigrahi, R. Jayaganthan, “Development of ultrafine grained high strength age hardenable Al 7075 alloy by cryorolling” Mater. Des., 32 (2011), pp. 3150-3160
- [2] J. Park, “Influence of retrogression and reaging treatments on the strength and stress corrosion resistance of aluminium alloy 7075-T6” Mater. Sci. Eng. A, 103 (1988), pp. 223-231
- [3] J.-F. Li, Z.-W. Peng, C.-X. Li, Z.-Q. Jia, W.-J. Chen, Z.-Q. Zheng, “Mechanical properties, corrosion behaviors and microstructures of 7075 aluminium alloy with various aging treatments”, Trans. Nonferrous Metals Soc. China, 18 (2008), pp. 755-762

- [4] P. Unwin, G. Lorimer, R. Nicholson, “The origin of the grain boundary precipitate free zone”, *Acta Metall.*, 17 (1969), pp. 1363-1377
- [5] K. Ma, H. Wen, T. Hu, T.D. Topping, D. Isheim, D.N. Seidman, *et al.*, “Mechanical behavior and strengthening mechanisms in ultrafine grain precipitation-strengthened aluminum alloy”, *Acta Mater.*, 62 (2014), pp. 141-155
- [6] X. Xu, J. Zheng, Z. Li, R. Luo, B. Chen “Precipitation in an Al-Zn-Mg-Cu alloy during isothermal aging: atomic-scale HAADF-STEM investigation”, *Mater. Sci. Eng. A.*, 691 (2017), pp. 60-70
- [7] S. Kai, J.-L. Chen, Z.-M. Yin “TEM study on microstructures and properties of 7050 aluminum alloy during thermal exposure”, *Trans. Nonferrous Metals Soc. China*, 19 (2009), pp. 1405-1409
- [8] E. Lee, T. Oppenheim, K. Robinson, B. Aridkahari, N. Neylan, D. Gebreyesus, *et al.*, “The effect of thermal exposure on the electrical conductivity and static mechanical behavior of several age hardenable aluminum alloys” *Eng. Fail. Anal.*, 14 (2007), pp. 1538-1549
- [9] B. Chen, M.F. Guo, J.X. Zheng, K.Y. Zhang, Y. Fan, L.Y. Zhou, *et al.*, “The effect of thermal exposure on the microstructures and mechanical properties of 2198 Al–Li alloy”, *Adv. Eng. Mater.*, 18 (2016), pp. 1225-1233
- [10] R. Ayer, J. Koo, J. Steeds, B. Park, “Microanalytical study of the heterogeneous phases in commercial Al-Zn-Mg-Cu alloys”, *Matall. Trans. A*, 16 (1985), pp. 1925-1936
- [11]. Rendigs K H. “Aluminium Structures Used in Aerospace-Status and Prospects”, *J. Mater. Sci. Forum*, 242 (1997) pp. 11-24,
- [12]. M. DEMİR, "Castability of Wrought 7075 Aluminum Alloys and Improvement in Mechanical Properties With T6 Age Hardening", Master Thesis, Sakarya University of Applied Sciences, Postgraduate Education Institute, 2020