

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ALTIN ALAŞIMLANDIRMADA
TANE KÜÇÜLTMENİN DERİN ÇEKMEYE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Metalurji Müh. Ahmet SARI

**FBE Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı Üretim Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet EKERİM

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	v
ÖNSÖZ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ	1
2. ALTIN ALAŞIMLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ.....	2
3. TEORİK İNCELEMELER	4
3.1 Altının Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özellikleri.....	4
3.1.1 Altının Fiziksel Özellikleri.....	4
3.1.2 Altının Kimyasal Özellikleri	5
3.1.3 Altın ve Alaşımlarının Mekanik Özellikleri.....	6
3.2 Altın Kullanım Alanları	7
3.2.1 Para, Madalya ve Külçe	8
3.2.2 Kuyumculuk	8
3.2.3 Elektronik ve İletişim Sektörü.....	9
3.2.4 Endüstri ve Havacılık.....	10
3.2.5 Dişçilik	10
3.3 Dünyada Altın Üretimi ve Türkiye’de Altın Sektörü	11
3.4 Altın Alaşımları	12
3.4.1 Renkli Altın Alaşımları.....	13
3.4.2 Diğer Renkli Altın Alaşımları	17
3.5 Alaşım Elementleri ve Etkileri	18
3.5.1 Sertlik	19
3.5.2 İşlenebilirlik.....	19
3.5.3 Renk	19
3.5.4 Ergime Sıcaklığı	20
3.5.5 Tane Boyutu	20
3.5.6 Döküm Özellikleri	21
4. ALTIN ALAŞIMLARINDA ISIL İŞLEMİN ÖNLEMİ	22
4.1 Tavlama ve Isıl İşlem.....	22
4.2 Tam Tavlama.....	22
4.3 Gerilim Giderme Tavlaması.....	26
4.4 Yaşlandırma Veya Çökeltme Sertleştirilmesi	26
4.5 Altın Alaşımların Soğuk Şekillendirilmesi	29
4.6 Soğuk İşlemede Meydana Gelen Kusurların Nedenleri ve Bunların Önlenmesi ..	32

4.6.1	İşleme Sırasında Ortaya Çıkan Kusurlar.....	32
4.6.1.1	Düz ürünlerin haddelenmesi (levha, şerit ve folyo).....	32
4.6.2	Çubuk Haddeleme	33
4.6.2.1	Damar oluşumları ve çapaklanmalar	33
4.6.3	Çekme	33
4.6.4	Levha Metale Şekil Verme.....	33
5.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR	34
5.1	Deneylerde Kullanılan Malzemeler	34
5.2	Deneylerde Kullanılan Cihazlar	34
5.3	Deneyin Yapılışı	35
5.4	Yumuşatma Tavlama.....	39
5.5	Derin Çekme İşlemi	39
5.6	Optik Metalografi	39
6.	DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	40
7.	GENEL SONUÇ.....	47
	KAYNAKLAR.....	49
	ÖZGEÇMİŞ.....	51

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Artan tavlama sıcaklığı ile değişen altın alaşımlarının mekanik özellikleri [11]	7
Şekil 3.2 Altının kullanım alanları [13]	8
Şekil 3.3 Au-Ag-Cu denge diyagramında alaşım elementlerinin cinsine ve miktarına bağlı olarak altın alaşım renklerinin değişimi [19].....	15
Şekil 3.4 Ag-Au-Cu üçlü sisteminde sertlik özelliğinin bileşen oranlarına bağlı olarak değişimi [15]	16
Şekil 3.5 Ag-Au-Cu üçlü sistemde çekme mukavemetinin bileşen oranlarına bağlı olarak değişimi [15]	17
Şekil 4.1 Soğuk işlemenin, metal ve alaşımların dayanıklılığı ve yumuşaklığı üzerindeki etkisi.[29].....	23
Şekil 4.2 Tavlama sıcaklığının tane yapısı üzerindeki etkileri.....	24
Şekil 4.3 Portakal kabuğu etkisi [32].....	25
Şekil 4.4 Bütün 14 ayar Au-Ag-Cu alaşımları için yaşlandırarak sertleştirme	27
Şekil 5.1 Ergitme esnasında kullanılan pota	35
Şekil 5.2 Hazırlanan sıvı alaşımın 500 °C'ye ön ısıtılmış derecelere dökülmesi	36
Şekil 5.3 Derecelerden ayrılmış haldeki maden	36
Şekil 5.4 Hadde makinesi.....	37
Şekil 5.5 Gaz atmosferli Permaksan marka tav fırını	38
Şekil 6.1 22 Ayar altında tane boyutu-derin çekilebilirlik ilişkisi.....	41
Şekil 6.2 Döküm yapısı	42
Şekil 6.3 600 °C'de 20 dk. süre ile tavlama sonucu gelişen mikro yapı	43
Şekil 6.4 650 °C'de 30 dk süre ile tavlama sonucu gelişen mikro yapı	44
Şekil 6.5 700 °C'de 35 dk ile tavlama sonucu gelişen mikro yapı	44
Şekil 6.6 700 °C'de 60 dk tavlama sonucu gelişen mikro yapı.....	45
Şekil 6.7 700 °C'de 75 dk tavlama sonucu gelişen mikro yapı.....	45
Şekil 6.8 700 °C'de 90 dk ile tavlama sonucu gelişen mikro yapı	46
Şekil 6.9 700 °C'de 20 dk tavlama.....	46

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Altının fiziksel özellikleri [6].....	4
Çizelge 3.2 Çeşitli altın alaşımları [8]	6
Çizelge 3.3 Para üretiminde kullanılan alaşımlar[8]	9
Çizelge 3.4 Kuyumculukta kullanılan altın alaşımları ve fiziksel özellikleri [15].....	9
Çizelge 3.5 Altın üreticisi ülkelerin yıllık altın üretim miktarları [15].....	11
Çizelge 3.6 Karatlarına göre altın alaşımlarının safiyeti [17]	13
Çizelge 3.7 1993-2005 Yılları arasında ülkeler bazında altın tüketimi (ton) [17]	14
Çizelge 3.8 Ticari alaşımların renk tanımları [15].....	16
Çizelge 3.9 Altın alaşımlarında bazı katı ve empürite elementlerinin etkileri [21].....	18
Çizelge 4.1 Ayar altın alaşımlar için tavlama sıcaklıkları [33]	25
Çizelge 4.2 Bazı 18 ayar alaşımlar üzerinde ısıtıl işlemin etkisi	28
Çizelge 4.3 Bazı 14 ayar altın alaşımlar üzerinde ısıtıl işlemin etkisi	29
Çizelge 5.1 İncelenen 22 karat sarı altın numunesinin bileşimi	34
Çizelge 6.1 Değişik şekilde proses edilen malzemelerin ASTM tane numaraları	40
Çizelge 6.2 Farklı şekilde tavlanan numunelerin derin çekme derinlikleri.....	40

ÖNSÖZ

Bugüne kadar bana her konuda yol gösteren, lisans ve yüksek lisans tezimin hazırlanmasında beraber çalışma şansına sahip olduğum, beni en iyi şekilde yetiştirmeye çalışan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet Ekerim’e minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Deneysel çalışmalarım sırasında her türlü maddi ve manevi desteği sağlayan Prof. Dr. Mustafa Çiğdem’e teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarım sırasında bana gerekli malzeme, teçhizat sağlayan ve her türlü kolaylığı gösteren Atasay Kuyumculuk A.Ş.’ye teşekkür ederim.

Ayrıca, her konuda yardımlarını esirgemeyen Dr. Ömer Saltabaş’a teşekkür ederim.

ÖZET

Altın alaşımlarının tane boyutu, yüzey pürüzlülüğü, sertlik gibi özellikleri sadece alaşım elementlerinin bulunmasından değil aynı zamanda termal ve mekaniksel uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Son zamanlarda döküm yöntemleriyle üretilen altın mücevherlerin ısı işlem ve uygun tavlama sıcaklığı ve süresi daha fazla önem kazanmıştır. Uygun tavlama sıcaklığı ve süresi tespit edilen altın alaşımının yarı mamul olarak üretildikten sonra meydana gelen astar kalınlığını minimum seviyeye indirmek, mekaniksel özelliklerini artırmak, derin çekilebilirliğinin en uygun noktasını tespit etmek, parlatmada kolaylık sağlanması, gelişmiş gerilim özellikleri ve presleme işleminde çatlak oluşumuna daha az duyarlı olmaları iyi bilinen özellikleridir. 22 karat altın alaşımları üzerinde genel tavlama sıcaklığı ve süresinin etkileri üzerine yapılan bu araştırma göstermiştir ki uygun tavlama sıcaklığı ve sürede üretilen yarı mamul pres baskı zamanında en uygun derin çekilebilirlik sağladığını göstermiştir. Bu çalışmada sıkça kullanılan farklı zamanlarda ve sürelerdeki tavlama standart 22 karat sarı altın alaşımına olan etkileri mücevher dökümü ile uğraşanların ilgilendikleri özellikleri incelenmiştir. Bu özellikler tane boyutu derin çekilebilirlik yüzey hassasiyeti işlenebilirlik özelliklerinden oluşmaktadır.

22 karat sarı altın alaşımı oluşturulmasında ağırlıkça yüzde 91.6 Au - 4.6 Cu - 3.6Ag - 0.2 Zn içeren alaşım kullanılmış ve döküm sonunda elde edilen yarı mamul astarlardan numune alınmıştır. Bütün eritme işlemleri Atasay Kuyumculuk A.Ş. eritme bölümündeki EIA marka F9-s indüksiyon fırınında yapılmıştır. 22 karat sarı altın alaşımları 500 °C ye ön ısıtılmış kalıba dökülmüştür. Bu döküm işlemi sıvı metalin yüzeyindeki viskozitesini azaltmak ve hava temasını engellemek için şalumo ile metal yüzeyine alev üflenerek yapılmıştır. 22 karat altın alaşım numunesi döküldükten sonra oksidasyondan korunmak için yüzde 10 H₂SO₄ solüsyonuna konulmuştur. Soğutma işlemleri suda yapılmıştır. Altın alaşım döküm numunelerinin kalınlıkları 5000 mikrondan 500 mikrona inceltmek için bir seri haddeleme tavlama işlemleri uygulanmıştır. Optik ve taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiş. Mikro yapı incelemeleri yapılacak numuneler, metalografik olarak parlatılmış ve sonrasında 13 oranındaki HCl HNO₃ solüsyon ile dağlanmışlardır. Sertlik ölçümleri Vickers sertlik ölçme cihazında yapılmışlardır. Ayrıca derin çekilebilirlik ölçümü yapılmıştır. Farklı tavlama sıcaklığı ve süresinde elde edilen numunelerin ölçümleri sonucu en uygun 22 ayar sarı altın alaşımının bu malzemenin 700 °C’de 20 dk’lık tavlama sonucu minimum rekristalize olmuş tane boyutu ve maksimum derin çekilebilirlik elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Altın, Döküm, Mücevher, Alaşım

ABSTRACT

The grain size, surface roughness, and hardness properties of the gold alloys are not only existence of alloy elements but also due to the applications of thermal and mechanical. In recent times, during the production of gold jewellery by casting, the proper annealing temperature and duration parameters the heat treatment gains more importance. The reduction of the raw gold alloy to a minimum level, improvement of mechanical property, prediction of the optimum deep-drawability, easy polishing, improved stress property, and less crack occurrence during the pressing are well known properties obtained from a semi-finish gold alloy after the prediction of proper annealing temperature and duration. For the preparation of the 22 carat yellow gold alloy, 91.6% Au, 4.6% Cu, 3.6% Ag and 0.2% Zn by weight alloy were used and the specimens were taken from the semi-finish alloy at the end of the casting process. All melting process was carried out by EIA trade-mark F9-s coded induction oven in the melting process section of Atasay Jewellery Company. The 22 carat yellow gold alloy was poured into the mould, preheated to 500 °C. This casting process was utilized by blowing flame to the metal surface and blower unit to prevent the air contact and decrease the viscosity of the liquid surface of the metal. After casting the 22 carat gold alloy, it is located in 10% H₂SO₄ solution to prevent from oxidation. The cooling process was carried out by water. To make the thickness of the alloy to be thinner from 5000 micron to 500 micron, a series of rolling and annealing process were applied. It was analyzed by optical and electron-microscope. The specimens, allocated for the micro structure analysis, were polished by metallographic technique and fired with 13% HCl HNO₃ solution. The hardness of the specimens was carried out by Vickers hardness measurement device. Besides this, deep drawing tests were used for the deep-drawability of the specimens. The optimum 22 carat yellow gold alloy was obtained at the end of annealing temperature of 700°C and duration time of 20 min among the numerous of annealed specimens at different annealing temperature and duration. From this alloy the minimum re-crystallized grain size and maximum deep-drawability were obtained.

Key Words : Gold, Casting, Jewellery, Alloy

1. GİRİŞ

Altın, insanoğlunun tanıştığı ilk metal olmasına rağmen asla vazgeçemediği, belki de en uzun süren tutkusu haline gelmiştir. Eski çağlarda alüvyon içinde bulunan nabit altın genellikle %1-25 oranında gümüş ve az miktarda kalay, bakır, platin ihtiva ettiğinden saf değildi. Saf altına göre daha sert ve açık sarı renkte olan bu alaşım “elektrum” olarak adlandırılmaktadır.

Çeşitli uygarlıkların doğmasında ve sona ermesinde etkili bir güç kaynağı ve önemli meta olma özelliğini kaybetmeyen tek metal altındır. Nabit olarak bulunabilmesi, yumuşak, kolay şekil verilebilmesi ve hemen hemen hiç kaybolmayan sarı rengi sebebiyle insanların ilgisini her dönem çekmeyi başaran altın, mal ve hizmet karşılığında ödenecek bir bedel olarak kabul edilmeden çok önce, başta eski Yunan, Asur ve Mısırlılar olmak üzere birçok uygarlık tarafından benzersiz sanat eserleri yapımında kullanılmıştır.

Antik çağda ilk olarak Mısırlılar ve Çinliler tarafından dişçilik ve tıp alanlarında kullanılan altın, ortaçağda altına olan ihtiyacın artmasıyla, kimyagerlerin diğer metalleri altına dönüştürme çabaları bir sonuç vermemiş, fakat bu çalışmalar kimya bilimi için bir temel teşkil etmiştir. Kuyumculukta altın, çok farklı elementlerle alaşımlandırılarak kullanılmaktadır. Altın ve alaşımlarında, tane boyutu, yüzey pürüzlülüğü, iç yüzey porozitesi ve sertlik gibi bazı özelliklerin değişimi gözlenebilir. Bu özelliklerin değişimi sadece termal ve mekaniksel uygulamalarda değil, aynı zamanda, tane alaşımlama elementleri veya safsızlıklar sebebiyle de olmuştur. Son zamanlarda tane boyutu ve rekristalizasyon üzerine çalışılmaktadır. Tane boyutu, tavlama sıcaklığı ve zamanı altın mücevher dökümünde önemlidir. Döküm yöntemiyle üretilmiş ve uygun rekristalize zamanı bulunmuş altın alaşımları birçok avantaj sağlamaktadır. Bu alaşımlar kolay parlatılırlar, gelişmiş çekme özelliklerine sahip olmalarından dolayı preslemede daha az çatlak ve yırtılma oluşur.

Çoğu ayarlardaki altın alaşımları Au-Ag-Cu üçlü sistemi içindedir. Kırmızı altın alaşımlarının, memnuniyet verici rengi, soğuk işlem koşullarında şekil verebilmesi, iyi ergitme ve döküm şartları sağlanması geniş ölçüde kullanılmalarına sebep olmuştur.

Ülkelere ve kültüre bağlı olarak kuyumculukta kullanılan renk tercihleri büyük değişimler göstermekle beraber temelde 4 farklı renk grubu mevcuttur. Bu renk grupları elde edilirken kullanılan temel alaşım elementleri gümüş, bakır, nikel, çinkodur.

Bu tez çalışmasında, 22 ayar sarı altın alaşımının döküm sonrası elde edilen farklı tavlama sıcaklıkları ve süreleri rekristalize edilerek en uygun derin çekilebilirlik ve kısmi olarak mekanik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.[1,2]

2. ALTIN ALAŞIMLARININ TARİHSEL GELİŞİMİ

Mücevherat, günümüzde, geçmişte olduğundan daha önemli bir rol oynamaktadır. Artık sadece zenginlerin bir ayrıcalığı olmaktan çıkıp, çağdaş toplumun sosyal düzeninin gelişmesi ve mücevherat anlayışının değişmesi ile evrenselleşmiştir. Mücevherat kullanımı bir anlamda hayatımızla, kendimizle ve yaşantımızla ilgili kavramlarla özleştirilmektedir. Çünkü mücevher, insanın basit ve sürekli bir merakıdır ve bu şekilde insan soyu devam ettikçe bu alan devam edecektir.

Mücevher, sınırlı olanaklarla, küçük atölyelerde, el yapımı aletlerle veya büyük işletmelerde, tamamı otomatik makinelerle yapılabilir.

Gelişen teknoloji ile birlikte, kuyumculukta kullanılan alet ve makinelerde gelişmiş fonksiyonları, hızları ve kapasiteleri artmış, imalat teknikleri değişmiştir. Bunların arasında elle çalışan makineler, vakum ve santrifüj dökümde kullanılan aletler elektrikli şekil verme ve yüzey işleme aletleri ve değişik amaçlı tornalar sayılabilir. Hatta zaman, malzeme ve işçilikten tasarruf etmek için bazı kuyumculuk malzemeleri yarı ürün olarak satılmaktadır.

Değerli metallerden yapılan mücevherlerin geleneksel kullanımlarının değişmesi ve istikrarsız ekonomik durumlar, mücevher üzerindeki işçiliğin ve estetik değerlerin bir ergitme kalıbında külçe haline getirilerek yok olmasına sebep olmuştur. Avrupa'da ise modadaki hızlı değişiklikler tarihi mücevherlerin bilinen kaderini hızlandırmıştır. Yine de burada bulunan az sayıda etnik mücevherler doğu ve batıda mücevherliğin aynı paralel doğrultuda geliştiğini anlamak lazımdır. Tasarımın aklın, duyguları, hayal gücünün ve yeniden keşfetmenin bir noktası, bazılarının potansiyel bir oluşumun veya geliştirebilecek eğilimler olduğu göz önünde bulundurulursa, tasarımın hazır formüllerle veya direktiflerle yapılacağı açıktır. Ancak yine de tasarımın başarılı olabilmesi için dikkat edilmesi gereken bazı kriterler vardır. Özellikle metallerle çalışırken tasarımın temel noktası, başlangıç metalinin formu ve karakteri önemlidir. Bunlar direkt olarak kullanılacak prosesi, dolayısıyla alet ve teknikleri etkiler. Örneğin tel halindeki bir malzeme dövme veya örme ile şekillendirilirken deforme olmamış levhalar, oyma, bükme, eğme ve delme ile şekillendirilirler. Deforme olmuş levhalar, basma ve yerleştirme ile kitlesel malzemeler ise dökümün herhangi bir çeşidiyle şekillendirilebilir. İnsanoğlunun kendisini süsleme isteği çok eskilere dayanır. Bazı mağara duvarlarındaki resimlerden anlaşılacağı üzere vücudu süslemenin başlangıcı 20000 yıl önceye gitmektedir. Milattan önce taş devrinin sonlarında, taş oyma tekniğinin geliştiği sanılmaktadır. Yine aynı zamanlarda, taşla yüzey parlatma tekniği de gelişmiştir.

İlkel takıları yönlendiren en önemli etkilerin başında insanlık kültürünün gelişmesiyle ortaya çıkan korunma ihtiyacı gelmektedir. Bu takıların ilk örnekleri olan amuletler, hayatın gerçek veya hayal ürünü felaket ve tehditlerine karşı kullanan kişileri koruyan, sağlık, zenginlik ve şans getiren tılsımlardır.

Günlük hayatımızda görsel sembolizm sandığımızdan daha fazla etkilidir. Bazı şeylerin sembollerini üzerimizde taşıyarak olaylar üzerine kontrol sağlamak isteriz. Örneğin, pek çok toplumda güneş sembolü, doğurganlığı ve soyu sembolize eder. Yine de aynı şekilde zenginlik ve zengin olma isteği gerçek veya taklit paralar takılarak sembolize edilir. Sevgi ihtiyacı kalp şeklinin, daha üstün bir varlığa olan ihtiyaç ise dini bazı sembollerin kullanılmasını getirmiştir. Nikâh yüzüğünün sürekli yuvarlaklığı ise sürekli sevgi, adama destek sözü verir. Her şeyin bilimsel açıklamasının yapıldığı günümüzde bile mantığı olmayan bazı semboller kullanılmaktadır. Buna en basit örnek astrolojidir. İnsanlar, etkisinde oldukları inandıkları gezegeni temsil eden taşları, zodyak sembollerini kullanmaktadır. Böylece şanslarını, kaderlerini ve hayatlarını kontrol edebileceklerini düşünmektedirler. Şahsi mücevher kullanımının hayret verecek kadar çok sayıda sebebi vardır. Bu sebepler genellikle kişinin ailesinin, dostlarının, akrabalarının, fikirlerinin ya da kendini bir parçası gördüğü toplumun sosyal ve kültürel görüşlerinin bir sonucudur. Bunlar psikolojik, politik ve ekonomik görüşlerden de etkilenirler. Bütün bunlara ilaveten sözlü, yazılı veya görsel imajlarla medya da kişinin istek ve zevklerini etkileyebilmektedir.[1,3]

3. TEORİK İNCELEMELER

Altın, bütün metaller arasında en pahalı metal olmasının yanı sıra, iletkenlik, şekil alma kabiliyeti, alaşım yapabilme gibi bazı fiziksel ve mekanik özellikler açısından da olumlu özelliklere sahip bir metaldir.

3.1 Altının Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özellikleri

3.1.1 Altının Fiziksel Özellikleri

Altın, periyodik tabloda 1B grubunda gümüş ve bakırın alt bölgesinde yer alır. Atom, numarası 79 ve atom ağırlığı 196.967'dir. Katı halde yoğunluğu 19,2 ile 19,4 gr/cm³ aralığında değişir. Çizelge 3.1'de altına ait bazı temel fiziksel özellikler verilmektedir.[4,5]

Çizelge 3.1 Altının fiziksel özellikleri [6]

Özellik	Değer
Atomik Ağırlık	196.9665
Ergime Sıcaklığı [°C]	1064.43
Kaynama Sıcaklığı [°C]	2808
Atomik Yarıçap [nm]	0.1422
Kristal Yapısı	YMK
Latis Sabiti [nm]	0.407
Atomlar Arası Mesafe [nm]	0.2878
Yoğunluk 273 °K [gr/cm ³]	19.32
Setlik, Brinell(10/50/90) [kgf/mm ²]	25
Elastisite Modülü , 293 °K	7.747×10 ⁴
Poisson oranı	0.42
Uzama [%]	39-45
Sıkıştırılabilirlik, 300 °K [pa ⁻¹]	6.01× 10 ⁻¹²
Füzyon Isısı [j/MΩol]	1.268 × 10 ⁴
Buharlaşma Isısı 289 °K [J/Mol]	3.653×10 ³
298 °K de Spesifik Isı [j/g.k]	1.288×10 ⁻¹
Termal İletkenlik 273 °K [W/g.K]	311.4
273-373 °K' de Termal Genleşme [K-1]	1.416 ×10 ⁻⁷
Elektriksel Direnç , 273 °K [Ω.cm]	2.05×10 ⁻⁶
Termal Direnç Sabiti 273-373 °K [K]	4.06 ×10 ⁻³
298 °K'de entropi [J/K]	47.33

Genellikle altın değerliliği +2 olarak belirtilmiş olsa da tuzlarının Au¹ ve Au³ karışımlarından oluştuğu kanıtlanmıştır. Tek doğal izotop 197Au olmasına karşın, 185Au'dan 203Au'ya kadar yapay olarak üretilmiş 19 izotopu vardır. Bu izotoplar radyoaktif olup, yarılanma süreleri birkaç saniye ile 199 gün arasında değişmektedir.

Genellikle altın ve altın alaşımları manyetik özellik göstermemelerine rağmen, altın mangan alaşımları az da olsa manyetik özellik gösterir. Altın demir kobalt ile yaptığı alaşımlar ise ferromanyetik özellik göstermektedir.[6,7]

3.1.2 Altının Kimyasal Özellikleri

Altın standart elektrot potansiyeli ($\text{Au}/\text{Au}^+ E=1.68 \text{ V}$, $\text{Au}/\text{Au}^{+3} E^\circ=1.50 \text{ V}$) hidrojen ($\text{H}^+/\text{H}_2 E^\circ=0.00 \text{ V}$) daha pozitif değere sahip olup, dolayısıyla metalik elementler içeriğinde oldukça inert ve en soy metaldir. Korozyona karşı direnci ve stabilitesi çok yüksektir. Selenik asit dışındaki asitler tek başlarına altını çözemezler. Buna karşın birtakım oksidanlarla (örneğin; nitrikasit, oksijen, kükürt yada ferrik iyonlar, mangandioksit) birlikte hidroklorik asit, altını kompleks iyon halinde çözer. Bu nedenle altın çözme işleminde hidroklorik asit nitrik asidin karışımından oluşan kral suyu (3 Birim HCL + 1 Birim HNO₃) çok kullanılan reaktif özelliği taşımaktadır (3.1).[8]



Çözücü sistemde, aktif bir oksidan ve ligand oluşturacak iyon varlığında da altın benzer bir şekilde kompleks iyon halinde çözünmektedir (3.2).



Ayrıca altın oksijen ve sülfürle, herhangi bir sıcaklıkta reaksiyona girmeyen tek metaldir. Sadece yüksek sıcaklıklarda tellur ile reaksiyona girmektedir (3.3).



Ergimiş alkali hidroksitler, hava veya diğer oksidasyon maddeleri olmaksızın altını etkilemez. Halojenlerde olduğu gibi altın, bromürlerle de oda sıcaklığında ekzotermik bir reaksiyon vermektedir (3.4).[9]



Bir çok metal ve metaloid ile alaşım yapabilen altın için bu alaşım elementleri içerisinde en önemli olanları periyodik sistemde aynı grupta yer alan Ag, Cu, Ni, Cu, Pd ve daha az sıklıkla Zn Cd Hg'dir. Altının bakır kurşun ve çinkoya afinitesi sırayla artmaktadır. Günümüzde en sık kullanılan alaşım elementleri olan Ag, Cu, Ni, Pd ve Pt'nin kristal kafes yapısı altın ile aynı olup yüzey merkezli kübiktir. Aynı zamanda bu metallerin ve altının koordinasyon sayıları (12) birbirine eşittir. Bu nedenle bu metaller altın ile kolaylıkla alaşım yapabilmektedir. Ayrıca bu metallerin atomik yarıçapları da birbirlerine çok yakındır. Çizelge

3.2’de çeşitli altın alaşımlarına ait ötektik ve peritektik birleşimler verilmektedir.[5]

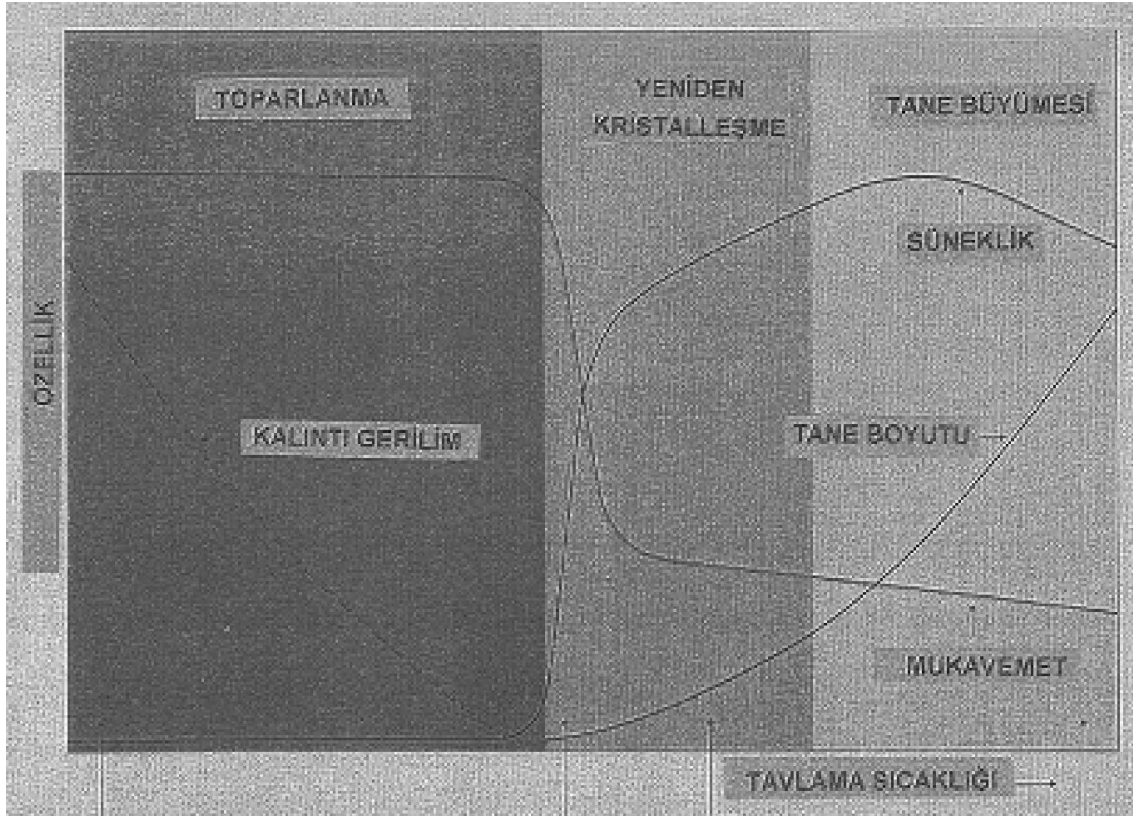
Çizelge 3.2 Çeşitli altın alaşımları [8]

Alaşım	Ötektik °C	İkinci Metalin %’si	Peritektik (°C)	İkinci metal %’si
Au-Bi	241	82		
Au-Cd	625	25		
Au-Co	990	10		
Au-Cr			1160	21
Au-Fe			1168	40
Au-Ge	356	12		
Au-Ni	950	17.5		
Au-Pb	215	85		
Au-Sb	360	24		
Au-Si	370	6		
Au-Zn	642	15		

3.1.3 Altın ve Alaşımlarının Mekanik Özellikleri

Saf altın çok yumuşaktır. Mohs skalasına göre sertliği 2.5, Vickers skalasına göre 40 Hv’dır. Altının yumuşaklığı, şekil verebilme özelliği açısından olumsuz bir özelliktir. Mekanik işlemlerle altının sertliğini artırabiliriz. Haddelenerek tavllanmış saf altının oda sıcaklığındaki çekme mukavemeti 131 μ Pa, elastik modülü 80 Gpa ve şekil değişimi ise %45’tir. Çapı 10 μ m’den küçük telleri soğuk olarak çekmek ve kalınlığı 0.2 μ m olan folyeleri döverek üretmek metaller içinde sadece altın ile mümkündür. Altın yüksek yoğunluğu ile iyi bir ısı ve elektrik iletkenidir. Altın yumuşaklığından ötürü çok yüksek parlatılabilirliğe sahiptir. Altının mekanik işlemlerle sertliğinin artırılması mümkün olsa da, saf altını en iyi sertleştirme yöntemi alaşımlamadır. Alaşımlama sayesinde renkli altın alaşımları elde ederiz. Saf altının tane boyutunu kontrol etmek atmosferik ortamda 305 °C sıcaklığında tavlama ile mümkün olmaktadır. Renkli altın alaşımları, bileşimlerine bağlı olarak 500-700 °C sıcaklıkları arasında tavlama yapılır, tavlama sonrasında yaşlanmayı engellemek amacıyla alaşıma su verilmektedir. İki ve üç fazlı alaşımlarının yaşlandırılması ise 260-315 °C sıcaklık aralığında yapılmakla birlikte alaşımın bileşimine göre 100-425 °C sıcaklıklarında da yaşlandırma yapılabilir. Yaşlandırma süresi 5 dakikayla 2 saat arasında değişmekte artan yaşlandırma süresiyle de sertlik artmaktadır. Daha uzun yaşlandırma süreleri aşırı yaşlanmaya sonuç olarak sertliğin düşmesine neden olmaktadır. Tavlama sıcaklığının artması ve artan sıcaklıkla beraber, kuyumculukta kullanılan altın alaşımları için önemli olan bazı mekanik özelliklerin değişimi Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Isıl işlem uygulamaları altın alaşımlarına genellikle soğuk işlem

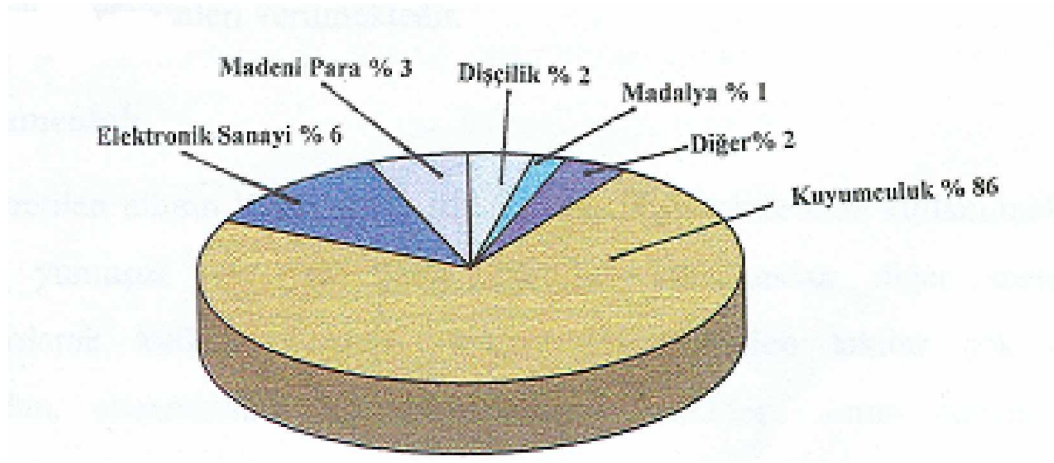
(haddeleme, tel çekme, vb.) sonrasında yapılmaktadır.[10,7]



Şekil 3.1 Artan tavlama sıcaklığı ile değişen altın alaşımlarının mekanik özellikleri [11]

3.2 Altın Kullanım Alanları

Günümüzde altın büyük ölçüde süs ve ziynet eşyası üretiminde kullanılmaktadır. Altının, iyi iletkenlik, korozyona dayanıklılığı gibi özelliklerinin de anlaşılması sonucu yakın geçmişte diğer uygulama alanları oluşmuştur. Bunlar Şekil 3.2’de gösterilmektedir.[13]



Şekil 3.2 Altının kullanım alanları [13]

3.2.1 Para, Madalya ve Külçe

Kralların metali olarak bilinen altın ilk olarak M.Ö. 670 yılında Lidya Kralı Krezus tarafından para basımında kullanılmıştır. İlk olarak kullanılan bu paralarda, yüksek altın içeriğine rağmen kullanılan alaşım elementlerinin farklılıkları 19. yüzyıla kadar (altın paraların ağırlığı ve altın içeriği kanuni olarak düzenlenene kadar) devam etmiştir. Birinci dünya savaşından sonra altın paralara uygulanan kanuni zorunluluklar ortadan kalkınca ve artık hiç bir ülke tarafından da kullanılmaması nedeniyle altın paralara koleksiyoncular tarafından rağbet edilmesini ve yatırım amaçlı kullanımını ortaya çıkarmıştır. İlk olarak külçe altının kullanımı ise özellikle Roma İmparatorluğu dönemindedir. Buna karşılık günümüzde özellikle devlet kurumları ve merkez bankaları tarafından yatırım amaçlı kullanılan altın külçeleri 400 Oz. (yaklaşık 12 kg) ağırlıkta ve % 99.5 altın içermektedir. Ayrıca özel yatırımcılar için ise daha küçük altın külçeleri üretilmektedir. Çizelge 3.3’de son yüzyılda dünya genelinde para üretiminde kullanılan altın bileşimleri verilmektedir.[8]

3.2.2 Kuyumculuk

Dünyada üretilen altının büyük bir kısmı kuyumculuk sektöründe kullanılmaktadır. Saf altın yumuşak ve çok kolay deforme olduğundan diğer metallerle alaşımlaştırılarak kullanılır. Altın alaşımlarından üretilen takılar çok çeşitli olduklarından, alaşımlardan beklenen fiziksel özellikler takının cinsine göre değişmektedir. Altın alaşımlarından bazıları ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.4’de verilmektedir. [6,14]

Çizelge 3.3 Para üretiminde kullanılan alaşımlar[8]

Para	Ülke	Kullanıldığı Zaman	Safiyet	Karat	Ağırlık
20 Mark	Alman Krallığı	1871-1915	900	21.6	7.964
10Mark			900	21.6	3.982
5 Mark			900	21.6	1.991
1 Dukat	Alman Konfederasyonu	1871'e kadar	986,1	23.7	3.490
Kruggerand	Güney Afrika Cum.	1967'ye kadar	916.6	22	33.931
Mable Leaf	Kanada	1979'a kadar	999.9	24	31.103
American Eagle	A.B.D	1986'ya kadar	916.6	22	33.931
Britannia	Büyük Britanya	1987'ye kadar	916.6	22	33.931
Nugget	Avustralya	1987'ye kadar	999.9	24	31.103
Tscherwottez	SSCB	1975'e kadar	900	21.6	8.600

Çizelge 3.4 Kuyumculukta kullanılan altın alaşımları ve fiziksel özellikleri [15]

Renk	Bileşenler						Ergime Sıc.°C	HB	MPa	G/cm ³
	Au	Ag	Cu	Zn	Ni	Pd				
Sarı	917	55	28				1020/995	110	22	17.9
Sarı-Yeşil	750	170	80				930/920	110	46	
Sarı	750	125	125				920/900	110	48	15.4
Beyaz	750	50				200	1280/1272			16.6
Beyaz	750	105	35	1	9	100	1150/1020	69	379	16
Sarı-Yeşil	750	382	33				990/970	118	300	13.7
Açık sarı	585	280	135				870/830		510	16.6
Açık sarı	585	265	150				850/835			13.8
Açık sarı	585	300	115				885/820		590	14
Sarı	585	205	210				835/830		580	13.6
Sarı	585	100	277	38			880/810		440	13.2
Pembe	585	90	325				885/850		550	13.3
Kırmızı	585		415				970/939	75	410	13.2
Beyaz	585	260				155	1027/978	150		13.4
Beyaz	590	285	15	1	9	100	1125/978		414	14.6
Beyaz	590		260	80	70		950/870		510	13
Yeşil-Sarı	333	534	133				870/790	99	410	11
Sarı	333	445	222				820/800	110	470	10.9
Sarı	333	114	431	114	8		950/925	100	442	10.8
Sarı	333	333	334				825/800	115	580	10.9
Pembe	333	200	467				900/800	109	480	10.8
Kırmızı	333	95	572				950/860	99	440	10.7

3.2.3 Elektronik ve İletişim Sektörü

Altının sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özellikler, 1960'lı yıllardan itibaren hızla gelişen elektronik endüstrisi için vazgeçilmez bir metal olmasına neden olmuştur. Enformasyon,

iletişim, askeri ve uzay elektroniğinde kullanımı giderek artan altının oksidasyona ve korozyona karşı çok dirençli olması ve yüksek iletkenlik özelliği, ona mükemmel kontakt malzeme özellikleri sağlamaktadır. Altının mekanik özelliklerinden dövülebilme özelliğinin çok yüksek olması 25 µm çapında çok ince tellerin üretimini mümkün kılmaktadır. Bu ince teller birbirleriyle ve diğer metallerle kolayca kaynaklanabilme özelliğine sahip olduğundan özellikle mikro elektronik devrelerin yüksek hızda çalışması sağlanmaktadır.[6,10]

Günümüzde dünyada her yıl üretilmekte olan yaklaşık 40 milyon adet bilgisayarda altının kullanım oranı gittikçe artmaktadır. Bilgisayarların beyni olarak kabul edilen işlemcilerde yarı iletken ve devrelerin birbirleriyle temasını sağlamak amacıyla % 99.999 saflıkta ince altın teller veya altın kaplamalar kullanılmaktadır. Ayrıca baskı devrelerin üretiminde, seramik bileşenlerin devre bileşenleriyle temasını sağlamak amacıyla da altın, kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Ayrıca yalıtım amaçlı olarak mimaride, astronomide, uzay araçlarında ve uydularda da yaygın bir şekilde folyo halinde altın kullanım söz konusudur.[6,10]

3.2.4 Endüstri ve Havacılık

Altın, günümüzün otomobillerinde artık standart donanım haline gelmiş güvenlik amaçlı hava yastıklarında kullanılmaktadır. Darbe anında altın kaplı kontakt malzeme aktive olarak hava yastığının şişmesini sağlamaktadır. Bir otomobilin ömrü yaklaşık 10 - 15 yıl olduğundan, sıcak, kirli ve yağlı bir ortamda korozyona uğramadan kullanılabilecek tek metal altın olarak tanımlanmaktadır. Havacılık sektöründe özellikle savaş uçaklarının kokpit pencerelerinde, elektrik akımı taşıyarak buğulanmayı önlemek amacıyla çok ince film halinde altın kaplı akrilik kullanılmaktadır.[13]

3.2.5 Dişçilik

Altın, yaklaşık 3000 yıldır kullanılan en eski malzemedir. İlk olarak saf altın tellerin kullanıldığı dişçilik sonraları %10 Cu içerikli altın alaşımları kullanılmıştır. 1900'lü yıllarda platin, altından ucuz olması nedeniyle dişçilikte kullanılmaya başlamış, sonradan fiyatının tekrar artmasına rağmen, özellikle ağız içinde kimyasal stabilitesinin yüksek olması nedeniyle kullanılmaya devam etmiştir.

Dişçilikte kullanılan altın alaşımları, özellikle son yıllarda oldukça önemli bir değişim göstermiştir. 20-25 yıl önce kullanılan altın alaşımları, yaklaşık % 62 - 92 Au+Pt ve % 10'dan daha az Pd içermekteydi. Bu alaşımların en önemli özelliği düşük ergime sıcaklıkları

göstermekle beraber porselen kaplamaya uygun olmamaları en önemli dezavantajlarıydı. Bu nedenle yeni geliştirilen altın alaşımları porselen kaplamaya elverişli alaşımlardan oluşmaktadır. Günümüzde dişçilik uygulamalarında kullanılan alaşımlarını bileşimlerine göre, yüksek altın içerikli alaşımlar, düşük altın içerikli alaşımlar ve gümüş bazlı altın-gümüş-paladyum alaşımları olarak üç grupta toplamak mümkündür.[12]

3.3 Dünyada Altın Üretimi ve Türkiye’de Altın Sektörü

Tabiatta altın, sert kaya parçaları veya alüvyon kumları içerisinde parçalar halinde bulunmaktadır. Cevherden altın üretimi, Güney Afrika, Avustralya ve Ural Dağlarında derin madenlerde yapılan kazılar sonucu üretilmektedir. Yeryüzünde bulunan altın parçacıklarını aramak daha çok hobi özelliği taşımaktadır. Bu şekildeki aramalar California, Alaska, Fransa, Finlandiya ve Amazonlardan nehir kenarlarında yapılmaktadır. İtalya’da ise sarı maden Po vadisinden geçen Orco, Dora Belta, Tişino gibi nehirlerin altında yatmaktadır. 1886’dan beri Güney Afrika dünyanın bir numaralı altın üreticisi olup batı ülkelerinde mevcut olan altınların % 50’sini üretmiştir. Güney Afrika’da en gelişmiş madencilik yöntemleri kullanılmaktadır. Bazı maden kuyuları 3 km’den daha derindir. Altın üreticisi ülkelerin yıllık altın üretim miktarları Çizelge 3.5’de verilmiştir.[17]

Çizelge 3.5 Altın üreticisi ülkelerin yıllık altın üretim miktarları [15]

Ülke	Miktar (ton/yıl)
Güney Afrika	601.1
Amerika	300
Eski Rusya	250
Avustralya	240
Kanada	180
Cin	100
Brezilya	80
Yeni Gine	60
Şili	40
Kolombiya	40

Büyük uygarlıkların merkezi olan Anadolu’da yaşamış olan Hititler, Urartular, İyonyalılar, Lidyalılar, Romalılar, Selçuklar ve Osmanlılar dini ve sanatsal amaçlarla oluşturdukları kendilerine özgü takı stilleri ile Türkiye’nin çok büyük bir takı kültürüne sahip olmasını sağlamıştır. Osmanlı İmparatorluğu’nda Anadolu, özellikle Kanuni Sultan Süleyman ve daha sonraki dönemlerde dünyanın en önemli takı ve mücevher merkezlerinden biri olmuştur.

Günümüzde Türk takı endüstrisi, özellikle 1900'lı yıllardan sonra büyük bir gelişim içine girmiştir. Geçmiş yıllarda kopya ağırlıklı çalışan sektör, günümüzde zengin kültürel birikiminden faydalanarak oluşturduğu kendine özgü çizgileri ve yüksek kalitesi ile kendine Avrupa Pazarında önemli bir yer edinmiştir. Bu gelişme sonucu Türkiye altın ithalatçısı bir ülke konumundan, altın takı ihraç eden önemli bir ülke konumuna gelmiştir. Ayrıca son 10 yıllık dönem içerisinde altın ithalatının serbest bırakılması, İstanbul Altın Borsası'nın kurulması ve altın rafinerisinin yapılmaya başlaması sektörün gelişmesinde itici güç olmuştur. 1990 öncesi 80 ton olan altın ithalatının tamamına yakını yurt içinde tüketilmekteyken, bu yıl yaklaşık 200 ton altın ithalatının ise yarısından çoğunun ihracat ve turizm yoluyla satılması planlanmaktadır.

1990 öncesi sadece birkaç firma tarafından yapılan ve 1 tonu bile bulamayan altın ihracatı, geçen yıl yaklaşık 100 firmanın yaptığı ihracatla 80 tona çıkmıştır. Bu yıl hedeflenen altın ihracatı 150 ton olup, gerçekleşmesi durumunda sektörün döviz getirisi bir milyar dolardan iki milyar dolara çıkması beklenmektedir. En çok ihracat yapılan ülkeler sıralamasında ise; Almanya, A.B.D ve Japonya başta gelmektedir. Turistlere satılan altın miktarı ise 5 tondan 65 tona çıkmış durumdadır. Altın takı tüketimi açısından dünya sıralamasında yıllara göre 5'lik 7'lik arasında olan Türkiye takı üretimi açısından 4'lük ve 6'lık arasında yer almaktadır.

Yaşanan tüm gelişmeler, sektörde istihdam artışını da beraberinde getirmektedir. 90'lı yıllara kadar küçük atölyelerde üretim yapan altın sektöründe 70000 kişi istihdam edilirken, günümüzde 250000 kişi istihdam edilebilir duruma gelinmiştir.[17]

3.4 Altın Alaşımları

Altının en önemli tüketim alanı kuyumculuk sektörü olduğundan altın alaşımları da bu sektörde oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu alaşımların safiyetinin gümüşte olduğu gibi, 1000'lik sistemle tanımlanması oldukça yaygın bir uygulamadır. Bu uygulamada altın safiyeti 1000 olarak kabul edilmektedir. 1973 yılında İngiltere'de Resmi Ayar Dairesi tarafından dört yasal standart belirlenmiştir. Bunlar 916.6 safiyet (22 karat), 750 safiyet (18 karat), 585 safiyet (14 karat) ve 375 safiyet (9 karat) değerleridir (Çizelge 3.6).

Bu değerleri tanımlarken karat sistemi kullanılmıştır. Karat Arapça kökenli bir kelime olup, harup (keçiboynuzu) ağacının tohumu anlamına gelen kırat kelimesinden gelmektedir. Bu ağacın tohumlarının benzer boyutta ve ağırlıkta olmaları, Afrikalı ve Arap tacirler tarafından yıllarca ölçü birimi olarak kullanılmalarına neden olmuştur.

Çizelge 3.6 Karatlarına göre altın alaşımlarının safiyeti [17]

Karat	Saflık	Altın (%)
24	100	100
22	916.6	91.6
20	833.3	83.33
18	750	75.0
15	622	62.2
14	585	58.5
12	500	50.0
10	416	41.6
9	375	37.5
8	333	33.3

O yıllarda bir altın para (birim), 24 karat (tohum) ağırlığında oluşmaktadır. Günümüzde ise karat altının saflığını belirlemede kullanılmaktadır. Değerli taşlarla uğraşan bilim dalında (Gemmology) ise bir metrik karat, 0.2g değerli taş olarak standardize edilmiştir. Mücevher yapımında Avrupa’da en çok kullanılan altın alaşımları 18 ve 14 karat olup, İngiltere’de 9 karat altın alaşımları da oldukça popülerdir. Buna karşın Uzakdoğu, Hindistan ve komşu ülkelerde 21-22 karatlık altın takılar tercih edilmektedir. Çizelge 3.7’ de 1993 - 2005 yılları arasındaki dünyadaki altın tüketimi ve ortalama fiyatı verilmektedir. Altın, doğu kültüründe tarih boyunca süsleme ve ziynet eşyası olarak kullanılmışken, batı kültürlerinde zamanla değişen politik ve ekonomik koşullar karşında kolaylıkla ticari yatırıma dönüştürülebilmesinden dolayı stok amaçlı kullanılmıştır. Bu farklılık, doğu ve batıda kullanılan altının karatına yansımış ve doğuda yüksek karatlı altın alaşımlarının, batıda ise düşük–orta karatlı altın alaşımlarının kullanılmasına neden olmuştur. Genellikle Çin ve Güney Doğu Asya ülkelerinde tüketilen 24 karat altın 99.5 ve daha yüksek safiyettedir. Bu bölgede dünya altın tüketiminin yaklaşık %15’i (>400 ton) kullanılmakta ve gelişen Çin ekonomisiyle bu oran giderek artmaktadır. 22 karat altın alaşımlarının Hindistan’da oldukça popüler olması, nüfusu ile orantılı olarak bu ülkenin en büyük tüketici olmasını da beraberinde getirmektedir.[18]

3.4.1 Renkli Altın Alaşımları

Altının rengi, sertliği ve korozyon direnci yüzyıllar boyunca kullanılan Au-Ag-Cu sisteminin değişik oranlarda uygulanmasıyla modife edilmiştir. Renkli altın alaşımları temel olarak Au-Ag-Cu üçlü sisteminden oluşmaktadır. Düşük karatlı alaşımlarda kullanılan diğer alaşım elementi ise çinko (Zn) dur. Au-Ag-Cu alaşımının renk tonu bileşimde ki metal oranına bağlı olarak çok değişken olmakla beraber temel renk bölgeleri de mevcuttur. Şekil 3.3’de verilen

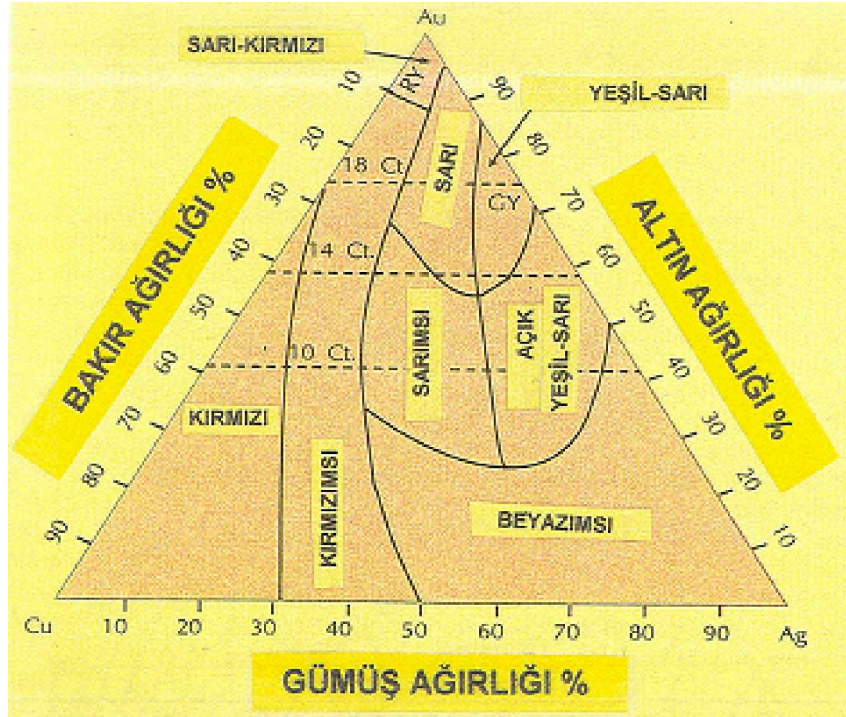
üçlü diyagramın altın köşesindeki küçük bir alan saf altının kırmızı-sarı rengine ve üçlü diyagramın Ag-Cu kenarına paralel olarak çizilmiş kesikli çizgiler altın alaşımlarının karatlarını göstermektedir.

Çizelge 3.7 1993-2005 Yılları arasında ülkeler bazında altın tüketimi (ton) [17]

Altın Fiyatı	1993	1994	1995	1996	1997	1998	2000	2005
	359.2	384.1	384.1	387.9	331.3	294.1	278.6	285
Hindistan	405.4	415.0	477.2	507.8	736.7	815.0	838.8	791.2
Pakistan	37.3	37.2	43.2	53.7	81.8	98.2	121.8	13.6
Doğu Asya	420.0	433.8	427.3	374.4	406.9	314.6	343.4	363.2
Çin	223.0	224.8	223.9	210.7	213.8	191.6	205.0	226.0
Tayvan	160.6	162.0	160.2	123.3	142.1	91.2	109.7	110.0
Hong Kong	36.4	47.5	43.2	40.4	51.0	31.8	28.7	27.2
Japonya	219.6	242.1	272.1	152.2	107.1	110.4	121.8	88.0
G.Kore	90.0	106.0	121.0	125.5	114.4	162.5	118.5	120.0
Güney D.Asya	250.8	304.7	324.7	329.9	204.0	51.5	265.5	289.6
Tayland	96.0	124.0	116.0	106.0	14.0	19.0	48.0	86.00
Singapur	21.4	23.9	24.1	20.0	22.4	14.1	11.0	12.0
Malezya	22.4	24.8	29.6	33.6	30.1	14.4	17.5	17.2
Endonezya	80.0	97.0	119.0	129.0	92.5	40.0	136.0	110.4
Vietnam	31.0	35.0	36.0	41.0	45.0	44.0	53.0	64.0
Suudi Arabistan	200.0	174.0	193.1	184.9	199.0	208.4	199.4	262.0
Mısır	56.2	63.2	67.0	75.7	97.6	104.4	124.8	119.6
Basra Körfezi Ülkeleri	82.3	87.6	104.6	118.0	142.1	144.2	144.7	174.0
B.A.E	32.7	33.2	39.2	52.6	71.6	79.4	79.7	111.2
Kuveyt	20.0	24.9	35.1	34.7	35.4	33.0	31.6	27.2
Bahreyn	7.2	7.4	7.8	8.9	10.6	10.5	10.1	11.2
Umman	16.1	16.5	16.5	16.5	17.8	15.3	16.1	17.6
Katar	6.0	5.9	6.1	6.2	6.8	6.0	7.2	6.8
Türkiye	159.9	80.8	130.4	153.0	202	172.0	139.0	200.0
Güney Amerika	94.0	97.0	85.0	100.0	107.0	119.0	126.6	88.0
Brezilya	52.0	50.0	54.0	59.0	58.0	64.0	57.0	40.0
Meksika	42.0	47.0	31.0	41.0	49.0	55.0	69.6	48.0
Avrupa	294.5	279.3	295.2	273.0	293.0	308.6	276.0	219.2
İtalya	125.0	116.1	110.0	105.3	110.8	112.2	94.7	54.8
Fransa	45.2	44.4	50.4	47.5	49.4	59.4	61.6	58.8
Almanya	85.7	77.7	57.0	54.2	52.2	52.3	51.5	44.0
İngiltere	38.6	41.1	46.2	47.1	58.8	66.8	62.2	56.0
A.B.D	295.5	300.6	314.7	331.7	362.0	428.4	459.7	352.4
Toplam	2605.4	2591.6	2864.5	2779.5	3053.6	2712.1	3280.0	3180.8

Bu bölgenin hemen yanındaki kırmızımsı bölge, dar bir şerit halinde Cu-Ag kenarına kadar uzanmaktadır. Kırmızımsı bölgenin rengi düşen altın içeriğiyle birlikte solardan, bakırın bulunduğu köşeye doğru koyu kırmızı renkli alaşımlar bulunmaktadır. Sarı ve sarı-yeşil

tonların hakim olduğu alaşımlarda bakıra oranla gümüş içeriği önem kazanmaktadır. Buna karşılık %50'den fazla gümüş içeren alaşımlar beyazımsıdan beyaza kadar uzanan renk dağılımına sahiptirler. [19]



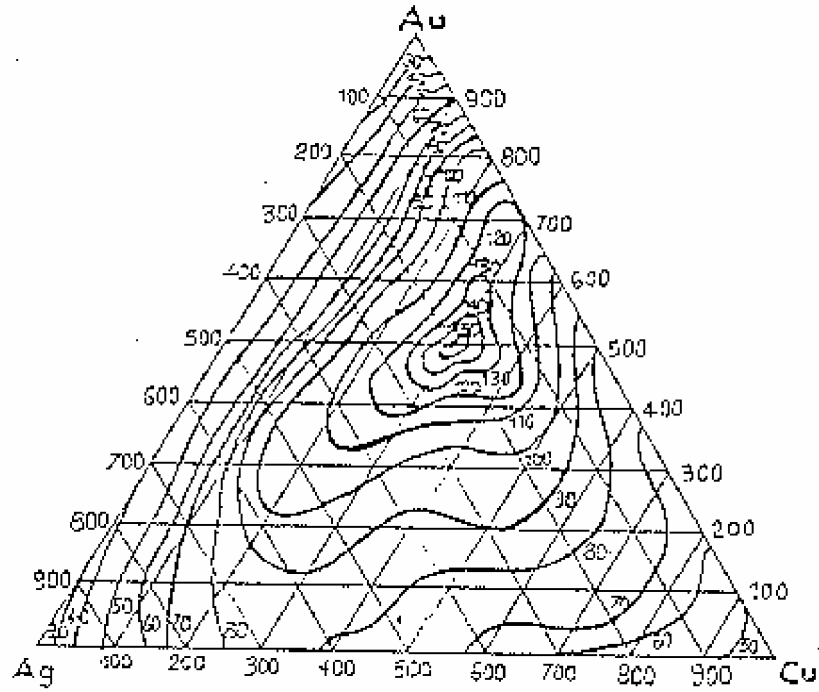
Şekil 3.3 Au-Ag-Cu denge diyagramında alaşım elementlerinin cinsine ve miktarına bağlı olarak altın alaşım renklerinin değişimi [19]

Avrupa'da kullanılan ticari bazı altın alaşımlarının renk tanımları Çizelge 3.8'de verilmektedir.

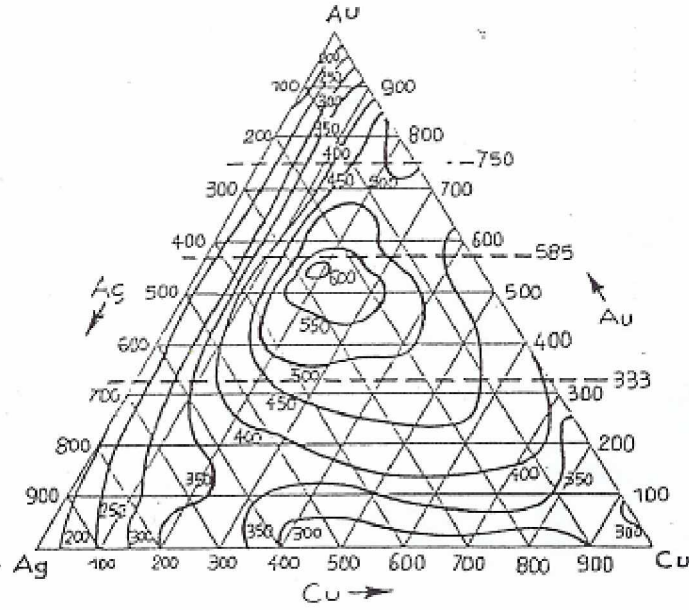
Mücevher üretiminde yaygın olarak soğuk şekil verme (haddeleme, tel, çekme gibi) alaşımların sertlik özellikleri önemlidir. Au-Ag-Cu üçlü sisteminde, bileşenlerin yüzdelere bağlı olarak sertlikleri değişmektedir (Şekil 3.4). Ag-Au-Cu üçlü sisteminde bileşen oranlarına bağlı olarak MPa cinsinden çekme mukavemeti, sertliğe benzer davranış göstermektedir (Şekil 3.5).

Çizelge 3.8 Ticari alaşımların renk tanımları [15]

Sembol	Renk	Kimyasal bileşim (%)						Ayar
		Au	Ag	Cu	Zn	Ni	Pb	
0N	Yeşil-Sarı	58.5	34	7.5				14
1N	Açık Sarı	75	19	6				18
		58.5	30	11.5				14
		58.5	26	15.5				14
2N	Açık Sarı	75	16	9				18
3N	Sarı	91.7	5.5	2.8				22
		75	12.5	12.5				18
		58.5	20.5	21				14
		37.5	10	45	7.5			9
	Koyu sarı	91.7	3.2	5.1				22
4N	Pembe	75	9	16				18
		58.5	9	32.5				14
8N	Beyaz	75	10.5	3.5	0.1	0.9	10	18
		75		11		14		18
		59		24	7	10		14
		59		26	8	7		14
		59	28.5	1.5	0.1	0.9	10	14



Şekil 3.4 Ag-Au-Cu üçlü sisteminde sertlik özelliğinin bileşen oranlarına bağlı olarak değişimi [15]



Şekil 3.5 Ag-Au-Cu üçlü sistemde çekme mukavemetinin bileşen oranlarına bağlı olarak değişimi [15]

3.4.2 Diğer Renkli Altın Alaşımları

Altın alaşımları farklı metallerle oluşturulabilir. Fakat bu alaşımlardan çok azı mekanik özellikler bakımından olumlu özellik göstermektedir. Bu alaşımlar daha çok renk özellikleri için kullanılabilir.

Au-Al: Eğer alüminyum miktarı binde birkaç seviyelerinde ise alaşım işlenebilir, özelliğe sahiptir. Fazla miktardaki alüminyum kırılganlığını artırır.

Au-Co: Açık mavi renkte alaşımdır.

Au-Mn, Au-Pb, Au-Bi, Au-Sb, Au-Te, Au-Pt, Au-Pd:

Mangan, kurşun, kalay bizmut, antimon ve tellür altınla temasa girdiklerinde, altın kırılkan bir özelliğe sahip olur. Kurşun işlenebilirliği azaltan ve kırılkanlığı arttıran en zararlı elementtir. Bu alaşımlar beyaz renklidir.

Au-Ag: Yumuşak haddelenebilir bir alaşım oluştururlar, binde 50 gümüş ilavesiyle sarı altın, yeşil renk alır. Daha fazla gümüş ilavesiyle (450Ag-550 Au) beyaz renk elde edilir. Au-Fe: Demir ile binde 750 Au veya 500 Au birleşmesiyle alaşım menekşe rengini alır. Eğer alaşımdaki altının oranı binde 850 Au ise alaşım gri renktedir. 850 Au-90 Ag-60 Fe alaşımının rengi gri ve kahverengi karışımıdır. En eski menekşe rengindeki altın alaşımı (750 Au – 250 Fe) eski Mısır firavunu Tutankamon'un mezarında kullanılmıştır.

Au-Cu: Bakır, altına sertlik ve çekme mukavemeti kazandırır. Bakırın sadece binde 10'u bile alaşımanın mukavemetini arttırmaya yeterlidir. Zamanla yaşlanma sebebiyle sertlik daha da artabilir. Bakır yüzdesinin fazla olması alaşıma kırmızı renk verir.[12]

3.5 Alaşım Elementleri ve Etkileri

Özellikle kuyumculukta ana alaşım elementleri olan altın, gümüş ve bakırın yanı sıra, fiziksel ve mekaniksel özellikleri geliştirmek amacıyla diğer alaşım ve katkı elementleri kullanılır. Bununla beraber üretim kademelerinde alaşıma karışmış bazı safsızlıklarında, etkileri görülmektedir.

Bu alaşım ve katkı elementleri; Pd, Sn, Ni, Cr, Fe, Ti, Co, Cd, Bi, Rh ve Se olup yeni araştırmalarda bunlara ilaveten Ru, In, Mo, B ve P gibi elementlerin etkileri incelenmektedir. Çizelge 3.9'da alaşım elementlerinin altın alaşımlarındaki etkileri gösterilmektedir. [20]

Çizelge 3.9 Altın alaşımlarında bazı katı ve empürite elementlerinin etkileri [21]

Element	Tane Küçültücü	Tane Büyütücü	Döküm Özelliğini Geliştirici	Gevrekleştirici	Sertliği Artırıcı	Deoksidan
İridyum	A			I		
Rutenyum	A					
Silisyum		A	A	I		A
Kobalt	A				A	
Çinko			A			A
Kurşun				I		
Baryum	A					
Titanyum					A	
Kalsiyum	A				A	
Nadir Toprak Elementleri	A			I	A	
Galyum				I	A	
Bizmut	A					
Demir		A				
Bor	A		A			A
Fosfor				I		A

A: Bilinçli olarak ilave edilen elementler

I: Empürite olarak bulunan elementler

3.5.1 Sertlik

Saf altında, bütün atomlar birbirleriyle aynı büyüklükte olduğundan kristal kafes düzenli ve düz kristal katmanlardan oluşmaktadır. Altın alaşımlarında, kristal kafeste bulunan altın atomları alaşım elementleri olan gümüş, çinko, bakır gibi elementlerin atomları ile rast gele yer değiştirmektedir. Farklı metallerin atomları farklı boyutlarda olacağından, bu atomlar kristal kafes yapısında distorsiyona, sonuç olarak kristal düzlemlerinin daha sert olmasına neden olmaktadır. Kristal düzlemlerinin defarmosyonu, bu düzlemlerin birbirleri üzerinde kayması sonucu gerçekleştiğinden, kristal kafeste olacak herhangi bir çarpılma, bu tabakaların birbirleri üzerinde kaymaları için gerekli kuvveti arttırmaktadır. Gümüş atomları, altın atomlarından büyük iken bakır atomları altın atomlarından yaklaşık olarak % 12 daha küçüktür. Bu nedenle bakır, altının sertliğinin artırılmasında gümüşten daha etkili bir elementtir. Genelde alaşım elementleri ne kadar çoksa, gösterdikleri sertleştirme etkisi o kadar fazla olmaktadır. Bu nedenle 22 karat altın alaşımları saf altından daha serttirler ve karat düştükçe sertlikte artmaktadır. Az miktarda paladyum ve bakır içeren alaşımlarda çinko oldukça etkili bir sertleştiricidir. Paladyum içeren alaşımlarda ise germanyum iyi bir sertleştirici elementtir. Au-Ag-Cu sisteminde, %15'e kadar paladyum ilavesinin sertliğe etkisi azdır. Bakır ilavesinin ise, miktara bağlı olarak sertliği sürekli arttığı bilinmektedir. 14 karat alaşımlarda % 0.2-0.5 kobalt ilavesi sertliği 100 HV'in üzerine çıkarmaktadır. Sonuç olarak Au-Ag alaşımında sertlik bir veya birkaç metalin kombine kullanılması sonucu artırılabilir. [21]

3.5.2 İşlenebilirlik

Genel olarak altın alaşımlarının işlenebilirliği sertlikle ters orantılı olup, % 2-3 çinko, paladyum, bakır ve germanyum ilavesi bu alaşımların işlenebilirliğini sınırlandırıcı etki gösterirken % 2'ye kadar varan germanyum ilavesi ise soğuk işlem kabiliyetini düşürmektedir. Paladyum ve bakırın ise özellikle düşük karatlı alaşımlarda %10'a kadar ilavesinin herhangi bir olumsuz etkisine rastlanılmamaktadır. Küçük miktardaki demir ilavesinin de işlenebilirliğe zararlı bir etkisinin olmadığı literatürde belirtilmektedir. [22,23]

3.5.3 Renk

Au-Ag-Cu sisteminde geniş bir kullanım alanı bulan çinko özellikle renk açmak, (kırmızımsı alaşımları sarı yapmak) sertliği düşürmek, lehimin ergime sıcaklığını azaltmak ve deoksidan amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Altın alaşımlarında %3'e kadar çinko ve germanyum ilavesi Kromayı (Cielab'ta Beyazlık Birimi) düşürmektedir. Bununla beraber bazı çinko ve germanyum katkılı alaşımların kroması özellikle beyaz altın alaşımları için tercih edilen değer olan 9 ve daha düşük seviyelerdir. % 10-15 Paladyum oldukça etkili bir beyazlaştırıcı iken, % 4'e varan demir ilavelerinin renk üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı bilinmektedir. Buna karşılık bakır ise % 2-5 oranlarından fazla kullanıldığında alaşımların rengini değiştiren oldukça kuvvetli bir renklendirici elementtir. Ayrıca düşük karatlı alaşımlarda paladyumla beraber % 5-12 indiyum ilavesi korozyon nedeniyle rengin kararmasını da önlemektedir. [23,24,25]

3.5.4 Ergime Sıcaklığı

Çinko, germanyum ve bakır, altın alaşımlarının ergime sıcaklığını düşürücü etki gösteren en önemli elementler arasında yer almaktadır. Ergime sıcaklığı 980 °C ve daha altında olan alaşımlar, hassas döküm için oldukça ideal bir kullanım sunarlar. % 5'e kadar paladyum ilavesinin alaşımların ergime sıcaklığına önemli bir etkisi olmamasına rağmen % 10-15 Pd ilavesi alaşımların ergime sıcaklığını önemli bir oranda artırmaktadır. Diğer bir alaşım elementi olan demir ilavesi ise ergime sıcaklığını çok az düşürücü etki göstermektedir.[22,23]

3.5.5 Tane Boyutu

Özellikle zincir üretimi gibi plastik deformasyonun yoğun olduğu takı çeşitlerinde tane boyutunun önemi büyüktür. Küçük taneli yapılar aynı zaman da işlenebilirliği ve döküm özelliklerini de iyileştirmektedir. Çok ince taneli yapılar ağırlıkça % 0.005-0.05 Re ilavesiyle üretilebilmektedir. Renyum, alaşıma % 10'luk renyum-nikel ön alaşımı kullanılarak ilave edilmektedir. Ayrıca baryum ve zirkonyum da altın alaşımları için oldukça etkili tane küçültücüdürler. Ancak bu metallerin oksijenle veya potayla reaksiyona girmeleri kolay olduğundan alaşımdaki konsantrasyonlarının kontrolü zordur.

Özellikle dişçilikte kullanılan Au-Ag-Cu alaşımlarının tane boyutunu küçültmek için çok düşük miktarlarda iridyum ya da rutenyumla beraber rodyum kullanılmaktadır. Kuyumculukta ise tane büyüme hızını düşürmek için düşük oranda kobalt ve demir kullanımı da tercih edilmektedir. Tane küçültücü etkisi olmasına rağmen, düşük gümüşlü alaşımlarda yüksek çözünürlüğe sahip olan nikel, alaşımların rengini beyazlaştırmının yanında sertliği de artırmaktadır. [26]

3.5.6 Döküm Özellikleri

Kuyumculukta takı üretimi kayıp-mum tekniği kullanılarak hassas döküm ile yapılmaktadır. Bu nedenle kullanılan altın alaşımlarının ergime sıcaklıklarının 1100 °C' yi geçmemesi gerekmektedir. Döküm sırasında ve sonrasında Al ve Si yüzeyin oksidasyona karşı direncini artılarından deoksidan olarak kullanım bulmaktadır. [27]

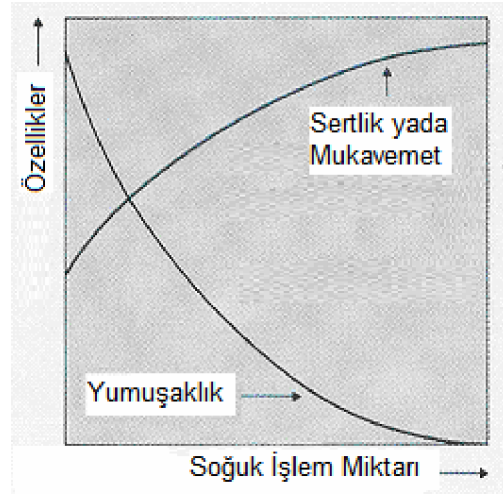
4. ALTIN ALAŞIMLARINDA ISIL İŞLEMİN ÖNLEMİ

4.1 Tavlama ve Isıl İşlem

Tavlama ve ısıtma işlemi, altın takı yapımında, altın alaşımlara, kısmen bitmiş bileşenlere ya da son halini almış altın takı parçalarına, ortamın sıcaklığı üzerinde belirlenmiş bir sıcaklığın belirli bir süre boyunca uygulandığı ve daha sonra spesifik soğutma koşullarında ortam sıcaklığına kadar soğutuldukları işlemlerdir. Bu tür uygulamaların amacı, sonraki mekanik işlemlerin çatlama ya da vaktinden önce bozulma riski olmaksızın gerçekleştirilmesi ya da altın takının aşınma direncinin artırılması ya da gerilim korozyon çatlama eğiliminin azaltılmasıyla kullanım özelliklerinin en iyi duruma getirilmesini sağlayacak şekilde mekanik özelliklerinin yumuşaklık kazanacak hale getirilerek düzeltilmesidir. Metaller ya da alaşımlar, soğuk işlendiklerinde, işleme sertleşmesi kazanmış hale gelirler. Soğuk işleme düzeyi arttıkça mukavemet ve sertlik artar, aynı zamanda süren yumuşaklık ve dövülgenlik özelliği azalır (Şekil 4.1). Soğuk işlem oranı aşırı düzeydeyse, artık yumuşaklık sıfıra düştüğünden çatlama ve kırılma meydana gelir. Saf altın, içerisinden ışığın geçebileceği kadar ince olacak kadar haddelenip dövülerek altın levha haline getirilebilir ya da yumuşaklığın son derece yüksek olduğu saf bir noktaya çekilebilir. Karat altın alaşımların yumuşaklığı, saf altından daha düşük olmakla birlikte genellikle iyi düzeydedir. Diğer taraftan “yaşlandırmayla sertleştirme” yada “çökeltmeyle sertleştirme” adı verilen düşük sıcaklıkta ısıtma işlemi tabi tutularak bazı karat altın alaşımların mukavemet ve sertlik gibi mekanik özellikleri, alaşımların mikro yapısına değişiklik getirilmesiyle artırılabilir. Bu olgudan yararlanmak için, ayar altın alaşımların metalürjisinin anlaşılmasında yarar vardır.[28]

4.2 Tam Tavlama

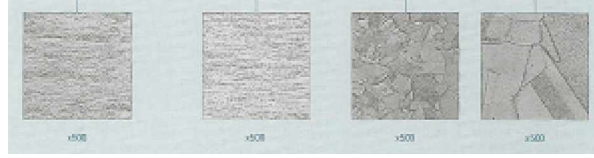
Haddeleme, çekme, dövme, metal levha oluşturma, vb. işlemleri sırasında alaşımlar büyük oranda soğuk işleme tabi tutulduklarında, aşırı işlemeden ötürü çatlama ve kırılma oluşmasının önlenmesi için yapım sırasında alaşımların yeniden yumuşaklığına kavuşturulması gerekir. Yumuşaklığın yeniden kazanılması işlemine, bu işlemin gerilim giderme tavlamasından ve su verilerek yapılan tavlamadan ayırt edilmesi için tavlama ya da baskı deyişle, tam tavlama adı verilir. Başlangıçta, işleme sertleşmesi sonucunda mukavemet ve sertlik yüksek, yumuşaklık düşük düzeydedir. Nispeten düşük sıcaklıklarda tavlama, bu özellikleri pek etkilemez. Bununla birlikte, tavlama sıcaklığı yeterince yükseltirirse, mukavemet ve sertlik çok daha düşük bir düzeye inecek ve yumuşaklık yüksek bir düzeye



Şekil 4.1 Soğuk işlemenin, metal ve alaşımların dayanıklılığı ve yumuşaklığı üzerindeki etkisi.[29]

çıkarılacaktır. Yüksek sıcaklıklarda tavlama, mukavemetin ve sertliğin biraz daha azalmasına neden olur ve yumuşaklık tepe değere kadar yükselir, sıcaklığın erime aralığına yaklaşmasıyla da azalır. Soğuk işleme ve tavlama işlemlerinden etkilenen bir diğer önemli özellik de, tane büyüklüğüdür. Dökümde ya da önceden tavlanan koşullardaki metal alaşımlar, düzenli bir sırada metal atomların birleştiği kristal ya da tanelerden oluşmuş bir polikristalin mikro yapısına sahiptir. Tane büyüklüğü ortalama kristal büyüklüğüdür ve bu büyüklük, birkaç mikrometreden ender olarak birkaç milimetreye kadar değişebilir. İşlemenin etkisi, taneleri, metal akışı yönünde düzleştirilecek ve uzatacak şekildedir. Fazlasıyla soğuk işleme sonucunda, mikro-yapı, yapı itibariyle lifli hale gelir ve tane büyüklüğünün ölçülmesi neredeyse imkânsızdır. Tam tavlama, lifli yapıdan çekirdeklenme ve büyüme işlemi yoluyla yeni tanelerin oluşmasına neden olur.[29,30] Buna yeniden kristalleşme denir ve daima tam tavlama ile birlikte meydana gelir. Şekil 4.2’de tam tavlanan alaşımın tane büyüklüğünün başlangıçta küçük olduğu, ancak daha sonra tavlama sıcaklığı arttıkça, yüksek sıcaklıklarda oldukça hızlı olmak üzere tane büyüklüğünün de arttığı görülmektedir. Uygulamada, iri tanelerden bir tasarım özelliği oluşturulması mümkündür, ancak genellikle iri tanelerden kaçınılmalıdır. Tam tavlama için doğru koşullar aşağıdaki faktörlere göre değişir;

- Tavlama sıcaklığı
- Tavlama süresi
- Ön soğuk işlem oranı
- Alaşım Bileşimi
- İşlemeden önceki tane büyüklüğü



Şekil 4.2 Tavlama sıcaklığının tane yapısı üzerindeki etkileri

Sıcaklık ve süre birbirleriyle ilişkilidir, sıcaklık yükseldikçe aynı tane yapısına ve mukavemet sertlik ve yumuşaklık düzeyine ulaşılma süresi de kısalmır. Şalumoyla tavlama, fırında tavlama ya kıyasla daha kısa sürede (ve hassas kontrol düzeyi daha düşüktür) daha yüksek sıcaklıkta gerçekleşir.[30] İdeal olarak, tavlama metal yada alaşımın optimum mukavemet, sertlik ve yumuşaklık düzeyine ulaşması için, yeniden kristalleşme tane büyüklüğü küçük olmalıdır. Bu nedenle, altın alaşım veri formlarında, optimum soğuk işleme için % 50-70'lik tavlama önerilmektedir. Bazı alaşımların işlenmesi zordur, daha sık tavlama gerekebilir. Soğuk işleme oranının, haddeleme ve çekme gibi işlemlerle belirlenmesi kolaydır. Levha ve şerit haddelemede, soğuk işleme oranı (CW), kalınlıkta yüzde olarak gösterilen azalmaz.

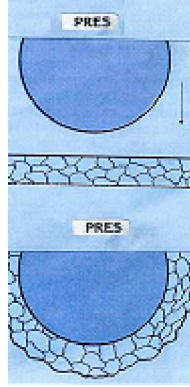
$$CW\% = \frac{\text{ilk kalınlık (t}_0\text{)} - \text{son kalınlık (t}_1\text{)}}{\text{ilk kalınlık (t}_0\text{)}} \times 100$$

Çubuk haddeleme ve tel çekme, CW % kesit alanındaki azalmaz.

$$CW\% = \frac{\text{ilk kalınlık (}\pi r^2\text{)} - \text{son kalınlık (}\pi r_0^2\text{)}}{\text{ilk alan (}\pi r^2\text{)}} \times 100$$

Bu formülde ($\pi=3.142$ ve r =çubuk yada telin yarıçapıdır). Kalıp presleme ya da el yapımı işlemlerde soğuk işleme oranının belirlenmesi kolay değildir ve bu oran, bir bileşenden bir noktadan diğerine değişebilmektedir; tavlamanın ne zaman gerekli olduğu deneyimle öğrenilmelidir. Aşırı işlemeden ötürü başlangıç çatlağı riskini almaktansa, geç değilse erken tavlama daha iyidir; çünkü tavlama bu tür bir zarar onarılamaz. Tavlama, aşırı yüksek sıcaklıklarda yapılırsa, tane büyümesi, portakal kabuğu etkisi olarak bilinen bir soruna yol açacak şekilde tane büyüklüğünün fazlasıyla iri olmasına neden olabilir. Tavlama metal işlendiğinde, her bir tane ya da kristalin şekli, kendisine bitişik tane ya da kristallerden farklı hale gelerek biraz bozulur.[30,31] Bu durum küçük tanelerde açıkça görülmez, ama tane büyük olduğunda bükülmüş zincir bağlantılarında ve bu bağlantıların dış yüzeylerinde portakal kabuğu yüzeyini andıran belirgin şekilde buruşuk bir yüzey görülebilir (Şekil 4.3). Özellikle 14 ayar altın alaşımların bazıları bu etkiyi göstermeye daha yatkındır. Çizelge 4.1'de 30 dakika boyunca fırında tavlama sırasında ayar altın alaşımlar için önerilen tavlama sıcaklıkları görülmektedir. Şalümo kullanıldığında, sıcaklık renginin, yani, ısının kızılık derecesinin, bakılarak değerlendirilmesiyle çok daha kısa bir süre için tavlama sıcaklığına

karar verilir. Tavlama sıcaklığına dair verilecek kararın pencereden gelen ışıktan ve flüoresan ışıkları, vb, den büyük oranda etkileneceğinden bu değerlendirmenin karanlık bir ortamda yada en azından sabit aydınlatma koşullarında yapılması önemlidir.



Şekil 4.3 Portakal kabuğu etkisi [32]

Çizelge 4.1 Ayar altın alaşımlar için tavlama sıcaklıkları [33]

Alaşım	Tavlama Sıcaklığı °C	Sıcaklık Rengi
Saf Altın	200	Siyah Isı
990 Altın	900	
18.2 1.22 ct Altın	650	Çok koyu kırmızı
Paladyum Beyaz Altın	650-700	Vişne rengi
Nikel Beyaz Altın	750t	Vişne rengi

18 ve daha düşük ayar renkli altın alaşımlar, tam tavlamadan sonra kendi yumuşak (sünek) durumlarını yeniden kazanırlar, bunların soğutulması gerekir, yani, tavlama sıcaklığından soğuk suya hızla batırılarak hızla soğutulurlar. Tavlamadan sonra yavaş soğutma, sertleşme ve yumuşaklık kaybına yol açacak başka mikro yapı değişikliklerine de neden olabilir. Bu değişiklikler, bazı ayar altın alaşımların dayanıklı hale getirilmesi amacıyla tasarlanan ısı uygulamalarına temel oluşturabilir. Bozulmaya hatta çatlamaya yol açabileceğinden tavlama sıcaklığındaki nikel-beyaz altınlara ani soğutma işlemi uygulanmamalıdır. Bununla birlikte alaşım içerisindeki mikro yapısal değişikliklerden ötürü beyazlığın biraz kaybolmasına yol açabileceğinden yavaş soğutma da uygulanmamalıdır. Alaşımların demir bir levha üzerine yerleştirilmesi ve direkt hava akımıyla tavlama sıcaklığının soğutulması önerilir.[30,32]

t-Nikel beyazı altın, tam tavlama sıcaklığına kadar hızlı ısıtılırsa çatlayabilir. Buna ateş çatlaması adı verilir. En az 300 °C'ye kadar yavaş yavaş ısıtılmalı ve sıcaklık daha sonra 700-

750 °C'ye yükseltilmelidir.

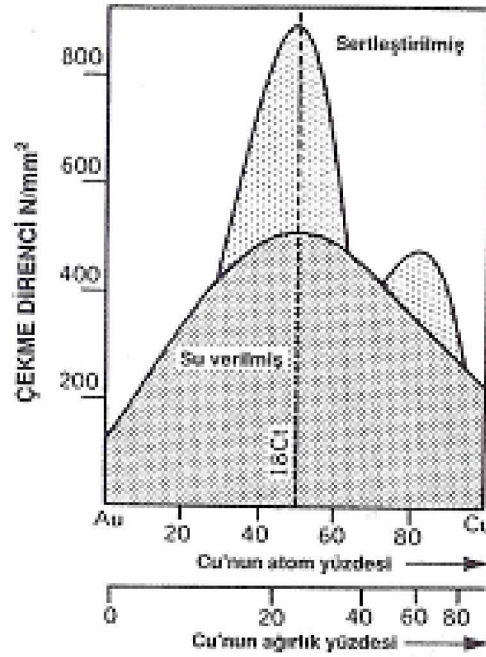
4.3 Gerilim Giderme Tavlama

9,10 ve 14 ayar gibi düşük ayarlı altın alaşımlar, yay, klips, halka, bilezik, kabartma vb. gibi bazı altın takı uygulamaları için dayanıklılığın ve esnekliğin artırılması amacıyla işleme sertleşmesi durumunda bırakılabilir. Bu tür durumlarda, yapıldıktan, hatta müşteri satın aldıktan kısa süre sonra bile, gerilim korozyon çatlaması olarak bilinen bir olgu nedeniyle bazı parçalar bozulabilir. Adından da anlaşılacağı gibi, bu olguya gerilim ve aşındırıcı maddelerin bir araya gelmesi neden olur. Bu alaşımlar için, bu aşındırıcı maddeler asit dumanları (örneğin, dekupaj çözeltileri, ev temizleme malzemeleri) ve klorlu yüzme havuzlarıdır. Gerilim ise, uygulanan basınçtır, yani altın takının takılması sonucunda bir parçaya basınç uygulanabilir, ancak bunun, üretim işleminden kaynaklanan bir kalıntı ya da iç gerilim olması daha olasıdır. Uygulanan deformasyonun homojen olmayan yapısı nedeniyle işlemlerin çoğu dövme ürününde bir gerilim kalmasına yol açarlar. Tam tavlama, bu gerilimi giderir, ancak o zaman da artırılan mukavemet ve esneklik kaybolur. Hızlı soğutma, soğutulmakta olan parçanın merkezinden dışına doğru homojen olmayan soğutmayla başlatılan sıcaklık derecelerinden ötürü iç gerilime neden olacaktır. Kalıntı gerilim düzeyi, yeniden kristalleşmeye ve yumuşatmaya neden olmayacak kadar düşük sıcaklıkta baskı giderme tavlama ile büyük oranda azaltılabilir. Klips ve halka gibi parçalar esnekliklerini geri kazanırlar, ancak gerilim korozyon çatlamasına neden olan gerilim bileşeni ortadan kaldırılır. Bu koşullarda, aşındırıcı ortamın bozukluğa neden olma olasılığı çok daha düşüktür. Düşük ayar altın alaşımlar için önerilen gerilim giderme sıcaklığı 250 °C'de 30 dakikadır. Gerilim giderme işlemi tercihen bir fırın yada düşük sıcaklıkta bir fırın da yapılmalıdır, ama tam tavlamanın önlenmesi için siyah ısı aralığında düşük sıcaklıklarda da yavaş yavaş yeniden ısıtma yoluyla şalümo kullanılmasıyla da gerilim giderilebilir. Gerilim giderme işlemi, yüzüklerde, daima altın takı onarımları ya da yeniden ayarlama işlemleri yapıldıktan sonra yapılmalıdır.[34,35]

4.4 Yaşlandırma Veya Çökeltme Sertleştirilmesi

Altın takı üretiminin son bitirme işleminden hemen önceki son aşamada ısı işleme yoluyla bu faz dönüşümlerinin kasıtlı olarak başlatılması bu dönüşüm fazlarından altın takı yapımında yararlanılabilir. Bu ısı işleme, yaşlandırma sertleştirilmesi denilir ve altın takılarında dayanıklılığın ve sertliğin, kontrollü yaşlandırma sıcaklığı ve optimum mekanik özellikler

sağlayacak zaman koşullarında çökeltme sertleşmesi ve düzenleme reaksiyonlarıyla artırılmasının bir yoludur. Tavlama ve suyla ani soğutma işlemlerine bazen çözelti uygulaması da denilmektedir. Şekil 4.4’de sonraki yaşlandırma sertleştirme uygulamasının, yaşlandırma eğrisine göre etkisi görülmektedir. Alaşım bileşiminin etkisi ise, tüm bileşimlerde 14 ayar üçlü Au-Ag-Cu alaşımlarının sertliklerinin karşılaştırılmasıyla birlikte Şekil 4.4’de görülmektedir.



Şekil 4.4 Bütün 14 ayar Au-Ag-Cu alaşımları için yaşlandırarak sertleştirme

Çizelge 4.2 ve 4.3’de yaşlandırma sertleşmesiyle sertleştirilmiş alaşımlarla tavllanmış ve ani soğutmaya tabi tutulmuş durumda çözültide bulunan bazı 14 ve 18 ayar alaşımların mekanik özellikleri karşılaştırılmaktadır.

Sertleştirilebilen yüksek ayar altın alaşımlara büyük ilgi gösterilmektedir. Son gelişme 990 altın dır. Bu, tavlama ve ısı işlem koşulları dahil olmak üzere % 1’lik titanyum ve işleme ayrıntıları içeren çökeltme sertleştirilmesidir. Isı uygulaması son bitirme işleminden ve cilalamadan hemen önce 9,10,14 ve 18 ayar altın takılara uygulandığından, mukavemet ve sertlik artıracığından, son bitirme işleminde yüzey cilasının iyi olmasını kolaylaştırmak ve altın takılarda çizik, yıpranma ve oluşma (çökme) direncini artırma avantajı sağlar. Şalümo kullanılmasıyla tam tavlama yapılabilir, ancak şalümo tavlamanın etkililiği, büyük oranda

zanaatkârın ustalık ve deneyimine bağlıdır. Yüzlerce yıllık zarif ve girift el yapımı altın takı yapımı, şalümoyla tavlamanın, bu tür altın takıların yapımı için mükemmel bir işlem olduğunu kanıtlamaktadır. Ancak, altın takının her noktasında aynı derecede ısıtılmanın ve sürenin sağlanmasının kontrol edilmemesi, tane büyüklüğü, mukavemet, sertlik ve yumuşaklıkta bazı değişikliklere neden olur. Bu da, altın takı parçaların, örneğin tavllanmış şeritten kalıp presleme ve telden makine yapımı zincir gibi yarı işlenmiş yığınlardan işlenmesi sorun oluşturabilir. Bu durumda en önceki bölümde anlatılan yaşlandırma sertleştirme uygulamasında da istenen kontrol düzeyi sadece fırında tavlamayla sağlanabilir. Şalümo kullanarak istenen mekanik özelliklerin oluşturulması için sıcaklığın ve sürenin kontrol edilmesi uygulamada imkânsızdır. Ayrıca, fırın tavlama ve ısıtma işlemi, yüzeyin oksitlenmesini önlemede koruyucu gaz ortamı kullanılmasına izin vermektedir.

Çizelge 4.2 Bazı 18 ayar alaşımlar üzerinde ısıtma işleminin etkisi

Bileşim %			Renk	Hal	Sertlik HV	Çekme Mukavemeti N mm ²	Uzama %
Au	Ag	Cu					
75	12.5	12.5	Sarı	Soğuk işleme % 75	225	900	1.5
				Tavllanmış 550 °C	150	520	40
				Yaşlandırılmış 280 °C-1s	230	750	15
75	9	16	Pembe	Soğuk işleme % 75	240	920	2
				Tavllanmış 550 °C	160	330	40
				Yaşlandırılmış 280 °C-1s	285	850	7
75	4.5	20.5	Kırmızı	Soğuk işleme % 75	240	950	1.5
				Tavllanmış 550 °C	165	550	45
				Yaşlandırılmış 280 °C-1s	325	950	4

Çizelge 4.3 Bazı 14 ayar altın alaşımlar üzerinde ısıtılmanın etkisi

Bileşim			Renk	Hal	Sertlik HV	Çekme Mukavemet N mm ²	Uzama %
Au	Ag	Cu					
58.5	20.5	21	Sarı	Soğuk işleme % 75	260	1000	1.5
				Tavlanmış 550 °C	190	580	25
				Yaşlandırılmış 280 °C-1s	270	800	3
58.5	10	31.5	Pembe	Soğuk işleme % 75	288	1079	1
				Tavlanmış 550 °C	148	440	35
				Yaşlandırılmış 280 °C-1s	242	593	3
58.5	9	32.5	Kırmızı	Soğuk işleme % 75	270	1000	1.5
				Tavlanmış 550 °C	160	550	45
				Yaşlandırılmış 280 °C-1s	260	700	12

4.5 Altın Alaşımların Soğuk Şekillendirmesi

Özel bir takım şekiller vermenin son aşamaları çoğunlukla soğuk işlemeyle yapılır, çünkü bu şekilde boyutları ve yüzey parlaklığını kontrol etmek kolaylaşır. En yaygın kullanılan soğuk işlem yöntemleri aşağıda verilmektedir;

Astar çekmek

Tel, tüp (şarnel) ya da çubuk çekmek

Soğuk dövme ve presle şekillendirme

Pres, bükme oyma ve kabartmayı içine alan astar oluşturmak

Makine de işleme

Çeşitli ayardaki altın külçeleri zaten yeterince küçüktür, dolayısıyla dökülmüş durumdayken soğuk işlenecek kadar esnek olurlar. İşlenmiş ürünlerin üretiminde, bunlar ister astar, tüp, tel vb. gibi yan mamul ürünler olsun, ister daha karmaşık şekilli kuyumculuk ürünleri olsun, metali fazla işlemekten kaçınılmalı ve tavlama yoluyla yumuşaklık, esneklik korunmalıdır.

Çeşitli ayardaki altınlarda tavlama, işleme sonrası ortaya çıkan %70 lik incelmeyi ardından yapılmalıdır. Ancak, bu tavsiye yalnızca yan mamul ürünler için geçerlidir. Bir mücevher parçasını eğip şekillendirirken uygulanan gerinim tam olarak ölçülemez. Tavlanmanın ne zaman gerekli olduğuna deneyimler sonucu karar verilmelidir, ancak her aşamada fazla işleme kırılmaya neden olabilir.

Genellikle tane büyümesi aralığında tavlama yapılmaması önerilir, çünkü metaldeki büyük taneler daha yavaş yapılacak işlemede yüzeyin pürüzlü olmasına neden olabilirler. Bu portakal kabuğu etkisidir, sonuçta ortaya çıkan metal yüzeyinin portakal kabuğu yüzeyine benzemesinden dolayı bu şekilde adlandırılır. Tanelerin her biri soğuk işleme sırasında

komşularına göre değişik oranlarda deforme olurlar; nedeni de bu tanelerin uygulanan gerilimin yönünden farklı bir yöne yönelmeleridir. Sonuç olarak, alet ya da kalıpla temasta olmayan yüzeylerin görünümü kırış kırış olur. Bu, tanenin boyutuna bağlı olmadan gelişir, ama yalnızca tane boyutu büyük olduğundan bu etki çıplak gözle fark edilebilir. Soğuk işleme ve tavlama işlemleri sırasında tane boyutunun kontrol edilmesi bu nedenle çok önemlidir. Saf altın 200 °C’de yeniden kristalize olur. Yabancı maddelerin varlığı yeniden kristalleşme sıcaklığını önemli miktarda arttırabilir. Alaşım katkılarının da aynı etkiyi göstereceği söylenebilir. Çeşitli ayardaki altın alaşımları için en uygun tavlama sıcaklıkları bileşimlerine göre 500-700 °C arasında yer alır.[36]

Tane boyutunun kontrolü ve bir alaşımın mekanik özellikleri, fırınların ve tavlama için doğru sıcaklık ölçme yöntemlerinin kullanılmasıyla en iyi şekilde gerçekleştirilir. Ancak, bilindiği gibi bu, kuyumcu için pek elverişli değildir ve şalümo ile tavlama bugün yaygın olarak kullanılmaya da devam edilmektedir. Şalümoyla tavlama, fırında tavlamaya kıyasla daha kısa sürede (ve hassas kontrol düzeyi daha düşüktür) daha yüksek sıcaklıkta gerçekleşir. Tavlama sıcaklığının ne olacağına, metaldeki renk değişikliklerine bakarak karar verilir. Tutarlı olunması için, bunun atölyenin karanlık bir köşesinde yapılması çünkü renk aracılığıyla sıcaklık tespitini pencerelerden gelen ışık, flüoresan aydınlatma v.s yanıtabilir.

Son olarak, çeşitli renk ve ayardaki parçaların, tavlamadan sonra suda yada asitte soğutulması önerilir. Nikel içeren beyaz altın alaşımları havada soğutulmalıdır, suyla soğutulursa iç gerilim fazla olur. Çeşitli renk ve ayardaki altın alaşımlarının suyla soğutulmasının iki amacı vardır. Birincisi, işlemde oksitlenme ortadan kalkar ve ayrıca yüksek tavlama sıcaklıkları ve uzun tavlama süreleri önlenerek oksit tabakası oluşumu minimum düzeyde tutulur. İkinci olarak, alaşımı sertleştirecek yavaş soğutma sırasında mikro yapıda başka değişiklikler de ortaya çıkar ve soğuk işlemeye devam edilmesi durumunda istenmeyen sonuçlar doğabilir. Bozulmaya hatta çatlamaya yol açabileceğinden tavlama sıcaklığındaki nikelli beyaz altınlara ani soğutma işlemi uygulanmamalıdır. Alaşımların demir bir levha üzerine yerleştirilmesi ve direkt hava akımıyla tavlama sıcaklığının soğutulması önerilir.[36,37]

18 ayar renkli altın alaşımların nispeten daha düşük tavlama sıcaklığı tavsiye edilir. Bunun nedeni, yüksek sıcaklıklarda tavlamaı kontrol etmenin daha zor oluşudur ve daha önceden yeterli soğuk işlemekten geçmemişse, çok fazla tane büyümesi meydana gelebilir. Birçok altın alaşımı nispeten düşük sıcaklıkta tavlanaarak basit bir ısıl işlemle sertleştirilebilir. Sertleştirme işlemi, yapı tamamlanmış olan mücevher parçalarında da uygulanabilir ve alaşım önemli miktarda bakır içeriyorsa daha iyi sonuç verir. Bu arada işleme ve kopma direnci de artar.

Isı uygulaması son bitirme işleminden ve cilalamadan hemen önce 9,10,14 ve 18 ayar altın takılara uygulandığında, mukavemet ve sertliği artıracığından, son bitirme işleminde yüzey cilasının iyi olmasını kolaylaştırma ve altın takılarda çizik, yıpranma ve çökelme direncini arttırma gibi bir avantajlar sağlar.

Ayarlı altın alaşımları ısıl işleme sokulduğunda, güçlendirici iki mekanizma vardır.

çökelme yoluyla mukavemet artırma

düzensiz düzenli dönüşüm yoluyla mukavemet artırma

Bu işleme aynı zamanda çökelme yoluyla sertleştirme veya yaşlandırma sertleştirme de denir, ancak ikinci terimi ayarlı altın ile bağlantı olarak dikkat etmek gerekir. Çünkü bu terim, çökelme yoluyla mukavemet artırma ve düzensiz düzenli dönüşümü anlatmak için kullanılır.

İstenilen sertleşme ve güçlenme etkisi için gerekli ısıl işlem şartları, çözeltinin tam katı çözünürlüğü sağlamaya yetecek süre kadar (genelde 30 dk) bekletilmesini, bunun ardından katı eriğini muhafaza etmek için su verme işleminin uygulanmasını ve son olarak da, tavsiye edilen sıcaklıkta ve sürede yaşlandırılmasını içerir. Yaşlandırma şartları, alaşımın bileşimine bağlıdır. Dönüşümler difüzyon ile gerçekleştiği için ve difüzyon hızı sıcaklık, derecesine bağlı olduğu için, daha yüksek yaşlandırma sıcaklıklarında hızlanır. Yalnız daha yüksek yaşlandırma sıcaklıkları genellikle sertleşme etkisinin azalmasına neden olur. Sonuç olarak makul bir zaman içinde kabul edilebilir ve sertleşme seviyesi sağlama gereği ile belirlenen optimum yaşlandırma sıcaklığı ve zamanı vardır, bu süre 60 dk olarak verilebilir. 18 ayar alaşımlarda 280 °C'ta 60 dk için aynı olmasına rağmen sıcaklık dereceleri Çizelge 4.3'de verilen 14 ayar alaşımlar için değişmektedir.

Ayarlı altın alaşımları ya oksijen giderici olarak küçük miktarlarda (<% 0.5) ya da rengi, işlenebilirliği ve mekanik özellikleri etkilemek için daha yüksek miktarlarda mesela %10'a çinko eklenir. Çinko eklenmesi karışmazlık bölgesini yani üç elemanlı diyagramın içindeki iki fazlı bölgeyi, bileşik ve sıcaklık derecesi olarak küçültür. Bu, çinkonun yumuşatıcı bir etkisi olduğu ve işlenebilirliği kolaylaştırdığı anlamına gelir. Bununla beraber ısıl işlemde sonra çinko içeren 14 ayar alaşımlarda bir miktar sertleştirme gerçekleştirilebilir.

Çökelme ve yaşlandırma işlemlerinin, yalnızca sıcaklık derecelerinin ve zamanlarının tam olarak kontrol altında olduğu şartlarda gerçekleştirilmesi gerektiği açıktır bu da oluşan (nitrojen + % 10 hidrojen) veya ayrışan amonyum gibi koruyucu bir atmosfer gazı kullanan uygun bir fırının ayarlı altınların yüzeylerinin oksidasyonunu önlemek üzere kullanılmasını gerektirir. Bant fırın değil, tercihen izolasyonlu su verme deposu bulunan, Harman dolma fırını olabilir. Çözelti işlemi sıcaklık, ayarlı altın lehimleme için normal de kullanılan

sıcaklıklardan düşük olduğu için işlenmiş altın takı parçalarını son parlatma işleminden önce sertleştirmek ve mukavemeti arttırmak için ısıl işleme sokmak mümkündür.

4.6 Soğuk İşlemede Meydana Gelen Kusurların Nedenleri ve Bunların Önlenmesi

4.6.1 İşleme Sırasında Ortaya Çıkan Kusurlar

4.6.1.1 Düz ürünlerin haddelenmesi (levha, şerit ve folyo)

Son haddeleme ayna parlaklığında cila elde etmek için, fazla cilalı ya da krom kaplı yüzeyli küçük çaplı silindirler kullanılmalıdır. Toz ve diğer partiküllerin şerit yüzeyinde yuvarlanması, iz bırakmaması için silindir yüzeyler sürekli temizlenmelidir. Silindir yüzeylerin korunması için, kullanılmadığı zamanlarda yuvarlanma merdanesi örtülmelidir. Silindirlerin yanlış dizilmesi şerit nispeten kalınsa şeridin silindir aralığına girerek bir yana bükülmesine ya da şerit inceyse bir taraftaki kenarın dalgalı olmasına yol açar. Silindir vidaları, silindir aralıklarının paralel duracağı şekilde ayarlanır. Silindirin bükülmesi şerit kalınlığının azaltılması için gereken haddeleme gücünün etkisiyle silindir bükülmesi, şerit genişliği boyunca kalınlığın müsbet olmamasına ya da şeridin her iki tarafındaki kenarların dalgalı olmasına yol açabilir. Haddeleme gücünün azaltılması için daha sık ara-evre tavlama ile birlikte her bir geçişte küçültme azaltılır, yada tercihen, yük altında işleyen silindirlerin bükülmesini önlemek için küçük çaplı iş silindirlerinin büyük silindirlerle desteklendiği yerde dört yüksek haddeleme kullanılır. Uçların genellikle tavlama işlemleri arasında fazla işlemesi sonucu ortaya çıkar. Uçlar çatladığında pürüzleri hemen giderilmelidir, çünkü, yuvarlamaya devam edilmesi bazı çatlakların aniden şeridin ortasına ilerlemesine ve dik açı oluşturarak hurdaya çıkarılması gereken miktarın büyük oran da artmasına neden olur. Kalınlık kontrolü modern büyük merdanelerde gelişmiş otomatik ayar kontrol sistemleri bulunabilir, ancak altın takı üreticisi için bu pek mümkün olmayabilir. Şerit uzunluğu ve genişliği boyunca kalınlığın homojen olmasına dikkat edilmelidir. Kalınlığın değişmesi, sonraki metal formlama işlemlerinde gereken gücün değişmesine neden olur ve bu da hurda oranının yükselmesine ve araçların aşınma ve bozulma riskinin artmasına yol açabilir. Şerit belirli minimum bir kalınlıkta satılırsa, belirtilen kalınlığın üzerinde ki fark şerit üreticisi tarafından ödenmelidir ve bu ayar altın şeritler için daha pahalı olacaktır. Son haddelemenin, son tavlama öncesi büyüklük azaltılırken az miktarda azaltmayla yapılması ayar kontrolüne yardımcı olur.

4.6.2 Çubuk Haddeleme

4.6.2.1 Damar oluşumları ve çapaklanmalar

Damar oluşumlarına, yuvarlama olduğu gereğinden fazla metal itilmeye çalışılması, yani çok fazla küçültmeye çalışılması neden olur, böylece silindirler birbirinden ayrılmaya zorlanır ve metal fazlası yan kısımlarda sıkışır. Damar oluşumları daha sonra çubuğun içerisine yuvarlanırsa, zayıf satırlar oluşturan katlar haline gelir ve sonraki evrelerde, özellikle germe ve bükme hareketleriyle açılabilir. Aşırı oranda fazla küçültmeden ve ard arda her bir geçiş arasında çubuğun 90° döndürülmesinden kaçınılmalıdır.[37]

4.6.3 Çekme

Bombeli tel: Çekilme sırasında en yaygın ortaya çıkan kusur, telin kalıptan çıkarken kopması ya da incelmesidir. Telin bombeli oluşunun olası dört nedeni vardır;

Telin aşırı işlenmesi ve tavlanması gerekliliği

Yabancı cisimlerin bulunması telde zayıf noktaya çıkmasına neden olabilir

Her çekme sırasında çok fazla küçültme yapılmaya çalışılması. Geniş çaplı tellerde küçültme, belirli bir alaşımın işlenebilirliğine göre % 25-50 arasında değişebilir, ancak telin çapı azaldıkça küçültme işlemleri de % 15-20'ye iner

Yağlama işleminin bozulması, tel ile kalıp yüzeyleri arasındaki sürtünmeyi artırır ve buda sağlanabilecek küçültmeyi azaltır.

4.6.4 Levha Metale Şekil Verme

Levha metal şekil vermede kusur oluşumu ve bu kusurların önlenmesi karmaşık bir konudur. Şekil verme sırasında, şekil verilmekte olan parçanın en zayıf ya da en ince noktasında kırık meydana gelir. Kırıklar, en çok levhanın gerilim altında büküldüğü kısımda meydana gelir ve bu kısım aşırı incelir. Bu noktada kusur olmazsa maksimum yada sınırlı büyüklükte işlenmemiş parça başarıyla şekillenebilir.

Bir damga kalıp setinde kısmen şekillenip ardından bir diğer damga kalıpta daha fazla şekil verilmesi gerekebilir.[37]

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Altın alaşımlarında mikro yapı ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisini incelemek için Atasay Kuyumculuk A.Ş. fabrikasında 22 ayar sarı altın alaşımı dökümü yapılmıştır. Döküm sonrası elde edilen numuneler optik mikroskop ve taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Numunelerin sertlik ve derin çekilebilirliği belirtilmiştir.

5.1 Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Çizelge 5.1’de dökümü yapılan 22 ayar sarı altın alaşımın kimyasal bileşimi verilmiştir.

Çizelge 5.1 İncelenen 22 karat sarı altın numunesinin bileşimi

22 Ayar Sarı Altın	
916	Au
46	Cu
36	Ag
2	Zn

Ergitme işlemleri grafit pota içinde, karıştırma işlemleri ise grafit çubukla yapılmıştır. Kullanılan pota, Şekil 5.1’de görüldüğü gibi grafit, iç ve seramik dış parçalardan oluşur. Ergitilen alaşımlar kokil kalıba dökülmüştür.

5.2 Deneylerde Kullanılan Cihazlar

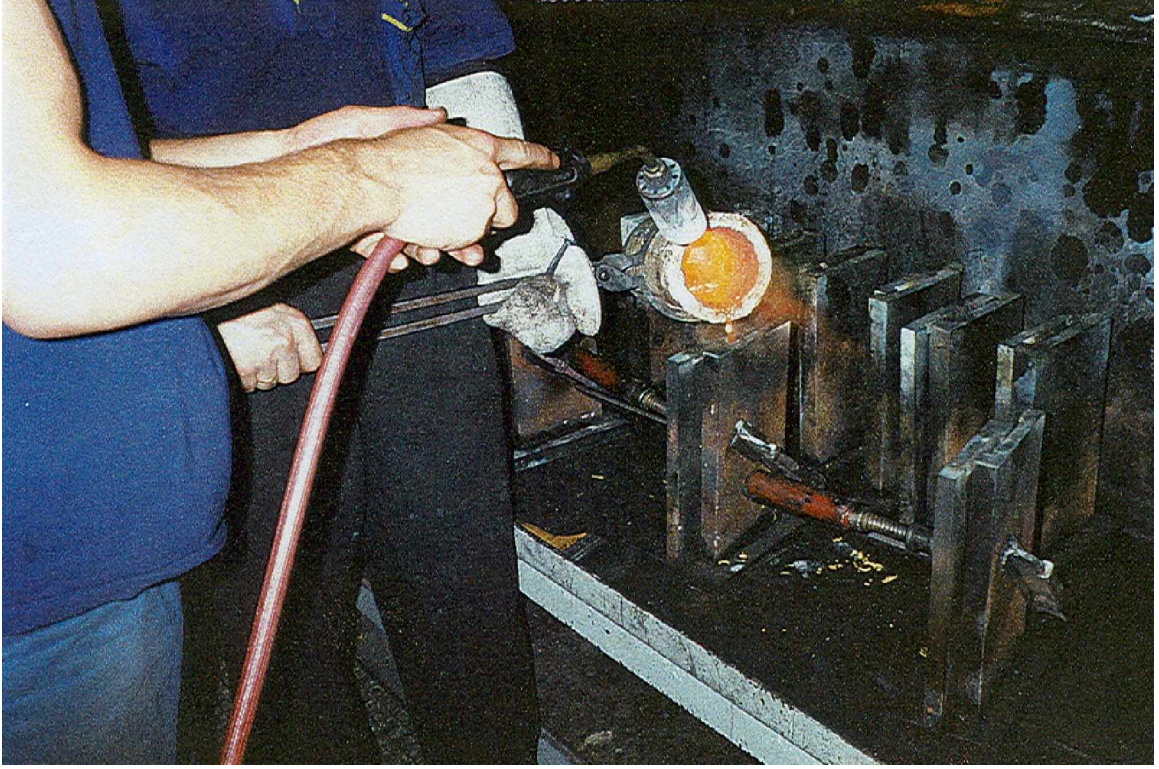
Döküm ve tavlama işlemleri esnasında Atasay Kuyumculuk A.Ş.’de mevcut olan EIA marka F9-s indüksiyon ocağı ve Permaksan marka tav fırınları kullanılmıştır. Haddelme işlemlerinde yerli yapım bir hadde makinesi kullanılmıştır. Mikro yapı incelemelerin de Olympus marka M6 model mikroskop kullanılmıştır.



Şekil 5.1 Ergitme esnasında kullanılan pota

5.3 Deneyin Yapılışı

Karışım 1100 °C'ye ulaştığında 5 dakika bir çubuk yardımıyla karıştırılmıştır. Hazırlanan sıvı alaşım daha önceden 500 °C'ye ısıtılmış derecelere Şekil 5.2'de görüldüğü gibi dökülmüştür. Döküm sırasında şalöma ile alev üflenerek, sıvı metalin ısı kaybını azaltmak ve oksijen kapmasını önlemek açısından önemlidir. Döküm işlemi tamamlandıktan sonra dereceler Şekil 5.3'deki gibi ayrılmış ve maden alınarak oksitlenmemesi için hemen zac yağına (%10 H₂SO₄, %90 H₂O) atılmıştır. %10 seyreltik Sülfürik aside atılan yassı ürün daha sonra suya atılarak, sudaki soğumaları tamamlandığında yarı ürün döküm işlemi tamamlanmış olmaktadır.

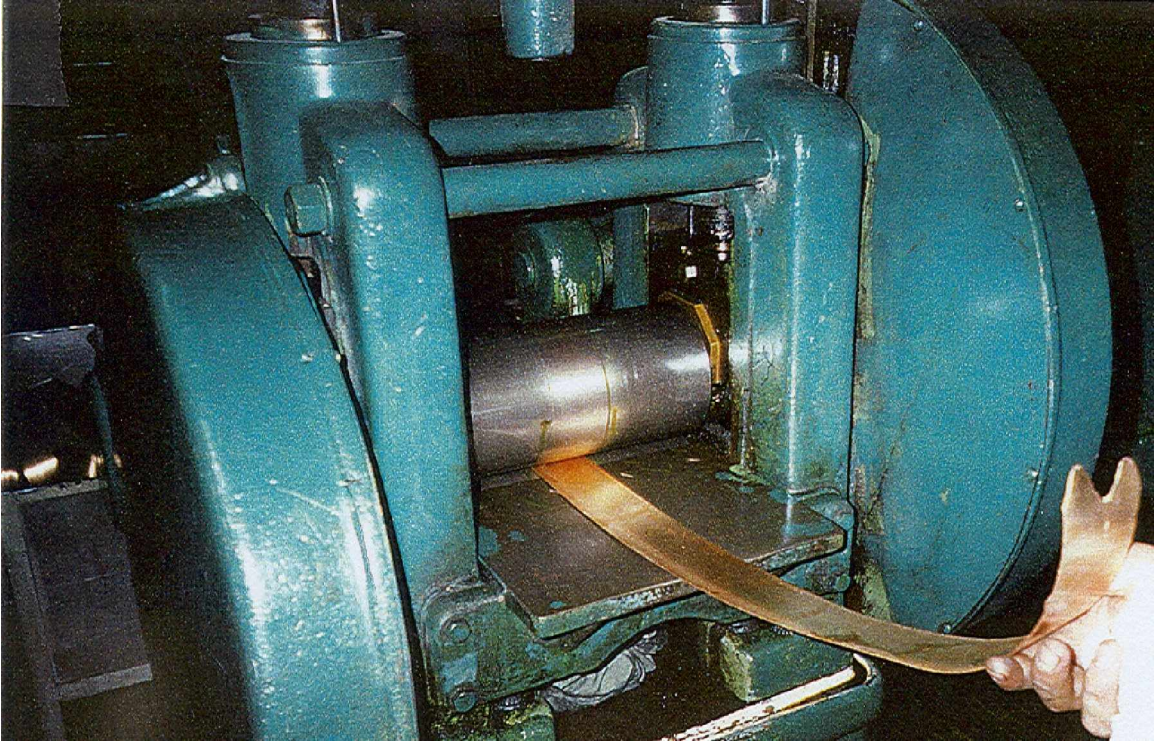


Şekil 5.2 Hazırlanan sıvı alaşımın 500 °C'ye ön ısıtılmış derecelere dökülmesi

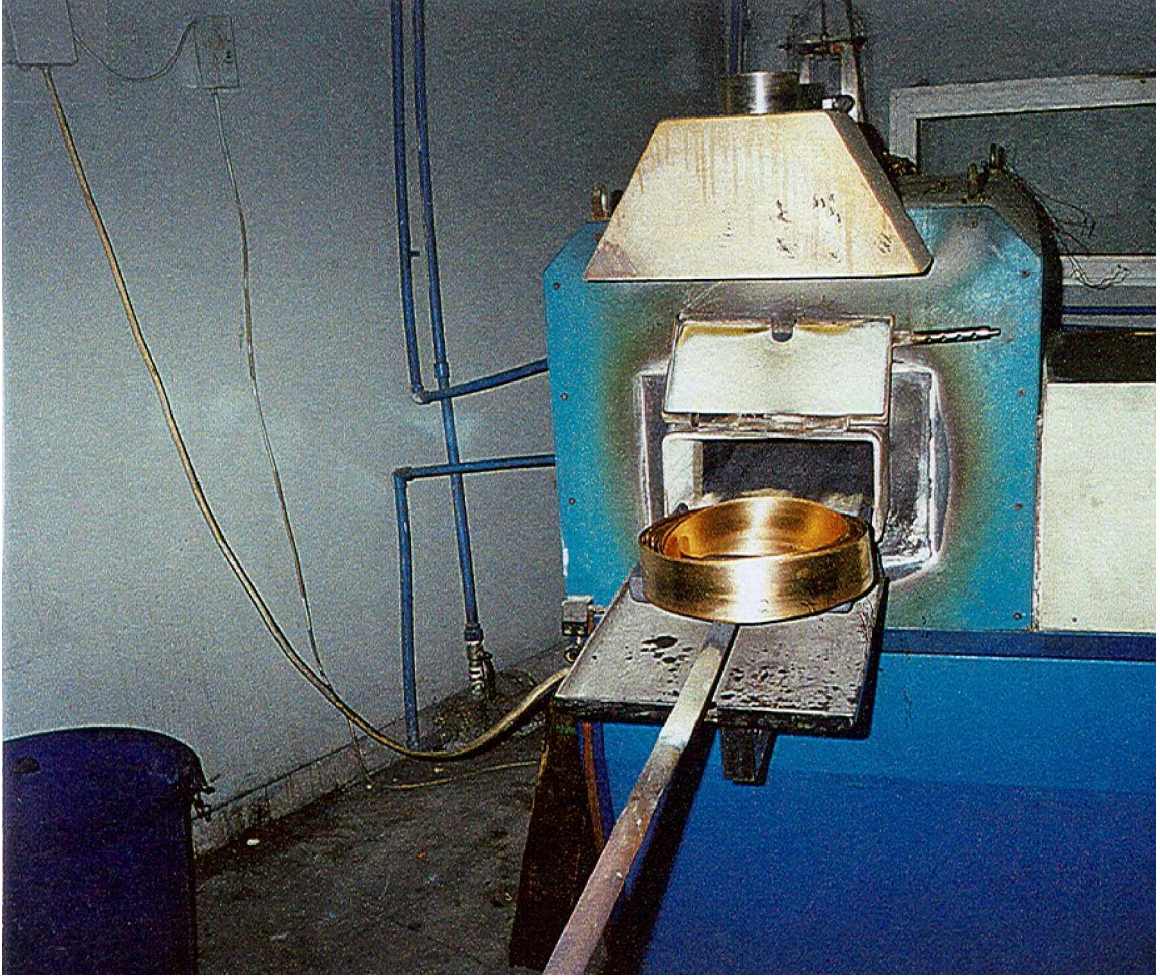


Şekil 5.3 Derecelerden ayrılmış haldeki maden

Döküm sonrası elde edilen numune kalınlık 5mm (5000 μ) olarak tespit edilmiştir. Numune bir seri haddeleme işlemine tabi tutulmuştur. Her bir numune 5mm den 3.2 mm ye haddelenmiştir. Haddeleme işlemleri için Şekil 5.4'deki hadde makinesi kullanılmıştır. Daha sonra şalumo ile elde tavllanmış 3.2mm'lik sarı altın mamulü tekrar haddelenerek 1.8 mm ye indirilmiş 1.80 mm de numuneler 680 °C'de 30 dk Şekil 5.5'deki tav fırınında tavlانmıştır. Gaz atmosferi %30 H₂, %70 N₂ den oluşmuştur. Tav süresi sonunda numuneler 30 °C suya hızlı bir şekilde atılarak soğutma sağlanmıştır. Numune daha sonra ince haddeden geçirilerek 0.18 mm indirilmiştir. Bundan sonra elde edilen levha şeklindeki 22 ayar sarı altın alaşımından çeşitli numuneler alınarak farklı tavlama ve bekleme zamanına göre mikro yapı incelemeleri yapılarak derin çekilebilirlik hakkında bilgi edinilmiştir.



Şekil 5.4 Hadde makinesi



Şekil 5.5 Gaz atmosferli Permaksan marka tav fırını

- 1) Tane rafinesiz dökümden parça alındı.
- 2) Bu numune 5 mm kalınlığa haddelenerek şaloma ile tavlandı.
- 3) Sonra 1 mm kalınlığa haddelendi ve şaloma ile tavlandı.
- 4) Numune 0.18 mm kalınlığa haddelendi ve işlemsiz sert olarak bırakıldı.
- 5) 0.18 kalınlığındaki levha 700 °C 'de 15 dk tavlandı.
- 6) 0.18 kalınlığında ki levha 700 °C' de 25 dk tavlandı.
- 7) 0.18 kalınlığında ki levha 700 °C'de 40 dk tavlandı.
- 8) Bu aşamada bir diğer malzeme, içine Bor bileşiği katılmak suretiyle 1100 °C'de döküldü .Tane rafine edildi.
- 9) Bu işlemten sonra bu malzeme, 1.75 mm kalınlığa haddelendi ve şaloma ile tavlandı.
- 10) 1.75 mm'lik levha 0.18 mm kalınlığa haddelendi ve 700 °C'de 15 dk tavlandı.
- 11) 0.18 mm kalınlığında ki levha 700 °C'de 25 dk tavlandı.
- 12) 0.18 mm kalınlığında ki levha 700 °C'de 35 dk tavlandı
- 13) İşlem yapılmadı.
- 14) İşlem yapılmadı.
- 15) İşlem yapılmadı.
- 16) Bor bileşiği tane rafinasyonu sağlanan döküm malzemesi elde edildi ve 0.18 mm ye haddelendi, 700 °C'de 75 dk bekletildi.
- 17) 0.18 mm kalınlığında ki levha 650 °C'de 30 dk tavlandı.
- 18) 0.18 mm kalınlığında ki levha 650 °C'de 20 dk tavlandı.

- 19) 0.18 mm kalınlığında ki levha 700 °C’de 20 dk tavlandı.
- 20) 0.18 mm kalınlığında ki levha 700 °C’de 35 dk tavlandı.
- 21) 0.18 mm kalınlığında ki levha 700 °C’de 60 dk tavlandı.
- 22) 0.18 mm kalınlığında ki levha 700 °C’de 90 dk tavlandı.

Yapılan işlemlerde belli sıcaklıklarda değişik bekleme süreleri uygulamak suretiyle malzemede ki rekristalizasyon durumu içyapının düzeni incelenerek tane boyutları ASTM No cinsinden ışık mikroskobunda saptanmıştır.

5.4 Yumuşatma Tavlama

Haddelenmiş ve yumuşatma tavlamaına uğratılmış levhalar üzerinde yapılan sertlik ölçümleri sonuçlarının karşılaştırılması sonucu söz konusu malzemenin tam yumuşak koşulda olmadığını ve bir miktar depolanmış deformasyon enerjisi taşıdığı göstermiştir. Temin edilen malzemede optik metalografik ile yapılan incelemelerde primer rekristalizasyonun tamamlanmadığını göstermiştir (malzemenin mikro yapısında rekristalize olmuş tane adacıkları yanı sıra henüz yüksek açılı tane sınırlarınca süpürülmemiş ve soğuk haddelenmiş özelliklerini koruyan bölgeler mevcuttur). Bu nedenle malzeme primer rekristalizasyonun tamamlandığı noktayı (minimum tam rekristalize olmuş tane boyutu) ve tane kabalaşması ile değişik tane boyutlu yapıların eldesi için çeşitli sıcaklık ve sürelerde tavlamaştır.

5.5 Derin Çekme İşlemi

16-22 No’lu numuneler tane boyutu ve derin çekilebilirlik arasında bir ilişki oluşturmak için ayrıca derin çekme testine tabi tutulmuşlardır. Bu işlemde uygulanan kuvvetler kN cinsinden farklı değerlerdi ve derin çekme derinliği mm cinsinden ölçülmüştür

5.6 Optik Metalografi

İstenilen boyutta kesilen numuneler reçinede doldurulmak suretiyle elde tutulabilir özellik kazanır. Zımpara, parlatma, cilalama işlemlerinden sonra numune Kral Suyu kullanılarak dağlanır ve ışık mikroskobunda görüntü sağlamak için hazır duruma gelir.

Takiben optik mikroskopla yapı x50-x100 büyütmelemlerde incelenmiştir. Rekristalize olmuş malzemelerde tane boyutu ölçümü yapılmıştır.

6. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan işlemler sonucunda numara sırasına göre ışık metal mikroskopunda incelenen numunelerin tane boyutları ASTM no olarak Çizelge 6.1’de verilmiştir.

1 ve 8 no’lu numuneler döküm yapısı olup 1 no’lu döküm 1100 °C’de katkısız ve tane rafinesiz 8 no’lu döküm ise 1100 °C’de bor bileşiği katılmak suretiyle tane rafine edilmiştir. 13, 14, 15 no’lu numuneler kullanılmamıştır.

Derin çekme işlemine tabi tutulan 16-22 no’lu numuneler ve işlem sonuçları Çizelge 6.2’de verilmiştir.

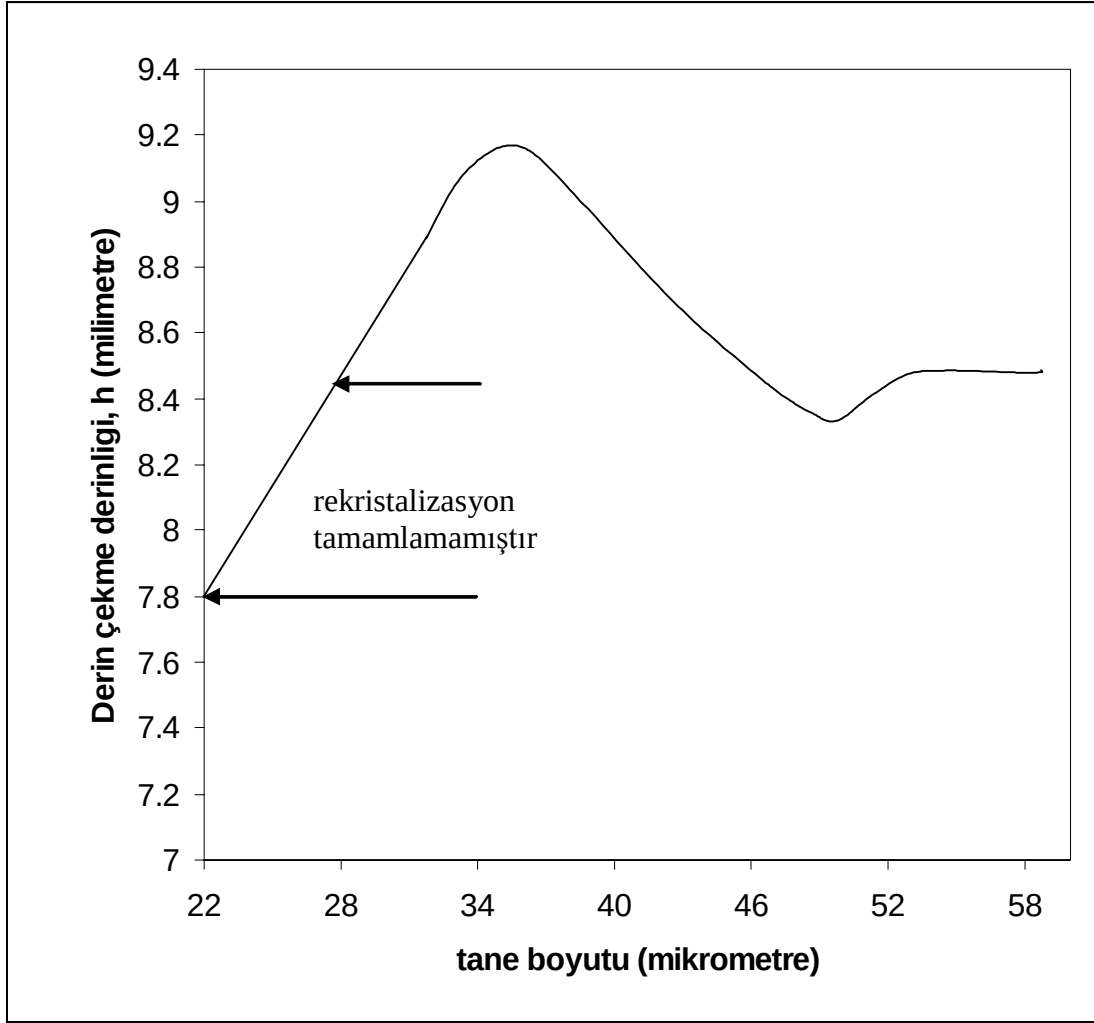
Çizelge 6.1 Değişik şekilde proses edilen malzemelerin ASTM tane numaraları

NUMUNE NO	ASTM NO	NUMUNE NO	ASTM NO
1	>1	12	4-5
2	7	13	İNCE
3	4	14	İNCE
4	5	15	İNCE
5	5-7	16	6
6	5-6	17	7-8
7	5	18	8
8	1	19	6-7
9	2-4	20	5-6
10	5-7	21	5-6
11	6	22	5-6

Çizelge 6.2 Farklı şekilde tavlanan numunelerin derin çekme derinlikleri

NUMUNE NO	UYGULANAN ISIL İŞLEM	DERİNÇEKME DERİNLİĞİ H(mm)	UYGULANAN KUVVET (kN)
16	700°C 75 Dk. Tav	8.7	2.5
17	650°C 30 Dk. Tav	8.5	2.7
18	600°C 20 Dk. Tav	7.8	2.6
19	700°C 20 Dk. Tav	9.1	2.7
20	700°C 35 Dk. Tav	8.4	2.5
21	700°C 60 Dk. Tav	8.5	2.5
22	700°C 90 Dk. Tav	8.5	2.5

ASTM No’ları çizelge aracılığı ile mikrometre cinsine çevrilmiş ve tane boyutu-derin çekme derinliği arasındaki ilişki Şekil 6.1’deki gibi oluşturulmuştur.



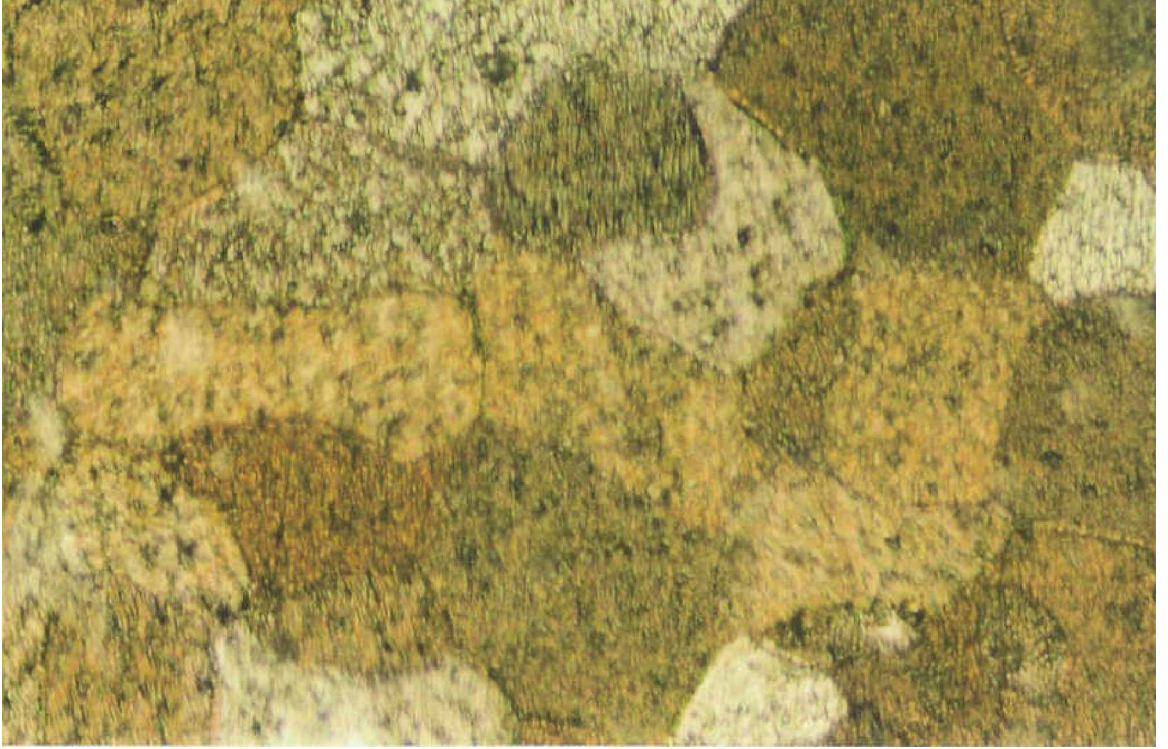
Şekil 6.1 22 Ayar altında tane boyutu-derin çekilebilirlik ilişkisi

Değişik sıcaklık ve sürelerde tavlama sonucu gelişen mikro yapıların takibi şekillerde sunulmuştur.

Metalik malzemelerin derin çekilebilirliği malzeme karakteristikleri (mekanik ve yapısal özellikleri) ve proses değişkenlerine (çekme hızı ve sıcaklığı) bağlıdır. Pratik uygulamada 22 ayar altın için maksimum derin çekilebilirlik ile yüzey düzgünlüğü arasında bir dengeleme (orta noktanın bulunması) gerekliliği literatürlerde vurgulanmaktadır. Malzemelerin taşınması gerekli olan mikro yapısal özelliklerle ilgili bilgiler geniş bir aralık içerisinde bulunmaktadır ve optimum koşullar (mikro yapı ve mekanik özellikler açısından) uygulamanın tipine göre tespit edilmesi gerekmektedir. Örneğin yüzey pürüzlülüğünün önemli olduğu hallerde kullanılacak malzemenin 30 ile 45 μm arasında bir tane boyutuna ve 75 ile 65 arasında Hv sertliğine sahip olması gerekirken yüzey koşullarının önemli olmadığı koşullarda daha yüksek çekilebilirlik için 50 ve 60 μm tane boyutu hatta 100 μm tane boyutlu malzemelerin

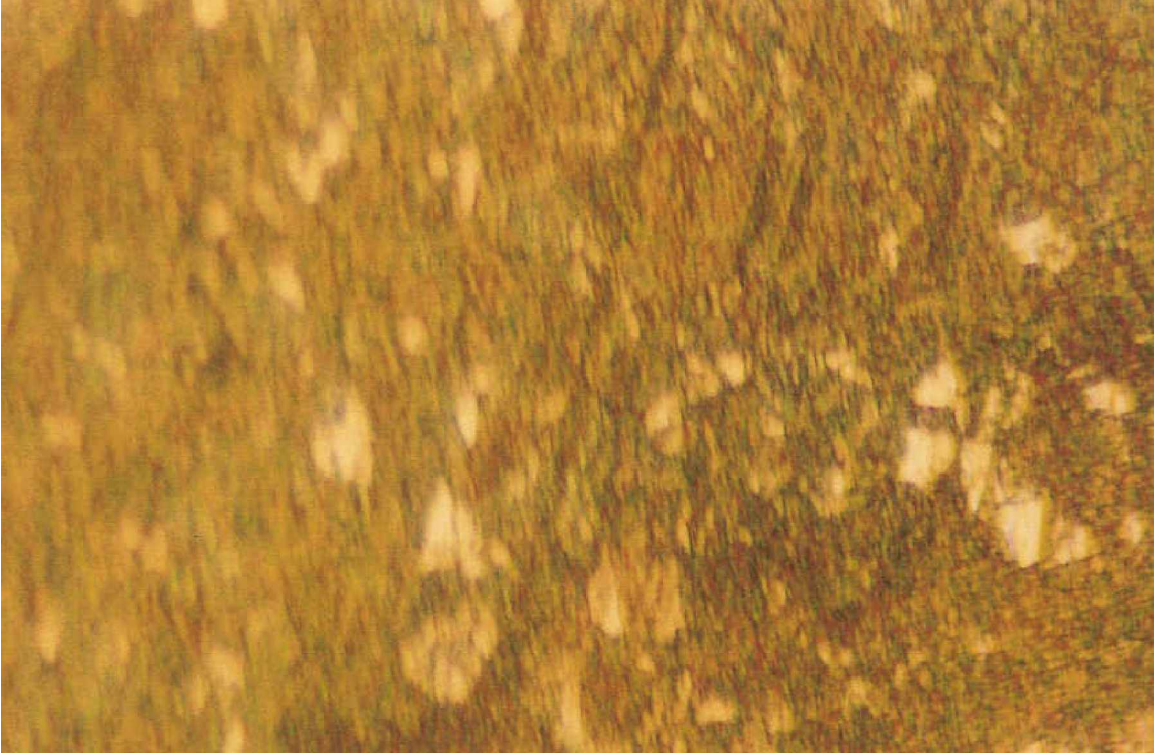
kullanılabileceği bildirilmektedir. Ancak her ne kadar tane boyutundaki artış genelde sünekliliği ve derin çekilebilirliği artırsa da beklenmedik çatlama ihtimalini ve kullanım esnasındaki muhtemel kırılma oranlarını da yükseltmektedir.

Çeşitli sıcaklık ve sürelerde tavlanan malzemelerin mikro yapıları sunulmuştur. Şekil 6.2’de malzemenin döküm sonrası alınmış ve inceleme sonucu mikro yapısı görülmektedir.



Şekil 6.2 Döküm yapısı

Şekil 6.3’de görüldüğü gibi 600 °C’de 20 dk tavlama sonucu çekirdekler teşekkül etmiş ancak yeniden kristalleşme tamamlanamamıştır. Malzemedede soğuk deformasyon etkileri tamamen ortadan kaldırılamamıştır. Bunun sonucu derin çekme işleminde 8.5 mm derin çekme derinliğine ulaşılmıştır. Bu derin çekilebilirlikde uygulanan kuvvet sonucu malzemenin kenarlarında yırtılma meydana gelmiştir.

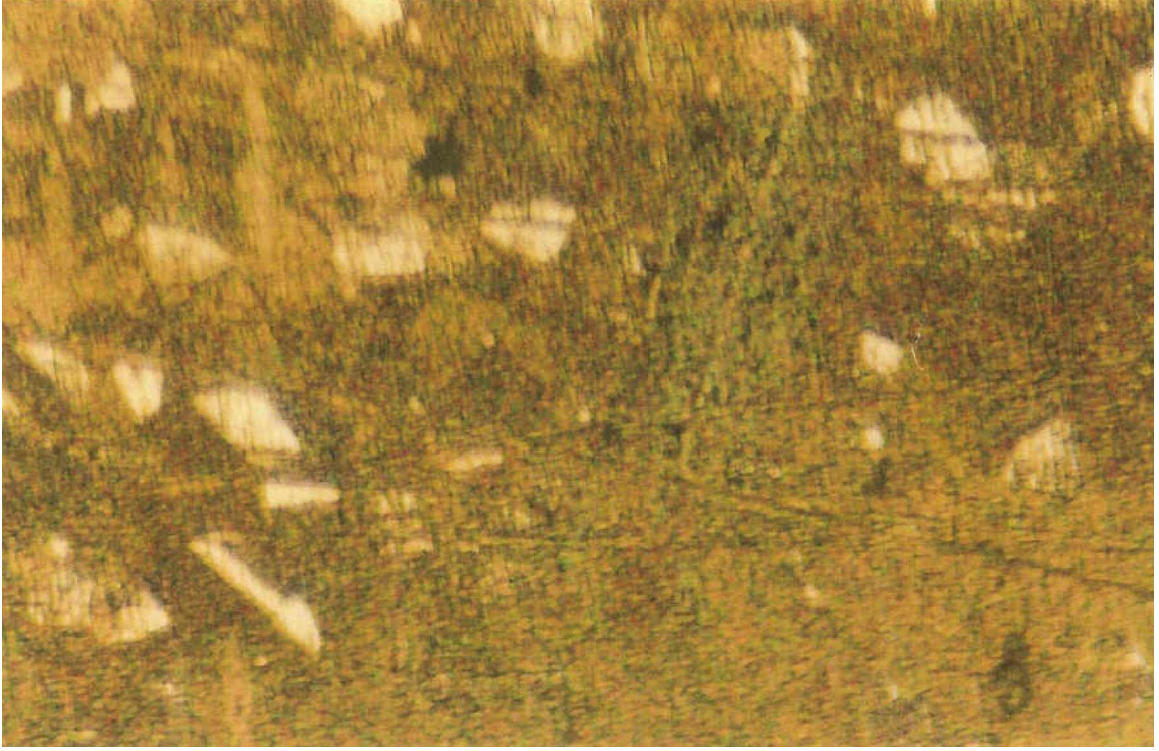


Şekil 6.3 600 °C’de 20 dk. süre ile tavlama sonucu gelişen mikro yapı

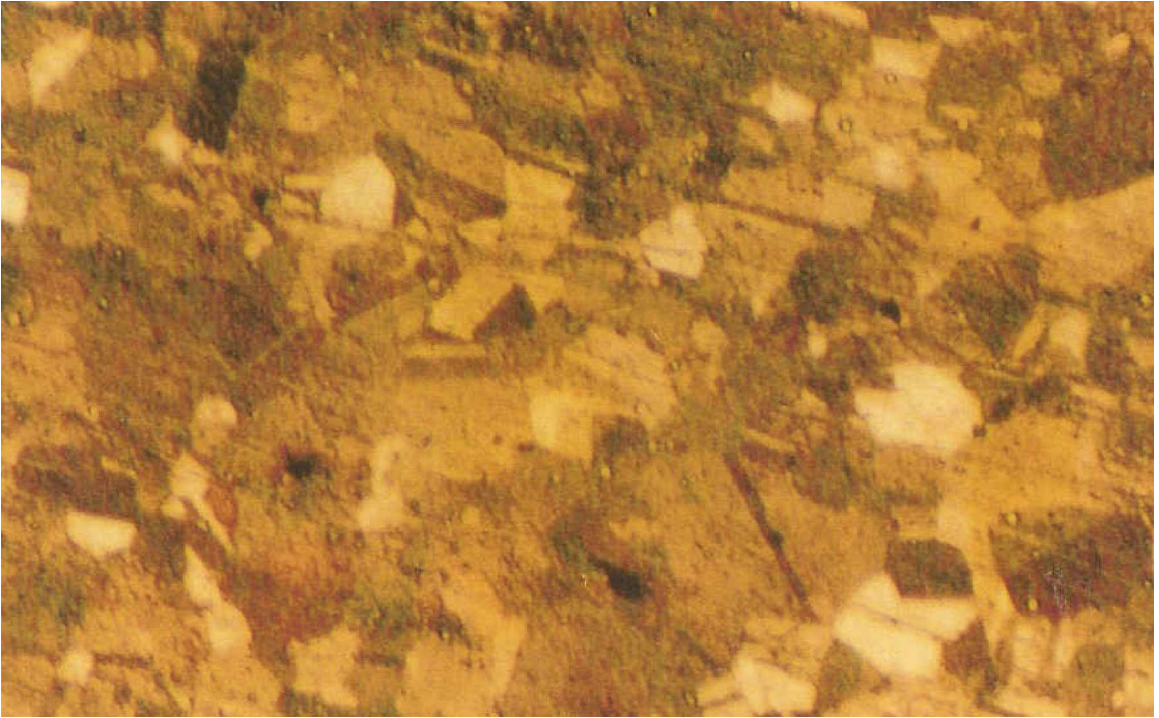
Şekil 6.4’de malzemenin 650 °C’de 30 dk süre ile tavlama sonucu malzemenin derin çekilebilirliğinde artış gözlenmiş ama tane yapısının büyümesi sonucu yarı mamul olan altın alaşımı presleme sırasında yırtılma gözlenmiştir

700 °C’de 35 dk (Şekil 6.5) 60 dk (Şekil 6.6) 75 dk (Şekil 6.7) ve 90 dk (Şekil 6.8) süreyle yapılan tavlama işleminde ise tane kabalaşması oluşarak malzemenin derin çekilebilirliği azalmıştır. Tane boyutunun artışı ile birlikte malzemenin gerilim dağıtabilme özelliği azaldığı için daha düşük derin çekme derinliklerinde saclar yırtılmaktadır

Şekil 6.9’da görüleceği gibi 700 °C’de 20 dk tavlama işleminde tamamlanmış ve bu malzeme için minimum rekristalize olmuş tane boyutu elde edilmiştir. Bu şekilde tavlama malzemenin derin çekme yüksekliği maksimumdur.



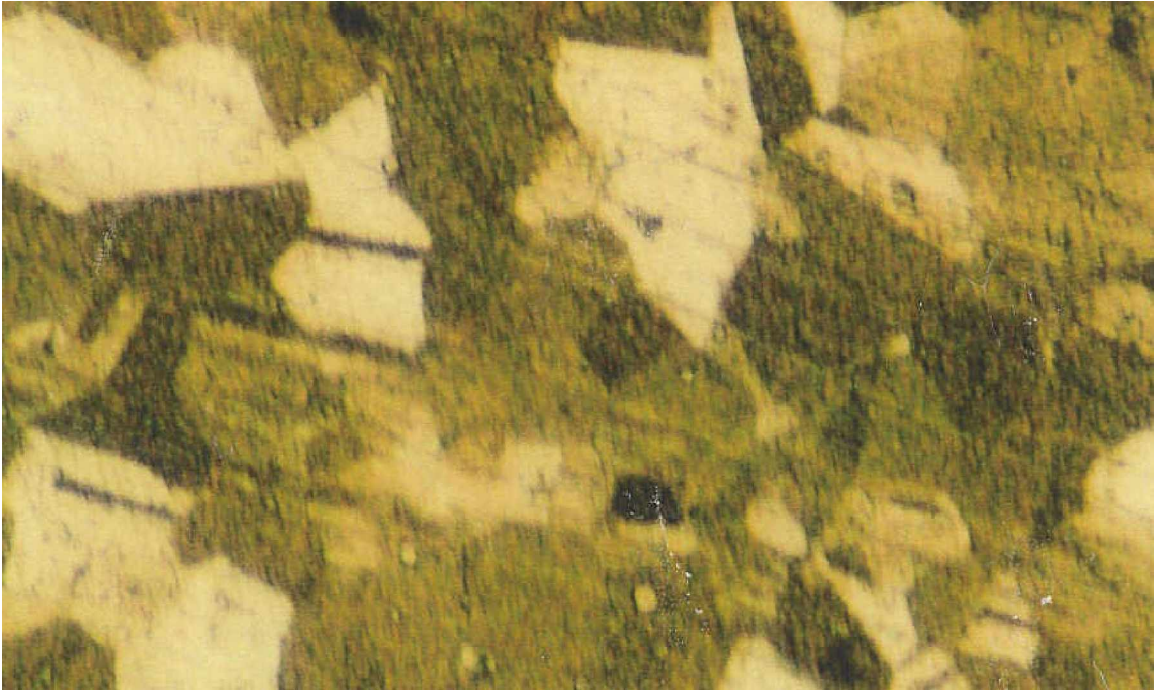
Şekil 6.4 650 °C’de 30 dk süre ile tavlanan malzemenin mikro yapısı



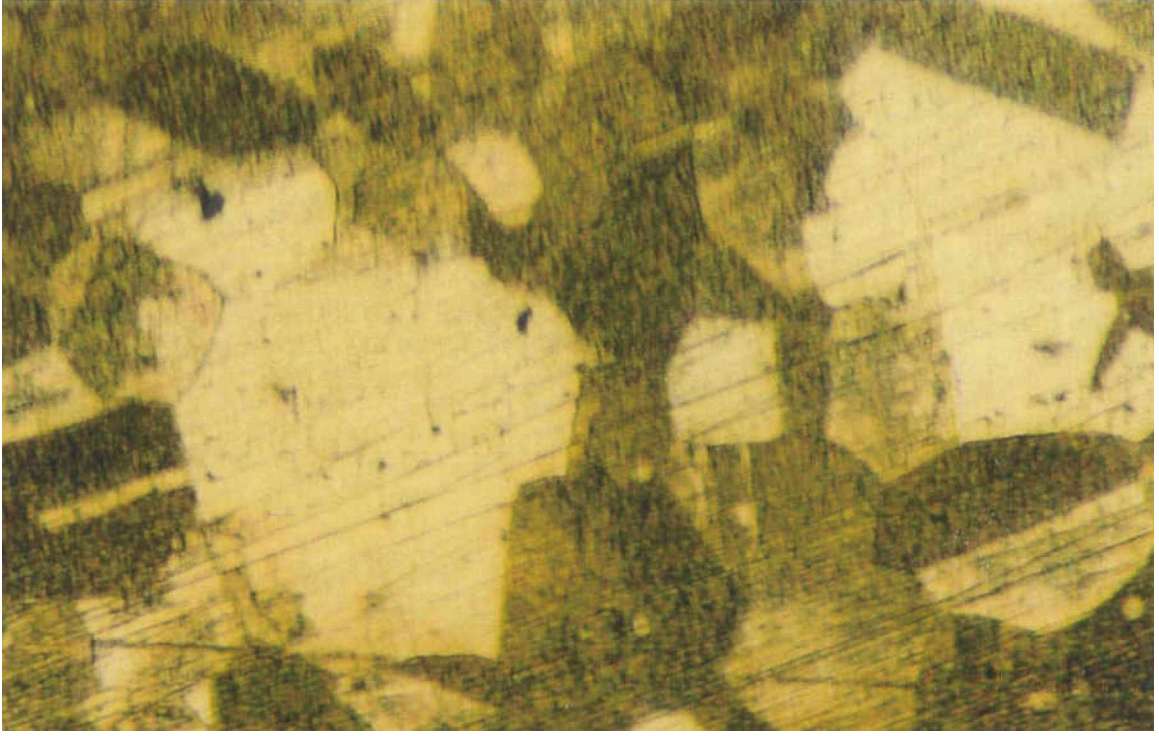
Şekil 6.5 700 °C’de 35 dk ile tavlanan malzemenin mikro yapısı



Şekil 6.6 700 °C’de 60 dk tavlanan malzemenin mikro yapısı



Şekil 6.7 700 °C’de 75 dk tavlanan malzemenin mikro yapısı



Şekil 6.8 700 °C’de 90 dk ile tavlanan malzemenin mikro yapısı



Şekil 6.9 700 °C’de 20 dk tavlama

7. GENEL SONUÇ

Günümüzde altın sektöründeki teknolojik gelişmelerin yanı sıra piyasadaki altın takı mamullerinin öneminin artmasıyla altın alaşımlarındaki teknolojik uygulamaların önemi ve uygulanabilirliği artmıştır. Bu teknolojilerin gelişmesi ve uygulanmasından dolayı altın alaşımlarının mekaniksel özellikleri iyileştirilerek daha kaliteli ve ekonomik mücevherat üretimleri gerçekleştirilebilmektedir.

Önceleri çırak-usta ilişkileriyle yürütülen kuyumculuk üretimi artık metalürjik süreçlerle desteklenmekte olan teknolojik uygulamalarla yapılmaktadır. Bu nedenle en uygun altın alaşımlarının ve bunun gibi birçok kuyumculuk üretim parametreleri belirlenmesi için mühendislik danışma ve tekniklerini kullanılmasını kaçınılmaz olmuştur. Bu bağlamda birçok kuyumcu firmaları ve üretim fabrikaları daha kaliteli ve randımanlı üretim yapabilmenin mühendislik çalışmalarıyla desteklenmesiyle olabileceği kanaatine varmışlardır. Bu tez çalışması bu eksiklikleri kapamak ve de bu konuya katkıda bulunmak amacıyla yürütülmüştür. Bu amaç doğrultusunda Atasay Kuyumculuk A.Ş. laboratuvar koşulları kullanılarak altın takı malzemelerinde karşılaşılan üretim ve imalat problemlerinin kaynağı olan bazı metalürjik koşullar çalışılmıştır. Problemlerin çözümüyle elde edilecek sonuçlar, üretilen takı mamullerinin daha kaliteli ve standart yapıya oturmasına büyük katkıda bulunacaktır. Ayrıca yarı mamul ve mamul ürünlerin kalitesinin artmasıyla, özellikle son yıllarda hızla değerlenen, altın israfı önlenecektir.

Yapılan metalürjik deney ve analizlerde, ülkemizde geleneksel olarak en çok kullanılan, 22 ayar altın alaşım yarı mamulü astar olarak kullanılmıştır. Yarı mamul alaşımın mekaniksel işlemler, özellikle presleme süreçlerinde, esnasında zarar ve kayıplara neden olmaması için uygun metalürjik işlemlere tabi tutulması gerekmektedir. Bunu sağlayabilecek sağlam ve ekonomik minimum astar kalınlığı elde edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada en düşük kalınlıkta ve ağırlıkta altın yarı mamulü elde edilerek en uygun nitelikte ve ekonomik koşullarda 22 ayar sarı altın alaşımı elde edilmiştir. Bu sonuç bir altın takı setinde %20 ağırlıkta bir hafiflemeye sebep olmuş, bu da ekonomik olarak büyük katkı sağlamıştır. Sonuç olarak;

- 1) 22 ayar sarı altın alaşımlarının farklı tavlama sıcaklık ve sürelerde, mikro yapı ve mekanik özellikler incelenmiştir.
- 2) Mikro yapı incelemesi sonucu 22 ayar sarı altın alaşımlarında tavlama sıcaklığı ve zamanı tane boyutunun farklı olması derin-çekilebilirlik ve preslenebilirliğini artıracığı en uygun aralık tespit edilmiştir.
- 3) 22 ayar sarı altın alaşımın maksimum derin-çekilebilirliği tane boyutu 35-45µm aralığında olduğu gözlenmiştir.

- 4) Altın sektöründe çok yaygın olarak kullanılan ve önemli bir altın alaşım grubunu oluşturan 22 ayar sarı altın alaşımı için elde bu tavlama zamanı ve süresi Atasay Kuyumculuk A.ř. dökümhanesinde hazırlanan numuneler üzerinde başarı ile denenmiştir. Yapılan mikro yapı ve sertlik incelemeleri ile Türk altın sektöründe 22 ayar altın alaşımlarının karakterize edilmesi gerçekleştirilmiştir.
- 5) Bu tez çalışması altın alaşım ailesi için yol gösterici örnek bir çalışma olmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Usa Gold Discussion Archives
- [2] Arbini F. Gold Bull. 1981, 14
- [3] The Priveeter Gold Pages www.thepriveeter.com
- [4] Ott. D., Raub C.J., Investment Casting of Gold Jewellery ; Gold Bull 18 ,1985, 98-108
- [5] The Encyclopedia Americana, International Edition, Volume 13, 1982
- [6] Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd Edition, Volume 11
- [7] Bard A., Bishop M., Gold and Gold Alloys, ASM Metals Handbook 10th Edition, Volume 2
- [8] Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry 5th Completely Revised Edition, Volume A12, 500-531
- [9] Yannopoulos J.C., 1991 The Extractive Metallurgy of Gold Van Nostrand Reinhold, Newyork
- [10] Othmer K., Encyclopedia of Chemical Technology 3rd Edition, Volume 2
- [11] Gold technology, Issue No:2 June 1990
- [12] Yasuda K. 1987 Age-Hardening and Related Phase Transformations in Dental Gold Alloys Gold bulletin 20 90-103
- [13] www.goldinstitute.org The uses of gold
- [14] Grimvade M. 1985 Introduction to Precious Metals, Newnes Technical Books, London
- [15] Diego Pinton Jewellery Technology ,Processes of Production Methods Tools and Instruments
- [16] Othmer K. Encyclopedia of chemical Technology 3rd Edition Volume 11
- [17] www.igeme.gov.tr Manufacturing Industry Gold Jewellery
- [18] Corti C.W Metallurgy of Microalloyed 24 carat Golds Gold Bulletin 32 39-47
- [19] Gold technology Issue No 4 May 1991 16- 21
- [20] Ott. D. 1997 Effect of Small additions and Impurities on Properties of Carat golds Gold technology 22 31- 38
- [21] Carrano R. Hanna M.C 1998 14 K Gold Alloy with Silver Copper Zinc and Cobalt Hardenable United States Patent
- [22] Dabala M. Magrini M. Poliero M. Galvani R. 1999 Production and Characterisation of 18 carat Gold Alloys Conforming too European Directive Gold technology 25 11-19
- [23] Reti A.M 1994 Nickel free white Gold Alloys
- [24] MacCormack I.B Bowers J.E 1981 New White Gold Alloys Gold Bulletin 14

- [25] Christian P., Linker S., Linker M.H 1980 18 Carat White Gold alloys Gold bulletin 13 15-20
- [26] Lawrence D.H 1995 Yellow Karat Gold Casting Alloys
- [27] Ingersolt C. 1973 Bright Cast Alloy and Composition
- [28] W. Rapson Gold usage Academic Press london 1978
- [29] Charles O. Smith The Science of Engineering Materials Prentice Hall
- [30] W.S Rapson proceeding of The 7 th Santa Fe Symposium on Jewellery Manufacturing Technology
- [31] Analyses of Casting Defects American Foundrymen s Society
- [32] Albert G. Guy Physical Metallurgy for Engineer Addison Wesley Publishing Company London
- [33] Gold Technology Issue No 33
- [34] Gold Alloy Data Aurum NO 1-17
- [35] A.M Tasker , Proceedings of the 2nd Santa Fe Symposium on jewellery Manufacturing Technology
- [36] A.McDonald, G. Sistare The Metallurgy of Some Carat Gold Jewellery Alloys vol.11 No: 4
- [37] Sabri Ucel Modern Kuyumculuk Teknikleri

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 02/02/1973

Doğum yeri RİZE

Lise 1986-1990

Lisans 1993-1998 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.
Metalürji Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1998 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çalıştığı kurum(lar)

1998-2000 Atasay Kuyumculuk A.Ş Türkiye

2000- Otomatik Eksoz Analiz California U.S.A