

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

%70 Cu - %30 Zn PİRİNÇ ALAŞIMLARINDA
TAV PARAMETRELERİNİN DERİN ÇEKİLEBİLİRLİĞE ETKİLERİ

TURGAY KESİCİ

ŞUBAT 2006

ÖZET

%70 Cu - %30 Zn PİRİNÇ ALAŞIMLARINDA TAV PARAMETRELERİNİN DERİN ÇEKİLEBİLİRLİĞE ETKİLERİ

KESİCİ, Turgay

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makina Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. M. Hüsnü DİRİKOLU

Şubat 2006, 69 sayfa

%70 Cu - %30 Zn Pirinç alaşımının derin çekme yöntemi ile şekillendirilmesinde, çatlama sorunlarıyla karşılaşılmıştır. Bu sorunun çözümüne yönelik ilk adım olarak, ekonomik bir yaklaşımla en uygun tav parametreleri belirlenerek, tav sıcaklık ve sürelerinin sistematik olarak değiştirilmesi ile malzemenin mekanik özellikleri ve mikro yapılarında ilgili değişiklikler belirlenmiştir. Üç grup arasında incelenen ısıtma işlemi sonucunda belirlenen şartlar altında 620 °C 'de 4 saat tavlanan malzeme, derin çekme işleminde başarılı olmuştur. Bu işlemin bilgisayar simülasyonuna yönelik ön hazırlık adımları bu tez içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: %70 Cu - %30 Zn, Pirinç Alaşımı, Bakır Alaşımı, Derin Çekme, Tav Parametreleri.

ABSTRACT

THE EFFECT OF THE ANNEALING PARAMETERS ON DEEP DRAWING OF THE %70 Cu - %30 Zn BRASS ALLOYS

KESİCİ, Turgay

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering, M.Sc. Thesis

Supervisor: Asst. Prof. Dr. M. Hüsnü DİRİKOLU

February 2006, 69 pages

During deep drawing of a %70 Cu - %30 Zn Brass alloy, cracking problems have been encountered. As a first step toward the solution of this problem, the determination of the optimum heat treatment parameters would be an economical approach. On this basis, the time and temperature parameters during annealing have systematically been varied. The corresponding changes in the microstructures and mechanical properties have been determined. Finally, among the formed three of heat treated groups, annealing at 620°C for 4 hours has been successful in the specific deep drawing process under consideration. The preliminary steps toward computer simulation of this process have also been carried out in this thesis.

KEY WORDS: %70 Cu - %30 Zn, Brass Alloy, Copper Alloy, Deep Drawing, Annealing Parameters,

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında bilgisini, tecrubesini ve yardımlarını esirgemeyen, tez yöneticisi hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Hüsnu DİRİKOLU Bey'e, değerli destek ve yardımlarını sakınmayan saygı değer hocam Prof. Dr. Veli ÇELİK Bey'e, Makine Mühendisliği bölümündeki değerli hocalarıma, Asistan arkadaşlarıma.

Araştırma ve deneysel çalışmalarımnda bana makinelerini, tesislerini, malzemelerini ve laboratuvar imkânlarını veren MKE Mühimmat Fabrikası, MKE Pirinç Fabrikası ve MKE Ağır Silah ve Çelik Fabrikası olmak üzere emeği geçen tüm teknik ekibe, Pres atölye yetkilisi Makine Yüksek Mühendisi Sayın Halis Bilen'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca en içten ilgi, alaka ve yardımlarını esirgemeyen eşime ve ikizlerime, hayatımın her alanında maddi ve manevi her türlü desteği vermekten kaçınmamış babam, annem ve kardeşlerime, şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM	5
2.1. Bakır ve Bakır Alaşımları.....	5
2.1.1. Bakırın Özellikleri.....	5
2.2. Pirinçler (Bakır-Çinko Alaşımları)	8
2.2.1. Bakır- Çinko Sistemi İçin Faz Diyagramı ve Kafes Sistemi.....	8
2.2.2. Alaşım Miktarına Göre Pirinçler	12
2.2.2.1. Düşük Pirinçler.....	12
2.2.2.2. Yüksek Pirinçler	12
2.2.2.3. Alaşım Pirinçleri	13
2.2.3. Pirinçlerin Mekanik ve Fiziksel	13
2.2.3.1. Mukavemet	15
2.2.3.2. Elektrik ve Isı Özellikleri	17
2.2.3.3. Süneklik ve Biçimlendirebilirlik	18
2.2.3.4. Pirincin Aşınma Dayanımı	19

2.2.3.5. Pirincin Korozyonu	19
2.2.3.6. Talaşlı İşlenebilirlik	20
2.3. Bakır ve Pirinç Alaşımlarına Uygulanan Isıl İşlemler	23
2.3.1. Tavlama.....	23
2.3.2. Gerilim Giderme Isıl İşlemi	24
2.3.3. Dönüşüm Sertleşmesi	25
2.3.4. Homojenleştirme Tavlama	26
2.3.5. Çözeltiye Alma ve Çökeltme Sertleşmesi	26
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	27
3.1. Malzemenin Özellikleri.....	27
3.1.1. Malzemenin Geliş Değerleri	29
3.1.2. Malzemeye Uygulanan Derin Çekme Aşamaları	30
3.2. Deneysel Çalışma.....	31
3.2.1. Deneysel Çalışmanın Amacı.....	31
3.2.2. Isıl İşlem Analizleri	34
3.2.2.1. I. Grup Malzemelerin 500 °C de 1,5 Saat Tavlama	35
3.2.2.2. II. Grup Malzemelerin 550 °C de 1 Saat Tavlama	39
3.2.2.3. III. Grup Malzemelerin 620 °C de 4 Saat Tavlama	43
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

2.1. Bakırın Özellikleri.....	6
2.2. Cu-Zn Alaşımlarının Ergime veya Solidus Sıcaklığı	10
2.3. Saf Bakır, Saf Çinko ve CuZn37 Pirinç Alaşımının Karşılaştırılması	15
2.4. Çeşitli Metallerin Pratik Metal Kaldırabilme Oranları	21
2.5. Çeşitli Metallerin Bağlı Talaşlı İşlenebilme Oranları	22
2.6. Bazı Dövme Bakır Alaşımlarının Gerilim Giderme Sıcaklıkları	25
3.1. Kartuş Pirincinin Özellikleri.....	27
3.2. Malzemenin Atölyeye Geliş Değerleri	29
3.3. I. Grupta 500 °C de 1,5 Saat Tavlanan Malzemenin Sertlik Değerleri ...	36
3.4. II. Grupta 550 °C de 1 Saat Tavlanan Malzemenin Sertlik Değerleri	40
3.5. III. Grupta 620 °C de 4 Saat Tavlanan Malzemenin Sertlik Değerleri. ...	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

2.1. Bazı Elementlerin Bakırın Kayma Gerilmesine Etkisi	7
2.2. Bakırın Kritik Kayma Gerilmesine Çinko İçeriğinin Etkisi	7
2.3. Bakır- Çinko Alaşım Diyagramı.....	9
2.4. α - Pirincinin İç Yapı Görünümü ve Kafes Yapısı.....	8
2.5. β - Pirincinin İç Yapı Görünümü ve Kafes Yapısı.....	10
2.6. γ - Pirincinin İç Yapı Görünümü ve Kafes Yapısı	11
2.7. Piriñ Malzemelerin Çekme Dayanımı ve Kopma Uzaması	16
2.8. Piriñ Malzemelerin Elastisite ve Kayma Modülünün Değişimi	17
2.9. Piriñ Malzemelerin Elektrik Direnci ve Isı İletimi	18
2.10. Piriñ Malzemelerin Şekillendirilebilirliği Üzerine Cu ve Pb'nin Etkisi....	21
2.11. CuZn39 Pirincin Özelliklerine Sıcaklığın Etkisi.....	24
3.1. II. Çekme Operasyonu Sonrası Yarı Mamul.....	31
3.2. Çekme Operasyonları arası ısıl işlem ve yüzey kaplamalar.....	32
3.3. II. Çekmede Kullanılan Alt Zimba.....	33
3.4. Numune Malzemelerin Tavlandığı Tav Fırını	34
3.5. Numune Parçalardan Bir Kısmı.....	35
3.6. Brinell Sertlik Ölçüm Cihazı HB 2,5 /31,25.....	35
3.7. Bilya Çapının Numune Üzerindeki Görüntüsü.....	36
3.8. Numunelerin Molekül İçyapısına Bakılan Mikroskop Cihazı.....	37
3.9. Tavlanan Malzeme Çekme Deneyi	37
3.10. Numunenin Parça Tane Yapısı	38

3.11. I. Grupta Tavlanan Malzemenin Çekme Deneyi Sonuçları.....	38
3.12. II. Çekme Operasyonu.	39
3.13. Numunelerin Parça Tane Yapısı İncelenirken.....	40
3.14. II. Grupta 550 °C de 1 Saat Tavlanan Mal. Parça Tane Yapısı.....	41
3.15. II. Grupta 550 °C de 1 Saat Tavlama Çekme Deneyi Sonuçları	41
3.16. II. Grupta 550 °C de 1 Saat Tavlanan Mal. Çekme Deneyi.....	42
3.17. Sertlik Ölçüm Cihazı	43
3.18. III. Grupta 620 °C de 4 Saat Tavlanan Mal. Parça Tane Yapısı.....	45
3.19. III. Grupta 620 °C de 4 Saat Tavlanan Mal. Çekme Deneyi Sonuçları.....	45
3.20. III. Grupta 620 °C De 4 Saat Tavlanan Mal. Çekme Deneyi	46
3.21. III. Grupta tavlanan malzemenin Çekme Deneyi	46
3.22. Yapılan İmalatta I-II-III Çekme Operasyonları	47

SİMGELER DİZİNİ

α, β, γ	Peritektik Reaksiyonlara Ait Ara Fazlar
d	Bilya İzçapı (mm)
C	Çekme Numunesi Genişliği (mm)
E	Young Modülü (Gpa)
HB	Brinell Sertliği (kg/mm ²)
HMK	Hacim Merkezli Kübik Yapı
HRB	Rockwell Sertliği
Hv	Vickers Sertliği (kg/ mm ²)
K.D.	Kesit Daralması
Lo	Çekme Numunesi Ölçü Uzunluğu (mm)
T	Sıcaklık (°C)
TEM	Geçirimli Elektron Mikroskobu
YMK	Yüzey Merkezli Kübik Yapı

1. GİRİŞ

Bakır ve bakır alaşımları kolay şekillendirilebilirliği nedeniyle dünyada ve ülkemizde yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Bakır, alaşımsız şartlarda ve diğer metal alaşımlarında yaygın olarak kullanıldığı için önemli bir mühendislik metalidir.

Uygun kimyasal bileşimindeki bakır ve çinko alaşımının yani pirincin seçilmesi ile istenilen mukavemet, süneklik, sertlik, iletkenlik, şekillendirilebilirlik, aşınma dayanımı, renk ve korozyon dayanımı özelliklerine sahip malzemeler elde edilebilir.

Tez konusu olan pirinç alaşımının derin çekme yöntemi ile şekillendirilmesiyle ilgili birebir bilimsel çalışmalara literatür araştırmasında rastlanamamıştır. Ancak derin çekme yöntemleri ve pirinç alaşımların ısıl işlemlerinin araştırıldığı çalışmalara ilgili özet aşağıda verilmiştir.

I. Dejmal ve arkadaşları ⁽¹⁾ derin çekme prosesindeki en uygun kalıp açılarının üzerinde çalışmışlardır. Alüminyum ve bakırdan yapılmış yuvarlak metal parçalar, farklı eğim yarıçaplarına sahip kalıplar üzerinde en uygun kalıp özelliklerini sağlamak üzere çekilmişlerdir.

Mark Colgan ve John Monaghan ⁽²⁾ derin çekme işlemini analiz ve deneyler uygulayarak incelemişlerdir. Bu makalede, deneysel ve sonlu eleman analiz yöntemlerinin ilk aşamalarının kullanımıyla derin çekme işlemi incelenmiştir. Bu araştırmanın amacı, çekme işlemini etkileyen en önemli faktörleri, deney tasarımları ve istatistik analiz yardımıyla, belirlemektir.

Seung Ho Kim ve arkadaşları ⁽³⁾ çok aşamalı derin çekme işlemlerinde sınırlı sayıdaki elementlerin analizlerini yapmışlardır. Çok aşamalı derin çekme işleminde istenilen en uygun şeklin elde edilmesini sağlamak için, az miktarda zaman ve güç kullanarak son şekil içinde gerilim dağılımından kaçınılmıştır. Dikdörtgen kovanların çekiminde istenilen işlem parametreleri incelenmiştir.

A. Waheed ve N. Ridley isimli araştırmacılar ⁽⁴⁾ tarafından 1984 yılında yapılan çalışmada, Mn ve Si içeren yüksek mukavemetli pirinçlerin ısıtılma işlemi mikro yapılarındaki değişimlerinin yanı sıra sertliklerindeki değişimlerini de incelemiştir. Farklı alaşımlar 200 – 800 °C arasında değişen bir sıcaklıkta tavlama yapılmıştır. Yüksek Alüminyum içeriği bulunan alaşım, daha düşük alüminyum içeriği olan alaşımlardan çok daha sert olduğu görülmüştür.

F. A. Sadykov ve arkadaşları ⁽⁵⁾ 1999 yılında yaptıkları çalışmada sıcak haddelenmiş pirincin (Cu-%39,4Zn-%0,89 Pb) sertliğine, deformasyon ve ısıtılma işlemin etkisi incelenmiştir. Daha büyük α ve β faz tanelerine sahip sıcak haddelenmiş pirincin mikro sertliği 1,6 GPa'dır. 840 °C de su verme sonucu kaba taneli β faz yapısının oluşması, sertliği 1,0 GPa 'a kadar düşürmüştür. Soğuk haddeleme sertliğin 2,0 GPa 'a artmasına yol açmıştır. Eğer soğuk haddeleme ve ardından 300 °C' de tavlama yapılırsa yeniden kristalleşmiş ince taneli α ve β fazı oluşur ve sertlik 1,2 GPa bulunur. Sonuçta daha ince taneli yapının oluşmasına sebep olan ısıtılma işlemi, sertliğin artmasına yol açmıştır.

S. Natarajan ve arkadaşları ⁽⁶⁾ derin çekme işlemini, nümerik simülasyon ve deneysel geçerlilik yönleri bakımından incelemiştir. Yuvarlak parçaların eksen simetrisine sahip silindirik parçalara çekilmesini farklı çekme durumlarında nümerik modellemeyi kullanarak incelemiştir.

Jian Cao ve arkadaşları ⁽⁷⁾ çekme operasyon adımlarını azaltarak derin çekme işlemi analizi yapmışlardır. Sayısal simülasyonlar kullanarak işlem adımları kısaltarak karmaşık geometrik yapılar incelenmiştir. Sonuç olarak 10 adımda yapılan çekme operasyonu 6 adıma indirilmiştir.

Bu tez konusunda, Pirinç alaşımlarından biri olan %70 Cu - %30 Zn Pirinç alaşımının soğuk çekme yöntemiyle şekillendirilmesi esnasında ne gibi karakteristik özellikler gösterdiğinin, deneysel olarak araştırılması yapılmıştır.

%70 Cu - %30 Zn Pirinç alaşımlarının derin çekme yöntemi ile şekillendirilmesinde, bazı çatlama problemleriyle karşılaşılmaktadır. Bu problemlerin aşılmasında %70 Cu - %30 Zn Pirinç alaşımlarının derin çekilmesine yönelik, tav sıcaklık ve sürelerinin değiştirilmesi vasıtasıyla uygun tav parametreleri belirlenerek malzeme israfını önlemek amaçlanmıştır.

Deneylerde malzemeler 3 grup halinde incelenmiş, I. grupta malzeme 500 °C de 1,5 saat, II. grupta malzeme 550 °C de 1 saat, III. grupta ise 620 °C de 4 saat tavlama şeklinde ısıtılma tabii tutulmuştur. Tavlama işlemleri neticesinde malzemenin karakteristik değerlerinde, sertlik, çekme, akma, % uzama ve kristal yapısında farklılıklar gözlemlenmiştir. Derin çekmeye tabii tutulan malzemeler, istenilen özelliklerde olup olmadığı araştırılmıştır.

Derin çekme işlemi ile şekillendirilmeye çalışılan malzeme için, uygun tav sıcaklığı ve tav süresini belirlemeye çalışılarak, şekillendirme aralığında malzeme israfını önlemek amaçlanmıştır.

Malzemenin karakteristik değerlerine göre en uygun yöntem tespit edilmiş olup, üretimi yapılan proses imalatında kullanılmış ve 20.000 adet yarı mamul sorunsuz olarak imal edilebilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bakır ve bakır alaşımları, bakır- çinko alaşımları (pirinçler), bakır ve pirinç alaşımlarına uygulanan ısıt işlemler detaylı olarak aşağıdaki alt bölümlerde anlatılacaktır.

2.1. Bakır ve Bakır Alaşımları

Bakır alaşımsız şartlarda ve de diğer metallerle alaşımlarında yaygın olarak kullanıldığı için önemli bir mühendislik metalidir. Alaşımsız yapıda olağan üstü özellikler kombinasyonuna sahiptir. Bu özellikler bakırı elektrik ve savunma endüstrisinin esas malzemesi haline getirmiştir. Bu özelliklerinden bazıları, yüksek elektrik iletkenliği, korozyon direnci, kolay fabrikasyon, yeterli çekme dayanımı, kontrol edilebilen tavlama özellikleri ve genel lehimleme ve birleştirme özellikleridir.

2.1.1. Bakırın Özellikleri

Bakır, mükemmel elektrik iletkenliği nedeniyle elektrik ve elektronik endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir elementtir. Saf bakırın elektrik iletkenliğinin bu sektörde kullanım için gerekli değeri yaklaşık $56 \text{ m/mm}^2\Omega$ dir.

Elektrik endüstrisinde telgraf ve telefon sistemlerinde tel formunda, radyo ve televizyon sistemlerinde, bina ve cihazlarda, yıldırım ve şimşeklerden korunma sisteminde, hava hatlarında ayrıca su borularında

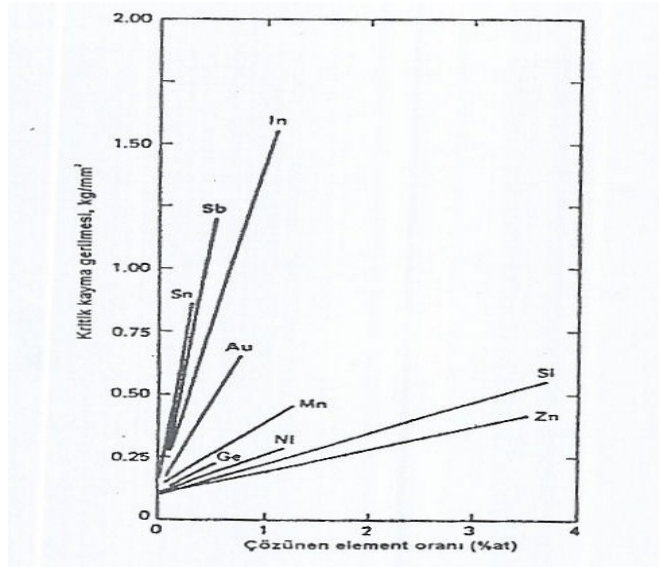
kullanılır. Otoyol, gemi ve demiryolu endüstrilerinde de kullanım alanı vardır. Bununla birlikte, yüksek sıcaklık uygulamalarında ısı değiştircilerinde de kullanılır.

Çizelge 2.1. Bakırın özellikleri ⁽⁸⁾.

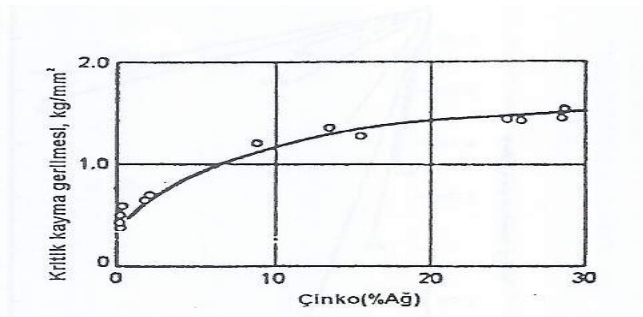
Akma dayanımı	40–80 N/mm ²
Çekme dayanımı	200–250 N/mm ²
Sertlik, HV	40
Uzama (kopma)	%40
Büzülme	%75
Young modülü, E	125 KN/mm ²
Özgül ağırlık	8,9 gr/cm ³
Ergime sıcaklığı	1083 °C
Yeniden kristalleşme sıcaklığı	100–400 °C
Dövülme sıcaklığı	800–900 °C

Bakır ve çözünen atom arasındaki boyut farkı bakır alaşımlarında mukavemet artışını sağlamak açısından çok önemlidir. Boyut farkının büyük olması, sınırlı çözünebilirliğe sebep olmaktadır. Mukavemet artışı için çözünebilirliğin yüksek ve boyut farkının az olması gereklidir. Bunların içinde çinko, en iyi atom boyutu ve çözünebilirlik kombinasyonuna sahiptir.

Bazı elementlerin bakırın kritik kayma gerilmesi üzerindeki etkisi Şekil 2.1'de görülmektedir. Bakırda etkili mukavemet artışı sağlayan bu elementlerin çözünürlükleri genelde düşüktür. Örneğin çözünürlüğü yaklaşık %1 olan İndiumun kritik kayma gerilmesi $1,5 \text{ kg/mm}^2$ 'dir. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi, bakırın kritik kayma gerilmesi üzerinde çinko, diğer elementler kadar güçlü bir etkiye sahip değildir. Ancak, çözünürlüğün yüksek olması nedeniyle %30 gibi yüksek oranlarda mukavemet artışlarında önemli rol oynamaktadır.



Şekil 2.1. Bazı elementlerin bakırın kayma gerilmesine etkisi⁽⁹⁾.



Şekil 2.2. Bakırın kritik kayma gerilmesine çinko içeriğinin etkisi

2.2. Pirinçler (Bakır – Çinko Alaşımları)

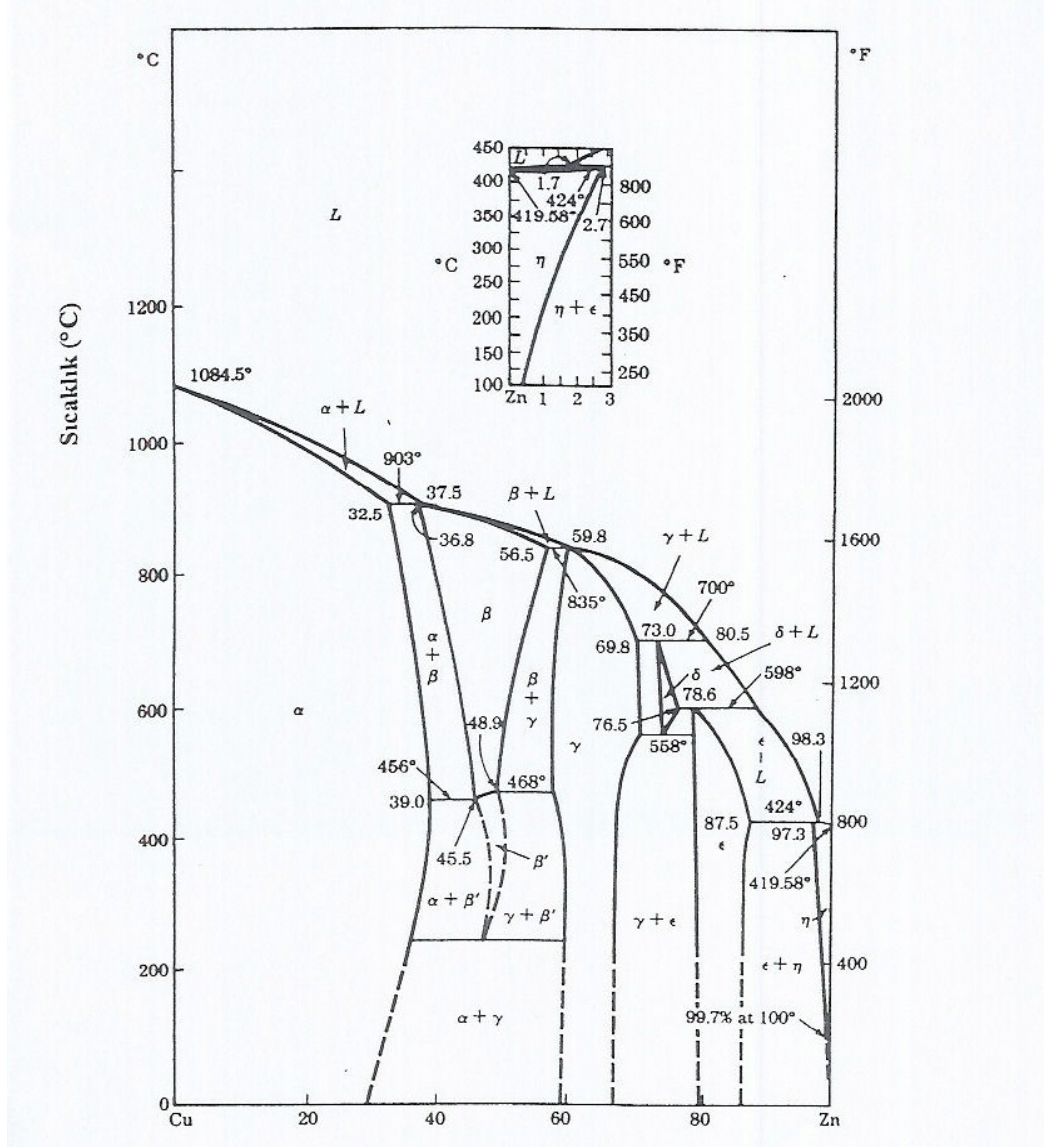
Pirinç bir bakır ve çinko alaşımıdır. Saf bakır ve çinko'nun ergitilmesi ile elde edilir. Bakır çinko pirinçleri yaklaşık %40 'a kadar Zn'li bakır alaşımları serilerinden oluşur. %Zn değiştiğinde Cu-Zn alaşımının özellikleri de değişir. Cu-Zn pirinçleri, “ alaşım pirinçleri ” olarak işaret edilen kalay, alüminyum, silisyum, mangan, nikel ve kurşun gibi ilave alaşım elementleri içerirler. Nadiren %4 'ü alaşım ilaveleri ayarlanmış Cu-Zn'nin bazı özelliklerini iyileştirir. Bu nedenle bunlar başka uygulamalar için kullanılabilir.

Katı eriyik α pirincinin kullanımları (bakırda çinkonun katı eriyiği) yüksek süneklik özelliğinin yanı sıra yeterli dayanım, iyi korozyon direnci, hoş renkler ve lehimlenebilirliğe bağlıdır. Pirinçler nikel ve kromla kaplanabilir ve ısı transfer maddesi olarak kullanılması için yeterli ısı iletkenliğe sahiptir. Süneklik ve dayanımın en iyi kombinasyonu %70 Cu ve % 30 Zn'de olur ve bundan dolayı bu alaşım derin çekilme yeteneği ile kullanılabilir. %70 Cu - %30 Zn alaşım “ kartuş pirinci ” olarak adlandırılır, ancak radyatör peteği, Silah sanayisinde, benzin tankları ve lamba tespitleri gibi diğer uygulamalar için kullanılır ⁽¹⁰⁾.

2.2.1. Bakır – Çinko Sistemi İçin Faz Diyagramı ve Kafes Sistemi

Bakır – çinko sistemi için faz diyagramı Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Çinko bakırda yoğun katı eriyebilirliğe sahiptir ve 465 °C'de %39 Zn'ye kadar α katı eriyiği oluşturur. Çinko içeriğini artırmakla bakırda çinkonun β fazı HMK kristal yapıya sahiptir ve 468 – 456 °C sıcaklık aralığında düzensiz doldurulmuş (disordered) β fazı yapısı düzenli doldurulmuş (ordered) β'

fazına dönüşür. Yaklaşık %50 'den fazla Zn, karmaşık yapıya sahip ve çok kırılğan olan γ fazı katı eriyiği oluşturur. Bakır – çinko alaşımları, çok az mühendislik kullanımına sahip gevrek γ fazı içerir.



Şekil 2.3. Bakır – Çinko alaşım diyagramı⁽¹⁰⁾.

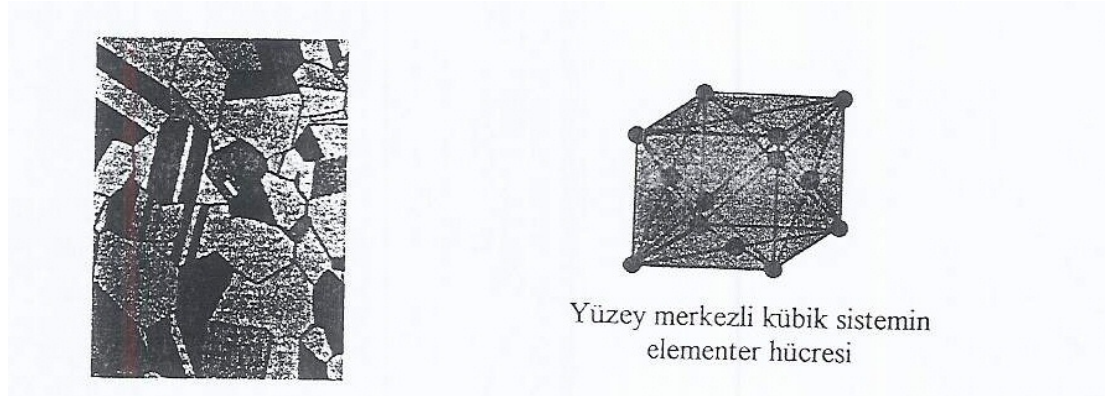
Şekil 2.3'de verilmiş olan Cu-Zn alaşım diyagramından görüleceği üzere Cu ve Zn'nin ergime noktaları farklıdır. Çizelge 2.2'de farklı kimyasal bileşimindeki pirinç alaşımları için ergime veya solidus sıcaklıkları verilmiştir.

Alaşım içerisindeki ınko miktarının artması ile alaşımın ergime veya solidus sıcaklıkları dűřmektedir.

Çizelge 2.2. Cu-Zn alaşımlarının ergime veya solidus sıcaklığının artan ınko miktarı ile değişimi

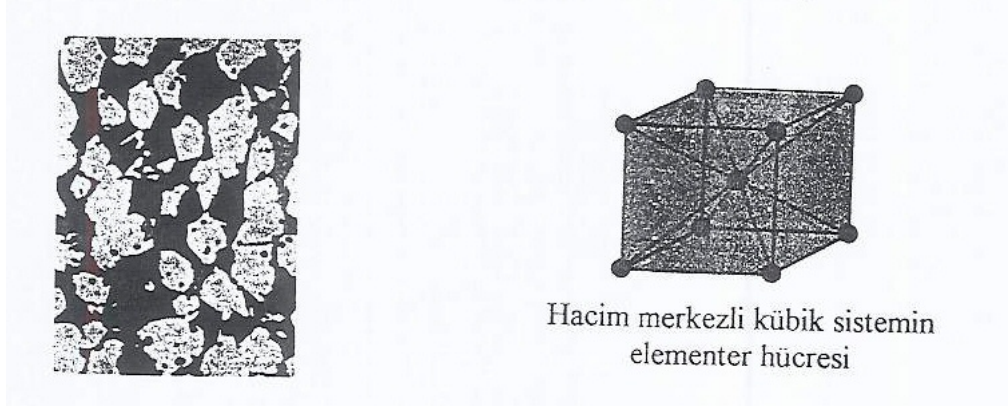
	%0 Zn	%10 Zn	%20 Zn	%30 Zn	%40 Zn	%50 Zn	%60 Zn	%70 Zn	%80 Zn	%90 Zn	%100 Zn
Ergime veya solidus sıcaklığı	1083	1040	995	930	900	880	820	780	700	580	419

Őekil2.3'de verilen Cu-Zn faz diyagramına bakılacak olursa; bakır yűzey merkezli kafes yapısında 456  C 'de en çok %39 ınko özűndűrebilir, bu durum  -katı çözeltisi olarak adlandırılır.



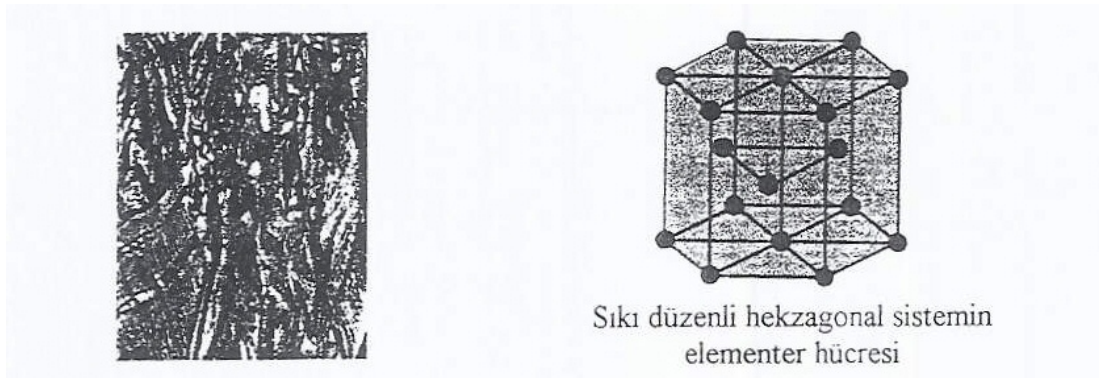
Őekil 2.4.  -pirincinin iç yapı gűrűnűmű ve kafes yapısı ⁽¹¹⁾.

Eđer alařım % 39 'dan fazla ınko içerecek olursa diđer bir faz olan  +β-fazına dűnűřűr. β-fazı hacim merkezli kűbik bir kafes yapısına sahip olup, 902  C ve %37 ınko oranında meydana gelen peritektik reaksiyon sonucunda oluřur.



Şekil 2.5. β -pirincinin iç yapı görünümü ve kafes yapısı ⁽¹¹⁾.

Bakır-inko alaşımlarında, alaşım % 55 çinko oranını aştığı zaman, meydana gelen diğer bir katı czelti gama (γ) fazıdır. Şekil 2.6 ile gösterilen gama fazı çok gevşek olup bu yüzden ticari pirinçler içerisinde istenmez.



Şekil 2.6. γ -pirincinin iç yapı görünümü ve kafes yapısı ⁽¹¹⁾.

2.2.2. Alaşım Miktarına Göre Pirinçler

Alaşım miktarına göre pirinçler  grupta toplanabilir. Genelde Cu-Zn alaşımlarının mekanik özellikleri alaşımdaki faz farklılıkları ile yakından ilişkilendirilir.

2.2.2.1. Düşük Pirinçler

Bu pirinçlerin çinko içeriğini artırmak bunların dayanım, sertlik ve sünekliliğini artırır. Bunların rengi kırmızıdan altına, yeşil sarılara değişir. Bunların sıcak şekillendirme özellikleri ticari bakırlarla kıyaslanabilir ve bunlar 730–900 °C aralığında sıcak şekillendirilebilir. Bununla beraber kurşun içeriği sıcak şekillendirme zorluklarını önlemek için %0.01'in altında tutulmalıdır. Tavlamış şartlardaki düşük pirinçler oldukça sünektir ve oda sıcaklığında dövülebilir. %45–50 Aralığında uzamaya sahiptir. Bu nedenle herhangi geleneksel metotla soğuk şekillendirilebilir ⁽¹²⁾.

2.2.2.2. Yüksek Pirinçler

Yüksek inko içeriklerinden dolayı yüksek dayanımlara sahiptirler. Sneklilikleride artan çinko içerikleriyle artar ve yaklaşık %30 Zn'de maksimuma ulaşır. Çinko içeriği %36'yı geçtiğinde bu alaşımların sneklilikleri β fazının varlığında dolayı hızlı bir şekilde azalır, ancak dayanım ve sertlik yaklaşık %45 Zn'ye kadar yükselmeye devam eder.

%80 ve 64 arasında (%20 ve 36 Zn) bakır içerikli α pirinçleri sıcak şekillendirme için nispeten zayıftırlar ve bunların kurşun içerikleri en az

tutulmalıdır. β fazının varlığından dolayı $\alpha+\beta$ fazları yüksek α pirincinden çok daha kolay sıcak şekillendirilebilir (genellikle 650- 769 °C aralığı). Bununla beraber $\alpha+\beta$ fazları soğuk şekillendirme için zordur, bu zorluk β fazı içeriği artırıldığında artar.

2.2.2.3. Alaşım Pirinçleri

Pirinçlere %1 gibi alaşım elementlerinin küçük miktarlarda ilavesi bunların mekanik özelliklerini fazla etkilemez. Mangan bronzuna dönüştürmek alfa-beta Pirinçlerinin dayanımını önemli ölçüde artırır. Bu artırılmış dayanımdan dolayı, mangan bronzu sıcak şartlarda iyi şekillendirilir. Pirincin işlenebilirliğini iyileştirmek için yaklaşık %3 'e kadar Pb ilavesi pratik olarak kurşunlu pirincin çekme dayanımına ve sertliğine etkisi yoktur. Buna karşın, süneklik ve bundan dolayı pirincin soğuk şekillendirme yeteneği daha fazla Pb ilaveleri ile azalır.

2.2.3. Pirinçlerin Mekanik ve Fiziksel özellikleri

Pirinç malzemeler, saf durumdaki fiziksel özellikleri Çizelge 2.3'de verilen bakır ve çinkonun oluşturmuş olduğu alaşımlardır. Çeşitli pirinç alaşımlarında az miktarda kurşun, silisyum, mangan, nikel ve alüminyum gibi alaşım elementlerini de görmek mümkündür. Alaşım elementleri alaşımın özelliklerini değiştirir. Örneğin az miktardaki alüminyum, alaşımının deniz korozyonuna karşı dayanımını, % 1–2 kurşun ilavesi ise talaşlı işlenebilirliğini artırır⁽¹³⁾.

Pirinçler eşsiz birleşim özellikleriyle birçok parçanın imalatında kullanılabilen malzemelerdendir. İyi olan mukavemet ve süneklik çok iyi olan korozyon ve işlenebilirlik ile birleşince vazgeçilmez bir malzeme olduğu ortaya çıkmaktadır. Pirinç malzemenin seçilmesinin nedenleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir. Bunlar;

- Mükemmel işlenebilirliğe sahiptir.
- İyi bir ısı ve elektrik iletkenliğine sahiptir.
- Özelliklerini kaybetmeden geri dönüşümü mümkündür.
- Sünektir ve dövülebilir.
- Kıvılcım çıkarmaz.
- İyi bir şekilde kaplanabilir.
- Birçok boyutlarda temin edilebilmesi mümkündür.
- İyi bir korozyon dayanımı vardır.
- Mukavemeti iyidir, bakırdan daha mukavemettir.
- İyi bir darbe dayanımı vardır.
- Güzel bir rengi vardır.
- Aşınma dayanımı iyidir.
- 200 °C 'nin altında birçok fiziksel özelliklerini kaybetmez.
- Güneş ışığından zarar görmez.
- Fiyatı oldukça uygun olup bakırdan daha ucuzdur.

Çizelge 2.3'de bakır, çinko ve CuZn37 pirinç malzemesinin çeşitli yönlerden karşılaştırılması verilmiştir. Bu çizelgeden anlaşılacağı üzere pirinç malzemeler birçok yönden bakırdan daha üstündür.

Çizelge 2.3. Saf bakır, saf çinko ve CuZn37 pirinç alaşımının bazı fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması.

	Saf Bakır	Saf Çinko	CuZn37
Atom numarası	29	30	-
Atom ağırlığı	63,54	65,37	-
Yoğunluğu (g/cm ³)	8,933	7,134	8,40
Ergime sıcaklığı (°C)	1083	419,47	902-920
Kaynama noktası (°C)	2590	907	-
Kafes sistemi (20 °C' de)	YMK		YMK,HMK
Isı iletim katsayısı (20 °C' de)	394	110	113
Elektrik iletkenliği katsayısı (20 °C' de) (Sm / mm ²)	58	16	15
Isıl genleşme katsayısı (20°C'-300 °C de) (10 ⁻⁶ / K)	17,7	31	20,5
Elastisite Modülü kN/mm ²	125	94	110
Çekme dayanımı (N/mm ²)	200		380
Kopma uzaması (%)	45		48

2.2.3.1. Mukavemet

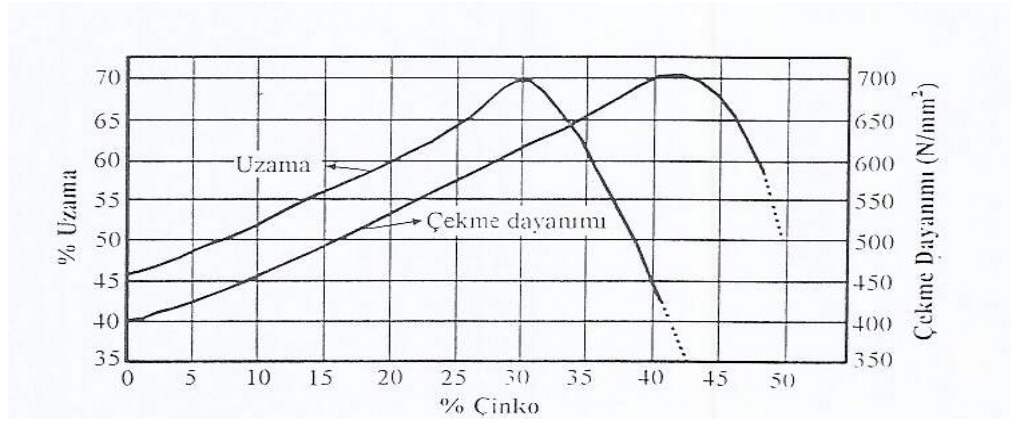
Pirinç malzemeler yumuşatılmış durumda sünek ve mukavemeti iyidir, haddeme veya çekme gibi soğuk şekillendirme teknikleri ile sertleştirildiği zaman mukavemetleri önemli ölçüde artar.

Pirinçlerin mukavemeti 200 °C' nin altında önemli ölçüde değişmez, 300 °C civarında ise sadece % 30 azalır. Bu özellik pirinç malzemelere

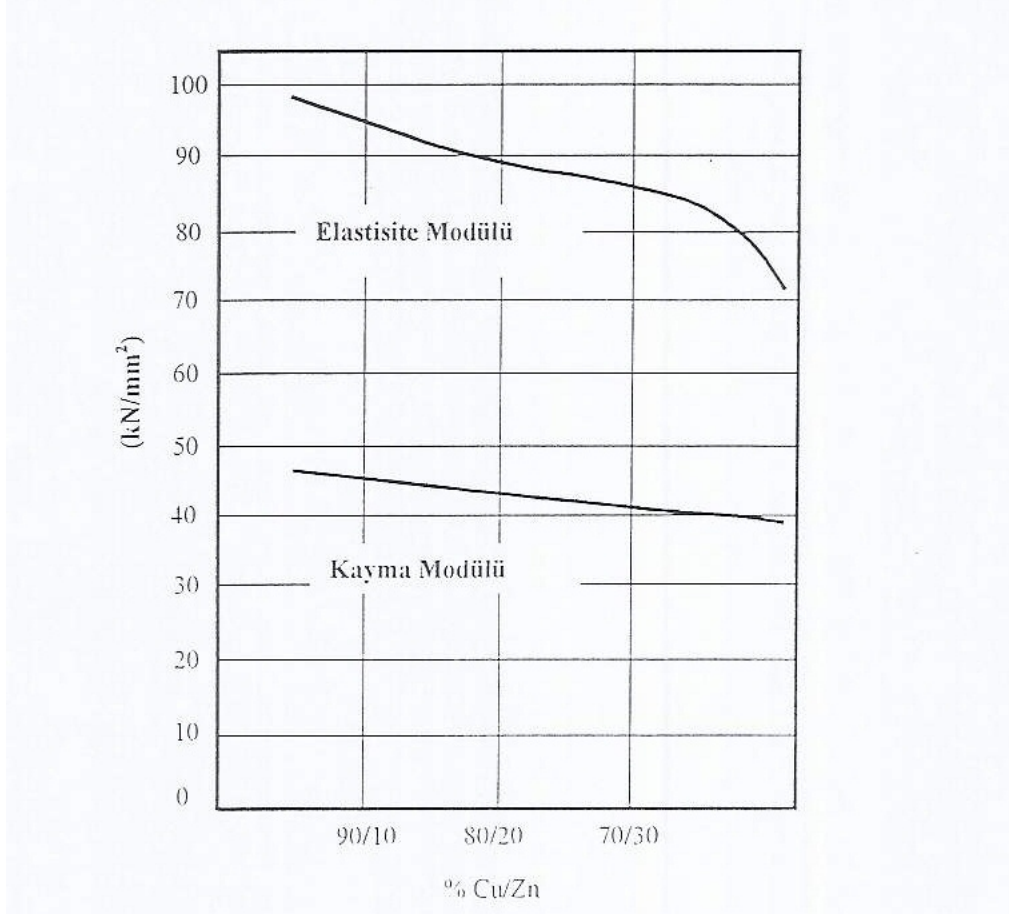
alternatif olarak kullanabilecek birçok malzemede yoktur. Yüksek mukavemet gereken uygulamalar için yüksek mukavemetli pirinçler bulmak mümkündür. Bu tip pirinçler mukavemet artırıcı ilave alaşım elementleri içerirler.

Pirinçlerin özellikleri alaşımdaki çinko miktarını bağlıdır. Pirinçlerin mukavemeti alaşımdaki çinko miktarının artması ile yükselir ve maksimum değere yaklaşık % 40 çinko oranında ulaşır. Şekil 2.7’de görüldüğü gibi diğer taraftan pirinçlerin korozyon dayanımı ve sünekliliği artan çinko miktarı ile azalır. Çinko oranının yaklaşık % 35 olduğu noktada mukavemet ve sünekliliğin kombinasyonunun en iyi olduğu değere ulaşır.

Diğer mekanik özelliklerden elastisite modülü artan çinko miktarı ile önemli ölçüde düşerken, kayma modülü yine artan çinko miktarı ile daha az düşüş göstermektedir.



Şekil 2.7. Pirinç malzemelerin çekme dayanımı ve kopma uzaması değerinin artan çinko miktarı ile değişimi ⁽¹⁴⁾.

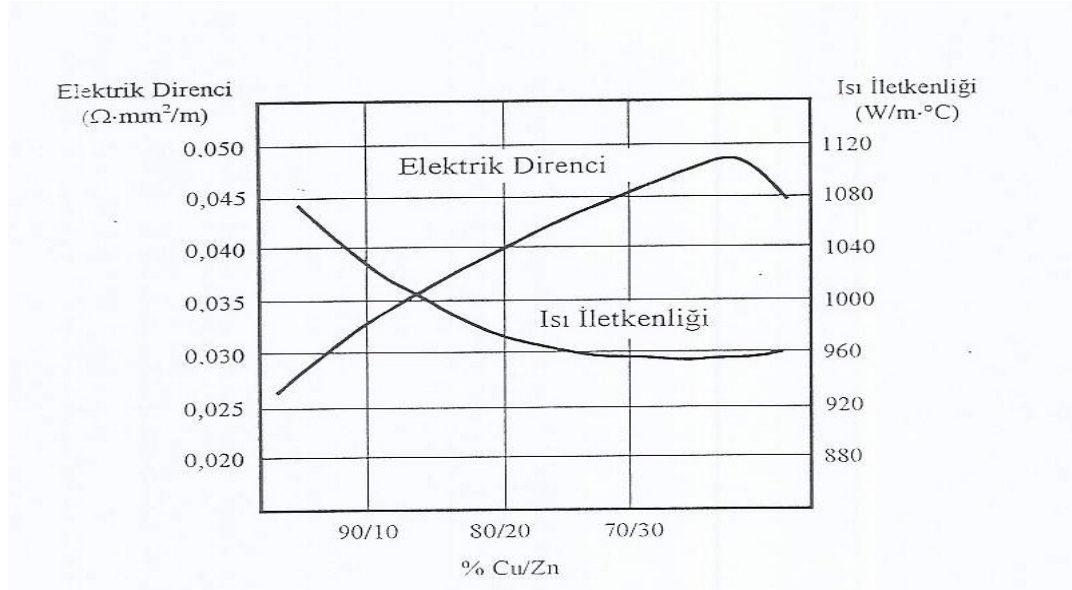


Şekil 2.8. Pirinç malzemelerin elastisite ve kayma modülünün artan çinko miktarı ile değişimi ⁽¹⁴⁾.

2.2.3.2. Elektrik ve Isı Özellikleri

Pirinçler iyi bir ısı ve elektrik iletkenliğine sahiptir. Yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, yine çok iyi olan korozyon dayanımı ile birleşince ev ve endüstride kullanılan elektrik gereçlerinin yapımında pirinçleri seçilebilecek ideal bir malzeme yapar. Kondansatör ve ısı değiştiricilerinde kullanıldığında borularda iyi bir ısı iletkenliğinin olması istenildiği için pirinç malzemeler bu gibi kullanımlar için ön plana çıkar.

Şekil 2,9'da görüldüğü gibi, alaşım içindeki çinko miktarının artmasıyla malzemenin elektrik direnci artarken ısı iletkenliği de düşmektedir.



Şekil 2.9. Pirinç malzemelerin elektrik direnci ve ısı iletiminin artan çinko oranı ile değişimi ⁽¹⁴⁾.

2.2.3.3. Süneklik ve Biçimlendirebilirlik

İçermiş olduğu bakır oranı %63 den fazla olan pirinçler büyük ölçüde oda sıcaklığında şekillendirilebilirliğinden presleme, derin çekme ve diğer soğuk şekillendirme yöntemleriyle karmaşık parçaların imalatında kullanılırlar. Eğer bakır oranı %63'ün altında ise ve diğer alaşım elementlerini içermiyorsa oda sıcaklığında ki süneklik düşer fakat bu tip alaşımlar büyük ölçüde haddeleme, ekstrüzyon, dövme ve presleme yöntemleriyle sıcak olarak şekillendirilebilir.

2.2.3.4. Pirincin Aşınma Dayanımı

Pirinç içerisinde alaşım elementi olarak bulunan kurşun pirince yağlama etkisi kazandırır. Bu nedenle saat gibi çeşitli araçların dişli, plaka gibi parçaları düşük sürtünme katsayısı ve düşük aşınma özelliği sebebiyle pirinç malzemelerden seçilebilir.

2.2.3.5. Pirincin Korozyonu

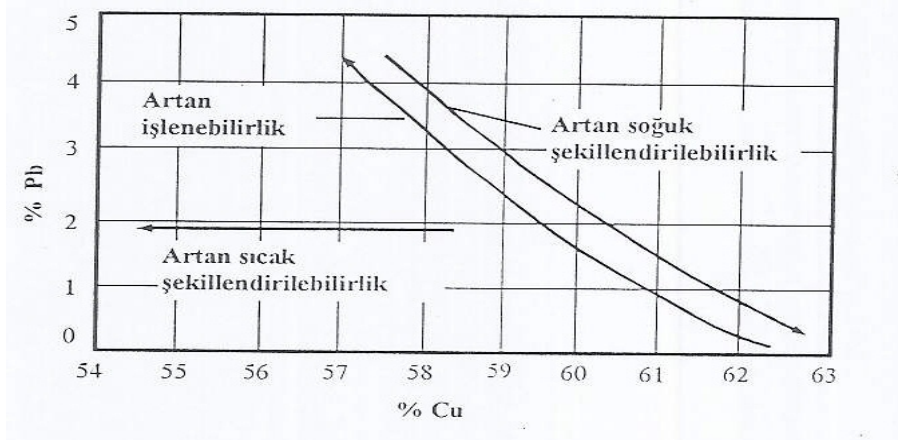
Gerilim-korozyon çatlığı (mevsim çatlığı); Soğuk şekillendirilmiş şartlarda ve yaklaşık %15 'den fazla Zn içeren α Pirinçleri oksijen ve nemin varlığında çok az amonyakla temas içinde olursa gerilim korozyon çatlığına karşı hassastırlar. α pirinçlerinde olan gerilim korozyon çatlığı genellikle tane sınırları boyunca olur. Alaşım şiddetli bir şekilde deforme edilirse çatlaklar tanelere doğru ve taneler içinden olur. Bu tip gerilim korozyon çatlığı, bazen mevsim çatlığı olarak adlandırılır. Gerilim giderme (toparlanma işlemi) işlemi ile soğuk – şekillendirilmiş pirinçlerle azaltılabilir.

Çinkosuzlaştırma; Bazı pirinçlerin hassas olduğu bir başka tip korozyon hücumu çinkosuzlaşma olarak bilinmektedir. Bunun oluşumu esnasında çinko tercihen aşınır ve bakırın gözenekli bir kalıntısı ve korozyon ürünlerini bırakır. Çinkosuzlaşmanın gerçek mekanizması tam olarak anlaşılammakla beraber pirinç yüzeyine difüz ettiği ve orada reaksiyona uğradığı ve bakır çinko alaşım kalıntısı bıraktığı sanılmaktadır. Sonuç olarak gözenekli çinkosuz bir tapa metali oluşur.

Korozyon dayanımı; Malzemelerin korozyona karşı dayanımı son derece iyidir, bu özellik birçok uygulama için pirincin ilk seçim olmasını sağlar. Pirinç malzeme seçilerek korozyona karşı dayanım hem doğal hemde ekonomik olarak sağlanmış olmaktadır. Pirinçler atmosfere açık bir ortamda bulunduğu zaman malzemeyi korozyona karşı koruyacak yüzeyde çok ince bir tabaka oluşur. Fakat pirinçte meydana gelen yüzeydeki bu tabaka, bazı bakır çatı kaplamalarında çok sık olarak görülen ve malzeme yüzeyinde oluşan reina adı verilen ince yeşilimsi tabakadan farklıdır. Pirinç malzemeler sonsuza dek atmosfer korozyonundan etkilenmeden kalabilir. Çünkü pirinçler demir ve çelikler gibi paslanmaz. Uygun pirinç alaşımının seçilmesi durumunda deniz suyunda da korozyona uğramadan rahatlıkla kullanılabilir. Pirinçten yapılmış borular, burçlar, manşonlar, vanalar, merkezi ısıtmalar, deniz suyu hatları, buhar kondansatörleri uzun zamanda beri uygulamada yer bulmaktadır. Mangan içeren yüksek mukavemetli pirinçler özellikle atmosfer korozyonuna karşı son derece dayanıklıdır. Sürekli atmosfere açık olmanın bir sonucu olarak bu tür pirinçlerin rengi yavaş yavaş bronzun koyuluğuna dönüşür.

2.2.3.6. Talaşlı İşlenebilirlik

Tüm pirinç malzemeler iyi işlenebilmekle birlikte, çok az miktarda kurşun içeren pirinçlerde işlenebilirlik biraz daha fazladır. Şekil 2.10'da görüldüğü gibi, bu pirinçler iyi işlenebilir pirinçler olarak bilinirler. Bunun yanında Çizelge 2,4'de görüldüğü gibi diğer metallerle karşılaştırıldığı zaman pirinçlerden talaş kaldırabilme oranı diğer metallerden kat kat fazladır.



Şekil 2.10. Pirinç malzemelerin şekillendirilebilirliği üzerine bakır ve kurşunun etkisi ⁽¹⁴⁾.

Yüksek işleme hızları ve işleme takımlarında düşük aşınma oranı üretim maliyetinin minimum olmasını sağlar. Uzun üretim hatları boyunca parçalar istenen toleranslarda rahatlıkla işlenebilir, bu da parça maliyetini düşüren diğer bir parametredir.

Çizelge 2.4. Çeşitli metallerin pratik metal kaldırabilme oranları ⁽¹⁵⁾.

Metal	Ortalama Talaş Kaldırma Oranı (cm ³ /min)
Pirinç	130
Alüminyum	65
Orta Karbonlu çelikler	35
Paslanmaz çelikler	5

Karşılaştırma için otomat pirinçlerindeki talaşlı işlenebilirlik yüzde yüz olarak kabul edilirse diğer pirinçlerin talaşlı işlenebilme oranı Çizelge 2.5'de görülmektedir.

Çizelge 2.5. Çeşitli metallerin bağıl talaşlı işlenebilme oranları⁽¹⁵⁾.

Malzeme Türü	Ortalama (HB) Brinell Sertliği	İşlenebilme Oranı (%)
Alaşımsız düşük karbonlu çelikler	140	22
Alaşımsız orta karbonlu çelikler	205	20
Yüksek muk. Düşük alaşımlı çelikler	210	17
Az karbonlu sementasyon çelikleri	130	20
Pazlanmaz çelikler	195	12
Titanyum alaşımları	190	8
Alüminyum alaşımları	95	50
Alüminyum bronz	200	20
Alüminyum silisyum bronz	180	60
Bakır-krom	140	20
Bakır-nikel	90	20
Bakır	50	20
Otomat bakırları	50	80
Dövülebilir pirinçler	70	90
Otomat pirinçleri	70	100

2.3. Bakır ve Pirinç Alaşımlarına Uygulanan Isıl İşlemler.

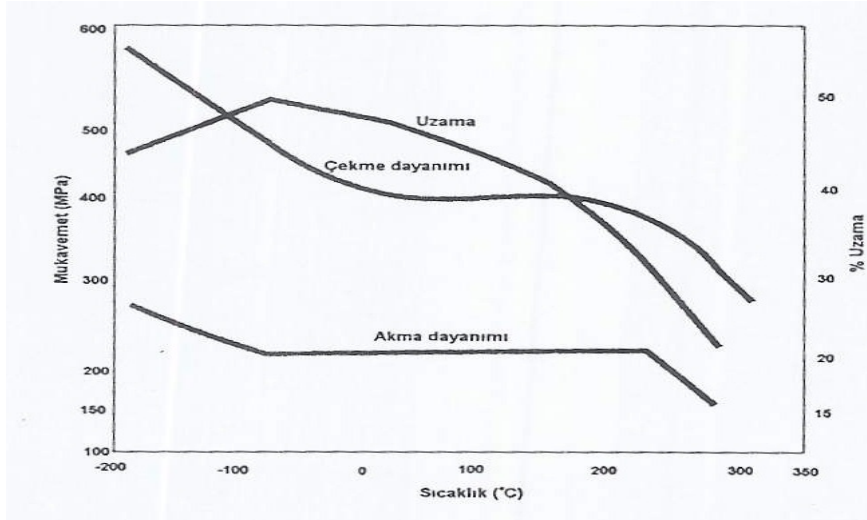
İyi proses kontrolü sağlamak için bütün ısıl işlem operasyonlarıyla üretim tekniklerinde dikkatli olmak gerekir. Sıcaklık ve ısıl işlem süresi, yığıl büyüklüğüne, metal bileşimine, soğuk işlem miktarına, fırın karakteristiğine ve sıcaklık ölçüm tekniğine bağlı olarak değişir. Bakır alaşımlarında uygulanan ısıl işlemler aşağıda açıklanmıştır.

2.3.1. Tavlama

Tavlama işlemi sertliği azaltan, sünekliliği ve tokluğu artıran bir ısıl işlemdir. Tavlama işlemi ısıtma, bekletme ve soğutma olmak üzere üç kademede oluşmaktadır. Tavlama işlemi sırasında yeniden kristalleşmede meydana gelmektedir. Bakır ve pirinç alaşımları için tane boyutu yeniden kristalleşme tavlama sürecinin standart ölçütüdür. Belli bir tane boyutu elde etmek için her zaman geçerli bir zaman sıcaklık kombinasyonunu elde etmek zordur.

Tavlamadan önceki soğuk işlem miktarının artması yeniden kristalleşme sıcaklığını düşürmektedir. Daha küçük ön deformasyon miktarı tavlama sonrası daha büyük tane boyutu meydana getirir. Bakır alaşımları çoğunlukla tedricen düşük sıcaklıklarda en az %35 ve uygun olduğu yerlerde % 50–60 soğuk deformasyon oranları ile tavlanylabilir. Birbirini izleyen tavlarda tane boyutu yaklaşık olarak istenen tane büyüklüğüne kadar deformasyon kademeli olarak azaltılmalıdır. Böyle bir sıralı tavlama ve yeterli ara ara deformasyonlar ile üniform son tane boyutu elde edilir ⁽¹⁶⁾.

Sıcaklık artırıldığında yaklaşık 400 °C de oldukça temel bir değişme meydana gelir ve bu sıcaklığın üzerinde süreye bağlı olarak yumuşama veya tavlama başlar. Yaklaşık 500 °C, soğuk işlem sonucu oluşan mukavemet etkisi azalır ve bu sıcaklıkta tavlama şartı oluşur. Pirinç yüzeyinde çinkonun buharlaşabilmesi yüzünden kontrollü fırın atmosferinin kullanımıyla bir yığın fırınında tavlama kolay değildir. Parçalar 400 °C 'ye maruz kalacaksa mukavemet hesapları, tavlama şartındaki malzemenin özellikleri dikkate alınarak yapılmalıdır. CuZn39 pirincinin özelliklerine sıcaklığın etkisi Şekil 2.11' de görülmektedir.



Şekil 2.11. CuZn39 pirincin özelliklerine sıcaklığın etkisi⁽¹⁶⁾.

2.3.2. Gerilim Giderme Isıl İşlemi

Özellikleri kaybetmeksizin iç gerilmeleri azaltmak için parça boyutuna bağlı olarak 1/2 – 1 saat 250–300 °C 'de düşük sıcaklık tavlaması uygulanır. Bakır alaşımlarının soğuk işleme üretimi sırasında plastik deformasyon malzeme içinde kalıntı gerilmeler oluşmasına sebep olur ki %15 veya daha

fazla çinko içeren pirinçlerde sık sık görülür. Gerilim giderme ısı işlemi tavlama sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda gerçekleştirildiği için sertlikte düşme meydana gelmez. Bazı dövme bakır alaşımlarının gerilim giderme sıcaklıkları Çizelge 2,6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Bazı dövme bakır alaşımlarının gerilim giderme sıcaklıkları⁽¹⁷⁾.

Alaşım Cinsi	ASTM No	Gerilim Giderme Sıcaklığı
Ticari bronz	C22000	205
Kızıl pirinç	C23000	230
Sarı pirinç	C27000	260
Fosfor bronzu	C51000	190
Bakır-nikel	C71500	245

Isıl gerilim gidermenin diğer bir faydası da soğuk işlenmiş parçaların boyutsal kararlılığıdır. Aynı zamanda kaynaklı veya soğuk işlenmiş yapıların gerilim giderilmesi tavsiye edilir. Bu yapılar için gerilim giderme sıcaklığı 85 – 100 °C arasında değişir. Daha yüksek sıcaklıklar aynı alaşımın hadde ürünleri için kullanılır.

2.3.3. Dönüşüm Sertleşmesi

Belirli alaşımların daha sert ve mukavemetli bir faza dönüşümünü sağlayarak mukavemetini artırmak amacıyla yapılır. İki fazlı alüminyum ve

manganez bronzlarına, sneklikten fazlaca fedakrlık etmeden mukavemetini artırmak için su verme ve temperleme işlemleri uygulanır.

2.3.4. Homojenletirme Tavlama

Sıcak veya soğuk işleme tabi tutulacak döküm metalde segregasyonu ortadan kaldırmak veya azaltmak amacıyla yüksek sıcaklık ve nispeten uzun sürelerde uygulanır. Difüzyon ve homojenleştirme, kalay bronzlarında, silisyum bronzlarında ve bakır-nikel alaşımlarında, çoğu bakır alaşımlarında olduğundan daha yavaş ve zordur. Bundan dolayı bu alaşımlar çoğunlukla sıcak ve soğuk işlemden önce daha uzun süreli homojenleştirme ısıl işlemine tabi tutulurlar.

Homojenletirme işlemi için gerekli zaman ve sıcaklık, alaıma, döküm tane boyutuna ve homojenizasyon derecesine bağlı olarak değişir. Sre genellikle 3–10 saat arasında değişmektedir ve sıcaklık ise tavlama sıcaklığının üzerindedir.

2.3.5. zeltiye Alma ve okeltme Sertlemesi

Bakır alaşımlarında soğuk işlemlerle elde edilen seviyelerden daha fazla mukavemet artıı sağlamak için yapılır. Bakır alaşımları içinde nikel, kobalt ve krom içeren berilyum bakırları, bakır krom alaşımları, bakır nikel silisyum alaşımları, bakır nikel fosfor alaşımları okelme sertleşmesi uygulanabilecek alaımlardır.

3.ARAŞTIRMA BULGULARI

Kullanılan malzemenin özellikleri ve yapılan deneysel çalışmalar detaylı olarak alt bölümlerde anlatılacaktır.

3.1. Malzemenin Özellikleri

%70 Cu - %30 Zn pirinç alaşımları (kartuş pirinci) süneklik ve dayanımın en iyi olduğu alaşımlardandır. Bundan dolayı bu alaşım derin çekme yeteneği için kullanılabilir.

Çizelge 3.1. Kartuş pirincinin özellikleri (DIN 17660)

Özellikler	Kartuş Pirinci %70 Cu -% 30 Zn
Fiziksel Özellikler	
Özgül ağırlık (gr /Cm ³)	8.525
Ergime noktası,(°C)	915–955
Isı iletkenliği,(20 °C)	104
Genleşme katsayısı	19.98
Mekanik özellikler	
Çekme dayanımı Rm(N/mm ²)	270-≤520
Akma sınırı Rpo, (N/mm ²)	160–470
Sertlik HB (Kg/mm ²)	55–150
Uzama(5 cm.de),(%)	50

Çizelge 3.1 (devam) Kartuş pirincinin özellikleri

İşlenme Özellikleri	
Soğuk işlenmesi	Çok iyi
Sıcak işlenmesi	Orta
Sıcak işleme sıcaklığı (°C)	730–845
Tavlama sıcaklığı (°C)	425–760
Talaşlı işleme	30
Kaynak özellikleri	
Soğuk lehim	Çok iyi
Gümüş alaşımıyla pirinç kaynağı	Çok iyi
Oksi asetilen kaynağı	iyi
Direnç kaynağı	iyi
Korozyon Özellikleri	Genel olarak, sanayi, kıy ve deniz atmosferine, akaryakıtlara ve laklara karşı dayanıklıdır. Amonyak, demir ve amonyum bileşikleri ile siyanürlere karşı genelde dayanıksızdır.
Bulunduğu Şekiller	Çekme şerit ve çubuk, yassı tel, saç çubuk, tel boru.
Kullanma Yerleri	Oto radyatörleri ve benzin depoları, avizeler, yaylar, Silah sanayi

3.1.1. Malzemenin Geliş Değerleri;

Analizi yapılacak malzeme Ø 18,1 pirinç çubuk (%70 Cu - %30 Zn) olup, derin çekme işleminden önceki mekanik ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2 'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Malzemenin geliş değerleri

Fiziki şart	;
Kopma Mukavemeti	; 28,55 Min. (Kg /mm ²)
% Uzama	; 50 Min. (Tayin edilirken çizim boyu çapın 4 katı alınır. Bu uzunluk hiçbir zaman 25,4 mm nin altında olamaz.)
Sertlik	; ~ 70 HB
Tane büyüklüğü	; 0,035–0,070 mm
Tavlama	; 500 °C de 1 saat 30 dakika tavlama
Kimyevi şart	;
Bakır % Cu	; 68,5 – 71,5
Kurşun % Pb	; 0,07 max
Demir % Fe	;0,05 max
Çinko % Zn	; Geri kalan
% Diğer	; 0,15 max.

3.1.2. Malzemeye Uygulanan Derin Çekme İşlem Aşamaları;

Yukarıda özellikleri verilen pirinç malzeme değişik operasyonlardan geçirilir. Bu aşamalar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

- 1- Malzeme Girişi
- 2-Takoz Kesme
- 3-Boy tamamlama ve pah kırma
- 4-Sabunlama operasyonu
- 5- I. çekme operasyonu
- 6- Isıl İşlem operasyonu**
- 7-Sabunlama Operasyonu
- 8- II.Çekme operasyonu
- 9- Sabunlama Operasyonu
- 10-III.Çekme operasyonu
- 11-tornalama operasyonu

Bu işlemler yapılırken pirinç alaşımlı malzemelerde özellikle II. Çekme esnasında zımba kırılması, malzeme deformasyonu ve çekme esnasında kalıpta hasarlar oluşmaktadır. Yapılan bu tez çalışmasıyla bu hasarların nedeni incelenecektir.

3.2. Deneysel Çalışmalar;

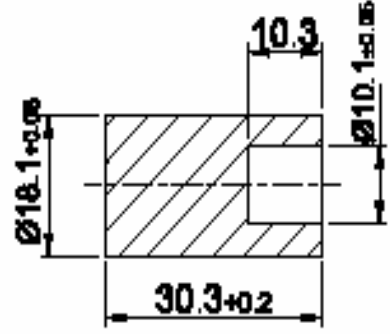
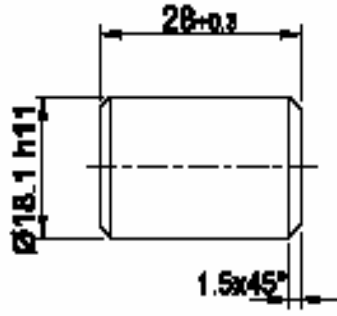
Yapılan Deneysel çalışmanın amacı ve ısıtım işlem analizleri alt bölümlerde detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

3.2.1. Deneysel Çalışmanın Amacı

Şekil 3.1'de görülen yarı mamul Şekil 3.2 b' de gösterilen I. Çekme operasyonununundan sonra 550 °C de 1 saat tavlama işlemine tabi tutulur. Ancak sonraki II. Çekme operasyonu uzamanın ve şekil değişikliğinin en fazla olduğu operasyon olup bu operasyon sırasında zımba kırılması, malzemede çatlamlar, malzeme çarpılması ve kalıp aşınmaları gibi istenilmeyen durumlar ortaya çıkmaktadır.



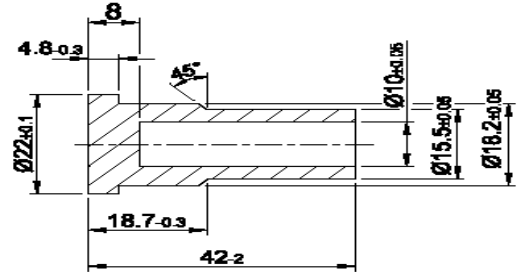
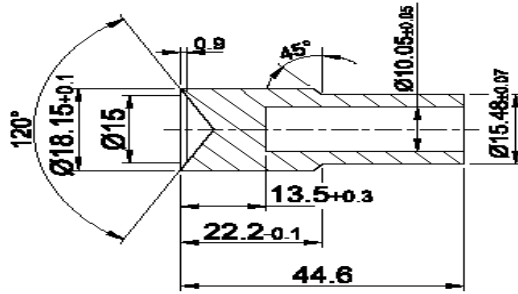
Şekil 3.1. II. çekme operasyonu sonrası yarı mamul



(~Sertlik 158 HB tavlانmadan önce)

a) Takoz malzeme 500 °C de
1 saat 30 dakika tavlانmış
Sabun kaplama (~Sertlik 72 HB)

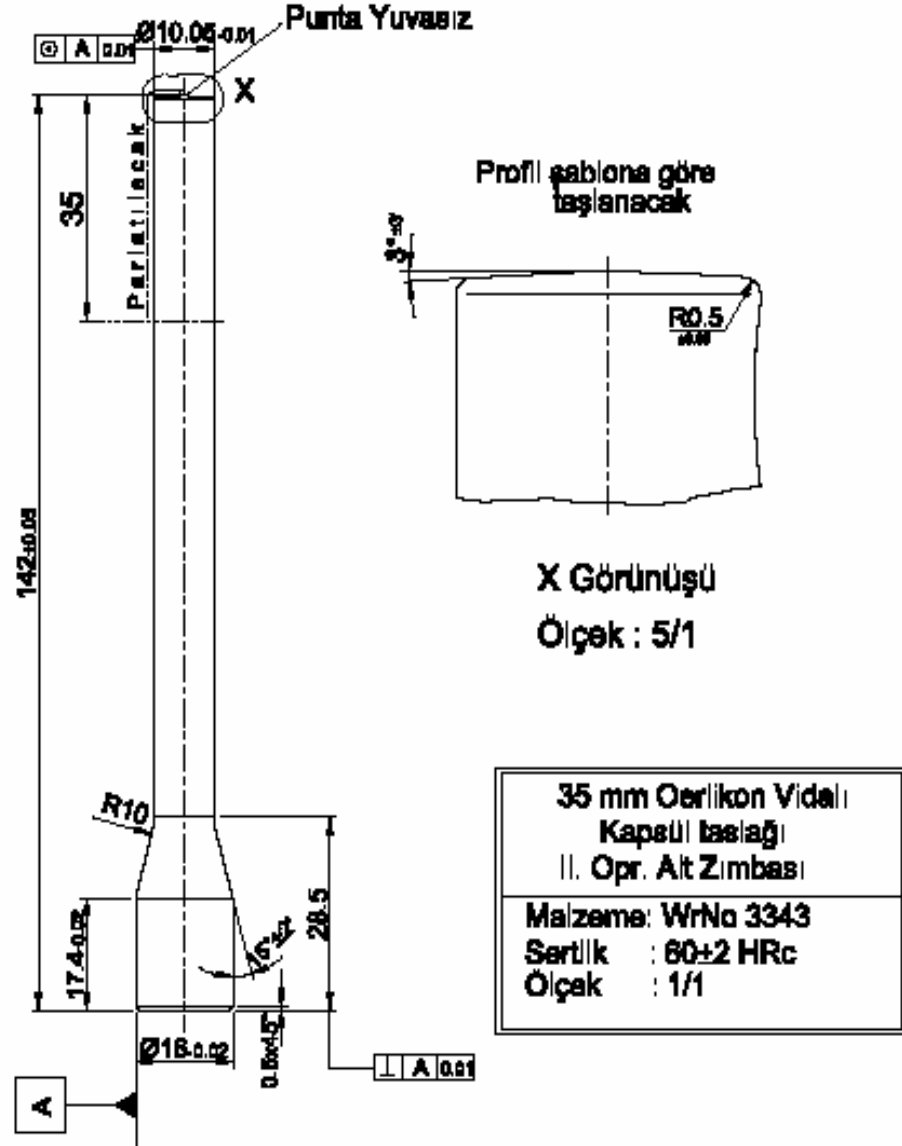
b) I. ci çekme 550 °C de (orijinal)
1 saat tavlama, sertlik kontrol,
sabun kaplama (~Sertlik 67 HB)



c) II. çekme sertlik kontrolü,
Sabun kaplama (~Sertlik 145 HB)

d) sertlik kontrolü ve iş teslimi
(~Sertlik 175 HB)

Şekil 3.2. a, b, c ve d. Çekme Operasyonları arası ısıt işlemleri ve yüzey kaplamaları.



Şekil 3.3. II. çekmede kullanılan alt zımba

Yapılan incelemeler neticesinde, ekonomik bir yaklaşımla değerlendirmeye alınmış ve sırasıyla 550 °C de 1 saat tavlamanın yeterli olup olmadığı ve homojen bir içyapının elde edilip edilmediğini anlamak için sertlik analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Isıl İşlem Analizleri

Isıl işleme girecek malzemelerde homojen bir iç yapı ve istenilen sertlik değerine ulaşmak için tavlama sıcaklığı ve süresinin iyi ayarlanması gerekmektedir. Bu konuda detaylı bir araştırma yapmak ve en uygun sıcaklık ve süreyi elde etmek için 500 adet işten oluşan bir pilot katile oluşturuldu. Gerek tavlama sıcaklığının gerekse tavlama süresinin malzemenin sertlik değerine etkisini görmek için pilot katile 3 grupta incelendi.

I. grupta malzemenin 500 °C de 1,5 saat tavlama sonucu oluşan sertliği ve parça tane yapısının incelenmesi.

II. grupta 550 °C de 1 saat tavlama sonucu oluşan sertliği ve parça tane yapısının incelenmesi.

III. grupta 620 °C de 4 saat tavlama sonucu oluşan sertliği ve parça tane yapısının incelenmesi.



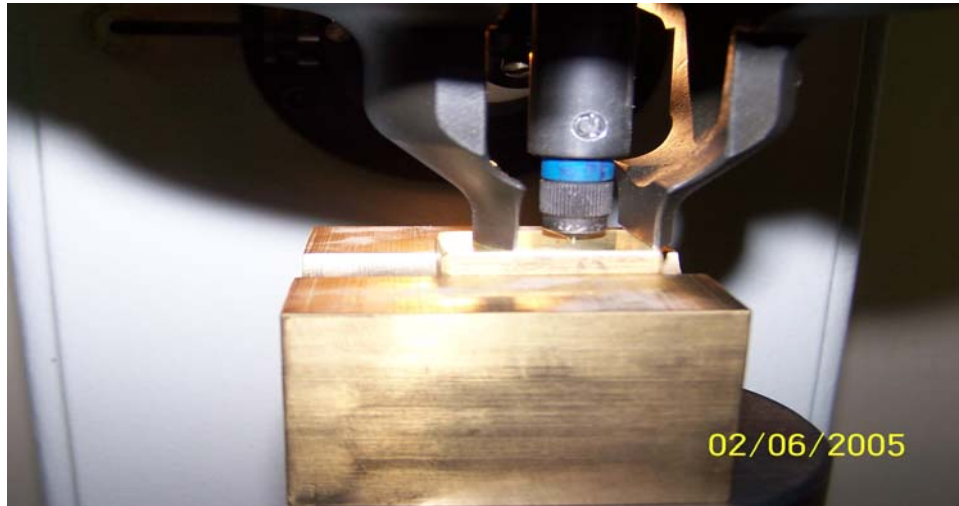
Şekil 3.4. Numune malzemelerin tavlandığı tav fırını

3.2.2.1 I. Gruptaki malzemelerin 500 °C de 1,5 Saat Tavlanması;

%70 Cu - %30 Zn pirinç alaşım malzemenin 500 °C de 1,5 saat tavlama sonucu malzemenin mekanik özelliklerinin tespiti için 20 adet numune kesilerek sertlik analizleri yapılmış, parça tane yapısı incelenmiş ve çekme deneyine tabi tutulmuştur. Deney aşamaları Şekil 3.5 - 3.6 - 3.7 - 3.8 ve 3.9 'da gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Numune parçaların bir kısmı,



Şekil 3.6. Brinell Sertlik Ölçüm Cihazı HB 2,5 /31,25



Şekil 3.7. Sertlik ölçümü yapılırken bilya çapının numune üzerindeki görüntüsü

Çizelge 3.3. I. Grupta 500 °C de 1,5 Saat Tavlanan malzemenin sertlik değerleri.

Sertlik kontrol şeması	Numune	Ölçüm Noktası			
		1	2	3	4
HB 2,5 / 31.25 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; text-align: center;"> .1 .2 .3 .4 </div>	1	70,2	70,3	75,4	71,2
	2	68,9	69,6	74,2	70,3
	3	67,3	66,3	75,7	72,6
	4	71,3	70	75,1	74,3
	5	70,2	71,2	73,4	68,1
	6	67,4	65,3	72,1	71,7
	7	71	70,5	75,5	73,4
	8	64,5	71,9	72,4	67,8
	9	63,2	69,8	70,3	66,3
	10	70,1	67,1	72,5	71,4



Şekil 3.8. Numunelerin tane yapısına bakılan mikroskop cihazı.



Şekil 3.9. 500 °C de 1,5 Saat Tavlanan malzemenin çekme deneyi.

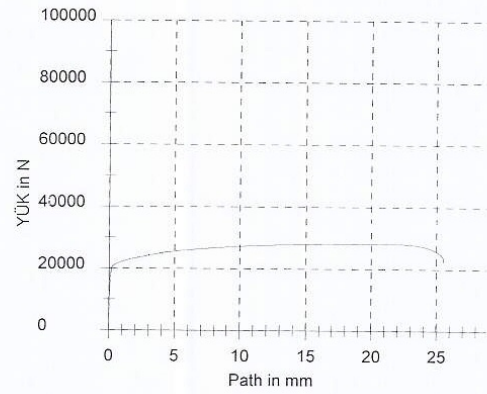
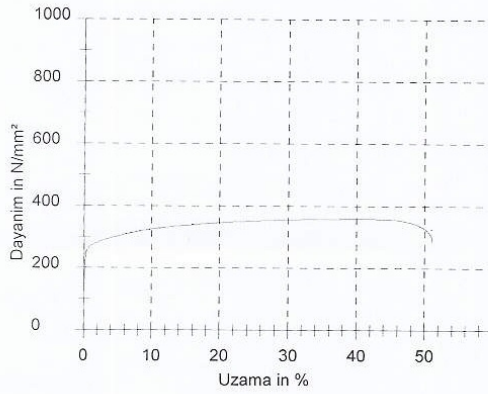


Şekil 3.10. 500 °C de 1 saat 30 dakika tavlanan ve dışarıda soğuması yapılan Numunenin parça tane yapısı.

Sonuçlar

Nr	Çap d0 mm	EModulu kN/mm ²	Akma muk. N/mm ²	Çekme muk. N/mm ²	Çekme kuv. kN	Uzama %	L0 mm	Kesit mm ²	K. D.	Çentik	Sertlik
1	10,00	83,69	258,0	358,4	28,2	51,12	50	78,54	%61	-	-

Grafikler



Şekil 3.11. I. Grup 500 °C de 1,5 Saat Tavlanan malzemenin çekme deneyi sonuçları.

Çizelge 3.3'de, Şekil 3.10'da ve şekil 3.11'de görüldüğü üzere malzemenin 500 °C de 1 saat 30 dakika tavlama sonucu, malzemenin karakteristik değerleri incelendiğinde homojen bir iç yapıya sahip olmayan, malzemenin derin çekmesinde önemli olan % uzamanın % 51,12 civarında olduğu görülebilmektedir.

3.2.2.2 II. Gruptaki Malzemelerin 550 °C de 1 Saat Tavlama;

Aynı şekilde, %70 Cu - %30 Zn pirinç alaşım Malzemenin 550 °C de 1 saat tavlama sonucu malzemenin mekanik özelliklerinin tespiti için 20 adet numune kesilerek sertlik analizleri yapılmış, parça tane yapısı incelenmiş ve çekme deneyine tabi tutulmuştur. Deney aşamaları Şekil 3.12 – 3.13 ve 3.16 'da gösterilmiştir.



Şekil 3.12. II. çekme operasyonu.

Çizelge 3.4. II. Grupta 550 °C de 1 Saat Tavlanan malzemenin sertlik değerleri.

Sertlik kontrol şeması	Numune	Ölçüm Noktası			
		1	2	3	4
HB 2,5 / 31.25 .1 .2 .3 .4	1	61	63,3	67,4	70
	2	64	69	70	74,9
	3	65	67	68,4	73,4
	4	63	64,6	66,9	70,1
	5	62,4	64,8	67,1	70,8
	6	61,3	64,1	68,2	71,2
	7	60,8	66,2	69,1	69,8
	8	61,2	65,4	67,4	67,9
	9	62	63,9	68,2	69,4
	10	61,4	64,5	67,1	72,1



Şekil 3.13 Numunelerin parça tane yapısı incelenirken

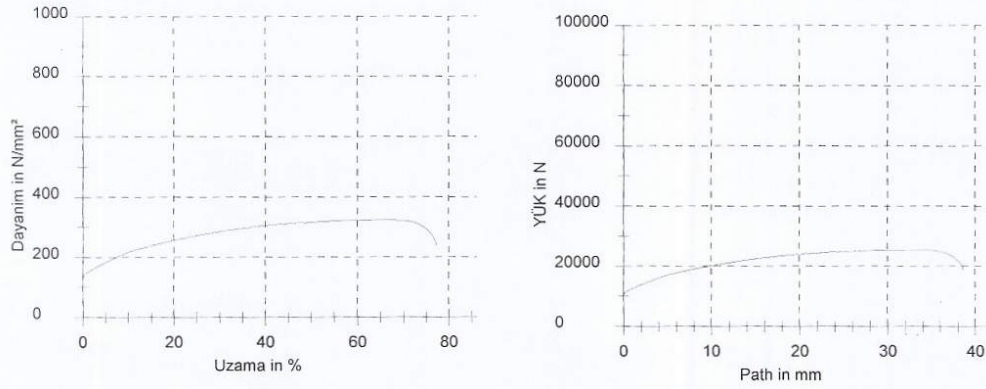


Şekil 3.14 II. Grupta 550 °C de 1 Saat Tavlanan malzemenin parça tane yapısı.

Sonuçlar

Nr	Çap d0 mm	EModulu kN/mm ²	Akma muk. N/mm ²	Çekme muk. N/mm ²	Çekme kuv. kN	Uzama %	L0 mm	Kesit mm ²	K. D.	Çentik	Sertlik
2	10,00	1,35	97,2	322,5	25,3	84,60	50	78,54	%75	-	-

Grafikler



Şekil 3.15 II. Grupta bulunan malzemenin 550 °C de 1 Saat Tavlınması sonucunda yapılan çekme deneyi sonuçları.



Şekil 3.16. II. grupta 550 °C de 1 Saat Tavlanan malzemenin çekme deneyi

Çizelge 3.4'de, Şekil 3.14'de ve şekil 3.15'de görüldüğü üzere malzemenin I. Çekme sonrası 550 °C de 1 saat Tavlanması sonucunda, malzemenin karakteristik değerleri incelendiğinde, homojen olmayan bir yapı, tane büyüklükleri (0.065 mm–0.080 mm) civarında, malzemenin derin çekmesinde önemli olan % uzamanın %84,60 olduğu görülebilmektedir.

3.2.2.3 III. Gruptaki malzemelerin 620 °C de 4 Saat Tavlanması;

Aynı şekilde, %70 Cu - %30 Zn pirinç alaşım Malzemenin 620 °C de 4 saat, tavlama sıcaklığı ve zamanı ile yapılan ısıl işlem sonucunda malzemenin mekanik özelliklerinin elde edilmesi için 20 adet numune kesilerek sertlik analizleri yapılmış, parça tane yapısı incelenmiş ve çekme deneyine tabi tutulmuştur. Deney aşamaları Şekil 3.17 – 3.20 ve 3.21 'de gösterilmiştir.



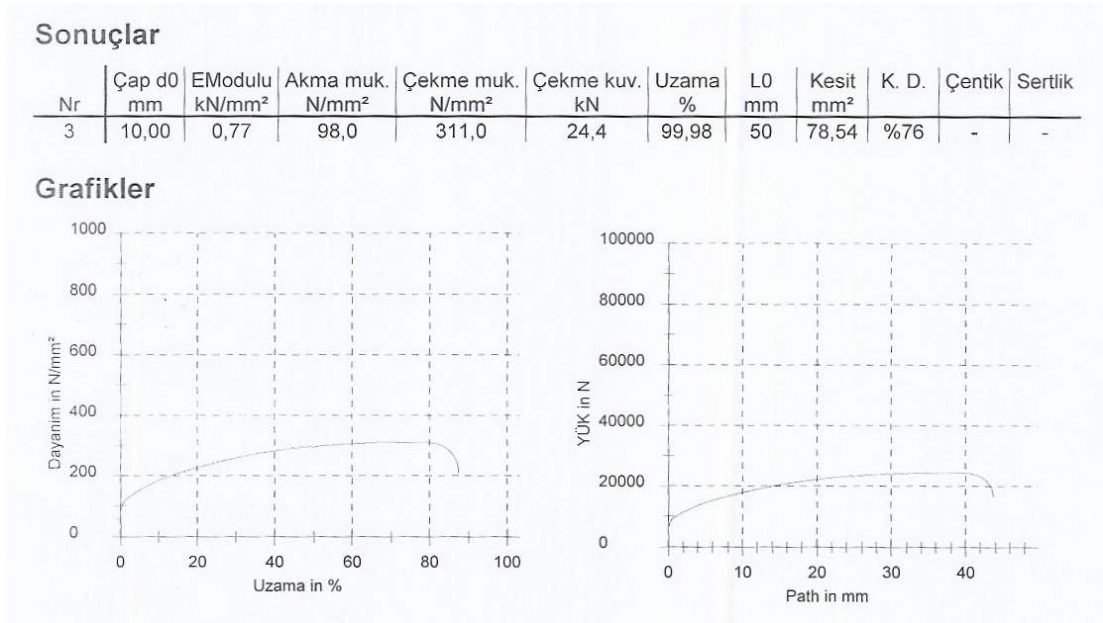
Şekil 3.17. Sertlik ölçüm cihazı.

Çizelge 3.5. III. Grupta 620 °C de 4 Saat Tavlanan malzemenin sertlik değerleri.

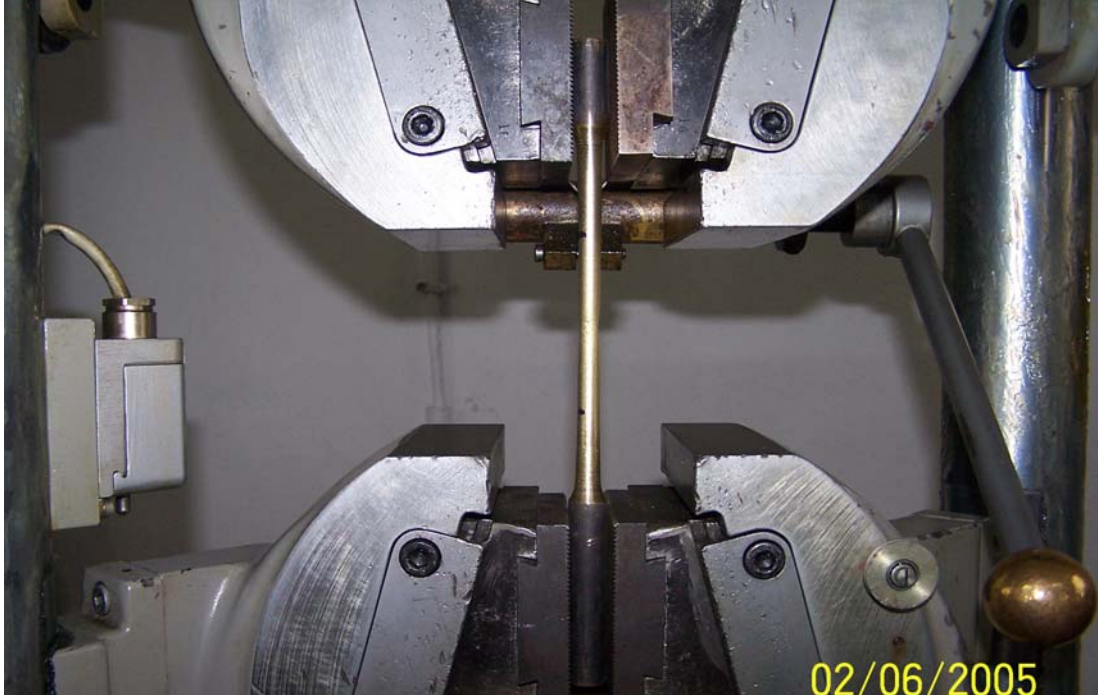
Sertlik kontrol şeması	Numune	Ölçüm Noktası			
		1	2	3	4
HB 2,5 / 31.25 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; text-align: center;"> .1 .2 .3 .4 </div>	1	56,8	56,4	59,1	55,3
	2	57,1	58,8	58,1	56,8
	3	55,9	58,8	59,7	55,7
	4	56	57,1	59,4	55,3
	5	56,4	55,9	58,6	56,1
	6	56,8	56,5	58,4	56,9
	7	56,8	57,4	59,2	57,1
	8	55,4	55,9	57,4	55,4
	9	56,2	56,2	57,9	55,6
	10	57,3	57,9	59,4	56,9



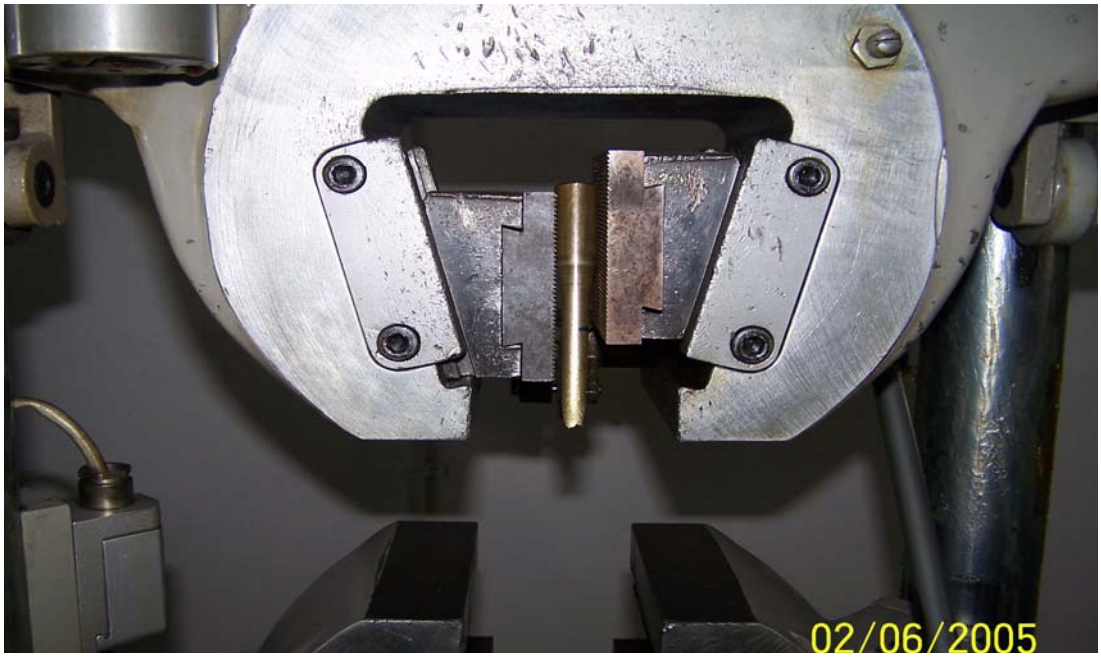
Şekil 3.18. III. Grupta 620 °C de 4 Saat Tavlanan malzemenin parça tane yapısı.



Şekil 3.19. III. Grupta bulunan malzemenin 620 °C de 4 Saat Tavlanması sonucunda yapılan çekme deneyi sonuçları.



Şekil 3.20. III. Grup 620 °C de 4 Saat Tavlanan malzemenin çekme deneyi



Şekil 3.21. III. Grup 620 °C de 4 Saat Tavlanan malzemenin çekme deneyi sonucunda kopmuş hali.

Çizelge 3.5’de, Şekil 3.18’de ve şekil 3.19’da görüldüğü üzere 620 °C de 4 saat tavlanan malzemenin karakteristik değerleri incelendiğinde, homojen bir içyapıya sahip, çok iyi tavllanmış, tane büyüklüğü (0,090 mm–0,100 mm) civarında olan, derin çekilebilirliğe uygun olan malzemenin derin çekmesinde önemli olan % uzamanın %99,98 olduğu görülebilmektedir.

Şekil 3.22’de Malzemenin I – II ve III çekme neticesindeki şekilleri gösterilmiştir. Bu operasyonlar sonucundaki sertlik analizleri, tane yapıları ve kalıp resimleri ekler kısmında gösterilmiştir.



Şekil 3.22. Yapılan imalatta I-II-III çekme operasyonları

4.TARTIŞMA VE SONUÇ

Özel bir proseste kullanılan %70 Cu - %30 Zn (MS 70) kartuş pirinci çeşitli operasyonlardan geçirilerek imal edilmekte, bu imalat esnasında II. çekme operasyonu ile şekillendirilmesinde, bazı çekme problemleriyle karşılaşmaktadır (çatlama, çarpılma, zimba kırılması ve haddenin yarılması gibi). Bu sorunların giderilmesi için yapılan ısıtma işlemi operasyonu 3 gruba ayrılarak incelenmiştir. Her grupta sırasıyla, farklı sıcaklıklarda ve sürelerde tavlama, tavlama malzeme yüzeyinin farklı noktalarından sertlik ölçümleri, malzemenin molekül tane yapısının incelenmesi ve çekme deneyi yapılmıştır.

Bu çalışmalar neticesinde malzemenin karakteristik değerleri ortaya çıkartılmıştır. Derin çekmeye en uygun olan grubun hangisi olduğu tespit edilmiştir.

1- I. grupta malzeme 500 °C de 1,5 saat tavlama sonucunda yapılan analiz sonuçlarında;

- Sertlik değerleri; Ortalama 72 HB (Çizelge 3.3)
- Malzemenin molekül içyapısı; Düzgün olmayan homojen bir içyapı, kristal tane büyüklüğü (0,035 mm–0,070 mm arası) (Şekil 3.10)
- Çekme testi sonuçları;
Çekme mukavemeti 358,4 N/mm²
Çekme kuvveti 28,2 kN
% Uzama 51,12

2- II. gurup malzeme 550 °C de 1 saat tavlama sonucu analiz sonuçlarında;

- Sertlik değerleri; Ortalama 67 HB (Çizelge 3.4)
- Malzemenin molekül içyapısı; homojen olmayan bir içyapı, kristal yapıda tane büyüklükleri (0,065 mm- 0,080 mm arası) (Şekil 3.14)
- Çekme testi sonuçları;
Çekme mukavemeti 322,5 N/mm²
Çekme kuvveti 25,3 kN
% Uzama 84,60

3- III. gurup malzeme 620 °C de 4 saat tavlama sonucu analiz sonuçlarında;

- Sertlik değerleri; Ortalama 56 HB (Çizelge 3.5.)
- Malzemenin molekül içyapısı; homojen bir içyapı ve tane büyüklükleri normal, kristal tane büyüklüğü (0,090 mm–0,100 mm arası) (Şekil 3.19)
- Çekme testi sonuçları;
Çekme mukavemeti 311,0 N/mm²
Çekme kuvveti 24,4 kN
% Uzama 99,98

%70 Cu - %30 Zn malzemesinin tavlama sıcaklığı 425 °C - 760°C arasındadır. Yukarıda bahsi geçen çalışmalarda görüldüğü gibi malzeme tavlama yapılırken tav sıcaklığı ve süresi arttıkça malzemenin sertlik değerleri

düşmekte, kristal yapı büyümekte, malzemenin % uzamasının arttığı görülmektedir.

Yapılacak olan imalatta, III. grupta bahsi geçen 620°C 4 saat malzemenin tavllanması ile elde edilen malzemenin karakteristik değerleri imalat için uygundur.

I. çekme operasyonundan sonra 20.000 adetlik yarı mamul, 620°C 4 saat tavlansak, 100 tonluk preste II. çekme operasyonu yapılmıştır.

Bu imalat neticesinde daha önceki imalatlarda karşılaşılan zımba kırılması, malzemede oluşan çatlamlar, çarpılmalar ve sertlik analizlerinde herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır.

İleriki Çalışmalarda;

Yapılan bu deneysel çalışmalardan faydalınalarak Ansys® sonlu eleman benzetim programı yardımıyla 3 boyutta modellemesinin yapılması.

Derin çekmeye tabi tutulan %70 Cu - %30 Zn Pirinç alaşımı (35 lik vidalı kapsül malzemesi) mekanik davranışının zamana bağlı değişimi ihmal edilerek, ancak sıcaklığa bağlılığı hesaba katılarak elastik-plastik sonlu eleman yöntemi ile çözümünün elde edilmesi.

Ansys® Programı yardımıyla derin çekme sırasında %70Cu - %30Zn Pirinç alaşımlarda oluşan hidrostatik basınç, gerilme, gerinim ve ısı gerinim değerlerinin hesaplarının yapılması bu tür deneysel çabaları azaltacaktır.

KAYNAKLAR

1. I. Dejmaj, J. Tirosh, A. Shirizly and L. Rubuinsky " On the optimal die curvature in deep drawing processes " International journal of Mechanical Sciences. V. 44, 2002, PP. 1245-1258.
2. Mark Colgan and John Monaghan " Deep drawing process: analysis and experiment" Journal of Materials Processing Technology. V. 132, 2003, PP. 35-41.
3. Seung Ho Kim, Se Ho Kim and Hoon Huh "Finite element inverse analysis for the design of intermediate dies in multistage deep - drawing processes with large aspect ratio "Journal of Materials Processing Technology. V. 113, 2001, PP. 779 - 785.
4. A. Waheed and N. Ridley Microstructure and Wear of Some High Tensile Brasses, Journal of Materials Science ,V.29, 1984, PP. 1692–1699.
5. F. A. Sadykov, N. P. Barykin and I. R. Aslanyan, Wear of Copper and Its with Submicrocrystalline Structure ,Wear, V225-229, 649-655.
6. S. Natarajan, S.Venkataswamy and P. Bagavathiperumal " A note on deep drawing process, numerical simulation and experimental Valition " Journal of Materials Processing Technology. V. 127, 2002, PP. 64–67.
7. Jian Cao, Shunping Li, Z. Cedric Xia and Sing C. Tang " Analysis of an axisymmetric deep - drawn part forming using reduced forming steps. Journal of Materials Processing Technology. V. 1117, 2001, PP. 193–200.
8. Tekin, E, Demir dışı Metaller Ve Alaşımlarının Uygulamalı Optik Metalografisi, Ankara. 1984.

9. Brooks, C.R. Heat Treatment, Structure and Properties of Nonferrous Alloys, American Society for Metals, 1982.
10. Erdoğan, Dr. Mehmet. Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve Özellikleri Demir Dışı Alaşımlar. Ankara 2001.
11. Cairns, J.H. and Gilbert, P.T. The Technology of Heavy Non-Ferrous Metals and Alloys, London. 1967.
12. ASM Metals Handbook. Properties and Selection, Non-Ferrous Alloys and Pure Metals, Ninth Edition, Ohio. 1990.
13. Erman, Dr. Burak Malzemelerin Yapı ve Özellikleri Cilt III Mekanik Özellikler. İstanbul.1978.
14. V.A. Callcut, The Routine Testing of Cooper and Brass Sheet and Strip, Sheet Metal Ind,1977,
15. Mc.Gravi-Hill, Malzeme Bilimi ve Mühendisliğin Prensibleri Newyork,1990.
16. ASM Metals Handbook, Heat Treating the materials information society. Ohio.1991
17. Ebner, P.H, 1984. Bright Annealing of Brass In A Controlled Atmosfere, Wire Industry (UK)

EKLER

- EK-1;** I. – II. ve III. Çekme Operasyonunu tamamlanmış malzemeler.
- EK-2;** I.çekme öncesi ve sonrası numune malzemeler.
- EK-3;** I. Çekme sonrası tavlınmamış malzemenin sertlik değeri.
- EK-4;** I.çekme sonrası tavlınmamış malzemenin parça tane yapıları.
- EK-5;** I.çekme sonrası 550 °C de 1 saat tavlınmış malzemenin sertliği
- EK-6;** I.çekme sonrası 550 °C de 1 saat tavlınmış malzemenin tane yapısı.
- EK-7;** I.çekme sonrası 620 °C de 4 saat tavlınmış malzemenin sertliği
- EK-8;** I.çekme sonrası 620 °C de 4 saat tavlınmış malzemenin tane yapısı.
- EK-9;** I.çekme sonrası 620 °C de 4 saat tavlınmış malzemenin tane yapıları.
- EK-10;** I.çekme kalıp resmi.
- EK-11;** I.çekme sonrası tavlınmamış malzemenin sertlik ölçüm sonuçları.
- EK-12;** II. çekme kalıp resmi.
- EK-13;** II. çekme operasyonu sonucu malzemenin sertlik ölçüm sonuçları.
- EK-14;** III. çekme kalıp resmi.
- EK-15;** III. çekme sonrası malzemenin sertlik ölçüm sonuçları.
- EK-16;** Çekme numunesi şeması.
- EK-17;** Çekme numunesi hazırlanışı.
- EK-18;** Çekme deneyi sonucu kopan malzemelerden bir kısmı.
- EK-19;** I. Çekme - II. Çekme ve III. Çekme sonucunda kalite kontrolden geçmiş sağlam yarı mamuller.

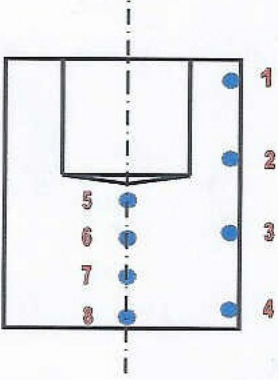
EK-1; I.çekme - II. çekme ve III. Çekme Operasyonunu tamamlanmış malzemeler.



EK-2; I.çekme öncesi ve sonrası numune malzemeler.



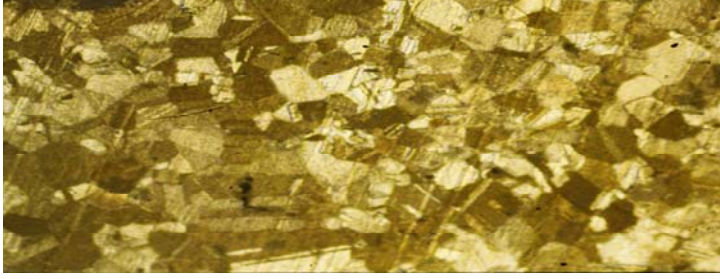
EK-3 I. Çekme sonrası tavlannmamış malzemenin sertlik değeri, tabloda görüldüğü gibi yüksek, çekmenin en çok maruz kaldığı 2-5-6 noktalarıdır.

Sertlik Kontrol Şeması	Numune	Ölçüm Noktası					
		1	2	5	6	7	8
<p>HB 2,5 / 31,25</p> 	1	127	156	169	151	113	102
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						

EK-4; I.çekme sonrası tavlınmamış malzemenin 4 ayrı noktasından alınan parça tane yapıları.



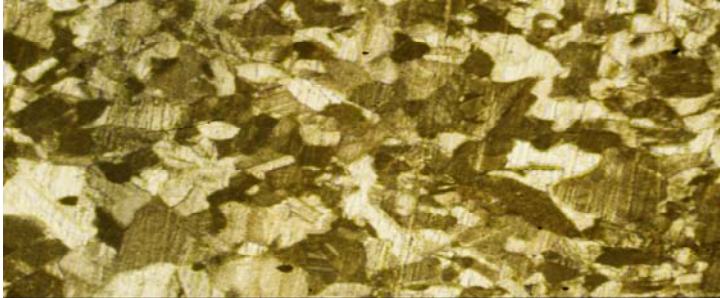
Poz 1; Parçanın alt dip kısmından çekilmiş kristal yapıda ezilme var.



Poz 2; Dağınık bir içyapı. (6 nolu yerden)

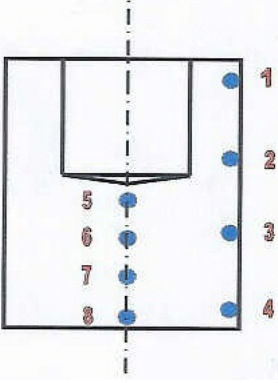


Poz 3; Ezilme var. (5 nolu yerden)



Poz 4; Kristal yapı çekmeden dolayı uzamaya maruz kalmış.(2 nolu yerden)

EK-5; İ.çekme sonrası 550 °C de 1 saat tavllanmış, 3 noktadan sertlik ölçümü yapılmış. Sertlik değerleri yüksek ve homojen olmayan bir dağılım.

Sertlik Kontrol Şeması	Numune	Ölçüm Noktası					
		1	2	5	6	7	8
<p>HB 2,5 / 31,25</p> 	1			74,9	70	69	
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						

EK-6; I.çekme sonrası 550 °C de 1 saat tavllanmış malzemenin parça tane yapısı.

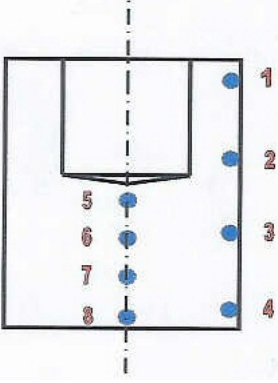


Poz 5; Orta kısımdan çekilmiş (6 nolu yerden) parça tane yapısı irili, ufaklı, homojen bir yapı mevcut değil.

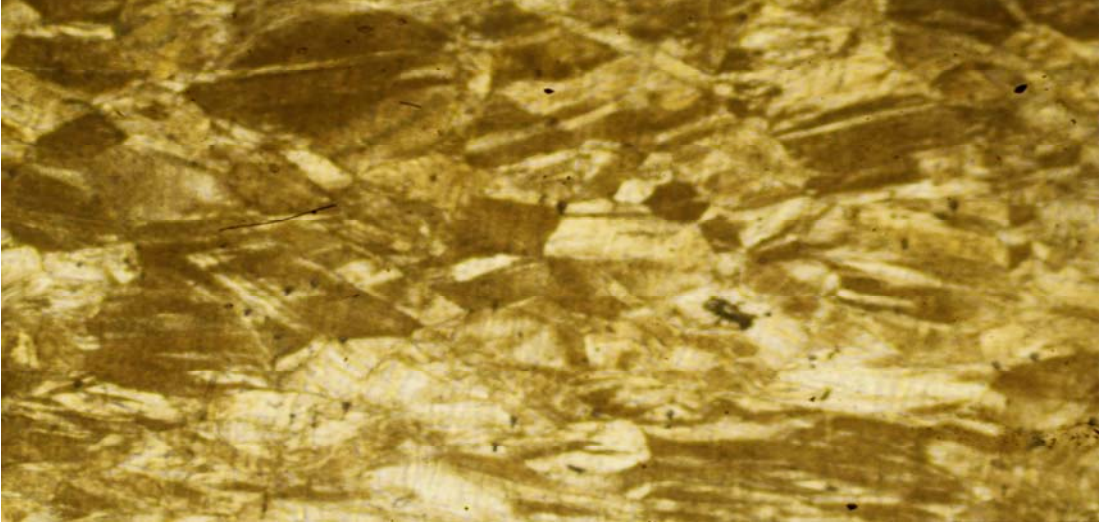


Poz 6; Üst kısımdan, çekmenin en çok maruz kaldığı yerden çekilmiş, kristal yapıda çekmeden dolayı oluşan ezilmeler düzelmemiş, birbirinden bağımsız çok iri taneli mevcut bir yapı var. II. çekme için uygun değil malzemede yırtılma veya deformasyon olabilir.

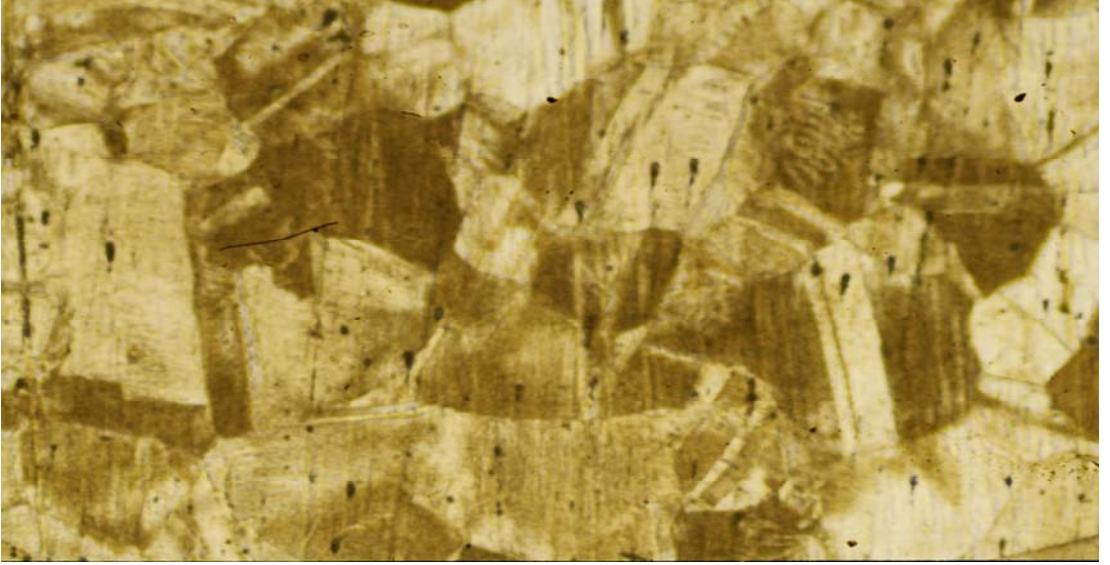
EK-7; İ.çekme sonrası 620 °C de 4 saat tavllanmış 6 noktadan sertlik ölçümü yapılmış. Sertlik değerleri uygun ve homojen bir dağılım.

Sertlik Kontrol Şeması	Numune	Ölçüm Noktası					
		1	2	5	6	7	8
<p>HB 2,5 / 31,25</p> 	1	50,4	51,6	50,8	52,7	51	49,4
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						

EK-8; I.çekme sonrası 620 °C de 4 saat tavllanmış malzemenin parça tane yapısı.

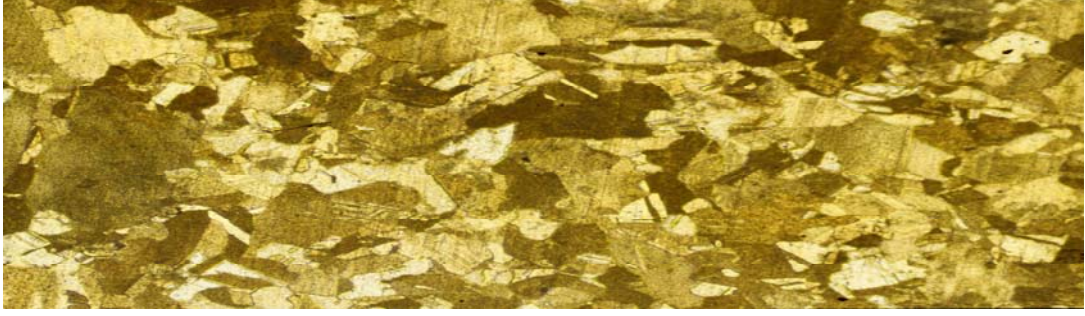


Poz 7; Büyük kısımdan (göbekten) çekilmiş iri taneli homojen bir yapı, I. çekmeden sonra dağılan yapı toparlanmış,



Poz 8; Kenar kısımdan çekilmiş, I.çekmeden sonra en çok ezilmeye maruz kalan bölge de iri taneli homojen aynı büyüklükte bir yapı gözükmekte

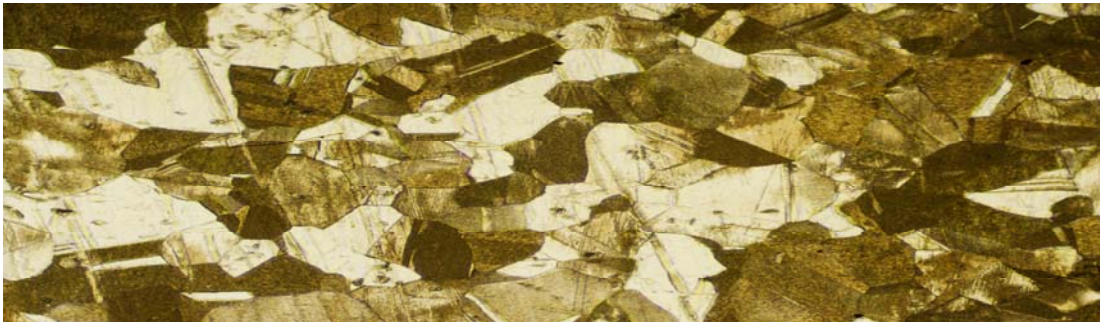
EK-9; I.çekme sonrası 620 °C de 4 saat tavllanmış malzemenin tane yapıları.



Poz 9; I.çekme sonrası 620 °C de 4 saat tavllanmış malzemenin orta kısımdan çekilmiş parça molekül yapısı. Kristal yapı düzelmiş (6 nolu bölge)

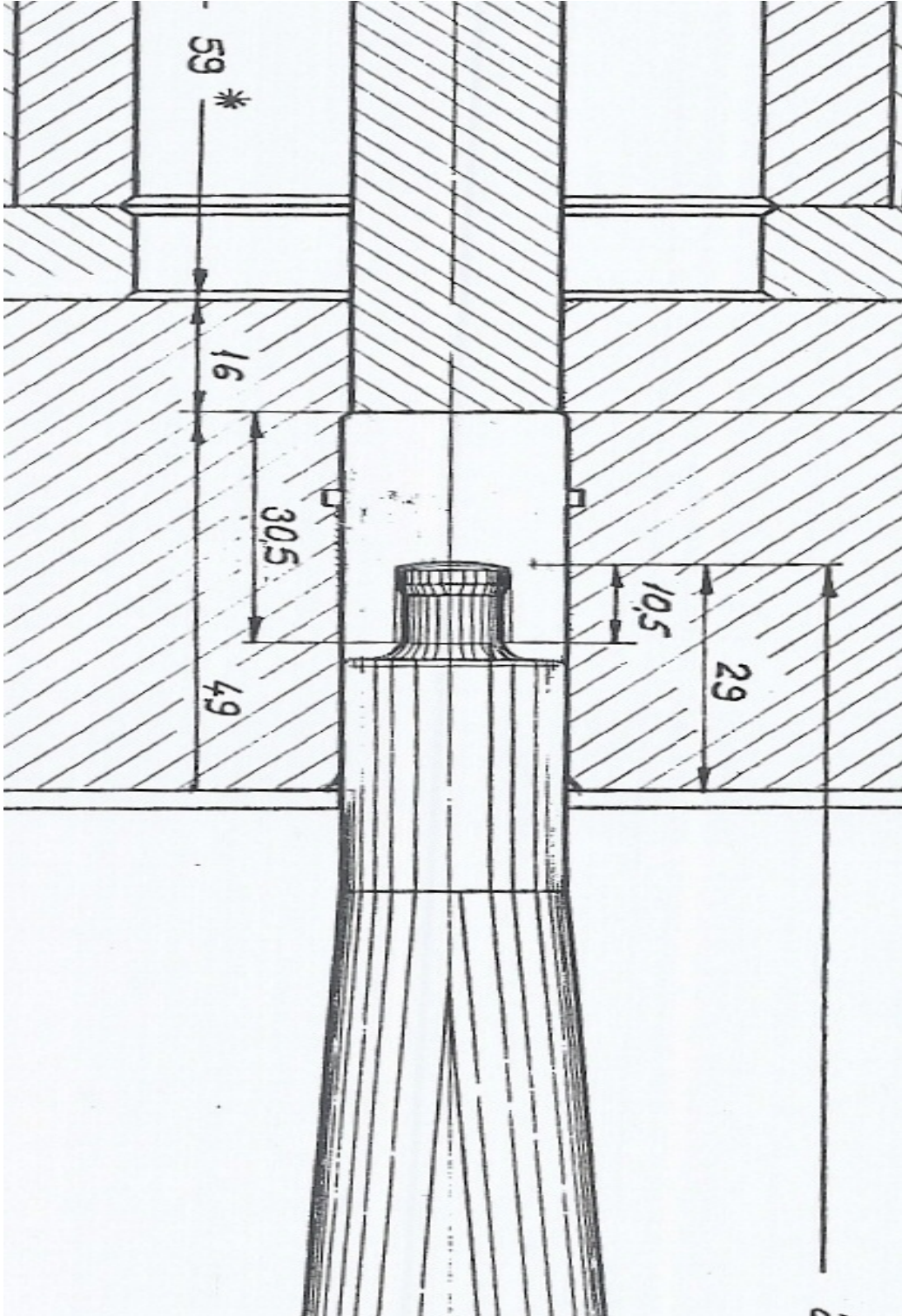


Poz 10; I.çekme sonrası 620 °C de 4 saat tavllanmış malzemenin üst kısmından çekilmiş (5 nolu bölgeden) parça molekül yapısı. Kristal yapı düzelmiş birbirine bağlı iri taneli istenilen bir yapı gözükmemektedir.

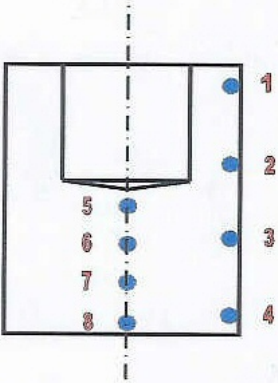


Poz 11; I.çekme sonrası 620 °C de 4 saat tavllanmış malzemenin kenar üst kısmından en çok deforme olan ezilen bölge olmasına rağmen tavlama sonucunda kristal yapı tekrar oluşmuş. (2 nolu bölge)

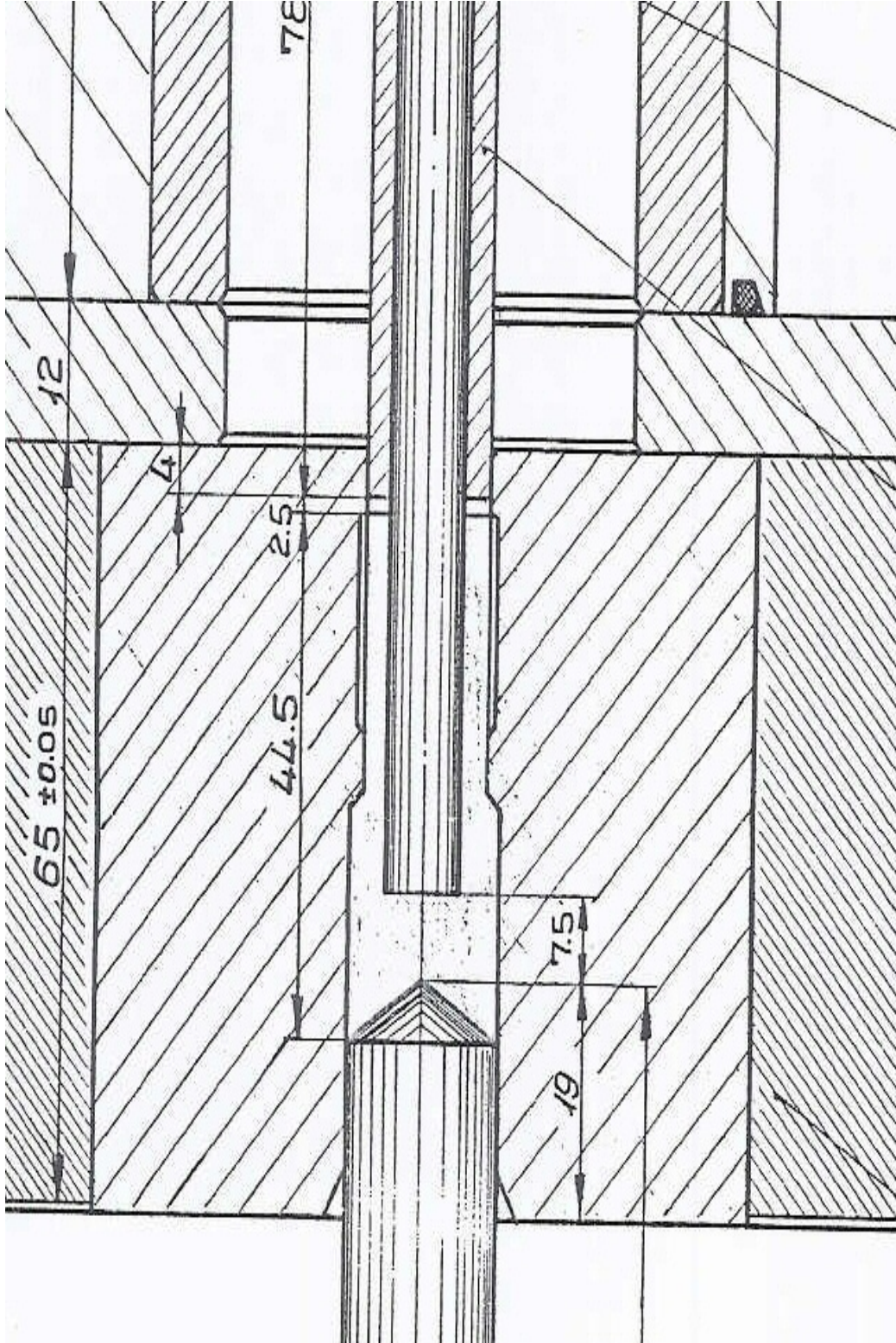
EK-10; I.çekme kalıp resmi.



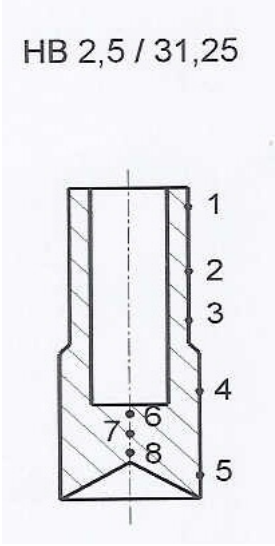
EK-11; I.çekme sonrası tavlammamış malzemenin sertlik ölçüm sonuçları.
Çekme sonrasında şekil değişikliğinin en çok olduğu yerlerde sertlik dağılımı çok fazla.

Sertlik Kontrol Şeması	Numune	Ölçüm Noktası					
		1	2	5	6	7	8
<p>HB 2,5 / 31,25</p> 	1	130	151	158	109	109	105
	2	109	140	171	130	87	85
	3	120	145	165	125	102	90
	4	131	155	160	124	105	92
	5	124	152	169	132	125	105
	6	110	141	160	140	120	102
	7	112	152	167	142	132	106
	8	125	156	170	152	125	112
	9	108	152	166	135	109	101
	10	120	139	160	135	115	105

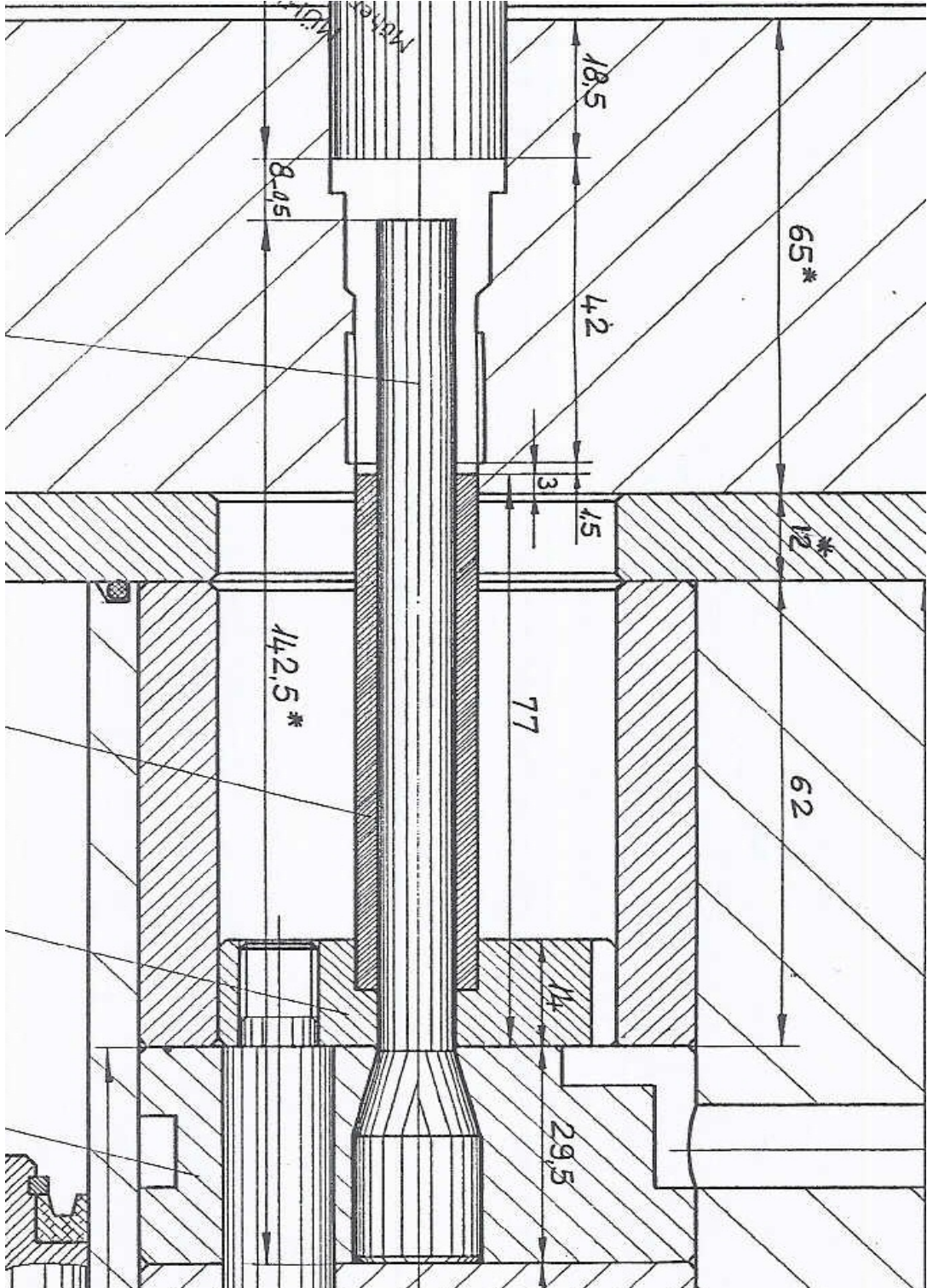
EK-12; II. çekme kalıp resmi.



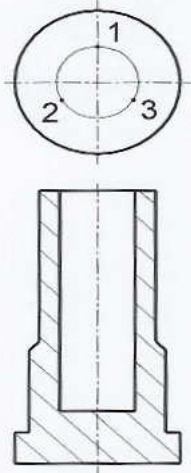
EK-13; I. Çekmeden sonra 620 °C de 4 saat tavllanmış malzeme II. çekme operasyonuna girmekte ve çıkan malzemenin sertlik ölçüm sonuçları. Çekme sonrasında şekil değişikliğinin farklı noktalarda sertlik değerleri.

Sertlik Kontrol Şeması	Numune	Ölçüm Noktası					
		1	3	4	6	7	8
<p>HB 2,5 / 31,25</p> 	1	131	164	151	130	158	140
	2	131	171	158	146	171	151
	3	135	151	151	151	158	146
	4	130	171	158	146	164	151
	5	136	165	162	148	162	152
	6	132	167	165	160	163	153
	7						
	8						
	9						
	10						

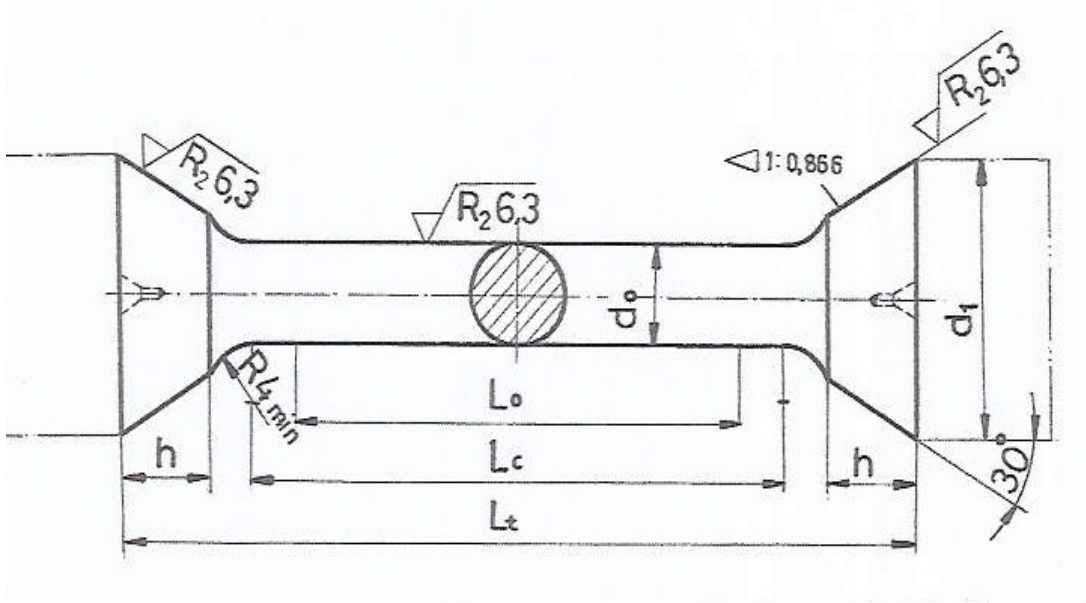
EK-14; III. çekme kalıp resmi. Çekilen malzeme alt zımba ve üst zımba



EK-15; III. çekme sonrası malzemenin sertlik ölçüm sonuçları. Malzeme de başka ekstrüzyon işlemleri yapılmamakta, nihai sertlik değerleri kontrol edilmekte istenilen aralıkta ise diğer operasyonlar yapılmaktadır.

Sertlik Kontrol Şeması	Numune	Ölçüm Noktası			
		1	2	3	
HB 2,5 / 31,25 	1	174	179	179	HB
	2	170	174	174	HB
	3	179	174	179	HB
	1	89	90	179	HRB
	2	88	89	89	HRB
	3	90	89	90	HRB

EK-16; Çekme numunesi şeması



EK-17; Çekme numunesi hazırlanırken



EK-18; Çekme deneyi sonucu farklı % uzama gösteren malzemeler



EK-19; I. Çekme - II. Çekme ve III. Çekme sonucunda kalite kontrolden geçmiş sağlam yarı mamuller.

