



25 - 27 October / Ekim 2018

TÜYAP Fair, Convention & Congress Center, **İstanbul**

TüDöKSAD Akademi **10. Uluslararası Döküm Kongresi / 10th International Foundry Congress** by Tudöksad Academy

In conjunction with **ANKIROS / ANNOFER / TURKCAST** fairs

**«CuNiSi Alaşımında Isıl İşlem ve Diğer Termomekanik
Tretmanların Mekanik Özelliklere Etkisi»**

**«Mechanical Properties Of CuNiSi Alloy After
Thermomechanical Treatments»**

Ömer Faruk Koç, Ali Kalkanlı (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)

4.Oturum / 4th Session

Oturum Başkanı / Session Chairman: Doç. Dr. Derya Dışpınar (İstanbul Üniversitesi)





CuNiSi Alaşımında Isıl İşlem ve Diğer Termomekanik Tretmanların Mekanik Özelliklere Etkisi

Prof.Dr.Ali Kalkanlı

Ömer Faruk Koç

TÜDOKSAD AKADEMİ 10.

ULUSLARARASI DÖKÜM KONGRESİ

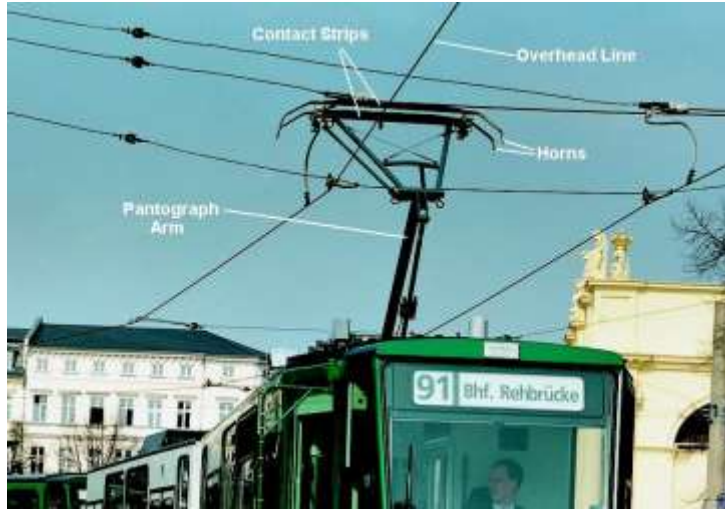


DESTEKLEYEN KURULUŞ: ULUSOY ELEKTRİK

UYGULAMA: HIZLI VE KONVANSİYONEL DEMİR YOLLARI
ENERJİ HATLARI KATENER GRİP GELİŞTİRİLMESİ



Cu	Ni	Si	Pb	Sn	Fe	P
Bal	2.23	0.34	0.094	0.21	0.087	0.36

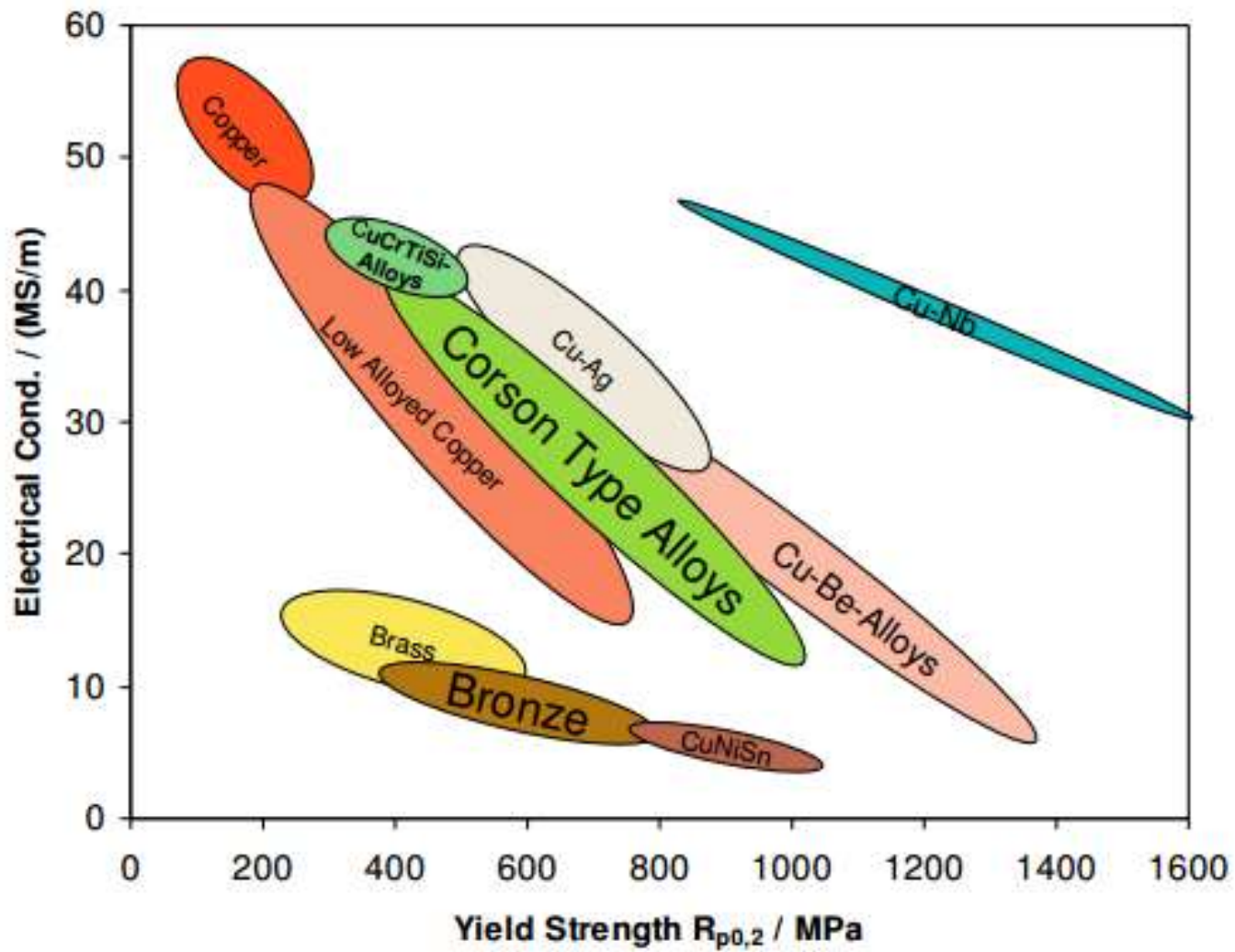


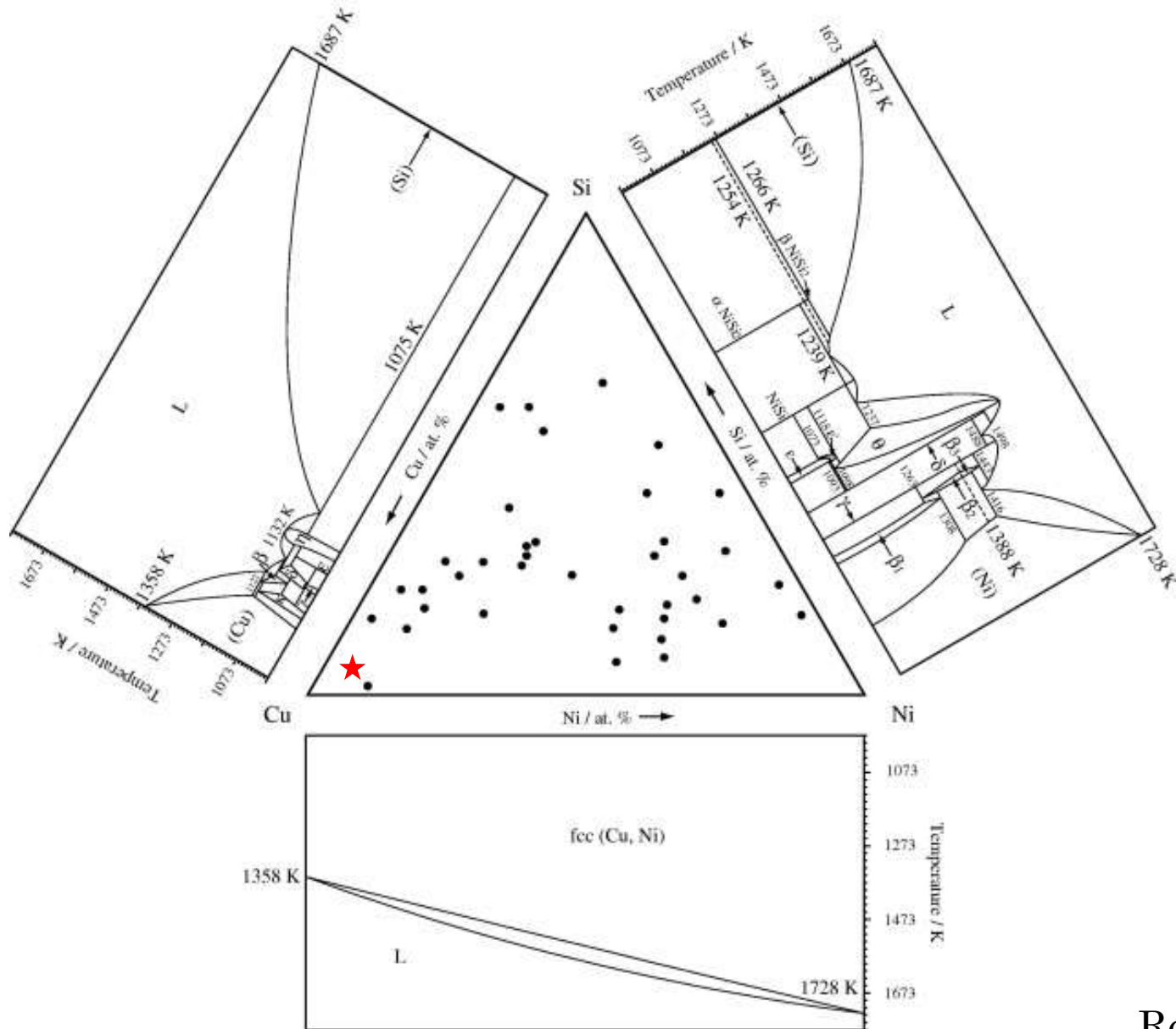
180° bending



Başarılı 180° büküm için ince taneli katılaşma ve tekrar kristalleşme sonrası ince tane boyutu: 25-28 μm







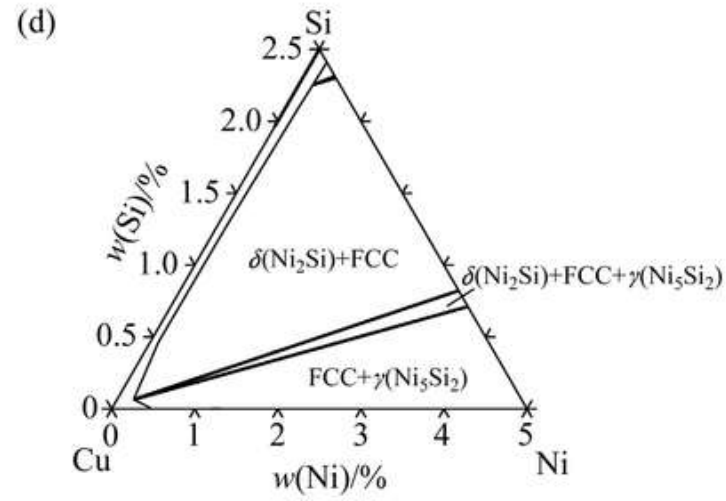
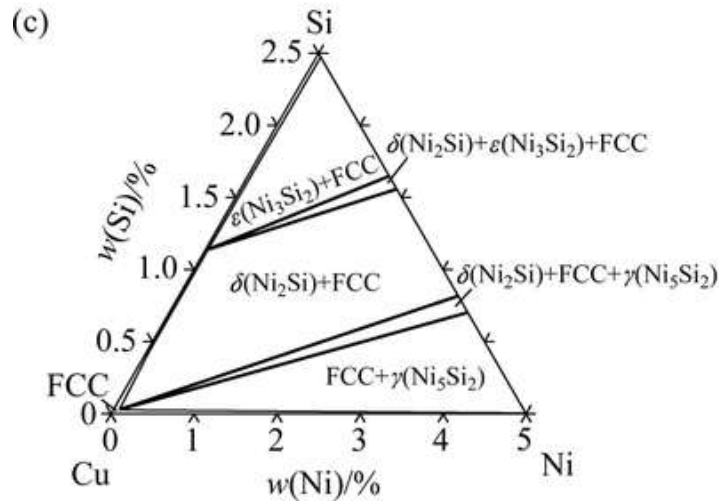
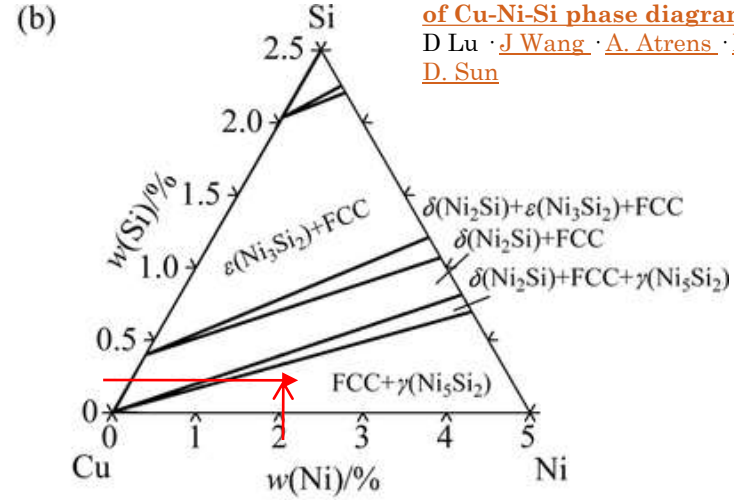
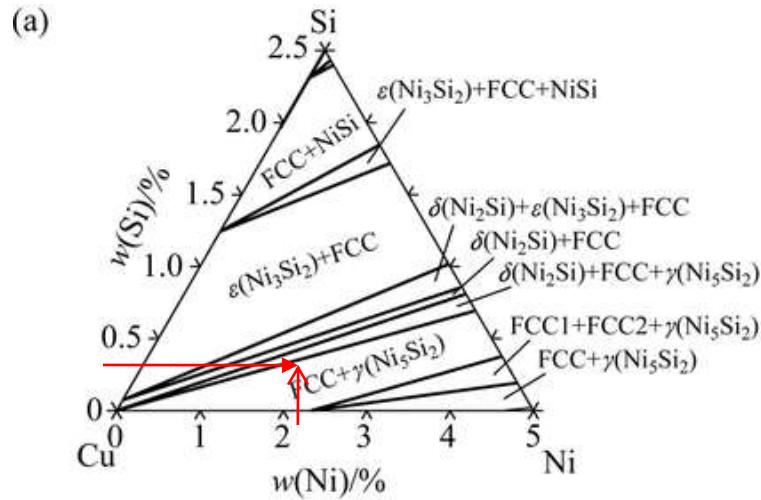
Ref 2

Cu	Ni	Si	Pb	Sn	Fe	P
Bal	2.23	0.34	0.094	0.21	0.087	0.36

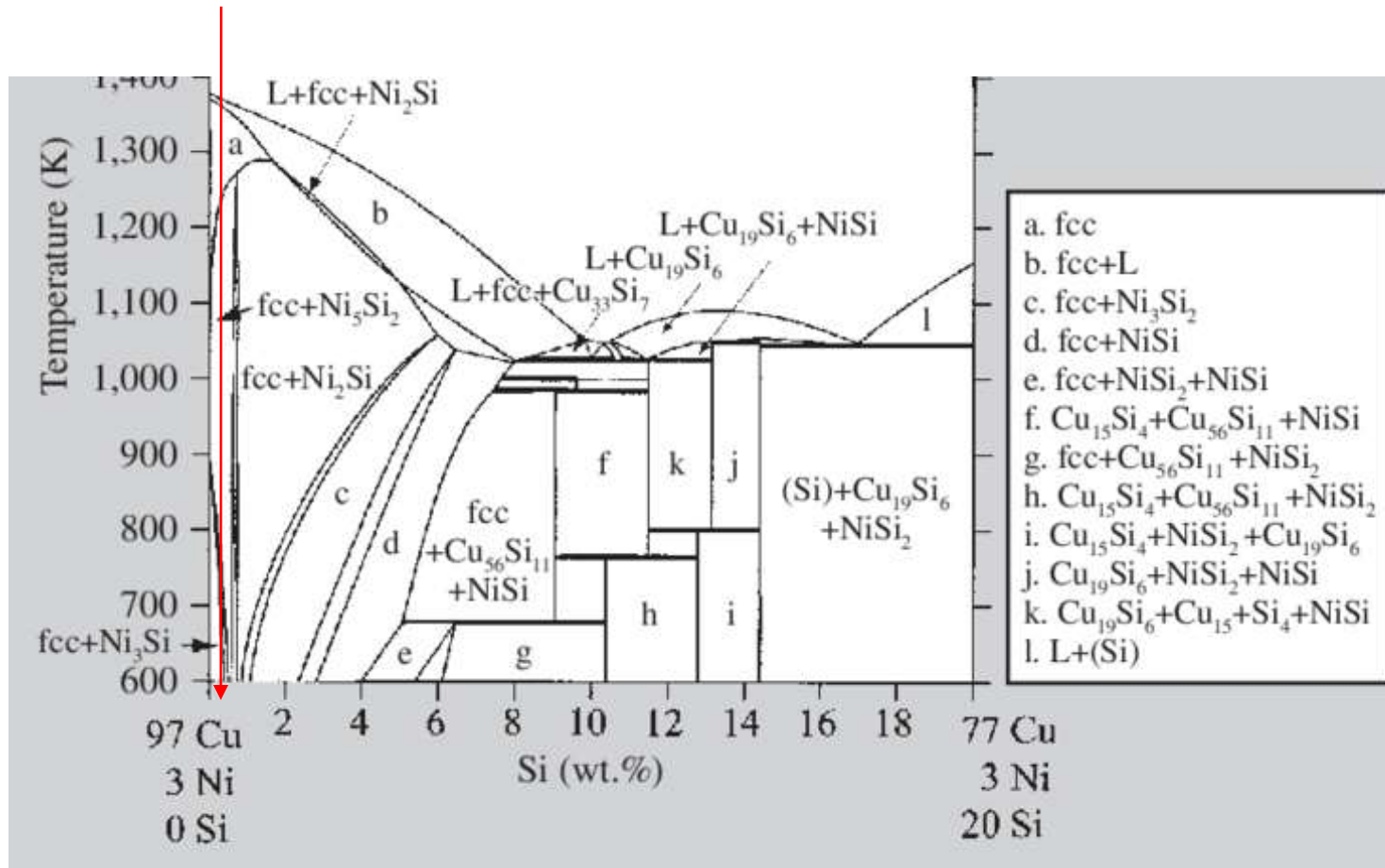
Cu	Ni	Si	Pb	Sn	Fe	P
Bal	2.23	0.34	0.094	0.21	0.087	0.36

3 Article: [Calculation of Cu-rich part of Cu-Ni-Si phase diagram](#)

D Lu · J Wang · A. Atrens · X.-Q. Zou · B. D. Sun



CALPAD methodu ile elde edilen üçlü diagram ve isothermal kesitlere göre bakır zengin kısımda **gamma-Ni₅Si₂**, **delta-Ni₂Si** veya **epsilon-Ni₃Si₂**; fazlar compozisyona bağlı olarak ve yaşlandırma sıcaklığına bağlı olarak bulunabilir



TEM ve yüksek çözünürlüğe sahip TEM (HREM) kullanılarak mikroskop çalışmaları ile Cu-Ni-Si alaşımları incelenmiştir.

Cu-1.0Ni-0.25Si-0.1Zn (wt.%) alaşımında yaşlanma sertleşmesine neden olan çökeltiler $\delta\text{-Ni}_2\text{Si}$ çekirdeklenmesinden kaynaklanır.

Yaşlanma sırasında 773 K altında Cu-3.2Ni-0.75Si-0.3Zn (wt.%) alaşımında üçfaz dönüşüm ürünü ortaya çıkması beklenir

$(\text{Cu}, \text{Ni})_3\text{Si}$ spinodal decomposition DO22 düzenli kristal yapıya sahiptir

(Ni, Si)-zengin bölgelerde disk şeklindeki $\delta\text{-Ni}_2\text{Si}$ faz oluşumu gözlenmektedir.

Yaşlanma sırasında 773 K üzerindeki sıcaklıklarda tane sınırlarında ve tanelerarası bölgelerde çökeltiler $\delta\text{-Ni}_2\text{Si}$ oluşumu





*AKMC atomistic kinetik Monte Karlo vacancy difüzyonu yaklaşımı kullanılarak Cr,Fe,Al ve Mg elementleri Cu-Ni-Si sistemine ilave edilmiştir. İkili sistem karışım enerjileri ab initio hesaplamaları kullanılmıştır.

*Mg ve Al atomları Ni-Si çökeltilerin bakır matriks ara yüzeyinde birikmeleri görülmüştür. Cr elementi Ni-Si çökeltilerin içine difüz etmektedir.

*Fe atomları Ni-Si etrafında cluster atom gurupları oluşturmaktadır.

*Cr ilavesi matriks içinde çözünen atomların miktarını azaltarak elektriksel iletkenliği artırmakta

*Mg ilavesi ise **Cu/Ni₃Si** arayüzeyinde yüksek misfit strain yaratarak dayancı artırmaktadır.

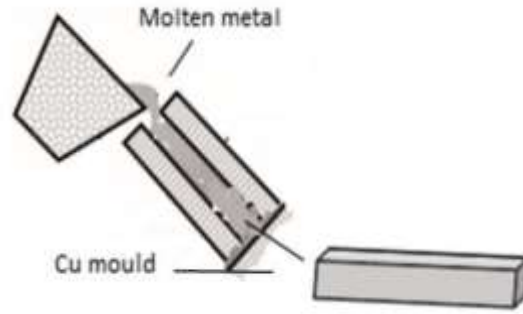
4-Precipitation in a copper matrix modeled by *ab initio* calculations and atomistic kinetic Monte Carlo simulations

[Seyedsaeid Sajadi](#) , [Stephen Hocker](#) , [Alejandro Mora](#) , [Peter Binkele](#) , [Joerg Seeger](#) , [Siegfried Schmauder](#)

First published: 21 October 2016 <https://doi.org/10.1002/pssb.201600407>

CuNiSi alaşımının Lama dökümü

1.Eđimli kokil döküm



Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
Döküm Laboratuvarı





180° bending



Başarılı 180° büküm için ince taneli katılaşma ve tekrar kristalleşme sonrası ince tane boyutu: 25-28 μm



CuNiSi alaşımın Lama dökümü

2.Pnömatik kokil
döküm



Cu-Ni-Si Kokil döküm
lamalar





CuNiSi alaşımın Lama dökümü

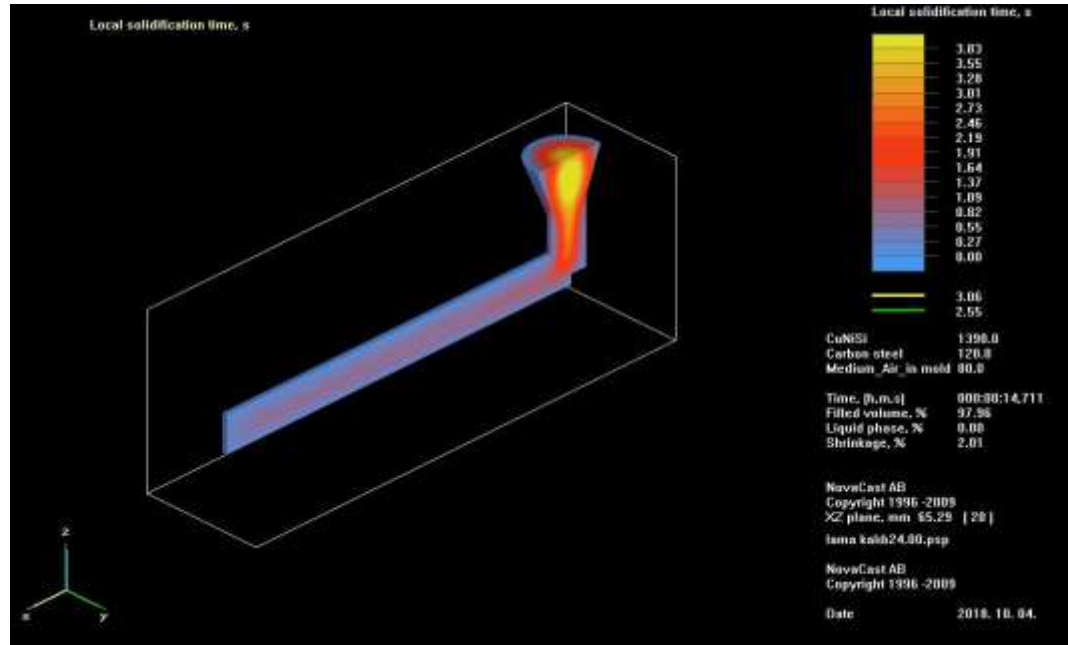


Cu-NiSi alaşım hazırlama indüksiyon eritme ve döküm

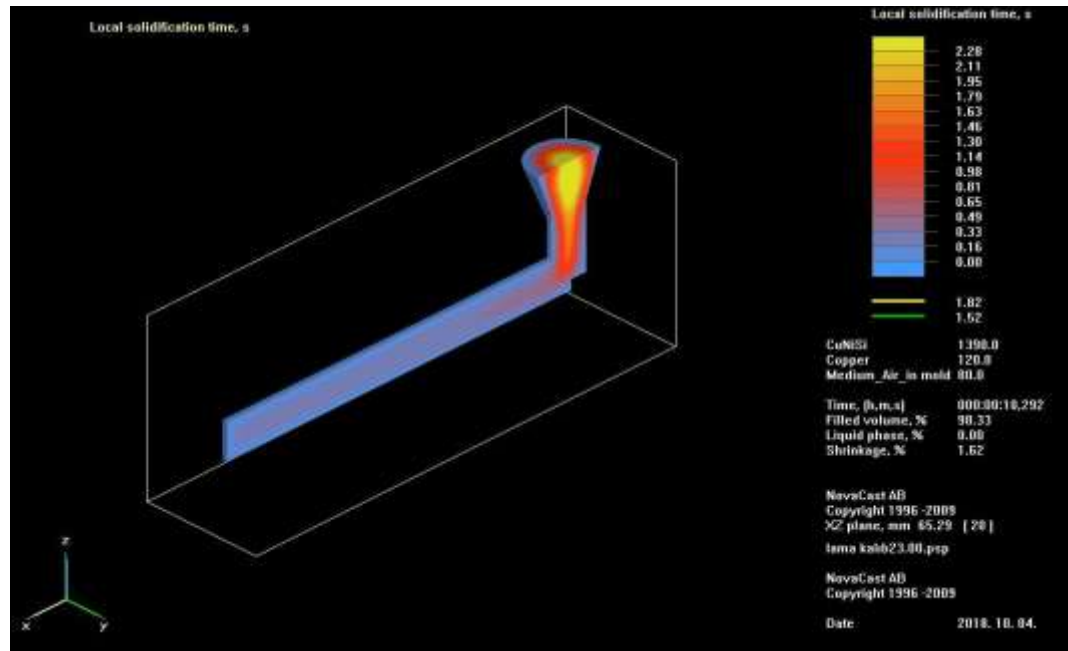




Çelik kalıpta CuNiSi katılaşma simulasyonu

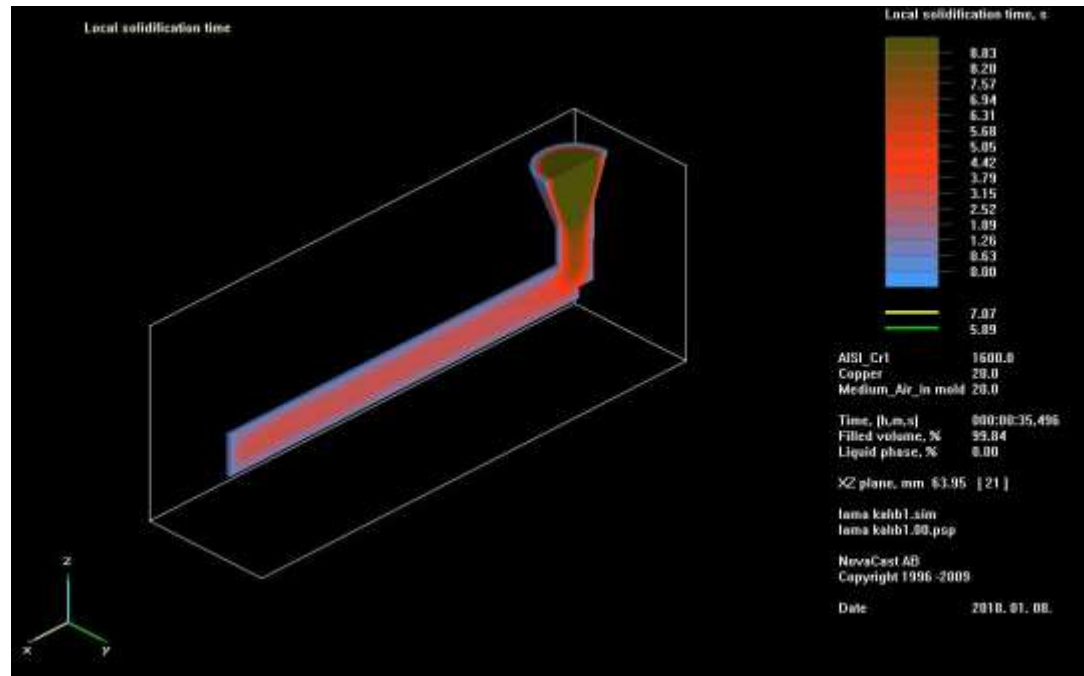
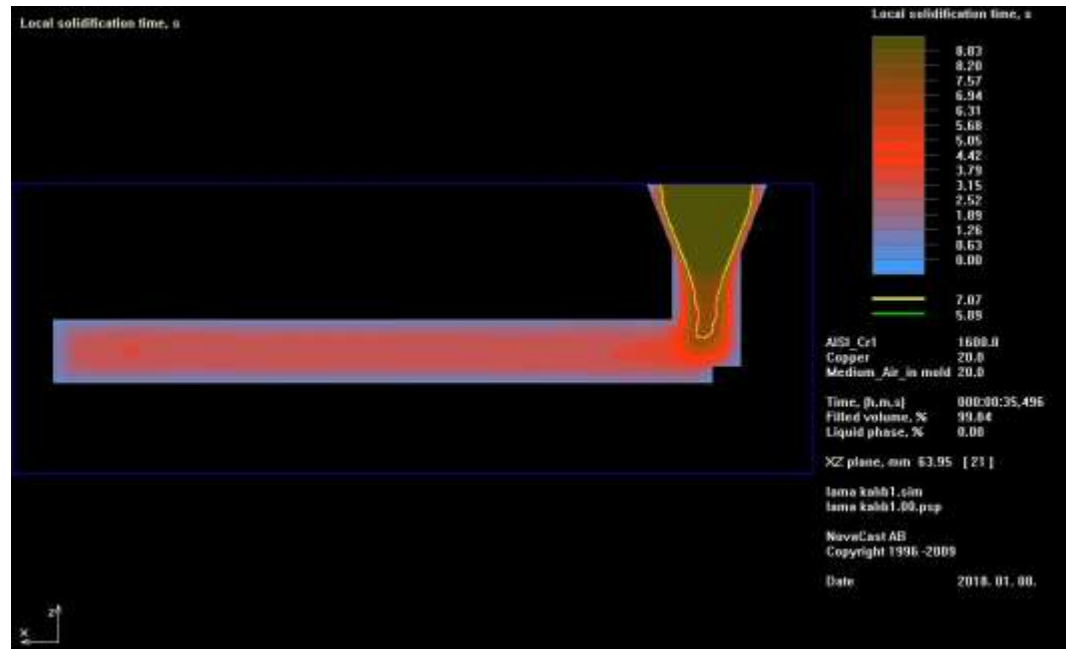


Bakır kalıpta CuNiSi katılaşma simulasyonu





Bakır kalıpta CuNiSi katılaşma simulasyonu





DÖKÜMDEN SONRA TERMOMEKANİK İŞLEMLER

1- Çözeltiye alma ısıl işlemi

sıcaklık : **920⁰C** süre : **2saat**

2-Soğuk hadde %50 deformasyon

3-Tekrar kristalleşme tavlı

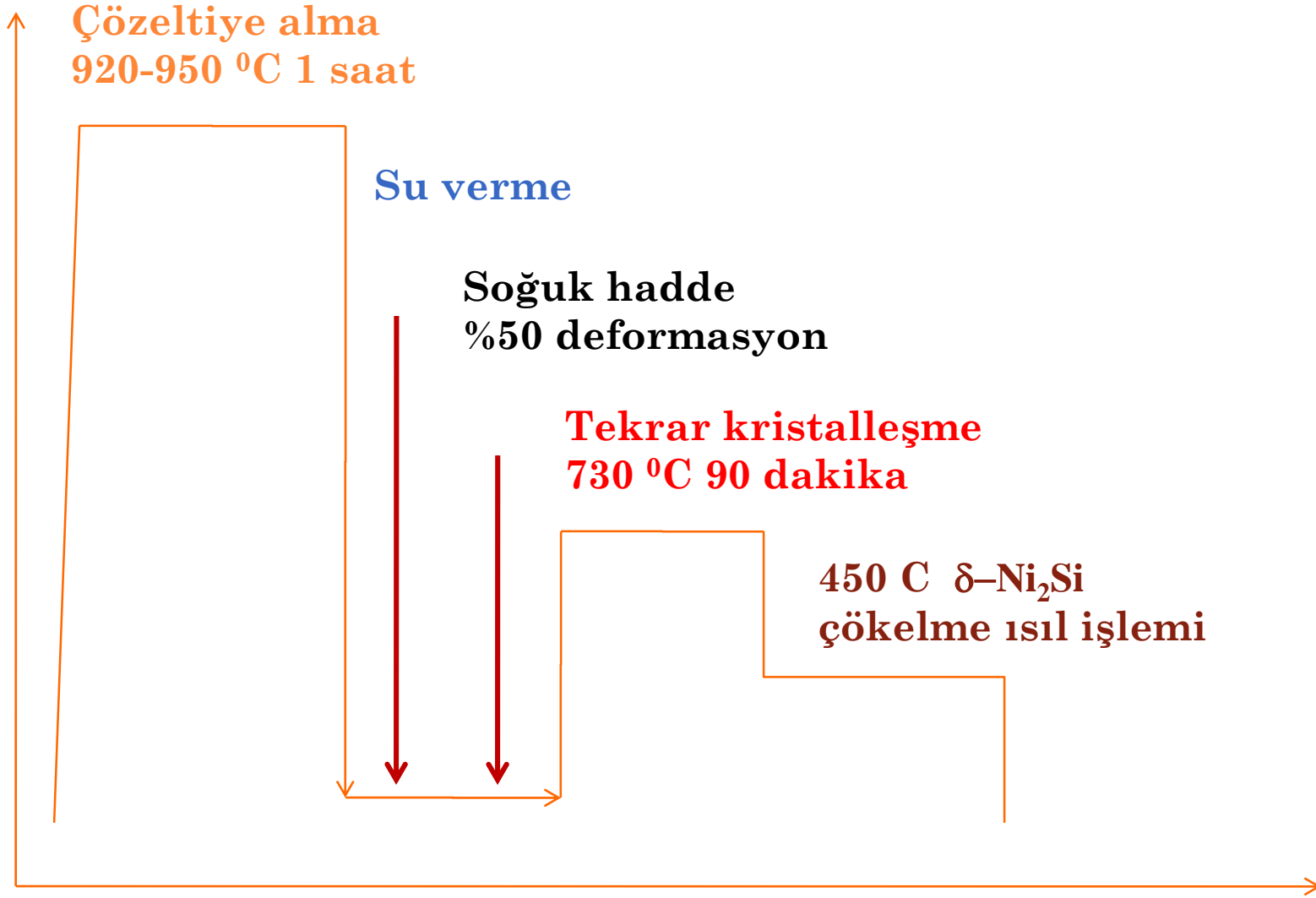
sıcaklık: **730⁰C** süre: **90, 100, 120 dakika**

4-Yaşlandırma ısıl işlemi δ -Ni₂Si fazların çökmesi

sıcaklık: **450⁰C**



Döküm sonrası termomekanik işlemler





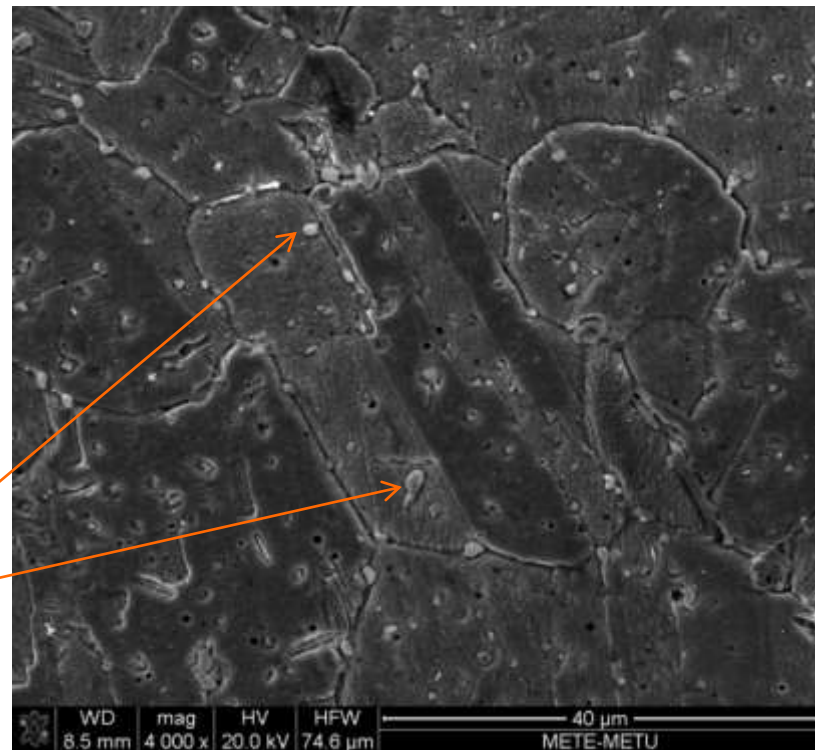
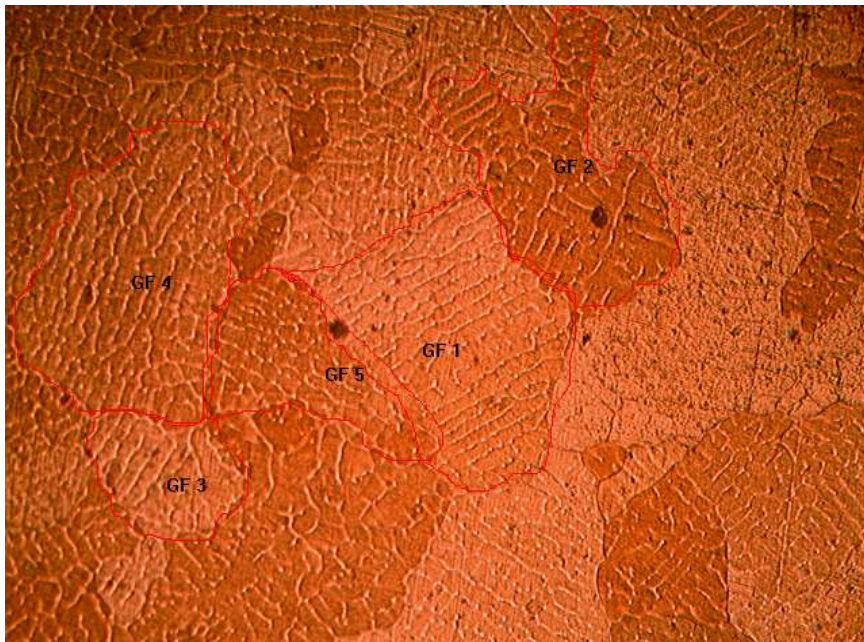
Soğuk ve sıcak
hadde makinesi

Kesit alan
daralması %50





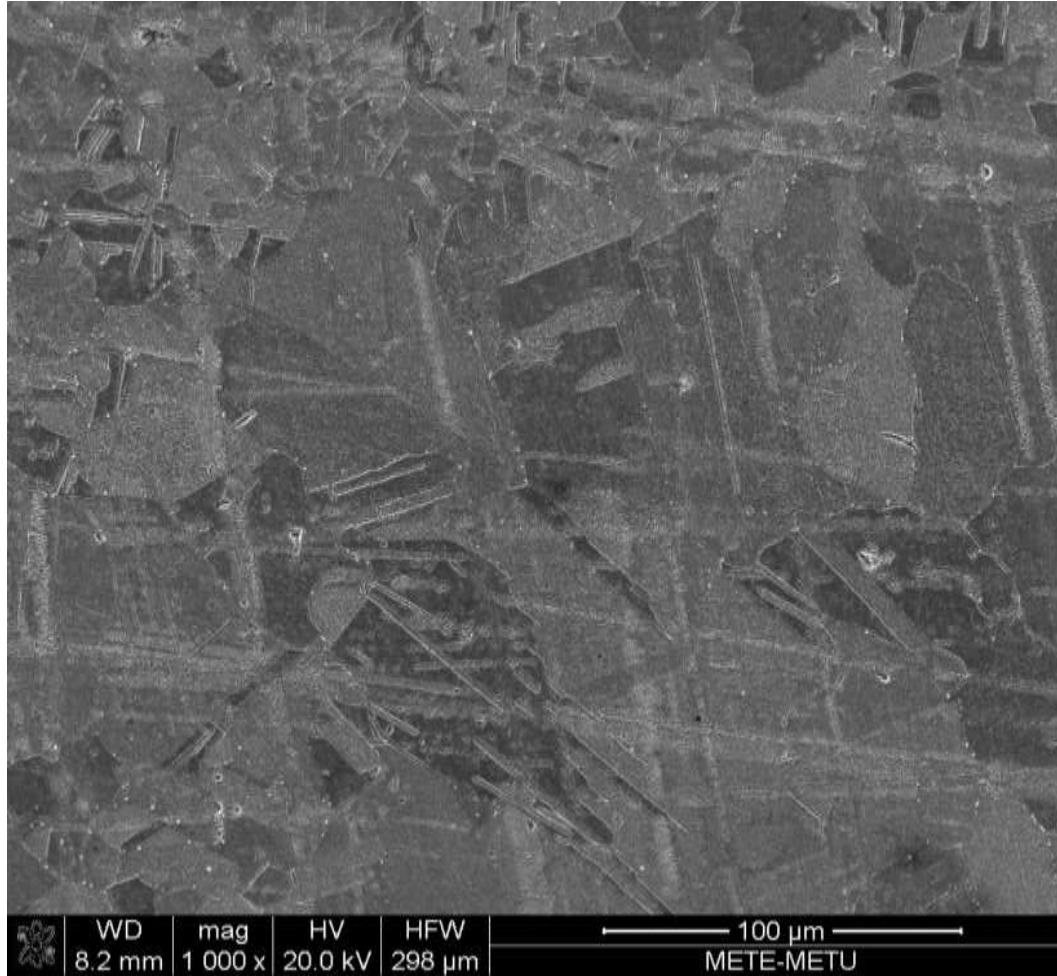
Döküm mikro yapı optik mikroskop görüntüsü



$\delta\text{-Ni}_2\text{Si}$

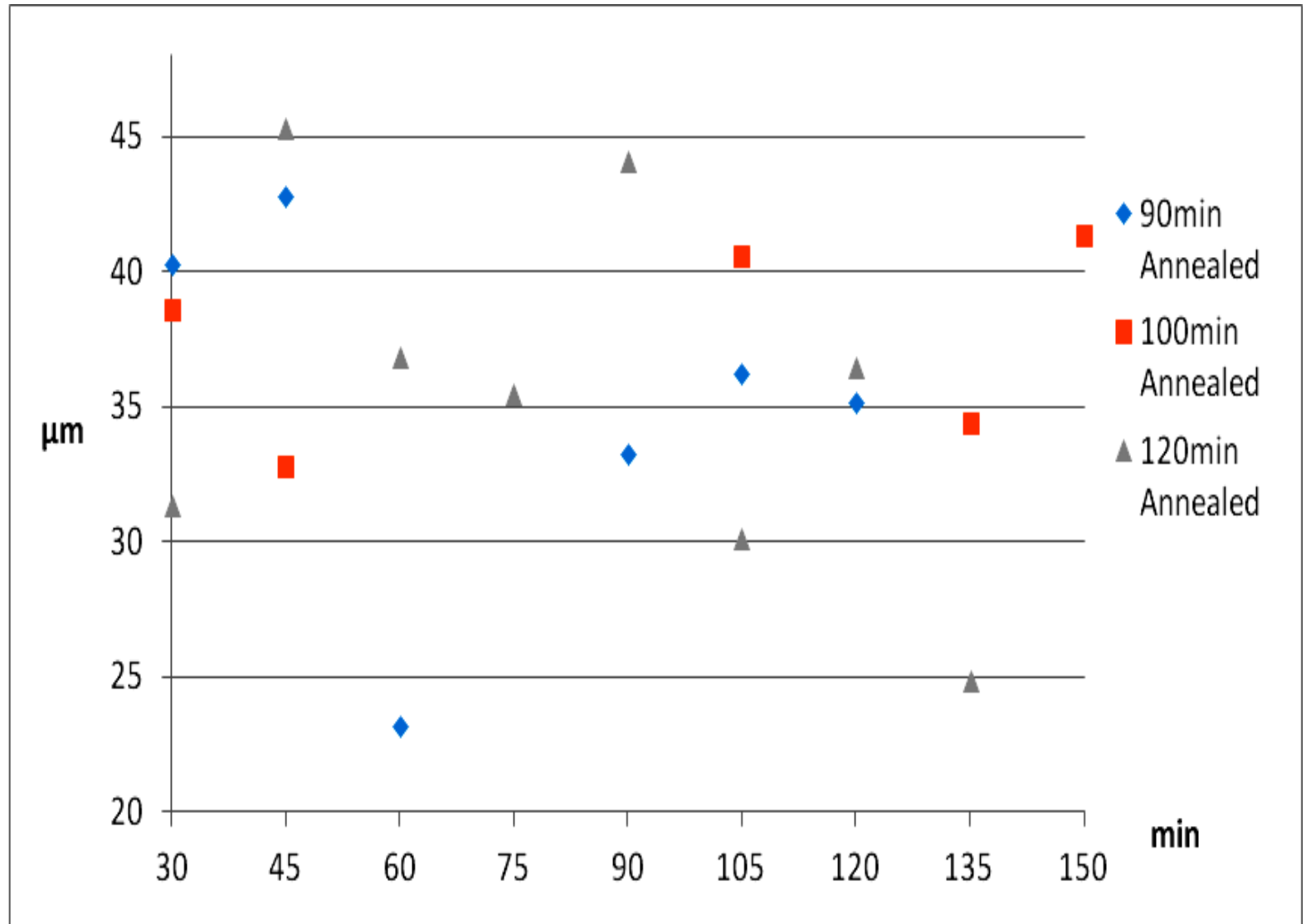
Isıl işlemler sonrası numune: 120 dakika tavlama , 90 dakika yaşlandırma





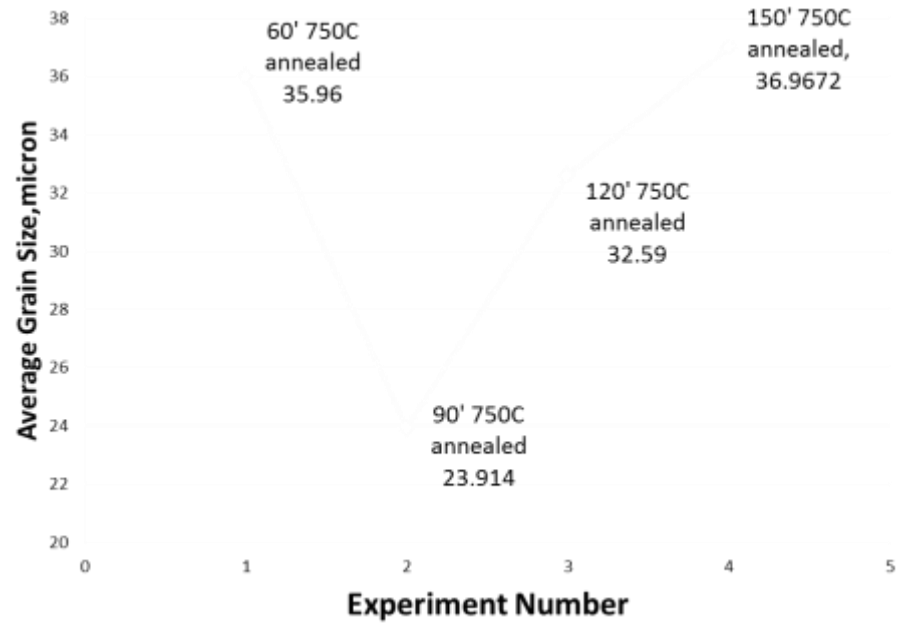
Isıl işlemler sonrası numune: 730 °C de 90 dakika tavlama, 45 dakika 450 °C de yaşlandırma



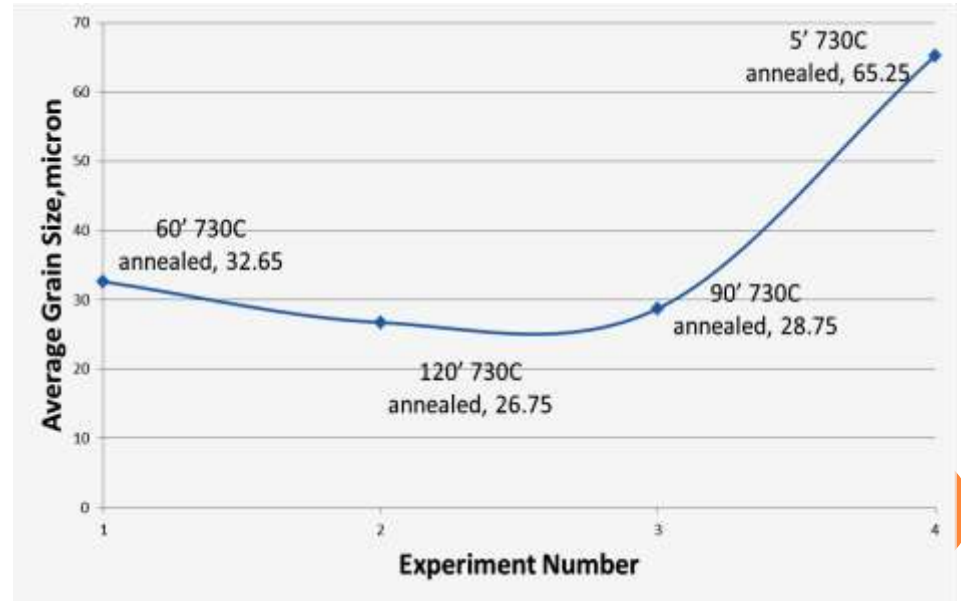


Tane boyutunun tav süresine karşı grafik gösterimi 730 °C de farklı sürelerde tavlama ve 450 °C yaşlandırma sonucu oluşan ortalama tane boyutları

Şekil 1 . 750°C de tekrar kristalleşme tavı sonrası farklı sürelerde ortalama tane boyutu değişimi 23-36 μm



Şekil 2 . 730°C de tekrar kristalleşme tavı sonrası farklı sürelerde ortalama tane boyutu değişimi 26-65 μm





Cu-Ni-Si alaşımı termomekanik işlemlerden sonra X-ışınları ile incelenmesi

* FCC BAKIR MATRİKS BELİRGİNDİR.

* ÇÖKELTİ FAZLARDAN Ni_2Si VEYA $(\text{Cu, Ni})_3\text{Si}$ KRİSTAL YAPILARA AİT YANSIMA GÖRÜLMEMEKTEDİR.

* XRD İLE TESBİT EDİLEMEMİŐ OLMASA DA BU FAZLARIN OLUŐMASI VE YAPIDA HOMOJEN DAĞILMASI İLE SERTLİK SERTLİK ARTIŐI ARASINDA DOĐRUDAN BAĐLANTI BULUNMAKTADIR.

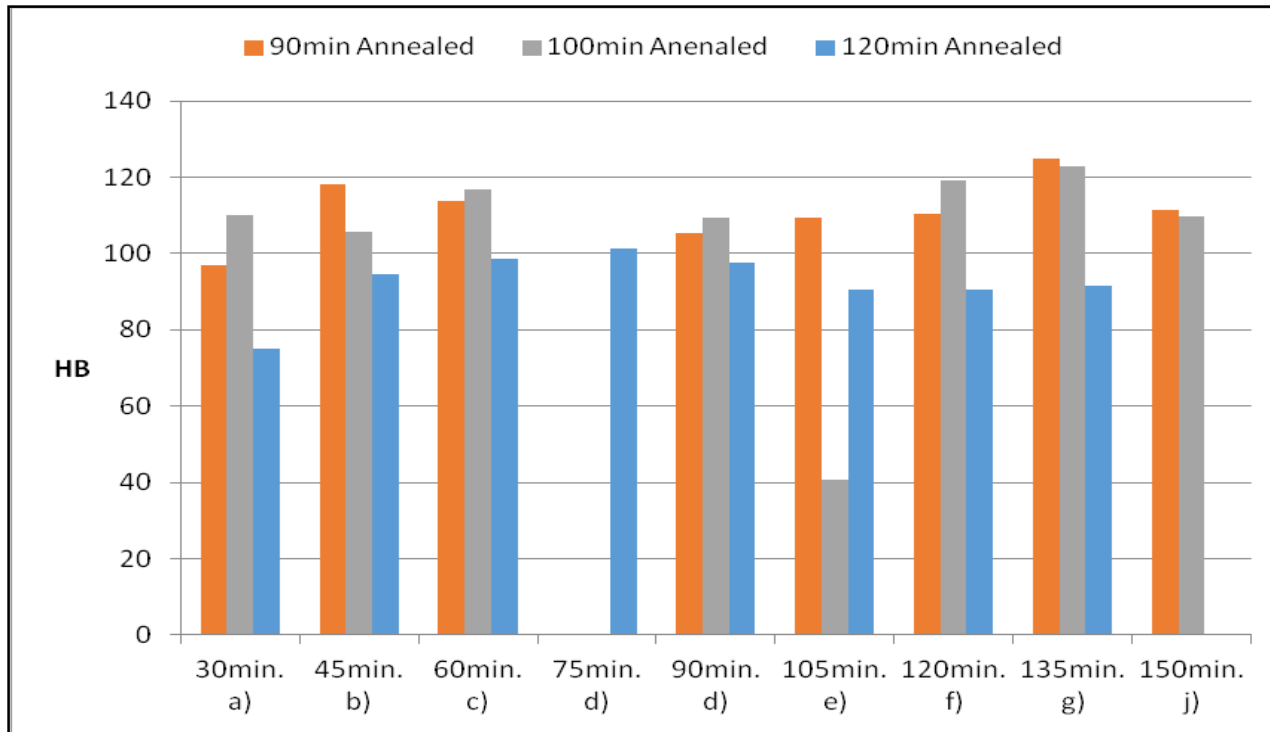
* BU NEDENLE SERTLİK GRAFİKLERİ İZLENMEKTEDİR.





	920C 90min 750C 150min	950C 100min 750C 120min	920C 90min 750C 90min	920C 90min 750C 60min
1	64.6	72.1	68.8	60.9
2	68	77.3	67.3	62.2
3	63.7	77.7	67.6	63
4	66.1	78.5	69.9	64.7
5	65.4	79.8	74.7	61.1
Average*	65.56	77.08	69.66	62.38

*All values measured in Brinell scale



Comparison Hardness vs Aging time bar chart for sample 730°C 120min annealed and 450°C aged for respective durations.

Optimum heat treatment time and temperature lies at solutionizing 920°C for 90' and annealing 730°C for 90 to 120'





Sonuçlar:

*Cu-Ni-Si alaşımları bakır kalıpta döküldüğünde çözeltiye alma ardından soğuk hadde yapılırken çatlamadı . Çelik kalıba dökülenler genellikle çatladı.

*Katılma sırasında kritik termal gradyant bakır kalıp içerisinde katılma ulaşıldı.

*Cu-(1.9)%Ni-(0,6)%Si corson tip alaşım kokil döküm sonrası termomekanik işlem uygulandı.

*Döküm lamaların çözeltiye alınması ve en uygun ısıl işlem koşulları 920°C sıcaklıkta 90 dakika çözeltiye alma ardından su verme ve %50 soğuk hadde ardından 730°C sıcaklıkta 90 to 120 dakika tekrar kristalleşme ısıl işlemi olarak belirlendi.



Referanslar:

1-X. Liu, S. Xiang, S. Yang, R. Shi, C. Wang, Experimental investigation of phase equilibria in the Cu-Ni-Si ternary system, J. Alloys Compd. 578 (2013) 439–447.

doi:10.1016/j.jallcom.2013.06.072.

2-Article: Calculation of Cu-rich part of Cu-Ni-Si phase diagram D Lu,J Wang,A.Atrens. X.Q.Zou,B.D.Sun

3-Seyedsaeid Sajadi Stephen Hocker Alejandro Mora, Peter Binkele Joerg Seeger, Siegfried Schmauder 21 October 2016

<https://doi.org/10.1002/pssb.201600407>

4-Development of High Performance, High Conductivity and Better Mechanical Properties CuNiSi-X Alloy Catenary Parts for Railway Applications . Yüksek lisans tezi ODTÜ Metalurji ve Mazleme Mühendisliği Bölümü. January 2017

5-H.A. Kuhn, A. Käufer, D. Ringhand, S. Theobald, A new high performance copper based alloy for electro-mechanical connectors, Materwiss. Werksttech. 38 (2007) 624–634.

doi:10.1002/mawe.200700152.





Dinlediğiniz için teşekkürler

