

ÖZET**STABİL SÜPER ELASTİKLİK SERGİLEYEN CU-AL-MN BAZLI ALAŞIMLAR VE
AYNISINI ÜRETMEYE YÖNELİK YÖNTEM**

- 5 Mevcut buluş süper elastiklikte mükemmel bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşım ve aynısını üretmeye ilişkin bir yöntem ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Kütlece % 3 ila % 10 Al; kütlece % 5 ila % 20 Mn, kütlece % 0 ila % 1 Ni ve opsiyonel olarak toplamda kütlece % 0,001 ila % 10 Fe, Ti, V, Cr, Si, Nb, Mo, W, Sn, Mg, P, Be, Sb, Cd, As, Zr, Zn, B, C, Ag ve çakmak taşı yapımında kullanılan alaşımdan oluşan gruptan seçilen en az bir elementten oluşan bir bileşime sahip olan; dengenin Cu ve kaçınılmaz katışkıları olduğu, süper elastik karakteristiklere sahip olan, % 6 deformasyondan sonra kalıntı gerininim % 1,0 veya daha az olduğu bir Cu-Al-Mn alaşımı olup, **özellği**;
- 5 burada yeniden kristalizasyon yapısındaki bir β fazı tarafından işgal edilen oranın % 90 veya daha fazla olması,
- 10 burada kristal tanelerinin % 70'inin veya daha fazlasının elektron geri saçılım kırınımı paternlemesi vasıtasıyla bir işleme doğrultusunda ölçülen bir kristal oryantasyonunun $\langle 001 \rangle$ oryantasyonundan bir sapma açısı açısının 0° ila 50° aralığı içinde olmasıdır.
2. İstem 1'e göre bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı olup, **özellği**; toplamda kütlece % 0,001 ila % 10 Fe, Ti, V, Cr, Si, Nb, Mo, W, Sn, Mg, P, Be, Sb, Cd, As, Zr, Zn, B, C, Ag ve çakmak taşı yapımında kullanılan alaşımdan oluşan gruptan seçilen en az bir element içermesidir.
- 15 3. İstem 1'e göre bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşım olup, **özellği**; kütlece % 3 ila % 10 Al; kütlece % 5 ila % 20 Mn ve kütlece % 0 ila % 1 Ni'den oluşan bir bileşime sahip olması, burada dengenin Cu ve kaçınılmaz katışkılar olmasıdır.
- 20 4. İstem 1, 2 veya 3'e göre bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşım olup, **özellği**; burada kristal taneciklerin % 50 veya daha fazlasının işleme doğrultusunda ölçülen kristal oryantasyonunun $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan bir sapma açısı açısının 0° ila 20° aralığında içinde olmasıdır.
- 25 5. [Adım 1] ila [Adım 5] aracılığıyla İstemler 1 ila 4'ten herhangi birine göre Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı üretmeye ilişkin yöntem olup,
- bileşimi veren bir alaşım malzemesinin eritilmesi ve dökümü [Adım 1];
- sıcak işlemeye tabi tutma [Adım 2];
- aşağıdakilerin her birinin en azından birinin aşağıdaki sırada gerçekleştirilmesi:
- 30 1 dakika ila 120 dakika boyunca 400°C ila 600°C 'de ara tavlama [Adım 3]

ve % 30 veya daha fazla bir işleme oranında soğuk işleme [Adım 4] ve daha sonra ısıtılmasının [Adım 5] gerçekleştirilmesini içermekte olup, **özellikleri**;

ısıtılmasının [Adım 5] aşağıdakilerden oluşmasıdır:

alaşımın 0,2 °C/dak ila 20 °C/dakikalık bir sıcaklık artışı hızında 700 °C ila 950 °C'lik bir β tek fazını elde etmek için oda sıcaklığından bir sıcaklık aralığına ısıtılması, ve 5
alaşımın ısıtma sıcaklığında korunması ve daha sonra sertleştirilmesidir.

6. Biçimlendirilebilir bir tel olup, **özellikleri**; İstemler 1, 2, 3 veya 4'e göre Cu-Al-Mn-bazlı alaşımdan oluşturulabilmesidir.

7. Biçimlendirilebilir bir levha olup, **özellikleri**; İstemler 1, 2, 3 veya 4'e göre Cu-Al-Mn-bazlı alaşımdan oluşturulabilmesidir. 10

TARİFNAME

STABİL SÜPER ELASTİKLİK SERGİLEYEN CU-AL-MN BAZLI ALAŞIMLAR VE AYNISINI ÜRETMEYE YÖNELİK YÖNTEM

5 TEKNİK ALAN

Mevcut buluş süper elastiklikte mükemmel bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşım ve aynısını üretmeye ilişkin bir yöntem ile ilgilidir.

ÖNCEKİ TEKNİK

- 10 Bakır alaşımlar gibi şekil hafızalı alaşımlar/süper elastik alaşımlar, termoelastik martensit dönüşümünü tersine çevirmek için dikkate değer bir şekil hafızası etkisi ve beraberinde süper esneklik karakteristikleri sergilemektedir ve yaşayan çevre sıcaklığına yakın mükemmel fonksiyonlara sahiptir. Dolayısıyla bu alaşımlar çeşitli alanlarda pratik olarak kullanılmıştır. Şekil hafızalı alaşımların/süper elastik alaşımların
- 15 temsili alaşımları TiNi alaşımları ve Cu-bazlı alaşımları içermektedir. Bakır-bazlı şekil hafızalı alaşımlar/süper esnek alaşımlar (bundan sonra bakır-bazlı alaşımlar) tekrarlama özellikleri, korozyon direnci ve benzeri açısından TiNi alaşımlarından daha üstün karakteristiklere sahiptir. Diğer taraftan maliyet fazla olmadığından dolayı bakır-bazlı alaşımların uygulama aralığını genişletmek için bir hareket olmuştur. Ancak her
- 20 ne kadar bakır-bazlı alaşımlar maliyet açısından avantajlıdır, bu alaşımlar soğuk işlenebilirlik açısından zayıftır ve süper elastik karakteristikler açısından üstündür. Bu nedenden dolayı çeşitli çalışmalar yapılmakta olsa da mevcut durum bakır-bazlı alaşımların pratikleştirilmesi gerektiği şekilde yeterince ilerlememiş olduğudur.

Şimdiye kadar bakır-bazlı alaşımları üzerinde çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir.

- 25 Örneğin bir β tek fazının $\langle 101 \rangle$ ve $\langle 100 \rangle$ gibi özel kristal oryantasyonunun haddeleme veya tel çekme gibi soğuk işleme doğrultusunda aynı hizada olduğu örneğin mükemmel soğuk işlenebilirliği olan bir β tek fazına sahip olan Cu-Al-Mn-bazlı şekil hafızalı alaşımlar aşağıda açıklanan Patent Literatürler 1 ila 4'te raporlanmıştır.

ALINTI LİSTESİ

PATENT LİTERATÜRLERİ

Patent Literatürü 1: JP-A-7-62472 ("JP-A" incelenmemiş yayınlanmış Japon Patent başvurusu anlamına gelmektedir)

5 Patent Literatürü 2: JP-A-2000-169920

Patent Literatürü 3: JP-A-2001-20026

Patent Literatürü 4: JP-A-2005-298952

BULUŞUN ÖZETİ

10 TEKNİK PROBLEM

Patent Literatürü 1'in yöntemi tarafından üretilen bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşım tatmin edici karakteristiklere, özellikle süper elastik karakteristiklere sahip değildir ve % 90 veya daha fazla şekil geri kazanımı sergileyen maksimum belirli şekil değiştirme yaklaşık % 2 ila % 3'tür. Bunun nedeniyle ilgili olarak kristal oryantasyonunun rastgele olması gibi
15 nedenlerden dolayı deformasyon sırasında kristal taneleri arasında güçlü bir sınırlayıcı güç yaratıldığından dolayı geçiş gibi tersine çevrilemez kusurların dahil edildiği yorumu yapılmaktadır.

Ayrıca Patent Literatürü 2'nin bakır-bazlı alaşımı şekil hafızası karakteristiklerine ve süper elastik karakteristiklerine sahip olan ve büyük ölçüde bir β tek fazından oluşan
20 bir bakır-bazlı alaşımdır ve kristal yapısı β tek fazının kristal oryantasyonunun, özellikle β tek fazının $\langle 101 \rangle$ ve $\langle 100 \rangle$ gibi kristal oryantasyonlarının haddeleme veya tel çekme gibi soğuk işleme doğrultusunda aynı hizaya getirildiği yeniden kristalize edilmiş bir dokudur. Yukarıda açıklanan bakır-bazlı alaşımında soğuk işleme Elektron Geri Saçılım Kırılımı Paternleme (bundan sonra "EBSP"ye kısaltılabilmektedir
25 (alternatif olarak ayrıca Elektron Geri Saçılım Kırılımı olarak da anılmaktadır (bundan sonra ayrıca EBSD olarak kısaltılacaktır)) vasıtasıyla ölçülen çalışma doğrultusundaki β tek fazının belirli bir kristal oryantasyonunun mevcudiyetinin frekansının 2,0 veya daha yüksek olduğu nihai tavlamadan sonraki bir toplam işleme oranında gerçekleştirilmektedir. Alaşım yukarıda açıklanan gibi bir malzeme olsa bile dönüşüm
30 gerinimi Cu-Al-Mn-bazlı alaşımların oryantasyonuna çok fazla bağlı olduğundan dolayı

süper elastik karakteristikleri kesin olarak ve homojen olarak stabil şekilde elde etmek için yeterli olmamıştır.

Patent Literatürü 3'te açıklanan bakır-bazlı alaşımda alaşım tarafından dışa vurulacak şekil hafızası karakteristikleri ve süper elastik karakteristikleri daha az stabildir ve bu karakteristiklerin stabil olmaması açısından bakır-bazlı alaşım ayrıca gelişmek için bir alana sahip bir seviyededir. Ayrıca doku kontrolünün şekil hafızası karakteristiklerini ve süper elastik karakteristiklerini stabilize etmek için zorunlu olduğu varsayılmaktadır. Ancak Patent Literatürü 3'te açıklanan yöntemde Cu-Al-Mn-bazlı alaşımındaki dokunun entegrasyon derecesi düşüktür ve şekil hafızası karakteristikleri ve süper elastik karakteristikleri henüz yeterince stabilize edilmemiştir.

Ayrıca Patent Literatürü 4'te açıklanan alaşımda Ni inklüzyonu önemlidir ve kütlece % 10'a kadar bir Ni içeriğine izin verilmektedir. Alaşım Ni içerdiğinden dolayı kristal oryantasyonlarının entegrasyonu daha kolay olmaktadır ancak su verme sertleşmesi özelliği azalmaktadır. Burada su verme sertleşmesi özelliği (veya su verme sertleşmesi hassasiyeti) su verme sertleşmesi zamanında soğutma hızı ve su verme sertleşmesinden hemen önce dokunun su verme sertleşmesi işlemindeki stabilitesi arasındaki ilişkiye işaret etmektedir. Spesifik olarak eğer su verme sertleşmesinden sonraki soğutma hızı düşük ise bozulmuş süper elastik karakteristiklere neden olacak şekilde bir α fazı çökmektedir ve su verme sertleşmesinin duyarlı olmadığı söylenmektedir. Bir Ni içeren bakır alaşımında bir α fazı yüksek bir sıcaklıkta çökmeye başladığından dolayı su verme sertleşmesi özelliği sadece eğer soğutma süresi tel çapında bir artıştan veya benzerinden dolayı hafifçe uzuyorsa bozulmaktadır ve tatmin edici süper elastik karakteristikleri elde edilmemektedir.

Bu şekilde şimdiye kadar elde edilmiş şekil hafızalı bakır alaşımlarla ilişkili olarak teorik olarak mono kristal alaşımların istenebilir olduğuna inanılmaktadır. Ancak bir polikristal malzemede süper elastik karakteristikler üzerinde kristal oryantasyonların entegrasyonunun etkisi hakkında araştırma yetersiz şekilde gerçekleştirilmiştir ve geleneksel şekil hafızalı bakır alaşımlar stabileden ve süper elastik karakteristiklerinin yeniden üretilebilirliğinden muaftır.

Mevcut buluş alaşımın kristal dokusunun kontrol edilmesi vasıtasıyla tatmin edici süper elastik karakteristikler sergileyen bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı sağlamak için ve aynısını üretmeye ilişkin bir yöntem sağlamak için uygulanmaktadır.

PROBLEMİN ÇÖZÜMÜ

Mevcut buluşun sahipleri yukarıda açıklanan ilgili tekniğin problemlerini çözmek için detaylı bir inceleme gerçekleştirmektedir. Sonuç olarak bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşımın kristal oryantasyonunun kontrol edildiği ve belirli bir kristal oryantasyona entegre edildiği bir doku uyarlandığı zaman tatmin edici süper elastik karakteristiklerini daha stabil şekilde sergileyen bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşım elde edildiğini bulduk. Buluş sahipleri ayrıca bu tür bir doku kontrolüne alaşımın önceden belirlenen ara tavlama ve soğuk işleme tabi tutulması ve ayrıca bir ısıtıl işlemin gerçekleştirilmesi vasıtasıyla erişilebildiğini bulmuştur. Mevcut buluş bu bulgulara dayanarak tamamlanmıştır.

10 Mevcut buluş aşağıdaki araçları sağlar:

(1) İstem 1’de tanımlandığı gibi bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşım.

(2) Toplamda kütlece % 0,001 ila % 10 Fe, Ti, V, Cr, Si, Nb, Mo, W, Sn, Mg, P, Be, Sb, Cd, As, Zr, Zn, B, C, Ag ve çakmak taşı alaşımından oluşan gruptan seçilen en az bir element içeren Madde 1’e göre bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı.

15 (3) Kütlece % 3 ila % 10 Al; kütlece % 5 ila % 20 Mn ve kütlece % 0 ila % 1 Ni içeren Madde 1’e göre bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı; burada dengenin Cu ve kaçınılmaz katışkılar olmasıdır.

(4) Kristal taneciklerin % 50 veya daha fazlasının işleme doğrultusunda ölçülen kristal oryantasyonunun <101> oryantasyonundan bir sapma açısı açısından 0° ila 20° aralığında içinde olan Madde 1, 2 veya 3’e göre bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşım.

20 (5) İstem 5’te tanımlandığı gibi bir yöntem.

(6) Maddeler 1, 2, 3 veya 4’e göre Cu-Al-Mn-bazlı alaşımından oluşturulabilen bir tel.

(7) Maddeler 1, 2, 3 veya 4’e göre Cu-Al-Mn-bazlı alaşımından oluşturulabilen bir levha.

25 Mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı tercih edilen şekliyle süper elastik karakteristikleri olarak % 6 şekil değiştirme yüklemesinden sonra kalıntı deformasyonun % 1,0 veya daha az olacağı ve kopma uzamasının % 6 veya daha fazla olacağı şekildedir.

Burada ‘süper elastik karakteristikleri mükemmeldir’ ifadesi, önceden belirlenen bir 30 yükleme şekil değiştirmesi veya yükleme gerinim uygulandığı zaman ve daha sonra

yük ortadan kaldırıldığı zaman kalıntı deformasyon olarak anılmaktadır ve kalıntı deformasyonun az olduğu anlamına gelmektedir. Bu kalıntı gerinimin daha az olması daha da tercih edilmektedir. Mevcut buluşta bu % 6 deformasyondan sonra kalıntı deformasyonun % 1,0 veya daha az, tercih edilen şekliyle % 0,5 veya daha az ve daha da özel olarak % 0,2 veya daha az olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca 'bir β tek fazından oluşan yeniden kristalize edilmiş bir dokuya sahip olan' ifadesi yeniden kristalizasyon yapısındaki bir β fazı tarafından işgal edilen oranın genel olarak % 90 veya daha fazla ve tercih edilen şekliyle % 95 veya daha fazla olduğu anlamına gelmektedir.

10

BULUŞUN AVANTAJLI ETKİLERİ

Mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı süper elastik alaşımı çeşitli uygulamalarda kullanılabilmekte olup, burada süper elastik karakteristikler gerekmektedir ve uygulamalar örneğin mobil telefonların antenlerinde, gözlük çerçevelerinde aynı zamanda ortodontik tellerde, kılavuz tellerde, stentlerde ve medikal ürünler olarak içeri uzayan tırnaklara yönelik düzeltme aletlerinde ve halluks vagus için ortozlarda gerçekleştirilmektedir. Ayrıca mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı süper elastik alaşımı mükemmel süper elastik karakteristiklerinden dolayı bir titreşim sönümleme malzemesi olarak uygundur.

20 Buluşun diğer ve başka özellikleri ve avantajları uygun bir şekilde ekli çizimlere atıfta bulunan aşağıdaki açıklamadan tam olarak açık olacaktır.

ŞEKİLLERİN KISA AÇIKLAMASI

{Şekil 1}

25 Şekil 1(a) mevcut buluşta tanımlanan kristal oryantasyonunun $\langle 001 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 50° (çizgili bölge ve damalı bölge) ve tercih edilen şekliyle 20° ile 50° (sadece çizgili bölge) bulunmasını şematik olarak temsi eden bir ters kutuplu şekil kullanan bir kristal oryantasyonu dağılım diyagramıdır ve Şekil 1(b) mevcut buluşta tanımlanan kristal oryantasyonunun $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 20° ve tercih edilen şekliyle 0° ile 10° bulunmasını şematik olarak temsi eden bir ters kutuplu şekil kullanan bir kristal oryantasyonu dağılım diyagramıdır.

30

Ayrıca Şekil 1(c) $\langle 001 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 50° (tercih edilen şekliyle 20° ile 50°) aralığında bulunmasını ve $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 20° (tercih edilen şekliyle 0° ile 10°) aralığında bulunmasını şematik olarak temsil eden bir ters kutuplu şekil kullanan bir kristal oryantasyonu dağılım diyagramıdır.

{Şekil 2}

Şekiller 2(a) ile 2(c) ara tavlama sıcaklığının Şekil 2(a)'da 450°C , Şekil 2(b)'de 550°C veya Şekil 2(c)'de 600°C olduğu bir durumda EBSD vasıtasıyla çalışma doğrultusundaki kristal oryantasyonunun EBSD (alt sıra, diyagramlarda siyah ve beyaz şeklinde gösterilmektedir) vasıtasıyla çeşitli RD'lerde renk haritaları ile birlikte ölçülmesi vasıtasıyla elde edilen ters kutuplu şekilleri (üst sıra ve orta sıra) göstermektedir. Şekil 2(d) ters kutuplu şekilde şekil değiştirme miktarının kontur çizgileri vasıtasıyla Cu-Al-Mn-bazlı alaşımın dönüşüm gerinimi miktarının kristal oryantasyonu bağımlılığını gösteren açıklayıcı bir diyagramdır.

{Şekil 3}

Şekil 3, 450°C 'lik bir ara tavlama sıcaklığında ilgili soğuk tel çekmeden önce bir ara tavlama sıcaklığının bir kombinasyonunun üç kere ve % 47,5, % 46,2 ve % 50,4'lük işleme oranlarında soğuk tel çekmenin üç kere gerçekleştirilmesi vasıtasıyla üretilen 9,75 mm'lik bir tel çapına sahip olan bir telde EBSD vasıtasıyla işleme doğrultusunda (RD) kristal oryantasyonunun ölçülmesine ilişkin sonuçların bir ters kutuplu şeklidir.

{Şekil 4}

Şekil 4, bir işleme işlemi grafiğinin temsili bir örneğini gösterirken Şekil 4(a) $1.0^\circ\text{C/dakikada}$ bir yavaş sıcaklık artışı olan ısıtma işleminin ısıtmasını [Şekil 5-1] gerçekleştirmeye ilişkin mevcut buluşun üretim yönteminin işleme işlemine ilişkin bir örneği gösteren bir grafiktir ve Şekil 4(b) $90^\circ\text{C/dakikada}$ bir hızlı sıcaklık artışı olan ısıtma işleminin ısıtmasını [Şekil 5-1] gerçekleştirmeye ilişkin mevcut buluşun üretim yönteminin işleme işlemine ilişkin bir örneği gösteren bir grafiktir.

{Şekil 5a}

Şekil 5(a) Şekil 4(a)'nın işlemi vasıtasıyla elde edilen süper elastik karakteristikleri olarak kalıntı deformasyonu gösteren bir gerilim şekil değiştirme eğrisidir (S-S eğrisi).

{Şekil 5b}

Şekil 5(b) Şekil 4(b)'nin işlemi vasıtasıyla elde edilen süper elastik karakteristikleri olarak kalıntı deformasyonu gösteren bir gerilim şekil değiştirme eğrisidir (S-S eğrisi).

BULUŞU İCRA ETMEK İÇİN MODLAR

- 5 Mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı doku önceden belirlenen ara tavlama ve soğuk işleme vasıtasıyla entegre edildiğinden ve düşük bir sıcaklık artışı ile su verme sertleşmesinden önce nihai solüsyon haline getirme işlemi için ısıtma gerçekleştirilmesi vasıtasıyla entegre edildiğinden dolayı stabil olarak tatmin edici süper elastiklik sergilemektedir ve Cu-Al-Mn-bazlı alaşım önceden belirlenmiş kristal oryantasyonunu vermektedir.

Mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı özellikle kısıtlanmamaktadır ve bu önceden belirlenen bir şekilde örneğin levha, tel (mevcut buluşta 'tel' terimi çubuğu içermektedir) veya tüp şeklinde elde edilen bir ürün anlamına gelebilmektedir.

15 <Doku kontrolü>

- Mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı süper elastik alaşımı nihai tamamlanmış malzemenin kristal oryantasyonu işleme doğrultusunda elektron geri saçılım kırınımı paternlemesi vasıtasıyla ölçüldüğü zaman bütün kristal tanecikler arasından kristal taneciklerin % 70 veya daha fazlasının mevcut olan kristal oryantasyonunun <001> oryantasyonundan 0° ila 50° ve tercih edilen şekliyle 20° ila 50° aralığında sapma açısına sahip olduğu bir dokuya sahiptir. Daha da tercih edilen şekliyle Cu-Al-Mn-bazlı alaşım bütün kristal tanecikler arasından kristal taneciklerin % 80 veya daha fazlasının ve özellikle tercih edilen şekliyle bütün kristal tanecikler arasından % 90 veya daha fazla kristal taneciğin kristal oryantasyonun <001> oryantasyonundan 20° to 50° aralığında mevcut olan sapma açısına sahip olduğu bir dokuya sahiptir. Bunun nedeni karakteristiklerin ayrıca kristal taneciklerin entegrasyonu vasıtasıyla geliştirilmesidir. Mevcut buluşa göre tatmin edici süper elastik karakteristikler stabil bir şekilde dokunun spesifik entegrasyon durumunda kontrol edilmesi vasıtasıyla elde edilmektedir. Bu durumda dönüşüm gerinimi miktarı % 4 ila % 9 olduğu zaman stabilize şekil hafızası karakteristikleri ve süper elastik karakteristikleri sergilenmektedir. Bu tür bir dokunun kristal oryantasyonlarının dağılımına ilişkin bir örnek Şekil 1(a)'da ters kutuplu şekilde şematik olarak gösterilmektedir. Şekil 1(a)'da gösterildiği üzere <001>

oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 50° olduğu alan şekilde tamamlanmış bölge ve damalı bölgedir ve $\langle 001 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 20° ile 50° olduğu alan diyagramda sadece damalı bölgedir.

Ayrıca bütün kristal tanecikler arasından kristal taneciklerin % 50 veya daha fazlasında kristal oryantasyonunun $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 20° aralığında bulunması tercih edilmektedir. Bütün kristal tanecikler arasından kristal taneciklerin % 70 veya daha fazlasında kristal oryantasyonunun $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 20° aralığında bulunması daha da fazla tercih edilmektedir. Daha da fazla tercih edilen şekliyle alaşım bütün kristal tanecikler arasından kristal taneciklerin % 30 veya daha fazlasında kristal oryantasyonunun $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 10° aralığında bulunduğu, daha da tercih edilen şekliyle bütün kristal tanecikler arasından kristal taneciklerin % 50 veya daha fazlasında kristal oryantasyonunun $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 10° aralığında bulunduğu ve özellikle tercih edilen şekliyle bütün kristal tanecikler arasından kristal taneciklerin % 70 veya daha fazlasında kristal oryantasyonunun $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 10° aralığında bulunduğu bir dokuya sahiptir. Bu durumda dönüşüm gerinimi miktarı % 8 ile % 8'dir ve stabilize şekil hafızası karakteristikleri ve süper elastik karakteristikleri sergilenmektedir. Bu tür bir dokunun kristal oryantasyonlarının dağılımına ilişkin bir örnek Şekil 1(b)'de ters kutuplu şekilde şematik olarak gösterilmektedir.

Şekil 1(c)'nin ters kutuplu şeklinde (kristal oryantasyonu dağılım diyagramı) $\langle 001 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 50° (aslında, 20° ile 50°) olduğu ve $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 20° olduğu ve bu koşulların ikisinin tatmin edildiği (diyagramda çizgili ve damalı bölge) bölge ve $\langle 001 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 50° (aslında, 20° ile 50°) olduğu ve $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısının 0° ile 10° olduğu ve bu koşulların her ikisinin tatmin edildiği (diyagramda sadece damalı bölge) bölge şematik olarak gösterilmektedir.

Mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı yukarıda açıklanan yeniden kristalize hale getirilmiş dokuya sahip olan bir alaşımdır.

Ayrıca mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı esasen bir β tek fazından oluşmaktadır. Burada "esasen bir β tek fazından oluşan" ifadesi β fazından başka bir fazın örneğin

bir α fazının mevcudiyet oranının genel olarak % 10 veya daha az ve tercih edilen şekliyle % 5 veya daha az olduğu anlamına gelmektedir.

Örneğin kütlece Cu- kütlece % 8,1 Al- kütlece % 11,1 Mn'den oluşan bir alaşım 900 °C'de bir β (BCC) tek fazına sahiptir ancak 700 °C veya daha altında bir α (FCC) fazı + bir β fazına sahiptir. Bu iki faz bölgesine neden olan bir sıcaklık aralığında ara tavlama ve % 30 veya daha fazla bir işleme oranında soğuk işleme gerçekleştirildiği zaman yeniden kristalize edilmiş bir doku önceden belirlenmiş bir sıcaklık aralığında tavlamanın bir sonucu olarak kristal oryantasyonlarının belirgin entegrasyonundan geçmektedir. Bu Şekil 2'de gösterilmektedir. Şekiller 2(a) ila 2(c) 900°'de bir ısı

işlemden sonra ve sonraki su verme sertleşmesinden sonra işleme doğrultusunda (RD) kristal oryantasyonunun EBSD vasıtasıyla ölçümünün sonuçlarını göstermektedir. Grafiklerden görülebildiği üzere istenen entegrasyon derecesi 450 °C'lik bir ara tavlama sıcaklığında Şekil 2(a)'da, 550 °C'lik bir ara tavlamadaki Şekil 2(b)'den veya 600 °C'lik bir ara tavlama sıcaklığındaki Şekil 2(c)'den daha yüksektir. Mevcut buluşa göre kristal oryantasyonunun $\langle 001 \rangle$ oryantasyonundan sapma açısı 0° to 50° aralığında ve tercih edilen şekliyle 20° to 50° aralığında olan daha fazla kristal taneciği olması tercih edilmektedir. Ayrıca ara tavlama sıcaklığı bu şekilde daha düşük olduğunda $\langle 111 \rangle$ oryantasyonunun mevcudiyet frekansı düşürülmektedir. Mevcut buluşa göre $\langle 111 \rangle$ oryantasyonunun mevcudiyet frekansının mümkün olduğunda düşük olması tercih edilmektedir.

Mevcut buluşa göre bu $\langle 001 \rangle$ oryantasyonunun ve $\langle 101 \rangle$ oryantasyonunun entegrasyon derecesi SEM-EBSD vasıtasıyla ölçülmektedir. Buna yönelik spesifik bir ölçüm aşağıda açıklanmaktadır.

Aşağıda açıklanacak süper elastik karakteristiklerin değerlendirmesine yönelik bir çekme testinden sonra deney parçası uzunluğunun bir kısmı kesilmektedir ve daha sonra bir elektro iletken reçine ile gömülmektedir ve örnek vibrasyon tipi parlatmaya (cilalamaya) tabi tutulmaktadır. Ölçüm 5 μm 'lik bir tarama adımı koşulları altında yaklaşık 400 μm $\times$ 550 μm 'lik bir büyüklüğe sahip olan bir ölçüm alanında bir EBSD yöntemi vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu ölçüm çekme testi numunesinin deney parçası uzunluğunun neredeyse tüm uzunluğu (25 mm) üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bir OIM yazılımı (ticari isim, TexSEM Laboratories, Inc. tarafından üretilmiştir) kullanılarak ölçüm sonuçlarının tamamından elde edilen kristal oryantasyonu bir ters kutuplu şekil üzerinde grafik haline getirilmektedir. Yukarıda

açıklandığı üzere 0° ila 50° 'lik (tercih edilen şekliyle, 20° ila 50°) $\langle 001 \rangle$ oryantasyonundan bir sapma açısına sahip olan kristal taneciklerin atomik düzleminin alanı ve 0° ila 20° 'lik (tercih edilen şekliyle, 0° ila 10°) $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan bir sapma açısına sahip olan kristal taneciklerin atomik düzleminin alanı sırasıyla
 5 belirlenmektedir ve alanlar toplam ölçülen alana bölünmektedir, bu sayede $\langle 001 \rangle$ oryantasyonundan bir sapma açısının 0° ila 50° (tercih edilen şekliyle, 20° ila 50°) olduğu ve $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan bir sapma açısının 0° ila 20° (tercih edilen şekliyle, 0° ila 10°) olduğu bölgenin oranı elde edilmektedir.

Mevcut buluşun teknik alanı her ne kadar çok sayıda kristal tanecik kristal
 10 oryantasyonlar hizalanmadan rastgele bir şekilde mevcut olsa da eğer bir bambu dokusu var ise çeşitli oryantasyonların dönüşüm geriniminin miktarının ortalama gerinimi süper elastiklik olarak elde edilebilmektedir. Bu durumda sonuç olarak ortalama gerinim yaklaşık olarak mevcut buluşta açıklanan önceden belirlenmiş dokudaki $\langle 101 \rangle$ 'in dönüşüm gerinimininkiyle yaklaşık olarak aynı olabilmektedir.
 15 Örneğin eğer sadece çeşitli kristal taneciklerin rastgele bir şekilde mevcut olduğu bir durum var ise ortalama olarak % 10'a yakın süper elastik gerinim sağlanabilmektedir ve ayrıca bu süper elastik gerinimin yaklaşık % 3 olduğu durumlar olabilmektedir.

Dolayısıyla mevcut buluştaki önceden belirlenen bir doku kullanılmasına ilişkin teknik önem bu süper elastik özelliklerini sergilemek için eşitsizliği engellemektir. Yani mevcut
 20 buluşa göre önceden belirlenen bir doku oluşturulduğu zaman süper elastik karakteristikleri veya buna karşılık gelen gerinim stresi stabil şekilde elde edilebilmektedir. Bu geleneksel araçlarla tahmin edilemezdir.

(Kristal oryantasyonunun mevcudiyet frekansını ölçme yöntemi)

25 Mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı esasen bir tek β fazından oluşmaktadır ve tek β fazının kristal oryantasyonunun işleme doğrultusunda aynı hizada olduğu bir yeniden kristalize edilmiş dokuya sahiptir. Ancak bu kristal yapının elektron geri saçılım kırınım paternlemesi vasıtasıyla ölçülen bir kristal oryantasyonunun mevcudiyet frekansı (hizalanan kristal oryantasyonunun durumunu gösteren bir değer) $f(g)$ ile
 30 gösterilmektedir; mevcudiyet frekansı aşağıdaki formül vasıtasıyla belirlenebilmektedir:

$$f(g) \cdot V = dV/dg$$

burada V kristal taneciklerin tamamının hacmini temsil etmektedir; g kristal oryantasyonunu temsil etmektedir ve dV/dg kristal oryantasyonunda (g) bir mikro-oryantasyon alanına (dg) dahil olan kristal taneciklerin hacmini temsil etmektedir.

- 5 İşleme doğrultusundaki $\langle 101 \rangle$ doğrultusunun kristal oryantasyonunun mevcudiyet frekansı yukarıda açıklandığı şekilde belirlenebilmektedir. Burada örneğin $\langle 101 \rangle$ kristalin oryantasyonunun işleme doğrultusundaki mevcudiyet frekansı işleme doğrultusunda kesinlikle kristal oryantasyonu olmadığı bir durumda “0” olarak; kristal oryantasyonunun tamamen rastgele olduğu bir durumda “1” olarak ve kristal
- 10 oryantasyonunun işleme doğrultusunda mükemmel şekilde hizalandığı bir durum “ ∞ ” olarak gösterilebilmektedir. $\langle 001 \rangle$ kristalin oryantasyonuna yönelik mevcudiyet frekansı ayrıca aynı şekilde belirlenebilmektedir. Bu şekilde $\langle 101 \rangle$ oryantasyonunun mevcudiyet frekansı ve $\langle 001 \rangle$ oryantasyonunun mevcudiyet frekansı aşağıda verilen Örneklerin ve Karşılaştırmalı Örneklerin çeşitli örnekleri için belirlenmiştir.

15

(Kristal oryantasyonunun entegrasyonu ile ilişkili olarak)

$\langle 101 \rangle$ ve $\langle 001 \rangle$ kristal oryantasyonunun ve benzerinin işleme doğrultusundaki mevcudiyet frekansları arasındaki ilişki ve süper elastik karakteristikleri aşağıda açıklandığı gibi değerlendirilebilmektedir.

- 20 İşleme doğrultusunda $\langle 101 \rangle$ kristal oryantasyonunun mevcudiyet frekansının değeri arttıkça kristal oryantasyonları belirli bir doğrultuda hizalanmaktadır; bu yüzden süper elastik karakteristiklerini geliştirmek için tercih edilmektedir. Diğer taraftan eğer kristalin oryantasyonunun $\langle 101 \rangle$ doğrultusunda işleme doğrultusundaki mevcudiyet frekansı çok küçük ise mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı süper elastik karakteristikleri
- 25 açısından bozulmaktadır. Dolayısıyla $\langle 001 \rangle$ doğrultusundaki kristalin oryantasyonunun mevcudiyet frekansı mümkün olduğunda küçük olduğundan süper elastik karakteristiklerinin gelişmesi daha fazla tercih edilmektedir. Elbette aynı eğilim şekil hafızası karakteristiklerine yönelik de gözlemlenmektedir.

- Çeşitli oryantasyonlarla ilişkili olarak $\langle 101 \rangle$ ve $\langle 011 \rangle$ $\langle 110 \rangle$ 'a eşittir ve $\langle 001 \rangle$ ve
- 30 $\langle 010 \rangle$ $\langle 100 \rangle$ 'e eşittir.

<Cu-Al-Mn-bazlı süper elastik alaşımı üretme yöntemi>

Mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı süper elastik bakır bazı alaşımı ile ilişkili olarak stabil olarak yukarıda açıklandığı gibi tatmin edici süper elastik karakteristikleri sergileyen bir süper elastik alaşım elde etmek için üretim koşulları ile bağlantılı şekilde aşağıda açıklanan gibi bir üretim işleminden bahsedilebilmektedir. Ayrıca üretim işlemine ilişkin tercih edilen bir örnek Şekil 4(a)'da gösterilmektedir.

Tüm üretim işlemi, özellikle ara tavlama sıcaklığı 400 °C ila 600 °C'lik aralığa ayarlandığı zaman ve soğuk haddeleme oranı veya soğuk tel çekmenin işleme oranı % 30 veya daha fazlasına ayarlandığı zaman tatmin edici süper elastik karakteristikler sergileyen bir Cu-Al-Mn-bazlı alaşım elde edilmektedir. Buna ek olarak ısıtma için önceden belirlenmiş bir yavaş hıza sıcaklık artış hızının kontrol edilmesi tercih edilmektedir. Burada ısıtma ilk önce sıcaklığın oda sıcaklığına artırılması ve daha sonra hızlı bir şekilde soğutulması vasıtasıyla erişilen bir solüsyon haline getirme işlemi gerçekleştirilmesini içermektedir. Burada ısıtma için sıcaklık artış hızını yavaşlatmak tercih edilmektedir (mevcut açıklamada bu yavaş sıcaklık artışı olarak belirtilmektedir). Yavaş sıcaklık artışı zamanında sıcaklık artış hızı tercih edilen şekliyle 20 °C/dak veya daha az, daha da tercih edilen şekliyle 5 °C/dak veya daha az, daha da tercih edilen şekliyle 0.2°/dak ila 3.3 °C/dak ve özellikle tercih edilen şekliyle 1 °C/dak ila 3.3 °C/dak'dır. Ayrıca ısıtma ile ilişkili olarak ısıtmadan sonra solüsyon haline getirme için soğutma hızlı soğutma (su verme sertleşmesi olarak adlandırılmaktadır) vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu hızlı soğutma örneğin ısıtmaya tabi tutulmuş mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı alaşımının soğutma suyuna dahil edilmesi ile suda soğutma vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir.

Tercih edilen şekliyle aşağıdakiler gibi bir üretim işleminden bahsedilebilmektedir.

Eritme ve dökme [Adım 1] ve sıcak haddelemeye ve sıcak dövmeyle ilişkin sıcak işlemeden [Adım 2] sonra, 1 dakika ila 120 dakika boyunca 400 °C to 600 °C'lik ara tavlama [Adım 3] ve daha sonra % 30 veya daha fazla bir işleme oranında soğuk haddeleme veya soğuk tel çekme adımı [Adım 4] gerçekleştirilmektedir. Burada ara tavlama [Adım 3] ve soğuk haddeleme veya soğuk tel çekme [Adım 4] bu sırada bir kere gerçekleştirilebilmektedir veya tekrar tekrar bu sırada iki veya daha fazla gerçekleştirilebilmektedir. Daha sonra ısıtma [Adım 5] gerçekleştirilmektedir.

Isıtma [Adım 5] şu adımları içermektedir: oda sıcaklığından genel olarak 20 °C/dak veya daha az bir sıcaklık artışı, tercih edilen şekliyle 5 °C/dak veya daha az, daha da tercih edilen şekliyle 0,2 °C/dak ila 3,3 °C/dak arasında ve özellikle 1 °C/dak ila 3,3 °C/dak bir sıcaklık artışı hızındaki ısıtma sıcaklığına ısıtma [Adım 5-1], 5 dakika ila 120 dakika boyunca ısıtma sıcaklığında korunma ve ısıtma sıcaklığının 700 °C ila 950 °C'lik (tercih edilen şekliyle, 800 °C ila 900 °C) β tek fazın sıcaklık aralığına ayarlanması ve daha sonra örneğin suyla soğutma gibi hızlı soğutma [Adım 5-2].

Isıtmadan [Adım 5] sona 5 ila 60 dakika boyunca 80 °C to 250 °C'de yaşlandırma ısıtması [Adım 6] gerçekleştirilmesi tercih edilmektedir. Eğer yaşlandırma sıcaklığı çok düşük ise β fazı stabil olmaz ve eğer alaşım oda sıcaklığında beklemeye bırakılırsa martensit dönüşüm sıcaklığı değişebilmektedir. Diğer taraftan eğer yaşlandırma sıcaklığı 250 °C'den daha fazla ise bir α fazının çökmesi meydana gelmektedir ve şekil hafızası karakteristikleri veya süper elastiklik dikkat çekici biçimde daha düşük olma eğilimindedir.

Kristal oryantasyonları daha da tercih edilen şekliyle ara tavlamanın [Adım 3] ve soğuk haddelemenin veya soğuk tel çekmenin [Adım 4] tekrar tekrar gerçekleştirilmesi vasıtasıyla entegre edilebilmektedir. Ara tavlamanın [Adım 3] ve soğuk haddeleme veya soğuk tel çekmenin [Adım 4] tekrar sayısı tercih edilen şekliyle 2 veya daha fazla kere ve daha da tercih edilen şekliyle 3 veya daha fazla keredir. Bu tekrar sayılarının üst sınırı ile ilgili özel kısıtlamalar yoktur ancak tekrar sayısı genel olarak 10 kere veya daha az ve tercih edilen şekliyle 7 kere veya daha azdır. Bunun nedeni ara tavlamanın [Adım3] ve işlemenin [Adım 4] tekrar sayısı daha büyük oldukça <101> oryantasyonuna doğru entegrasyon derecesinin artması ve karakteristiklerin gelişmesidir.

Adımlara yönelik tercih edilen koşullar aşağıdaki gibidir.

Ara tavlama [Adım 3] 1 dakika ila 120 dakika boyunca 400° ila 600 °C'de gerçekleştirilmektedir. Ara tavlama sıcaklığının bu aralık içindeki en düşük sıcaklığa ayarlanması tercih edilmektedir ve ara tavlama sıcaklığı tercih edilen şekliyle 450 °C ila 550 °C'ye ve özellikle tercih edilen şekliyle 450 °C ila 500 °C'ye ayarlanmaktadır.

Tavlama süresi tercih edilen şekliyle 1 dakika ila 120 dakikadır ve örnek büyüklüğünün etkisi değerlendirilse bile 120 dakikalık bir tavlama süresi ϕ 20 mm'lik çapa sahip bir yuvarlak çubuk için yeterlidir.

Soğuk çekme veya soğuk tel çekme [Adım 4] için adımın % 30 veya daha yüksek bir işlenebilirlik oranında gerçekleştirmek tercih edilmektedir.

İşleme oranı tercih edilen şekliyle % 40 veya daha fazla, daha da tercih edilen şekliyle % 45 ila % 75 ve özellikle tercih edilen şekliyle % 45 ila % 60'tır. Burada çalışma oranı

5 aşağıdaki formül vasıtasıyla belirlenen bir değerdir:

$$\text{Çalışma oranı (\%)} = \{(A_1 - A_2) / A_1\} \times 100$$

burada A_1 soğuk haddeleme veya soğuk tel çekmeden önce elde edilen enine kesit alanını (mm^2) temsil etmektedir ve A_2 soğuk haddeleme veya soğuk tel çekmeden sonra elde edilen enine kesit alanını (mm^2) temsil etmektedir.

- 10 Isıtma adımı [Adım 5] ile ilgili olarak ısıtma [Adım 5-1] vasıtasıyla gerçekleştirildiği zaman β tek fazlı sıcaklık aralığına örn, 700 °C ila 950 °C kadar sıcaklık artış hızı genel olarak 20 °C/dak veya daha az, tercih edilen şekliyle 20 °C/dak veya daha az, daha da tercih edilen şekliyle 0,5 °C/dak ila 3,3 °C/dak ve özellikle tercih edilen şekliyle 1 °C/dak ila 3,3 °C/dak olmaktadır. Isıtmada [Adım 5-1] sıcaklık artış hızı yukarıda açıklandığı
- 15 üzere düşük hıza ayarlandığı zaman (düşük sıcaklık artışı) kristal oryantasyonundaki değişimler engellenebilmektedir.

Hızlı soğutma [Adım 5-2] zamanında soğutma hızı genel olarak 30 °C/saniye veya daha fazlaya, tercih edilen şekliyle 100 °C/saniye veya daha fazlaya ve daha da tercih edilen şekliyle 1,000 °C/saniye veya daha fazlaya ayarlanmaktadır.

- 20 Genel olarak 300 °C'nin altında ve tercih edilen şekliyle 80 °C to 250 °C'lik bir sıcaklıkta 5 ila 60 dakika boyunca nihai opsiyonel yaşlandırma ısıtması [Adım 6] gerçekleştirmesi tercih edilmektedir.

<Cu-Al-Mn-bazlı süper elastik alaşımın bileşimi>

- 25 Mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı yüksek bir sıcaklıkta bir β tek fazına ve bir düşük sıcaklıkta $\beta + \alpha$ 'lık bir iki fazlı dokuya sahip olan bir bakır alaşımından oluşmaktadır ve en azından Al ve Mn içermektedir. Mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı kütlece % 3 ila % 10 Al ve kütlece % 5 ila % 20 Mn içeren bir bileşime sahip olup, burada denge Cu ve kaçınılmaz katışkılar olmaktadır. Eğer Al elementinin içeriği
- 30 çok küçük ise β tek fazı oluşmayabilmektedir ve eğer içerik çok fazla ise alaşım çok gevrek hale gelmektedir. Al elementini içeriği Mn elementinin içeriğine bağlı olarak

değişiklik gösterebilmektedir ancak tercih edilen bir Al elementi içeriği kütlece % 7 ila % 9'dur. Alaşım Mn elementini içerdiği zaman β fazının mevcudiyet aralığı daha düşük bir Al içeriği tarafına uzanmaktadır ve soğuk işlenebilirlik büyük ölçüde geliştirilmektedir. Dolayısıyla işleme yapılmasını daha kolay hale getirmektedir. Eğer

5 Mn elementinin ekleme miktarı çok küçük ise tatmin edici işlenebilirlik elde edilmemektedir ve bir β tek fazı bölgesi oluşmamaktadır. Ayrıca Mn elementinin eklenme miktarı çok fazla ise yeterli şekil geri kazanım karakteristikleri elde edilmemektedir. Mn'nin tercih edilen bir içeriği kütlece % 8 ila % 13'tür. Yukarıda açıklanan bileşime sahip olan Cu-Al-Mn alaşımı yüksek sıcak işlenebilirliğe ve soğuk

10 işlenebilirliğe sahiptir ve % 20 ila % 90 oranında bir işleme veya daha yüksek soğuk işleme elde edilmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla alaşım levhalar ve teller (çubuklar) aynı zamanda ince teller, alaşımlar, borular ve üretmesi geleneksel olarak zor olmuş olan benzerlerine şekillendirilme vasıtasıyla kolay bir şekilde işlenebilmektedir.

Yukarıda açıklanan esas alaşım oluşturan elementlere ek olarak mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı ayrıca Co, Fe, Ti, V, Cr, Si, Nb, Mo, W, Sn, Mg, P, Be, Sb, Cd, As, Zr, Zn, B, C, Ag ve çakmak taşı alaşımından oluşan gruptan seçilen en az birini içerebilmektedir. Bu elementler kristal tanecikleri daha ince yaparken soğuk işlenebilirliği korumakta ve dolayısıyla Cu-Al-Mn-bazlı alaşımının fiziksel direncini arttırmaya ilişkin bir etki sergilemektedir. Bu elementlerin toplamda içeriği tercih edilen

20 şekliyle kütlece % 0,001 ila % 10 ve özellikle tercih edilen şekliyle kütlece % 0,001 ila % 5'tir. Eğer bu elementlerin içeriği çok fazla ise martensit dönüşüm sıcaklığı düşürülmektedir ve β tek fazı dokusu stabil olmayan bir hale gelmektedir. Bu opsiyonel alaşım oluşturan elementlere ilişkin olarak örneğin kristal taneciklerini daha ince yapma, bakır alaşımlarını güçlendirme amaçları doğrultusunda genel olarak bakır bazlı

25 alaşımlarda kullanılan yukarıda bahsedilen elementlerden faydalanılabilmektedir.

Fe ve Sn matris mikro yapısının güçlendirilmesi için etkili olan elementlerdir. Fe'nin tercih edilen bir içeriği kütlece % 0,001 ila % 3'tür. Sn'nin tercih edilen bir içeriği kütlece % 0,001 ila % 1'dir.

Ti inhibitör elementler olan N ve O'ye bağlanmakta ve oksinitrik oluşturmaktadır. Ayrıca

30 Ti B ile kombinasyon haline eklendiği zaman borid oluşturmaktadır, kristal taneciklerini daha ince yapmaktadır ve direnci arttırmaktadır. Ti'nin tercih edilen bir içeriği kütlece % 0,001 ila % 2'dir.

V, Nb, Mo ve Zr sertliği arttırmaya ilişkin bir etkiye sahiptir ve aşınma direncini arttırmaktadır. Ayrıca bu elementler baz içinde zor bir şekilde katı çözünür olduğundan dolayı elementler bir β fazı (bcc kristalleri) olarak çökelmektedir ve kristal tanecikleri daha ince yapmakta etkilidir. Tercih edilen V, Nb, Mo ve Zr içerikleri sırasıyla kütlece % 0,001 ila % 1'dir.

Cr aşınma direnci ve korozyon direncini korumakta etkili bir elementtir. Cr'nin tercih edilen bir içeriği kütlece % 0,001 ila % 2'dir. Si korozyon direncini geliştirmeye ilişkin bir etkiye sahiptir. Si'nin tercih edilen bir içeriği kütlece % 0,001 ila % 2'dir. W baz içinde zor katı çözünmektedir ve dolayısıyla çökelmeyi güçlendirmeye ilişkin bir etkiye sahiptir. W'nin tercih edilen bir içeriği kütlece % 0,001 ila % 1'dir.

Mg, inhibitör elementler olan N ve O'yu elimine etmektedir, sülfid olarak bir inhibitör element olan S'yi onarmaktadır ve sıcak işlenebilirliği veya sağlamlığı arttırmaya ilişkin bir etkiye sahiptir. Büyük bir miktarda Mg eklenmesi tanecik sınır ayırımına sebep olmaktadır ve gevrekleşmeye neden olmaktadır. Mg'nin tercih edilen bir içeriği kütlece % 0,001 ila % 0,5'tir.

P bir asit giderici ajan olarak işlev görmektedir ve sağlamlığı arttırmaya ilişkin bir etkiye sahiptir. P'nin tercih edilen bir içeriği kütlece % 0,01 ila % 0,5'tir. Be, Sb, Cd ve As matris mikro yapısını güçlendirmeye ilişkin bir etkiye sahiptir. Tercih edilen Be, Sb, Cd ve As içerikleri sırasıyla kütlece % 0,001 ila % 1'dir.

Zn şekil hafızası işleme sıcaklığını arttırmaya ilişkin bir etkiye sahiptir. Zn'nin tercih edilen bir içeriği kütlece % 0,001 ila % 5'tir. B ve C kristal dokusunu daha ince yapmaya ilişkin bir etkiye sahiptir. Özellikle Ti ve Zr'nin kombine eklenmesi tercih edilmektedir. Tercih edilen B ve C içerikleri sırasıyla kütlece % 0,001 ila % 5'tir.

Ag'nin soğuk işlenebilirliği arttırmaya ilişkin bir etkisi vardır. Ag'nin tercih edilen bir içeriği kütlece % 0,001 ila % 2'dir. Çakmak taşı alaşımının kristal taneciklerini daha ince yapmaya ilişkin bir etkisi vardır. Çakmak taşı alaşımının tercih edilen bir içeriği kütlece % 0,001 ila % 5'tir.

Mevcut buluşun süper elastik Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı tercih edilen şekliyle kütlece % 1 veya daha az ve daha da tercih edilen şekliyle kütlece % 0,15 veya daha az bir Ni içeriğine sahiptir ve alaşımın Ni içermemesi özellikle tercih edilmektedir. Bunun nedeni eğer alaşım büyük bir miktarda Ni içerirse doku kontrolü kolay olmaktadır ancak önceden açıklanan su verme sertleşmesi özelliği bozulmaktadır.

<Fiziksel özellik>

Mevcut buluşun süper elastik Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı aşağıdaki fiziksel özelliklere sahiptir.

5 Süper elastik karakteristiklerle ilişkili olarak % 6 deformasyondan sonra kalıntı deformasyon genel olarak % 1,0 veya daha az, tercih edilen şekliyle % 0,5 veya daha az ve daha da tercih edilen şekliyle % 0,2 veya daha azdır.

Uzama (kopma uzaması) genel olarak % 6 veya daha fazla, tercih edilen şekliyle % 8 veya daha fazla ve daha da tercih edilen şekliyle % 10 veya daha fazladır.

10 Ayrıca süper elastik karakteristikleri olarak kalıntı deformasyon ve uzama numuneler aynı alaşımdan herhangi bir alanda kesilip analiz edilse bile performansta eşitsizliğe sahip değildir. Burada “eşitsizliğe sahip olma” ifadesi kalıntı deformasyon ve uzama ile ilişkili olarak örneğin yirmi numune aynı alaşımdan kesilip analiz edildiği zaman bir veya daha fazla numunenin % 1,0'dan daha fazla bir kalıntı deformasyona sahip olduğu ve % 6'dan az bir uzama değerine sahip olduğu anlamına gelmektedir.

15 Mevcut buluşun Cu-Al-Mn-bazlı alaşımının şekli üzerinde herhangi bir özel kısıtlama yoktur ve örneğin bir levha ve bir tel (çubuk) gibi çeşitli şekiller uygulanabilmektedir. Ayrıca bunların büyüklükleri üzerinde özel kısıtlamalar yoktur ve örneğin bir levha durumunda 0,1 mm ila 15 mm'lik bir kalınlığa sahip olan bir büyüklük kullanılabilirken kullanıma bağlı olarak bir tel durumunda 0,1 mm ila 50 mm'lik bir çapı olan bir büyüklük
20 veya 8 mm ila 16 mm'lik bir çapı olan bir büyüklük kullanılabilir.

ÖRNEKLER

Mevcut buluş aşağıda verilen örneklerle bağlı olarak daha detaylı şekilde açıklanacaktır ancak buluşun bunlarla kısıtlanması amaçlanmamaktadır.

25

Örnek 1

Levhalara ilişkin örnekler (numuneler) aşağıdaki koşullar altında üretilmiştir.

Tablo 1-1 ve Tablo 1-2'de belirtilen bileşimleri veren bakır alaşımları olarak, saf bakır, saf Mn ve saf Al yüksek frekanslı indüksiyonlu eritmeye tabi tutulmuştur. Bu şekilde
30 eritilen bakır alaşımları 80 mm'lik bir harici çapa x 300 mm'lik bir uzunluğa sahip olan

külçeler elde etmek için soğutulmuştur. Bu şekilde elde edilen külçeler 800 °C’de sıcak haddelenmiştir ve daha sonra Tablo 2-1 ile Tablo 2-4’te belirtilen küçük kalınlıklara sahip olan levhalar Tablo 2-1 ile Tablo 2-4’te belirtilen koşullar altında ara tavlama ve bir kere veya tekrar tekrar birkaç kere soğuk haddeleme gerçekleştirilmesi vasıtasıyla, 5 sırasıyla mevcut buluşa göre Örneklerdeki Şekil 4(a)’da gösterilen işleme işlemine göre ve Karşılaştırmalı Örneklerde Şekil 4(b)’de gösterilen işleme işleminin gerçekleştirilmesi vasıtasıyla üretilmiştir. Şekil 4(a) ve Şekil 4(b) temsili örneklerin ilgili işlemlerini gösteren grafiklerdir ve ara tavlamanın sıcaklığı ve zaman periyodu, soğuk işleminin işleme oranı, soğuk işlemeden önceki ve sonraki tel çapları veya levha 10 kalınlıkları ve ara tavlama ve soğuk çekmenin tekrar sayısı Tablo 2-1 ile Tablo 2-4’te belirtildiği şekilde değişiklik göstermiştir. Tablo 2-1 ile Tablo 2-4’te her bir adımın soğuk haddelemeye yönelik işleme oranı “soğuk işleme oranı (%)” kolonunda sol taraftan sağ tarafa doğru sıra ile belirtilmektedir. Örneğin birinci adımın işleme oranı → ikinci adımın işleme oranı → üçüncü adımın işleme oranı →... Ayrıca bu ara tavlama ve soğuk 15 haddelemenin tekrar sayısı “soğuk işleme döngülerinin (turlarının) sayısı” olarak belirtilmektedir. Uzunlukça 150 mm’lik x genişlikçe 20 mm’lik bir büyüklüğe sahip olan küçük numuneler bu şekilde elde edilen ince tabakların her birinden haddeleme doğrultusuna paralel şekilde kesilmiştir ve küçük numuneler mevcut buluşa göre Örneklerde Şekil 4(a)’da gösterilen işleme işlemine göre bir ısıtma işleme ve 20 Karşılaştırmalı Örneklerde Şekil 4(b)’de gösterilen işleme işlemine ve daha sonra su ile soğutma vasıtasıyla hızlı soğutmaya tabi tutulmuştur. Dolayısıyla bir β (BCC) tek fazlı bir örnek elde edilmiştir. İlgili örnekler gerektiği şekilde 15 dakika boyunca 200 °C’de bir yaşlandırma ısıtmasına tabii tutulmuştur.

Yapı gözlemi için bir optik mikroskop kullanılmıştır ve EBSD bir kristal oryantasyonu 25 analizi için kullanılmıştır. Süper elastik karakteristiklerin değerlendirmesi bir gerilim şekilde değiştirme eğrisi (S-S eğrisi) belirlenmesi vasıtasıyla, buraya uygulanan gerilimin belirlenmesi ve bir çekme testi aracılığıyla eliminasyon vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir ve dolayısıyla kalıntı deformasyon ve uzama belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Çekme testi bir numuneden yirmi test parçasının kesilmesi (N = 20) 30 vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki test sonuçları kalıntı deformasyon için yirmi değer arasından maksimum değeri ve uzama için yirmi değer arasından minimum değeri içermektedir. Bunun nedeni karakteristiklerin sergilenmesinde eşitsizlik olup

olmadığını değerlendirmeyi amaçlamaktadır ve tatmin edici karakteristikler stabil bir şekilde tam ve homojen olarak elde edilmektedir.

Testler ve değerlendirmelere yönelik yöntemler aşağıda detaylı şekilde açıklanmaktadır.

5

a. Yeniden kristalize edilmiş doku oryantasyonu

Bir çekme testinden sonra aşağıda açıklanacak süper elastik karakteristiklerin değerlendirmesine yönelik yapılmıştır. Deney parçası uzunluğunun bir kısmı kesilmiş ve daha sonra bir elektro iletken reçineye gömülmüştür ve örnek titreşim tipi parlatmaya (cilalamaya) tabi tutulmuştur. Ölçüm 5 μ m'lik bir tarama adımı koşulları altında yaklaşık 400 μ m $\times$ 550 μ m'lik bir büyüklüğe sahip olan bir ölçüm alanında bir EBSD yöntemi vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu ölçüm çekme testi numunesinin deney parçası uzunluğunun neredeyse tüm uzunluğu (25 mm) üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bir OIM yazılımı (ticari isim, TexSEM Laboratories, Inc. tarafından üretilmiştir) kullanılarak ölçüm sonuçlarının tamamından elde edilen kristal oryantasyonu bir ters kutuplu şekil üzerinde grafik haline getirilmiştir. Yukarıda açıklandığı üzere 0° ila 50° aralığında ve 20° ila 50° aralığında <001> oryantasyonundan sapma açılarına sahip olan kristal taneciklerinin atomik düzlemlerinin alanları ve 0° ila 20° aralığında ve 0° ila 10° aralığında <101> oryantasyonundan sapma açılarına sahip olan kristal taneciklerinin atomik düzlemlerinin alanları sırasıyla belirlenmiş ve alanlar toplam ölçülen alana bölünmüştür. Bu sayede <001> oryantasyonundan sapma açılarının 0° ila 50° aralığında ve 20° ila 50° aralığında olduğu bölgenin oranı ve <101> oryantasyonundan sapma açılarının 0° ila 20° aralığında ve 0° ila 10° aralığında olduğu bölgenin oranı elde edilmiştir. Tablolarda bunlar basitçe “yeniden kristalize edilmiş doku oryantasyonu” olarak belirtilmektedir.

<001> oryantasyonundan sapma açısı ile ilgili olarak 0° ila 50°'lik bu <001> oryantasyonundan bir sapma açısına sahip ola bir bölgenin oranının (a) % 70 veya daha fazla olduğu durum tatmin edici olarak değerlendirilmiş ve “B” olarak sınıflandırılmıştır ve oranın % 70'ten az olduğu durum kabul edilemez olarak değerlendirilmiş ve “D” olarak belirtilmiştir.

30

<001> oryantasyonundan sapma açısı ile ilgili olarak 20° ila 50° 'lik bu <001 > oryantasyondan bir sapma açısına sahip olan bir bölgenin oranının (b) % 90 veya daha fazla olduğu durum mükemmel olarak değerlendirilmiş ve "A" olarak sınıflandırılmıştır; oranın % 80 veya daha fazla olduğu ancak % 90'dan az olduğu oran tatmin edici olarak değerlendirilmiş ve "B" olarak belirtilmiştir; oranın % 70 veya daha fazla ancak % 80'den az olduğu durum kabul edilebilir olarak değerlendirilmiş ve "C" olarak belirtilmiştir ve oranın % 70'den az olduğu durum kabul edilemez olarak değerlendirilmiş ve "D" olarak sınıflandırılmıştır.

Ayrıca <101> oryantasyonundan sapma açısı ile ilgili olarak 0° ila 20° 'lik bu <101 > oryantasyondan bir sapma açısına sahip olan bir bölgenin oranının (c) % 70 veya daha fazla olduğu durum tatmin edici olarak değerlendirilmiş ve "B" olarak sınıflandırılmıştır; oranın % 50 veya daha fazla olduğu ancak % 70'den az olduğu oran kabul edilebilir olarak değerlendirilmiş ve "C" olarak belirtilmiştir; oranın % 50 veya daha az olduğu durum kabul edilemez olarak değerlendirilmiş ve "D" olarak sınıflandırılmıştır.

Ayrıca 0° ila 10° 'lik <101 > oryantasyonundan bir sapma açısına sahip olan bir bölgenin oranının (d) % 70 veya daha fazla olduğu durum mükemmel olarak değerlendirilmiş ve "A" olarak sınıflandırılmıştır; oranın % 50 veya daha fazla olduğu ancak % 70'den az olduğu oran tatmin edici olarak değerlendirilmiş ve "B" olarak belirtilmiştir; oranın % 30 veya daha fazla ancak % 50'den az olduğu durum kabul edilebilir olarak değerlendirilmiş ve "C" olarak belirtilmiştir ve oranın % 30'dan az olduğu durum kabul edilemez olarak değerlendirilmiş ve "D" olarak sınıflandırılmıştır.

Aşağıda açıklanan Örnek 12'nin teli ile ilişkili olarak EBSD vasıtasıyla işleme doğrultusunda (RD) kristal oryantasyonunun ölçüm sonuçları Şekil 3'te sunulmaktadır. Şekil 3'ün ters kutuplu şeklinden görülebildiği üzere bu mevcut buluşta tanımlanan özellikle tercih edilen dokuya sahiptir.

Bunun dışında Örneklerin ve Karşılaştırmalı Örneklerin numuneleri için <101> oryantasyonunun mevcudiyet frekansı ve <001> oryantasyonunun mevcudiyet frekansı yukarıda açıklananla aynı şekilde EBSD vasıtasıyla ölçülmüştür.

b. Süper elastik karakteristikleri [% 6 deformasyondan sonra kalıntı gerinim (%)]

Bir gerilme şekil değiştirme eğrisi (S-S eğrisi) bir çekme testi gerçekleştirilerek belirlenmiştir ve kalıntı gerinim belirlenmiş ve değerlendirilmiştir.

Her biri 150 mm'lik bir uzunluğa sahip olan yirmi test parçası örneklerin her birinden kesilmiş ve teste tabi tutulmuştur. % 6 deformasyon sonrası kalıntı deformasyon gerilme stres değiştirme eğrisinden (S-S eğrisi) belirlenmiştir ve değerler tablolarda sunulmaktadır.

Test koşulları ile ilişkili olarak geçici olarak her bir adımda % 1 ila % 8 şekil değiştirme miktarı % 1 arttırırken 25 mm'lik bir deney parçasının uzunluğu üzerinden farklı seviyelerde önceden belirlenmiş şekilde değiştirmelerin tekrar tekrar yüklenmesi vasıtasıyla eliminasyon ve alternatif olarak tekrar eden şekil değiştirme yüklemeye ilişkin çekme test % 2/dakikalık bir test uzunluğunda gerçekleştirmektedir. Burada kullanılan şekil değiştirme yükleme döngüsü aşağıdaki gibidir: 0 MPa (sıfır yükte şekil değiştirme) → 1% → 0 MPa → % 2 → 0 MPa → % 3 → 0 MPa → % 4 → 0 MPa → % 5 → 0 MPa → 6% → 0 MPa → % 7 → 0 MPa → % 8 → 0 MPa.

Kalıntı deformasyonun % 0,2 veya daha az olduğu durum mükemmel süper elastik karakteristiklere sahip olarak değerlendirilmiş ve "A" olarak sınıflandırılmıştır; kalıntı deformasyonun % 0,2'den daha fazla ancak % 0,5'ten fazla olmadığı durum tatmin edici süper elastik karakteristiklere sahip olarak değerlendirilmiş ve "B" olarak sınıflandırılmıştır; kalıntı deformasyonun % 0,5'ten daha fazla ancak % 1,0'dan fazla olmadığı durum kabul edilebilir süper elastik karakteristiklere sahip olarak değerlendirilmiş ve "C" olarak sınıflandırılmıştır; kalıntı deformasyonun % 1,0'dan daha fazla olduğu durum kabul edilemez süper elastik karakteristiklere sahip olarak değerlendirilmiş ve "D" olarak sınıflandırılmıştır.

Örnek kalıntı deformasyonlar için gerilim şekil değiştirme eğrisi (S-S eğrisi) Şekil 5'te sunulmaktadır. Şekil 5(a) 450 °C'lik bir ara tavlama sıcaklığında işleme işleminin üç kere tekrar edilmesi vasıtasıyla elde edilen bir tel (Örnek 12) olan bir Örneği göstermektedir ve Şekil 5(b) 450 °C'lik bir ara tavlama sıcaklığında işleme işleminin iki kere tekrar edilmesi vasıtasıyla elde edilen bir tel (Karşılaştırmalı Örnek tabloda gösterilmemektedir) olan bir Karşılaştırmalı Örneği göstermektedir.

c. Uzama (El) (%)

Kopma uzaması JIS H7103'te tanımlanan yöntemle göre ölçülmüştür.

Uzamanın % 10 veya daha fazla olduğu durum mükemmel olarak değerlendirilmiş ve "A" olarak belirtilmiştir; uzamanın % 8 veya daha fazla ancak % 10'dan daha az olduğu durum tatmin edici olarak değerlendirilmiş ve "B" olarak belirtilmiştir; uzamanın % 6 veya daha fazla ancak % 8'den az olduğu durum kabul edilebilir olarak değerlendirilmiş ve "C" olarak belirtilmiştir ve uzamanın % 6'dan az olduğu durum zayıf olarak değerlendirilmiş ve "D" olarak belirtilmiştir

10 d. Su verme sertleşmesi hassasiyeti

Su verme sertleşmesi duyarlılığı için bir örnek bir ısıtmadan sonra 300 °C/saniyelik bir soğutma hızında soğutulduğu zaman elde edilen bir α fazının çökeltme miktarı SEM görüntülerinin bir görüntü analizine dayanan hacim oranı olarak belirlenmiştir.

α fazının hacim oranının % 10'dan az olduğu durum su verme sertleşmesi duyarlılığında mükemmel olarak değerlendirilmiş ve "B" olarak sınıflandırılmıştır ve hacim oranının % 10 veya daha fazla olduğu durum su verme sertleşmesi duyarlılığında zayıf olarak değerlendirilmiş ve "D" olarak sınıflandırılmıştır.

Örnek 2

20 Bir telin (çubuğun) bir örneği (numunesi) aşağıdaki koşullar altında üretilmiştir.

Tablo 1-1 ve Tablo 1-2'de belirtilen bileşimleri veren bakır alaşımları olarak, saf bakır, saf Mn ve saf Al yüksek frekanslı indüksiyonlu eritmeye tabi tutulmuştur. Bu şekilde eritilen bakır alaşımları 80 mm'lik bir çapa ve 300 mm'lik bir uzunluğa sahip olan külçeler elde etmek için soğutulmuştur. Bu şekilde elde edilen külçeler 20 mm'lik bir çapa sahip olan yuvarlak çubuklar elde etmek için sıcak dövülmüştür.

Bu yuvarlak çubukla ayrıca (1) sıcak dövmeye veya gerektiği şekilde (2) soğuk tel çekmeye tabi tutulmaktadır ve Tablolar 2-1 ile Tablo 2-4'te belirtilen çaplara sahip olan teller aşağıda açıklandığı gibi elde edilmiştir.

Levhaların durumlarına benzer şekilde Tablo 2-1 ile Tablo 2-4'te belirtilen çaplara sahip olan teller Tablo 2-1 ile Tablo 2-4'te belirtilen koşullar altında bir kere veya tekrar

tekrar birkaç kez ara tavlama ve soğuk tel çekme, mevcut buluşa göre Örneklerdeki Şekil 4(a)'da gösterilen işleme işlemine göre ve Karşılaştırmalı Örneklerde Şekil 4(b)'de gösterilen işleme işleminin gerçekleştirilmesi vasıtasıyla üretilmiştir. Büyüklüklere kadar tel çekmeden önce bir ara tavlama ısı işlemi Tablo 2-1 ila Tablo 2-4'te açıklanan ara tavlama sıcaklıklarında gerçekleştirilmiştir.

İşleme işlemlerine ilişkin iki temsili örnek tel çapı ve işleme oranı ile birlikte aşağıda gösterilmektedir.

(Tel çekme koşulları 1)

- 10 Yuvarlak çubuk çapı ϕ 18 mm $\times$ L 500 mm (dövme bitirilişi)
- yuvarlak çubuk çapı ϕ 14 mm $\times$ L mm (tel çekme bitirilişi) (işleme oranı % 40)
- yuvarlak çubuk çapı ϕ 10 mm $\times$ L mm (tel çekme bitirilişi) (işleme oranı % 49)
- yuvarlak çubuk çapı ϕ 7 mm $\times$ L mm (tel çekme bitirilişi) (işleme oranı % 51)
- yuvarlak çubuk çapı ϕ 5 mm $\times$ L mm (tel çekme bitirilişi) (işleme oranı % 49)
- 15 → yuvarlak çubuk çapı ϕ 4 mm $\times$ L mm (tel çekme bitirilişi) (işleme oranı % 36)
- yuvarlak çubuk çapı ϕ 3 mm $\times$ L mm (tel çekme bitirilişi) (işleme oranı % 44)
- yuvarlak çubuk çapı ϕ 1 mm $\times$ L mm (tel çekme bitirilişi) (işleme oranı % 56)

Levhaların durumlarına benzer şekilde Tablo 2-1 ila Tablo 2-4'te belirtilen çaplara sahip olan teller Tablo 2-1 ila Tablo 2-4'te belirtilen koşullar altında bir kere veya tekrar tekrar birkaç kez ara tavlama ve soğuk tel çekme, mevcut buluşa göre Örneklerdeki Şekil 4(a)'da gösterilen işleme işlemine göre ve Karşılaştırmalı Örneklerde Şekil 4(b)'de gösterilen işleme işleminin gerçekleştirilmesi vasıtasıyla üretilmiştir. Büyüklüklere kadar tel çekmeden önce bir ara tavlama ısı işlemi Tablo 2-1 ila Tablo 2-4'te açıklanan ara tavlama sıcaklıklarında gerçekleştirilmiştir.

(Tel çekme koşulları 2)

2,0 mm'lik bir çapa sahip olan bir ham tel sıcak dövme ve tel çekme vasıtasıyla elde edilmiştir. Bu ham tel için yukarıda açıklanan levhaların durumlarına benzer şekilde Tablo 2-1 ila Tablo 2-4'te belirtilen çaplara sahip olan teller Tablo 2-1 ila Tablo 2-4'te

belirtilen koşullar altında bir kere veya tekrar tekrar birkaç kez ara tavlama ve soğuk tel çekme, mevcut buluşa göre Örneklerdeki Şekil 4(a)'da gösterilen işleme işlemine göre ve Karşılaştırmalı Örneklerde Şekil 4(b)'de gösterilen işleme işleminin gerçekleştirilmesi vasıtasıyla üretilmiştir. Büyüklüklere kadar tel çekmeden önce bir ara tavlama ısıtma işlemi Tablo 2-1 ile Tablo 2-4'te açıklanan ara tavlama sıcaklıklarında gerçekleştirilmiştir.

Ara tavlama sıcaklığı: Tablo 2-1 ile Tablo 2-4'te açıklandığı gibi

Ara tavlama → soğuk te çekmeye ilişkin döngülerin sayısı: Tablo 2-1 ile Tablo 2-4'te açıklandığı gibi

- 10 Burada ara tavlama koşulları ve soğuk te çekme işleme oranı örneğin aşağıdaki gibi olmuştur.

Birinci ara tavlama: yukarıda açıklanan ara tavlama sıcaklığında 30 dakika

→ birinci soğuk tel çekme: işleme oranı % 47,4 (tel çapı 2,0 mm → 1,45 mm)

→ ikinci ara tavlama: birinci ara tavlamanınki ile aynı ara tavlama sıcaklığında 30 dakika

→ ikinci soğuk tel çekme: işleme oranı % 46,14 (tel çapı 1,45 mm → 1,07 mm)

→ üçüncü ara tavlama: birinci ve ikinci ara tavlamanınki ile aynı ara tavlama sıcaklığında 30 dakika

→ üçüncü soğuk tel çekme: işleme oranı % 50,4 (tel çapı 1,07 mm → 0,75 mm)

- 20 İkinci ve üçüncü ısıtma işlemleri ve işlemler bazı durumlarda gerçekleştirilmiştir ve diğer durumlarda gerçekleştirilmemiştir.

İstenen tel çaplarına sahip olan teller aynı işleme işlemleri aracılığıyla, yukarıda açıklanan iki tel çekme koşulundan uygun bir şekilde Tablo 2-1 ile Tablo 2-4'te açıklandığı üzere işleme oranının veya tel çapının değiştirilmesi vasıtasıyla üretilmiştir.

- 25 Ayrı bir şekilde Tablo 2-1 ile Tablo 2-4'te açıklanan Karşılaştırmalı Örneklerin levhaları ve telleri ısıtma işlemde sıcaklık artışının [Adım 5-1] 30 °C/dak veya 90 °C/dakikalık bir hızda gibi hızlı sıcaklık artışı vasıtasıyla gerçekleştirilmesi haricinde aynı şekilde elde edilmiştir. EBSD tarafından bu alaşımların mevcut buluşta tanımlanan önceden belirlenen dokuya sahip olmadığı onaylanmıştır.

Başka bir Karşılaştırmalı Örnek olarak Tablo 2-1 ile Tablo 2-4'te açıklanan teller, Tablo 1-1 ve Tablo 1-2'de açıklandığı gibi mevcut buluşta tanımlanan aralığın dışında olan bir yüksek içerikte Ni içeren bir bakır alaşımı kullanılarak aynı şekilde elde edilmiştir. Bu alaşımların su verme sertleşmesi sonrası süper elastik karakteristikler açısından zayıf olduğu onaylanmıştır.

Bu şekilde elde edilen Cu-Al-Mn-bazlı alaşımı için karakteristikler levhaların durumu ile aynı şekilde test edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Sonuçlar Tablo 3-1 ile 3-4'te gösterilmiştir.

Tablo 1-1

Alaşım No.	Alaşım elementleri (kütlece %)			Notlar
	Al	Mn	Diğerleri	
1	8,1	10,7	-	Bu buluş
2	8,1	11,1	-	
3	7,6	8,7	-	
4	8,7	8,8	-	
5	7,6	12,7	-	
6	8,7	12,7	-	
7	8,1	10,2	Co 0,5	
8	8,0	9,0	Ni 1	
9	8,1	10,2	Ni 0,15	
10	6,2	19,9	-	
11	3,1	19,9	-	Karşılaştırmalı örnek
12	9,9	5,1	-	
13	8,0	9,0	Ni 2	
14	8,0	9,0	Ni 2, Fe 0,5	

Not: “-” içerilmemektedir anlamına gelir
Denge Cu ve kaçınılmaz katışıklardır.

Tablo 1-2

Alaşım No.	Alaşım elementleri (kütlege %)													Notlar
	Al	Mn	Fe	Ti	V	Cr	Si	Sn	Zn	B	C	Pr	Nd	
15	8,1	10,2	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Bu buluş
16	8,1	10,2	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
17	8,1	10,2	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	
18	8,1	10,2	-	-	-	0,5	-	0,1	-	0,003	-	-	-	
19	8,1	10,2	-	0,3	-	-	0,05	0,05	-	-	0,003	-	-	
20	8,1	10,2	-	-	0,1	-	-	0,5	-	-	-	-	-	
21	8,1	10,2	-	-	0,1	-	-	-	0,5	-	-	-	-	
22	8,1	10,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,01	
23	8,1	10,2	-	-	-	0,4	-	0,1	-	-	-	-	-	
24	8,1	10,2	-	0,2	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	

Not: “-” ierilmemektedir anlamına gelir
Denge Cu ve kaçınılmaz katışkılardır.

Tablo 2-1

Notlar	Alaşım No.	Ara tavlama sıcaklığı (°C)	Ara tavlama sıcaklığı (dak)	Soğuk işleme oranı (%)	Örneğin şekli	Örneğin büyüklüğu (mm)	Soğuk işlemedeki döngülerin sayısı (sefer)	Isıtmada β fazı sıcaklığına ısıtma hızı (°C/dak)
Örn 1	1	400	30	47,4	Tel	1,45	1	1,0
Örn 2	1	400	30	47,4+46,1	Tel	1,07	2	1,0
Örn 3	1	400	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0
Örn 4	1	400	30	50	Levha	2	1	3,3
Örn 5	1	400	30	50+50	Levha	1	2	3,3
Örn 6	1	400	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 7	1	400	30	50+50+50	Levha	0,5	3	5,0
Örn 8	1	400	30	50+50+50	Levha	0,5	3	20
Örn 9	1	450	30	47,4	Tel	1,45	1	0,2
Örn 10	1	450	30	47,4	Tel	1,45	1	1,0
Örn 11	1	450	30	47,4+46,1	Tel	1,07	2	1,0
Örn 12	1	450	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0
Örn 13	7	450	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0
Örn 14	8	450	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0
Örn 15	1	450	30	40+49+51+49	Tel	5	4	1,0

Notlar	Alaşım No.	Ara tavlama sıcaklığı (°C)	Ara tavlama sıcaklığı (dak)	Soğuk işleme oranı (%)	Örneğin şekli	Örneğin büyüklüğü (mm)	Soğuk işlemedeki döngülerin sayısı (sefer)	Isıtmada β fazı sıcaklığına ısıtma hızı (°C/dak)
Örn 16	1	450	30	40+49+51+49+36+44+56	Tel	2	7	1,0
Örn 17	1	450	30	50	Levha	2	1	3,3
Örn 18	1	450	30	50+50	Levha	1	2	3,3
Örn 19	1	450	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 20	1	450	30	47,4	Tel	1,45	1	3,3
Örn 21	1	450	30	47,4	Tel	1,45	1	20
Örn 22	2	500	30	50	Levha	2	1	3,3
Örn 23	2	500	30	50+50	Levha	1	2	3,3
Örn 24	2	500	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3

Notlar: 'Ara tavlama sıcaklığı (°C)' 'Ara tavlama sıcaklığı (°C)' anlamına gelmektedir; 'Ara tavlama süre (dak)' 'Ara tavlama zaman periyodu (dak)' anlamına gelmektedir; 'Örneğlerin büyüklüğü (mm)' 'Örneğlerin kalınlığı, levha kalınlığı veya tel çapı (mm)' anlamına gelmektedir; 'Isıtmada β fazı sıcaklığına ısıtma hızı (°C/dak)' 'Isıtmada β fazı sıcaklığına sıcaklığ çıkma hızı (°C/dak)' anlamına gelmektedir; ve 'Örn' 'buluşa göre Örneğ' anlamına gelmektedir

Tablo 2-2

Notlar	Alaşım No.	Ara tavlama sıcaklığı (°C)	Ara tavlama sıcaklığı (dak)	Soğuk işleme oranı (%)	Örneğin şekli	Örneğin büyüklüğü (mm)	Soğuk işlemedeki döngülerin sayısı (sefer)	Isıtmada β fazı sıcaklığına ısıtma hızı (°C/dak)
Örn 25	2	550	30	50+50+50	Levha	0,5	3	1,0
Örn 26	1	550	30	47,4	Tel	1,45	1	1,0
Örn 27	1	550	30	47,4+46,1	Tel	1,07	2	1,0
Örn 28	1	550	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0
Örn 29	3	550	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0
Örn 30	4	550	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0
Örn 31	5	550	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0
Örn 32	6	550	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0
Örn 33	7	550	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0

Notlar	Alaşım No.	Ara tavlama sıcaklığı (°C)	Ara tavlama sıcaklığı (dak)	Soğuk ışleme oranı (%)	Örneğin şekli	Örneğin büyüklüğü (mm)	Soğuk ışlemedeki döngülerin sayısı (sefer)	Isıtmada β fazı sıcaklığına ısıtma hızı (°C/dak)
Örn 34	8	550	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0
Örn 35	9	550	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0
Örn 36	2	550	30	50	Levha	2	1	3,3
Örn 37	2	550	30	50+50	Levha	1	2	3,3
Örn 38	2	550	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 39	1	550	30	47,4	Tel	1,45	1	20
Örn 40	1	600	10	47,4+46,1	Tel	1,07	2	1,0
Örn 41	1	600	5	47,4+46,1	Tel	1,07	2	1,0
Örn 42	1	600	1	47,4+46,1	Tel	1,07	2	1,0
Örn 43	1	600	120	40+49	Tel	10	2	1,0
Örn 44	1	600	90	40+49	Tel	10	2	1,0
Örn 45	1	600	60	40+49	Tel	10	2	1,0
Örn 46	2	600	30	50+50	Levha	1	2	3,3
Örn 47	1	600	30	30	Tel	16,7	1	3,3
Örn 48	1	600	30	75	Tel	1	1	3,3
Örn 49	2	600	30	50	Levha	2	1	5,0
Örn 50	1	600	30	47,4	Tel	1,45	1	20.0

Tablo 2-3

Notlar	Alaşım No.	Ara tavlama sıcaklığı (°C)	Ara tavlama sıcaklığı (dak)	Soğuk ışleme oranı (%)	Örneğin şekli	Örneğin büyüklüğü (mm)	Soğuk ışlemedeki döngülerin sayısı (sefer)	Isıtmada β fazı sıcaklığına ısıtma hızı (°C/dak)
Örn 51	1	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 52	3	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 53	6	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 54	10	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3

Notlar	Alaşım No.	Ara tavlama sıcaklığı (°C)	Ara tavlama sıcaklığı (dak)	Soğuk işleme oranı (%)	Örneğin şekli	Örneğin büyüklüğü (mm)	Soğuk işlemedeki döngülerin sayısı (sefer)	Isıtmada β fazı sıcaklığına ısıtma hızı (°C/dak)
Örn 55	11	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 56	12	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 57	15	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 58	16	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 59	17	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 60	18	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 61	19	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 62	20	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 63	21	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 64	22	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 65	23	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3
Örn 66	14	600	30	50+50+50	Levha	0,5	3	3,3

Tablo 2-4

Notlar	Alaşım No.	Ara tavlama sıcaklığı (°C)	Ara tavlama sıcaklığı (dak)	Soğuk işleme oranı (%)	Örneğin şekli	Örneğin büyüklüğü (mm)	Soğuk işlemedeki döngülerin sayısı (sefer)	Isıtmada β fazı sıcaklığına ısıtma hızı (°C/dak)
K Örn 1	1	350	30	47,4	Tel	1,45	1	-
K Örn 2	1	375	30	47,4	Tel	1,45	1	1,0
K Örn 3	13	450	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0
K Örn 4	14	450	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	1,0
K Örn 5	1	450	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	30
K Örn 6	1	450	30	47,4+46,1+50,4	Tel	0,75	3	90
K Örn 7	2	500	30	50+50+50	Levha	0,5	3	90
K Örn 8	2	500	30	0	Tel	20	0	3,3
K Örn 9	2	500	30	27	Tel	17,1	1	3,3

Notlar	Alaşım No.	Ara tavlama sıcaklığı (°C)	Ara tavlama sıcaklığı (dak)	Soğuk oranı (%)	İşleme	Örneğin şekli	Örneğin büyüklüğü (mm)	Soğuk işlemedeki döngülerin sayısı (sefer)	Isıtmada β fazı sıcaklığına ısıtma hızı (°C/dak)
K Örn 10	2	500	30	27+27		Tel	14,6	2	3,3
K Örn 11	2	500	30	27+27+27		Tel	12,5	3	3,3
K Örn 12	2	500	30	50+50+50		Levha	0,5	3	90
K Örn 13	2	550	30	50+50+50		Levha	0,5	3	90
K Örn 14	1	550	30	47,4+46,1		Tel	1,07	2	90
K Örn 15	1	600	30	40+49		Tel	10	2	90
K Örn 16	1	600	30	40+49+51		Levha	7	3	90
K Örn 17	2	600	30	50		Levha	2	1	90
K Örn 18	3	600	30	50+50		Levha	1	2	90
K Örn 19	1	600	30	50+50+50		Levha	0,5	3	90
K Örn 20	2	600	30	50+50+50		Levha	0,5	3	90
K Örn 21	2	650	30	50		Levha	2	1	5,0
K Örn 22	2	650	30	50+50+50		Levha	0,5	3	5,0
K Örn 23	1	650	30	47,4+46,1		Tel	1,07	2	1,0

Not: '-' gerçekteştirilmemiş demektir ve 'K Örn' 'Karřılařtırılmalđ Örneğ' anlamına gelmektedir

Tablo 3-1

Notlar	<001> oryantasyo nundan 0° ila 50°'lik sapma açısı	<001> oryantasyon undan 20° ila 50°'lik sapma açısı	<101> oryantasyon undan 0° ila 20°'lik sapma açısı	<101> oryantasyon undan 0° ila 10°'lik sapma açısı	<101> oryantasyon unun mevcudiyet frekansı	<001> oryantasyon unun mevcudiyet frekansı	Süper elastik özelliği [% 6 deformasyon dan sonra kalıntı gerinim]	Süper elastik özelliği [% 6 deformasyond an sonra kalıntı gerinim]	EI	EI	su verme sertleşmesi duyarlılığı [α fazı işgal etme oranı]	su verme sertleşmesi duyarlılığı [α fazı işgal etme oranı]
Örn 1	B	A	C	C	6,9	> 1,0	B	0,38%	A	10,90%	B	0,11%
Örn 2	B	A	C	C	6,3	> 1,0	B	0,26	A	11,60%	B	0,12%
Örn 3	B	A	C	C	8	> 1,0	B	0,22%	A	12,50%	B	0,15%
Örn 4	B	A	C	C	7,7	> 1,0	B	0,34%	A	12,20%	B	0,11%
Örn 5	B	A	C	C	6,9	> 1,0	B	0,24%	A	12,50%	B	0,08%
Örn 6	B	A	C	C	7,3	> 1,0	B	0,21%	A	13,50%	B	0,12%
Örn 7	B	B	C	C	5,5	> 1,0	C	0,66%	B	8,80%	B	0,16%
Örn 8	B	C	C	C	3	> 1,0	C	0,95%	C	6,40%	B	0,16%
Örn 9	B	A	B	B	13,7	> 1,0	A	0,12%	A	14,00%	B	0,17
Örn 10	B	A	B	B	14,2	> 1,0	A	0,11%	A	13,20%	B	0,13%
Örn 11	B	A	B	A	13,5	> 1,0	A	0,09%	A	13,90%	B	0,19%
Örn 12	B	A	B	A	14,2	> 1,0	A	0,08%	A	13,30%	B	0,06%
Örn 13	B	A	B	A	13,7	> 1,0	A	0,08%	A	14,30%	B	0,08%
Örn 14	B	A	B	A	13,6	> 1,0	A	0,09%	A	13,10%	B	1,50%
Örn 15	B	A	B	A	14,9	> 1,0	A	0,05%	A	12,90%	B	0,12%
Örn 16	B	A	B	A	13,7	> 1,0	A	0,08%	A	14,20%	B	0,13%
Örn 17	B	A	B	B	14,3	> 1,0	A	0,13%	A	12,10%	B	0,14%
Örn 18	B	A	B	A	13,1	> 1,0	A	0,06%	A	13,90%	B	0,12%
Örn 19	B	A	B	A	14,5	> 1,0	A	0,08%	A	13,30%	B	0,14%
Örn 20	B	A	B	B	13,2	> 1,0	A	0,14%	A	12,30%	B	0,16%
Örn 21	B	C	B	B	10,9	> 1,0	C	0,90%	C	7,80%	B	0,16%
Örn 22	B	A	B	B	14,7	> 1,0	A	0,18%	A	12,10%	B	0,17%
Örn 23	B	A	B	A	14,5	> 1,0	A	0,08%	A	14,40%	B	0,11%
Örn 24	B	A	B	A	13,4	> 1,0	A	0,07%	A	14,30%	B	0,19%

Tablo 3-2

Notlar	<001> oryantasyo nundan 0° ila 50°'lik sapma açısı	<001> oryantasyon undan 20° ila 50°'lik sapma açısı	<101> oryantasyon undan 0° ila 20°'lik sapma açısı	<101> oryantasyon undan 0° ila 10°'lik sapma açısı	<101> oryantasyon unun mevcudiyet frekansı	<001> oryantasyon unun mevcudiyet frekansı	Süper elastik özelliği [% 6 deformasyon dan sonra kalıntı gerinim]	Süper elastik özelliği [% 6 deformasyond an sonra kalıntı gerinim]	EI	EI	su verme sertleşmesi duyarlılığı [α fazı işgal etme oranı]	su verme sertleşmesi duyarlılığı [α fazı işgal etme oranı]
Örn 25	B	A	C	B	11,9	> 1,0	B	0,21%	A	11,80%	B	0,13%
Örn 26	B	A	C	B	11,1	> 1,0	B	0,33%	A	12,10%	B	0,16%
Örn 27	B	A	C	B	10,4	> 1,0	B	0,31%	A	12,40%	B	0,13%
Örn 28	B	A	C	B	11,7	> 1,0	B	0,23%	A	11,50%	B	0,11%
Örn 29	B	A	C	B	10,8	> 1,0	B	0,25%	A	12,70%	B	0,10%
Örn 30	B	A	C	B	11	> 1,0	B	0,23%	A	10,70%	B	0,14%
Örn 31	B	A	C	B	10,2	> 1,0	B	0,24%	A	12,90%	B	0,12%
Örn 32	B	A	C	B	11,6	> 1,0	B	0,26%	A	10,60%	B	0,13%
Örn 33	B	A	C	B	11,7	> 1,0	B	0,23%	A	11,70%	B	0,07%
Örn 34	B	A	C	B	11,3	> 1,0	B	0,21%	A	13,40%	B	1,40%
Örn 35	B	A	C	B	11,3	> 1,0	B	0,24%	A	12,70%	B	0,35%
Örn 36	B	A	C	B	11,7	> 1,0	B	0,39%	A	11,80%	B	0,12%
Örn 37	B	A	C	B	11,9	> 1,0	B	0,25%	A	12,80%	B	0,18%
Örn 38	B	A	C	B	10,6	> 1,0	B	0,26%	A	11,80%	B	0,06%
Örn 39	B	C	C	B	6,6	> 1,0	C	0,95%	C	7,70%	B	0,18%
Örn 40	B	A	C	C	7,9	> 1,0	B	0,35%	A	11,70%	B	0,20%
Örn 41	B	A	C	C	7,8	> 1,0	B	0,33%	A	11,60%	B	0,16%
Örn 42	B	A	C	C	7	> 1,0	B	0,34%	A	11,40%	B	0,13%
Örn 43	B	A	C	C	6,9	> 1,0	B	0,36%	A	11,60%	B	0,08%
Örn 44	B	A	C	C	6,2	> 1,0	B	0,32%	A	11,50%	B	0,13%
Örn 45	B	A	C	C	6,3	> 1,0	B	0,31%	A	11,30%	B	0,15%
Örn 46	B	A	C	C	6,1	> 1,0	B	0,39%	A	12,10%	B	0,10%
Örn 47	B	A	C	C	6,9	> 1,0	B	0,40%	A	11,30%	B	0,16%
Örn 48	B	A	C	C	7,3	> 1,0	B	0,42%	A	11,10%	B	0,16%

Örn 49	B	B	C	C	4,6	> 1,0	C	0,69	B	9,9	B	0,16%
Örn 50	B	C	C	C	1,8	1,3	C	0,95%	C	6,30%	B	0,12%

Tablo 3-3

Notlar	<001> oryantasyo nundan 0° ila 50°'lik sapma açısı	<001> oryantasyon undan 20° ila 50°'lik sapma açısı	<101> oryantasyon undan 0° ila 20°'lik sapma açısı	<101> oryantasyon undan 0° ila 10°'lik sapma açısı	<101> oryantasyon unun mevcudiyet frekansı	<001> oryantasyon unun mevcudiyet frekansı	Süper elastik özelliği [% 6 deformasyon dan sonra kalıntı gerinim]	Süper elastik özelliği [% 6 deformasyond an sonra kalıntı gerinim]	EI	EI	su verme sertleşmesi duyarlılığı [α fazı işgal etme oranı]	su verme sertleşmesi duyarlılığı [α fazı işgal etme oranı]
Örn 51	B	A	C	C	6,8	> 1,0	B	0,22%	A	12,20%	B	0,16%
Örn 52	B	A	C	C	6,8	> 1,0	B	0,22%	A	12,20%	B	0,16%
Örn 53	B	A	C	C	6,8	> 1,0	B	0,22%	A	12,20%	B	0,16%
Örn 54	B	A	C	C	6,2	> 1,0	C	0,89%	A	11,50%	B	0,22%
Örn 55	B	A	C	C	5,9	> 1,0	C	0,92%	A	10,60%	B	0,19%
Örn 56	B	A	C	C	6,7	> 1,0	C	0,84%	C	6,50%	B	0,26%
Örn 57	B	A	C	C	6,2	> 1,0	B	0,31%	A	13,50%	B	0,12%
Örn 58	B	A	C	C	6,5	> 1,0	B	0,35%	A	14,5	B	0,15%
Örn 59	B	A	C	C	6,3	> 1,0	B	0,36%	A	14,10%	B	0,13%
Örn 60	B	A	C	C	6,7	> 1,0	B	0,34%	A	14,60%	B	0,16%
Örn 61	B	A	C	C	6,1	> 1,0	B	0,29%	A	13,70%	B	0,11%
Örn 62	B	A	C	C	6,6	> 1,0	B	0,33%	A	14,80%	B	0,09%
Örn 63	B	A	C	C	5,9	> 1,0	B	0,37%	A	12,00%	B	0,14%
Örn 64	B	A	C	C	7,1	> 1,0	B	0,31%	A	11,80%	B	0,16%
Örn 65	B	A	C	C	6,8	> 1,0	B	0,36%	A	13,60%	B	0,12%
Örn 66	B	A	C	C	6,1	> 1,0	B	0,33%	A	13,20%	B	0,17%

Tablo 3-4

Notlar	<001> oryantasyo nundan 0° ila 50°'lik sapma açısı	<001> oryantasyon undan 20° ila 50°'lik sapma açısı	<101> oryantasyon undan 0° ila 20°'lik sapma açısı	<101> oryantasyon undan 0° ila 10°'lik sapma açısı	<101> oryantasyon unun mevcudiyet frekansı	<001> oryantasyon unun mevcudiyet frekansı	Süper elastik özelliği [% 6 deformasyon dan sonra kalıntı gerinim]	Süper elastik özelliği [% 6 deformasyond an sonra kalıntı gerinim]	EI	EI	su verme sertleşmesi duyarlılığı [α fazı işgal etme oranı]	su verme sertleşmesi duyarlılığı [α fazı işgal etme oranı]
K Örn 1	Tel kopması, işlemek mümkün değil											
K Örn 2	D	D	D	D	2,5	> 1,0	D	1,82%	D	4,90%	B	0,11%
K Örn 3	B	A	B	A	6	> 1,0	D	3,80%	A	12,70%	D	16,40%
K Örn 4	B	A	B	A	5,5	> 1,0	D	3,20%	A	12,20%	D	13,90%
K Örn 5	D	D	D	D	4,5	> 1,0	D	1,23%	D	5,30%	B	0,07%
K Örn 6	D	D	D	D	4	> 1,0	D	1,68%	D	5,00%	B	0,13%
K Örn 7	D	D	D	D	3,8	> 1,0	D	1,55%	D	5,10%	B	0,11%
K Örn 8	D	D	D	D	1,5	> 1,0	D	2,44%	D	4,50%	B	0,15%
K Örn 9	D	D	D	D	1,7	2,4	D	1,74%	D	5,00%	B	0,07%
K Örn 10	D	D	D	D	2,2	> 1,0	D	1,82%	D	4,90%	B	0,16%
K Örn 11	D	D	D	D	2,5	> 1,0	D	1,53%	D	5,10%	B	0,14%
K Örn 12	D	D	D	D	3,7	> 1,0	D	1,31%	D	5,20%	B	0,11%
K Örn 13	D	D	D	D	3,3	> 1,0	D	1,20%	D	5,30%	B	0,16%
K Örn 14	D	D	D	D	2,7	> 1,0	D	1,73	D	5,00%	B	0,13%
K Örn 15	D	D	D	D	2,5	> 1,0	D	1,80%	D	4,90%	B	0,07%
K Örn 16	D	D	D	D	3	> 1,0	D	2,10%	D	4,70%	B	0,06%
K Örn 17	D	D	D	D	2,1	2,2	D	2,50%	D	4,50%	B	0,15%

K Öm 18	D	D	D	D	2,2	> 1,0	D	1,65	D	5,00%	B	0,13%
K Öm 19	D	D	D	D	2,5	> 1,0	D	1,70%	D	5,00%	B	0,14%
K Öm 20	D	D	D	D	2,3	> 1,0	D	1,94%	D	4,80%	B	0,13%
K Öm 21	D	D	D	D	2	2	D	2,80%	D	4,30%	B	0,18%
K Öm 22	D	D	D	D	2,4	> 1,0	D	1,73%	D	5,00%	B	0,09%
K Öm 23	D	D	D	D	2,3	> 1,0	D	1,48%	D	5,10%	B	0,12%

Yukarıda gösterilen örneklerden açık olduğu üzere mevcut buluşta tanımlanan doku oryantasyonunu tatmin ettiklerinden dolayı Örnekler 1 ile 66 süper elastik özellikleri ve uzama açısından mükemmeldir.

Örneklerde (1) $\langle 001 \rangle$ oryantasyonundan 0° ile 50° 'lik bir sapma açısı, (2) $\langle 001 \rangle$ oryantasyonundan 20° ile 50° 'lik bir sapma açısı, (3) $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan 0° ile 20° 'lik bir sapma açısı ve (4) $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan 0° ile 10° 'lik bir sapma açısı için entegrasyon derecesi (1) $\rightarrow$ (2) $\rightarrow$ (3) $\rightarrow$ (4) sırasıyla arttıkça alaşımlar üstün etkiler ve tatmin edici süper elastik karakteristikler sergilemektedir. Tatmin edici dokuyu elde etmek için ilgili koşullar için optimum değerler vardır ve aşağıdaki sonuçlar ilgili durumları ayırt etmiştir.

Sıcaklık oranı β fazı sıcaklığına çıktıkça faz sıcaklığı ısıtma işlemde daha azdır, $\langle 001 \rangle$ oryantasyonundan 20° ile 50° 'lik sapma açısı için entegrasyon derecesi artmaktadır ve $5^\circ\text{C/dakikalık}$ hız $5^\circ\text{C/dakikalık}$ hızla karşılaştırıldığında etkiliyken en mükemmel etki 0.2°C/dak to $3.3^\circ\text{C/dakikalık}$ bir hızda sergilenmektedir.

Ara tavlama sıcaklığı düşük sıcaklık tarafında bir optimum değere sahiptir ve sıcaklık 450°C ile 500°C olduğu zaman entegrasyon derecesi $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan 0° ile 20° 'lik sapma açısı için artmaktadır. Dolayısıyla en tatmin edici sonuç sergilenmektedir.

Soğuk işleme döngülerinin sayısı ile ilişkili olarak döngülerin sayısı daha yüksek oldukça entegrasyon derecesi $\langle 101 \rangle$ oryantasyonundan 0° ile 10° 'lik sapma açısı için artmaktadır. Özellikle bu tür bir eğilim 450°C ile 500°C 'lik bir ara tavlama sıcaklığı için onaylanmıştır.

Alaşım bileşimi ile ilgili olarak mevcut buluşa göre Örnekler 51 ile 53 Örnekler 54 ile 56 ile karşılaştırıldığında süper elastik karakteristiklerde üstündür. Özellikle mükemmel sonuçlar kütlece % 7 ile 9'luk bir Al içeriğinden elde edilmiştir ve özellikle mükemmel sonuçlar kütlece % 8 ile 13'lük bir Mn içeriğinden elde edilmiştir.

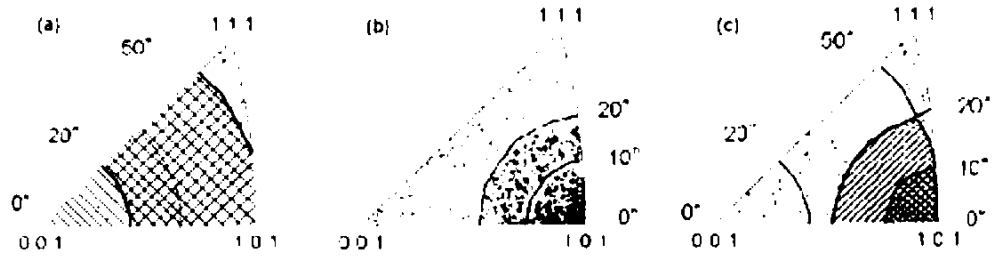
Diğer taraftan Karşılaştırmalı Örnek 1 orta yolda kırılmıştır çünkü ara tavlama sıcaklığı çok düşük olmuştur ve soğuk tel çekmeye gerekli bir işleme oranında erişilememiştir. Karşılaştırmalı Örnek 2 dokunun oryantasyonunu tatmin etmemiştir çünkü ara tavlama sıcaklığı çok düşük olmuştur ve dolayısıyla alaşım süper elastik karakteristikler ve uzama açısından zayıftır. Karşılaştırmalı Örnekler 3 ve 4 alaşım yapan bileşenler için çok yüksek Ni içerdiğinden dolayı her ne kadar alaşımlar mevcut buluşta tanımlandığı

üzere doku oryantasyonunu tatmin etmiş olsa da alaşımlar su verme sertleşmesi uyarlılığı açısından zayıf olmuştur. Dolayısıyla bir α fazının çökmesi onaylanmıştır ve süper elastik karakteristikler ayrıca zayıf olmuştur. Karşılaştırmalı Örnekler 5 ila 7 ve 12 ila 20 ısıtma işlemde fazlasıyla yüksek sıcaklık artışı oranları içermiştir, Karşılaştırmalı Örnekler 8 ila 11 tavlama oranlarında son derece düşük soğuk işleme oranları içermiştir ve Karşılaştırmalı Örnekler 21 ila 23 son derece yüksek ara tavlama sıcaklıkları içermiştir. Dolayısıyla ilgili alaşımlar mevcut buluşta tanımlandığı üzere doku oryantasyonunu tatmin edememiştir ve süper elastik karakteristikleri ve uzama açısından zayıf olmuştur.

- 10 Mevcut yapılandırmalarla ilgili olarak buluşumuza açıklanmış olduğu üzere aksi belirtilmediği müddetçe buluşun açıklamanın detaylarının herhangi biri ile kısıtlanması amacımız değildir ancak bunun yerine ekli istemlerde belirtildiği üzere geniş bir şekilde kapsamı içinde yapılandırılmaktadır.

- 15 Bu başvuru 16 Eylül 2012 tarihinde Japonya'da dosyalanan 2012-221685 sayılı patent başvurusundan bir rüçhan talebinde bulunmaktadır.

Şekil 1



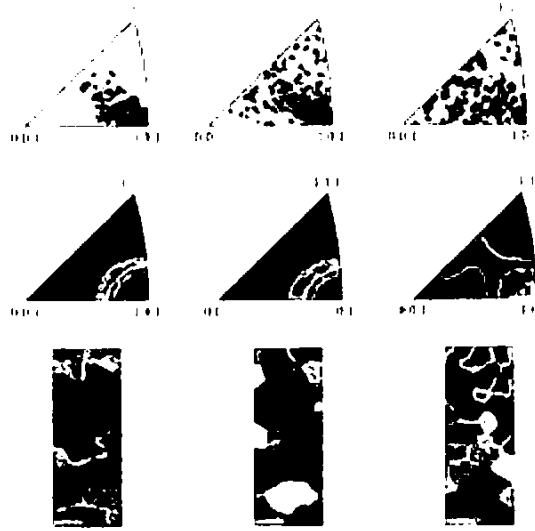
Şekil 2

RD'de kristal oryantasyonu

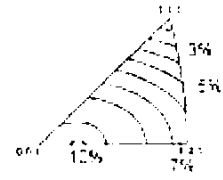
(a) 450°C

(b) 550°C

(c) 600°C

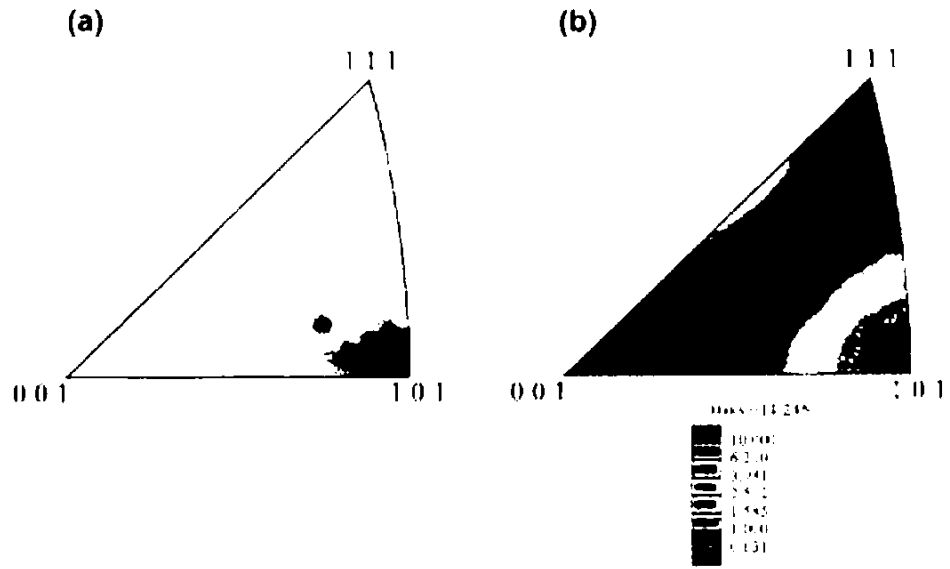


(d)

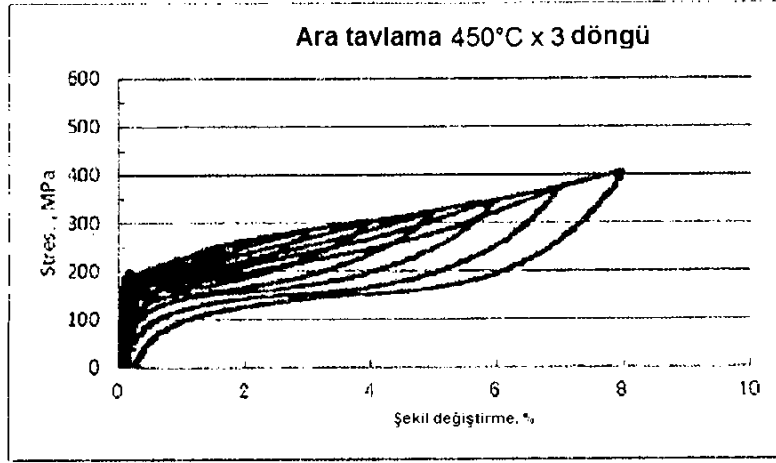


Cu-Al-Mn-bazlı
alaşımın dönüşüm
geriniminin
miktarının kristal
oryantasyonu
bağımlılığı

Şekil 3



Şekil 5a



Şekil 5b

