

OZET

ALFA-BETA TİTANYUM ALAŞIMLARININ TERMOMEKANİK İŞLEMİ

5 Bir alfa-beta titanyum alaşımında alfa-faz tane boyutunun inceltilmesine yönelik bir yöntemin bir uygulaması, alfa-beta titanyum alaşımının alfa-beta faz alanındaki bir **birinci** sıcaklık aralığında birinci işleme sıcaklığında işlenmesini **içerir**. Alaşım, **birinci** işleme sıcaklığından yavaşça soğutulur. **Birinci** işleme sıcaklığında işlemin ve yavaş soğutma işleminin tamamlanması üzerine, alaşım bir birincil küreselleştirilmiş alfa-faz parçacık mikro yapısını içerir. Alaşım, alfa-beta faz alanında ikinci bir sıcaklık aralığında ikinci bir işleme sıcaklığında işlenir. İkinci işleme sıcaklığı, birinci işleme sıcaklığından daha düşüktür.

10

15 Alaşım, alfa-beta faz alanındaki üçüncü bir sıcaklık aralığında **üçüncü bir** işleme sıcaklığında işlenmiştir. **Üçüncü** işleme sıcaklığı **iki nci** işleme sıcaklığından daha düşüktür. **Üçüncü** işleme sıcaklığında işlendikten sonra, titanyum alaşımı istenen **seviyede** inceltilmiş **alfa-faz** tane büyüklüğünü içerir.

İSTEMLER

1. Bir alfa-beta titanyum alaşımlı iş parçasında alfa-faz tane boyutunun inceltilmesi için bir yöntem olup, özelliği; yöntemi n

bir alfa-beta titanyum alaşımının bir birinci sıcaklık aralığındaki bir birinci işleme sıcaklığında işlenmesini, burada birinci sıcaklık aralığının, alfa-beta titanyum alaşımının alfa-beta faz alanında olmasını ve burada birinci sıcaklık aralığının beta transusun 167 °C (300 °F) altı ila alaşımın beta transus sıcaklığının 17 °C (30 °F) altında bir sıcaklık arasında olmasını; alfa-beta titanyum alaşımının işlenme sıcaklığından yavaş yavaş soğutulmasını, burada birinci işleme sıcaklığında işlenmenin ve birinci işleme sıcaklığından yavaş yavaş soğutmanın tamamlanması üzerine, alfa beta titanyum alaşımının bir birincil küreleşmiş alfa-faz parçacıklı mikro yapısını içermesini ve burada yavaş yavaş soğutmanın, iş parçasını dakikada 3 °C'den (5 °F) fazla olmayan bir soğutma hızında soğutmayı içermesini; alfa-beta titanyum alaşımının bir ikinci sıcaklık aralığındaki bir ikinci işleme sıcaklığında işlenmesini, burada ikinci işleme sıcaklığının birinci işleme sıcaklığından düşük olmasını, burada ikinci sıcaklık aralığının alfa-beta titanyum alaşımının alfa-beta faz alanı içerisinde olmasını ve burada ikinci sıcaklık alanının alaşımın beta transus sıcaklığının altında 333 °C (600 °F) ila 194 °C (350 °F) arasında olmasını; ve alfa beta titanyum alaşımının bir üçüncü sıcaklık aralığındaki bir üçüncü işleme sıcaklığında işlenmesini, burada üçüncü işleme sıcaklığının ikinci işleme sıcaklığından düşük olmasını ve burada üçüncü sıcaklık

aralığının alfa-beta titanyum alaşımasının alfa-beta faz alanında olmasını, burada üçüncü sıcaklık aralığının 538 °C (1000 °F) ila 760 °C (1400) arasında olmasını ve burada üçüncü işleme sıcaklığında işlenmeden sonra alfa-beta titanyum alaşımasının arzu edilen seviyede inceltilmiş alfa-beta tanecik boyutunu oluşturmasını içermesidir.

2. İstem 1'e göre bir yöntem olup, özelliği; burada yavaş soğutmanın, alfa-beta titanyum alaşımasının birinci işleme sıcaklığındaki bir fırın haznesinden ikinci işleme sıcaklığındaki bir fırın haznesine aktarılmasını içermesidir.

3. İstem 1'e göre bir yöntem olup, özelliği; ayrıca alfa-beta titanyum alaşımasının birinci işleme sıcaklığından yavaş yavaş soğutulması adımıdan önce:

alfa-beta titanyum alaşımasının bir beta transus sıcaklığının 167 °C (300 °F) altı ila beta transus sıcaklığının 17 °C (30 °F) altı arasını kapsayan bir ısıtma işlem sıcaklık aralığındaki bir ısıtma işlem sıcaklığında alfa-beta titanyum alaşımasının ısıtma işleminden geçirilmesini; ve alfa-beta titanyum alaşımasının ısıtma işlem sıcaklığında tutulmasını içermesidir.

4. İstem 3'e göre bir yöntem olup, özelliği; burada alfa-beta titanyum alaşımını ısıtma işlem sıcaklığında tutmanın, alfa-beta titanyum alaşımını ısıtma işlem sıcaklığında 1 saat ila 48 saat arasında tutmayı içermesidir.

5. İstem 1'e göre bir yöntem olup, özelliği; ayrıca, alfa-beta titanyum alaşımasının ikinci işlem sıcaklığında işlenmesinden sonra alfa-beta titanyum alaşımasının tavlanmasını içermesidir.

6. İstem 1'e göre bir yöntem olup, özelliği; ayrıca, alfa-beta titanyum alaşımasının bir veya daha fazla ikinci işleme

sıcaklıklarında bir veya daha fazla kez işlenmesinden sonra alfa-beta titanyum alaşımasının tavlama sıcaklığına ısıtılmasını içermesidir.

7. İstem 5 veya istem 6'ya göre bir yöntem **olup, özelliği**; burada alfa-beta titanyum alaşımasını tavlamanın, alfa-beta titanyum alaşımasının 30 dakika ila 12 saat arasında, beta transusun 278°C (500°F) ila 139°C (250°F) altındaki bir tavlama sıcaklığı aralığında bir tavlama sıcaklığına ısıtılmasını içermesidir.

8. İstem 1'e göre bir yöntem **olup, özelliği**; burada alfa-beta titanyum alaşımasını birinci sıcaklıkta işleme, alfa-beta titanyum alaşımasını ikinci sıcaklıkta işleme ve alfa-beta titanyum alaşımasını üçüncü sıcaklıkta işlemeden en az birinin en az bir açık kalıp pres dövme adımını içermesidir.

9. İstem 1'e göre bir yöntem **olup, özelliği**; burada alfa-beta titanyum alaşımasını birinci sıcaklıkta işleme, alfa-beta titanyum alaşımasını ikinci sıcaklıkta işleme ve alfa-beta titanyum alaşımasını üçüncü sıcaklıkta işlemeden en az birinin çok sayıda açık kalıp pres dövme adımlarını içermesi, yöntemi n ayrıca alfa-beta titanyum alaşımasının iki ardışık preste dövme adımı arasında yeniden ısıtılmasını içermesidir.

10. İstem 9'a göre bir yöntem **olup, özelliği**; burada alfa-beta titanyum alaşımasının yeniden ısıtılmasının, alfa-beta titanyum alaşımasının bir önceki işleme sıcaklığına ısıtılmasını ve alfa-beta titanyum alaşımasının 30 dakika ila 12 saat arasında bir önceki işleme sıcaklığında tutulmasını içermesidir.

11. İstem 8'e göre bir yöntem **olup, özelliği**; burada alfa-beta titanyum alaşımasının üçüncü işleme sıcaklığında işlenmesini, alfa-beta titanyum alaşımasının radyal olarak dövülmesini içermesidir.

12. İstem 1'e göre bir yöntem **olup, özelliği**; ayrıca

alfa-beta titanyum alaşımının, birinci işleme sıcaklığında alfa-beta titanyum alaşımının işlenmesinden önce bir beta ısıt işlem sıcaklığında beta ısıt işlenmesini; burada beta ısıt işlem sıcaklığının alfa-beta titanyum alaşımının beta transus sıcaklığı ila alfa-beta titanyum alaşımının beta transus sıcaklığından 167 °C (300 °F) daha yüksek bir sıcaklık arasındaki bir sıcaklık aralığında olmasını; ve alfa-beta titanyum alaşımının sındırulmesini içermesidir.

13. İstem 1'e göre bir yöntem olup, özelliği; burada yöntemi n:

alfa-beta titanyum alaşımını birinci dövme sıcaklığı aralığındaki birinci dövme sıcaklığında dövmeyi, burada birinci dövme sıcaklığındaki alfa-beta titanyum alaşımının dövülmesini n, hem yığma dövme hem de kalıp çekmeden en az bir geçişi içermesi ve burada birinci dövme sıcaklığı aralığının beta transusun 167 °C (300 °F) altı ila alfa-beta titanyum alaşımının bir beta transus sıcaklığının 17 °C (30 °F) altındaki bir sıcaklığa kadar uzanmasını; alfa-beta titanyum alaşımını birinci dövme sıcaklığından yavaşça soğutmayı, burada yavaş soğutmanın iş parçasını dakikada 3 °C'den (5 °F) daha yüksek olmayan bir soğutma hızında soğutmayı içermesini; alfa-beta titanyum alaşımını ikinci bir dövme sıcaklığı aralığında ikinci bir dövme sıcaklığında dövmeyi, burada alfa-beta titanyum alaşımının ikinci dövme sıcaklığında dövülmesinin hem yığma dövme hem de kalıp çekmeden en az bir geçişi içermesini, burada ikinci dövme sıcaklığı aralığının, beta transusun 333 °C (600 °F) ila 194 °C (350 °F) altına uzanan bir sıcaklık aralığını içermesini ve ikinci dövme sıcaklığının birinci dövme sıcaklığından daha düşük olmasını; ve alfa-

beta titanyum alaşımının üçüncü bir dövme sıcaklığı aralığında üçüncü bir dövme sıcaklığında **dövülmesi ni**, burada **alfa-beta** titanyum alaşımının üçüncü dövme sıcaklığında **dövülmesi ni n radyal dövme**yi içermesini, burada üçüncü dövme sıcaklığı aralığının 538 °C (1000 °F) ila 760 °C (1400 °F) arasında olmasını ve buradaki üçüncü dövme sıcaklığının ikinci dövme sıcaklığından düşük olmasını içermesi di r.

14. İstem 1'e göre **veya istem 13'e göre bir yöntem olup, özelliği**;

burada **alfa-beta** titanyum alaşımının bir **Ti-6Al-4V** alaşımı (UNS R56400), bir **Ti-6Al-4V ELI** alaşımı (UNS R56401), bir **Ti-6Al-2Sn-4Zr2Mo** alaşımı (UNS R54620), bir **Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo** alaşımı (UNS R56260) ve bir **Ti-4Al-2.5V-1.5Fe** alaşımından (UNS 54250) birisi olmasıdır.

15. İstem 13'e göre bir yöntem **olup, özelliği**; burada yavaş soğutmanın **alfa-beta** alaşımının dakikada 3 °C'den (5 °F) daha **yüksek** olmayan bir soğutma hızında soğutulmasını içermesidir.

16. İstem 13'e göre bir yöntem **olup, özelliği**; ayrıca, **alfa-beta** titanyum alaşımının bir birinci işleme sıcaklığından yavaş yavaş soğutulması adımıdan sonra, **alfa-beta** titanyum alaşımının **birinci** dövme sıcaklığı aralığında bir ısıt işleminde sıcaklığındaki **alfa-beta** titanyum alaşımının ısıt işlemden **geçirilmesi ve alfa-beta** titanyum alaşımının ısıt işleminde sıcaklığında tutulmasını içermesidir.

17. İstem 16'ya göre bir yöntem **olup, özelliği**; burada, **alfa-beta** titanyum alaşımının ısıt işleminde sıcaklığında **tutulmasının, alfa-beta** titanyum alaşımının, 1 saat ila 48 saat arasında bir zaman aralığında bir ısıt işleminin süresi için ısıt işleminde sıcaklığında tutulmasını içermesidir.

18. İstem 13'e göre bir yöntem **olup, özelliği**; ayrıca, alfa-beta titanyum alaşımının ikinci dövme sıcaklığında dövülmesi **nden sonra tavl**anmasını içermesidir.
- 5 19. İstem 18'e göre bir yöntem **olup, özelliği**; burada tavlamanın, alfa-beta titanyum alaşımının, 30 dakika ila 12 saat arasında, beta transusun 278°C (500°F) ila 139°C (250°F) altındaki bir tavlama sıcaklığı aralığındaki bir tavlama sıcaklığına ısıtılmasını içermesidir.
- 10 20. İstem 13'e göre bir yöntem **olup, özelliği**; ayrıca alfa-beta titanyum alaşımının **en az bir veya daha fazla preste dövme** adımı **ndan herhangi birinin** arasında **yeniden** ısıtılmasını içermesidir.
- 15 21. İstem 20'ye göre bir yöntem **olup, özelliği**; burada yeniden ısıtmanın, alfa-beta titanyum alaşımının bir önceki işleme sıcaklığına kadar ısıtılmasını ve alfa-beta titanyum alaşımının 30 dakika ila 6 saat arasında değişen bir aralıkta bir yeniden ısıtma süresi için bir önceki işlem sıcaklığında tutulmasını içermesidir.
- 20 22. İstem 13'e göre bir yöntem **olup, özelliği**; burada radyal dövmenin, bir dizi en az iki ve en fazla altı redüksiyon içermesi, burada radyal dövme sıcaklığı aralığının 538 °C (1000 °F) ila 760 °C (1400 °F) arasında olmasıdır.
- 25 23. İstem 13'e göre bir yöntem **olup, özelliği**; burada radyal dövmenin, en fazla 760 °C'den (1400 °F) başlayan ve en az 538°C'ye (1000 °F) kadar düşen radyal dövme sıcaklıklarında, her bir redüksiyondan önce bir yeniden ısıtma adımı ile **en az** iki ve en fazla altı redüksiyondan oluşan çok sayıda seriyi içermesidir.
- 30 24. İstem 13'e göre bir yöntem **olup, özelliği**; ayrıca titanyum alaşımının **birinci** dövme sıcaklığında dövülmesi **nden önce**, alfa-beta titanyum alaşımının bir beta ısıtma işlem sıcaklığında beta ısıtma işlem görmesini,

burada beta ısıtıl işlem sıcaklığının alfa-beta titanyum alaşımlarının beta transus sıcaklığı ile alfa-beta titanyum alaşımlarının beta transus sıcaklığından 167 °C (300 °F) daha yüksek bir sıcaklık arasındaki bir sıcaklık aralığında olmasını; ve alfa-beta titanyum alaşımlarının söndürülmesi ni içermesi dir .

25. İstem 12'ye veya istem 24'e göre bir yöntem olup, özelliği; burada alfa-beta titanyum alaşımlarının beta ısıtıl işleminin ayrıca alfa-beta titanyum alaşımlarının beta ısıtıl işleme sıcaklığında işlenmesini içermesi dir .

26. İstem 25'e göre bir yöntem olup, özelliği; burada alfa-beta titanyum alaşımlarının beta ısıtıl işlem sıcaklığında işlenmesinin, merdaneli dövme, çaplama, haddeme, açık kalıpla dövme, izli kalıpta dövme, preste dövme, otomatik sıcak dövme, radyal dövme, yağma dövme, kalıp çekme ve çok eksenli dövme işlemlerinden bir veya daha fazlasını içermesi dir .

TARİFNAME

ALFA-BETA TİTANYUM ALAŞIMLARININ TERMOMEKANİK İŞLEMİ

5 TEKNOLOJİNİN ARKA PLANI

TEKNOLOJİNİN ALANI

Mevcut açıklama, alfa-beta titanyum alaşımlarının işlenmesi için yöntemler ile ilgilidir. Daha özel olarak açıklama, ince taneli, süper ince taneli veya ultra ince taneli mikro yapının geliştirilmesi için alfa-beta titanyum alaşımlarının işlenmesi için yöntemlere yöneliktir.

TEKNOLOJİNİN ARKA PLANININ TANIMI

İnce taneli (İT), süper ince taneli (SİT) veya ultra ince taneli (UİT) mikro yapıya sahip alfa-beta titanyum alaşımları örneğin, geliştirilmiş şekillendirilebilirlik, daha düşük biçimlendirme akış stresi (akma oluşturmak için faydalı olan) ve ortamda orta derecede hizmet sıcaklıklarında daha yüksek akma gerilmesi gibi birtakım faydalı özellikler sergiledikleri gösterilmiştir.

Burada kullanıldığı şekliyle, titanyum alaşımlarının mikro yapısına değinildiğinde: "ince taneli" terimi, 15 μm 'den az 5 μm 'den daha büyük olan alfa tanecik boyutlarına atıfta bulunmakta; "süper ince taneli" terimi, 5 μm 'den küçük ve 1.0 μm 'den daha büyük alfa tanecik boyutlarına atıfta bulunmakta; ve "ultra ince taneli" terimi, 1.0 μm ve daha küçük alfa tanecik boyutlarına atıfta bulunmaktadır.

Titanyum ve titanyum alaşımlarının, kalın taneli veya ince taneli mikro yapılar üretmek üzere kalıpta dövülmesi için bilinen ticari yöntemler, çoklu yeniden ısıtma ve kalıpta dövme aşamaları kullanırken 0.03 s⁻¹ ila 0.10 s⁻¹ arasındaki gerilme oranlarını kullanır.

İnce taneli, çok ince taneli veya ultra ince taneli mikro yapıların üretilmesi için bilinen yöntemler, çok eksenli bir kalıpta dövme

(MAF) işlemini, 0.001 s^{-1} 'lik bir ultra yavaş gerilme hızında veya daha yavaş bir şekilde **uygul ar** (bkz., örneğin, G. Salishchev, ve diğerleri, Materials Science Forum, Cilt 584-586, **sayfa 783-788** (2008)). Jenerik MAF işlemi, örneğin, C. Desrayaud, ve ark., 5 Materyal İşleme Teknolojisi Dergisi, 172, sayfa 152-156'da (2006) açıklanmıştır. MAF işlemine ek olarak, eşit kanal açılı ekstrüzyon (ECAE), ya da diğer bir ismi ile eşit kanallı açılı presleme (ECAP) işleminin titanyum ve titanyum alaşımlarında ince taneli, çok ince taneli veya ultra ince taneli mikro yapılar elde etmek için 10 kullanılabileceği bilinmektedir. Bir ECAP işleminin bir tanımı, V.M. Segal, SSCB Patenti No. 575892 (1977)'de ve Titanyum ve Ti-6-4 için, S.L. Semiatin ve D.P. DeLo, Malzeme ve Tasarım, Cilt 21, sayfa 311-322 (2000)'de bulunmaktadır. Bununla birlikte, ECAP işlemi ayrıca, izotermal veya izotermale yakın koşullarda çok düşük 15 gerilme oranları ve çok düşük sıcaklıklar gerektirir. MAF ve ECAP gibi yüksek kuvvetli işlemlerin kullanılmasıyla, herhangi bir başlangıç mikro yapısı, nihayetinde ultra ince taneli bir mikro yapıya dönüştürülebilir. Bununla birlikte, burada daha detaylı **tarif edilen ekonomik nedenlerden ötürü**, şu anda sadece laboratuvar 20 ölçekli MAF ve ECAP işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Ultra-yavaş gerilme oranlı MAF ve ECAP işlemlerinde tane arıtmanın anahtarı, kullanılan ultra yavaş gerilme oranlarının, yani 0.001 s^{-1} veya daha yavaş bir oranın **bir sonucu olan dinamik bir yeni den** kristalizasyon rejiminde sürekli olarak çalışabilme özelliğidir. 25 **Dinamik yeni den kristalizasyon** sırasında, taneler aynı anda **çekirdeklenir**, büyür ve dislokasyonları biriktirir. **Yeni çekirdeklenmiş tanelerdeki** dislokasyonların oluşumu sürekli olarak **tanecik büyümesi için tahrik gücünü** azaltır ve **tanecik çekirdeklenmesi** enerjik olarak uygun hale gelir. **Yeni çekirdekli** 30 **tanelerdeki** çıkıkların oluşumu sürekli olarak tahıl büyümesi için **itici gücü** azaltır ve tahıl çekirdeklenmesi **enerjik** olarak elverişlidir. **Ultra-yavaş gerilme oranlı** MAF ve ECAP süreçleri,

kalıpta dövme işlemi sırasında tanelerin sürekli olarak yeniden kristalleşmesi için dinamik yeniden kristalizasyon kullanır.

Tanelerin inceltilmesi için titanyum alaşımlarının işlenmesine **yönelik bir yöntem**, Uluslararası Patent Yayını No. WO 98/ 17386'da

5 ("WO'386 Yayını") açıklanmaktadır. WO'386 Yayınındaki yöntem, dinamik yeniden kristalleşmenin bir sonucu olarak ince taneli mikro yapıyı oluşturmak için bir alaşımın ısıtılmasını **ve deforme edilmesini** açıklamaktadır. **Ultra ince taneli Ti-6-4** alaşımının (UNS R56400) **nispeten tekdüze** küçük parçaları, ultra yavaş gerilmeli

10 MAF veya ECAP prosesleri kullanılarak üretilebilir, ancak MAF veya ECAP basamaklarını gerçekleştirmek için alınan kümülatif zaman, ticari bir ortamda aşırı olabilir. **Ek olarak, geleneksel büyük ölçekli**, ticari olarak temin edilebilen açık kalıp pres dövme ekipmanı, bu gibi düzeneklerde gerekli olan ultra yavaş gerilme oranlarını elde etme kapasitesine sahip **olmayabilir ve bu nedenle**, üretim ölçeğinde ultra-yavaş gerginlik oranında MAF veya ECAP gerçekleştirmek için özel dövme ekipmanı gerekebilir.

Genel olarak, daha ince katmanlı başlangıç mikro-yapılarının, **küresel ince ila ultra-ince mikro-yapıları** üretmek için daha az

20 zorlanma gerektirdiği bilinmektedir. **Bununla birlikte, izotermal veya izotermal e** yakın koşullar kullanılarak ultra-ince **alfa-tanecik** büyüklüğünde **laboratuvar ölçekli titanyum ve titanyum** alaşımlarına miktarlar elde etmek mümkünken, laboratuvar **ölçekli** prosesi ölçeklendirmek, verim kayıplarından dolayı sorun

25 **yaratabilir**. Ayrıca, endüstriyel ölçekli izotermal işlem, ekipmanın çalıştırılma maliyetinin yüksek olması açısından zorlayıcıdır. İzotermik olmayan, açık kalıp işlemlerini içeren **yüksek randımanlı teknikler**, çok uzun süreli ekipman kullanımı gerektiren yavaş dövme gerektirme hızlarından dolayı ve soğutma
30 ile ilgili çatlama nedeniyle, verimi düşüren zorluğu kanıtlamaktadır. Ayrıca, söndürülmüş olarak, katmanlı **alfa**

yapıları, özellikle düşük işlem sıcaklıklarında, düşük süneklik sergilemektedir.

Genel olarak, mikro yapının küreselleştirilmiş alfa-fazlı parçacıklardan oluştuğu alfa-beta titanyum alaşımlarının, katmanlı alfa mikro yapılarına sahip olan alfa-beta titanyum alaşımlarından daha iyi bir süneklik sergilediği bilinmektedir. Bununla birlikte, alfa-beta titanyum alaşımlarının küreselleştirilmiş alfa-fazlı parçacıklarla kalıpta dövülmesi, önemli ölçüde bir parçacık incilmesi yaratmaz. Örneğin, alfa-fazlı partiküller belirli bir boyuta, örneğin, 10 µm veya daha büyük bir kalınlığa sahip olduğunda, optik metalografi ile gözlemlendiği gibi sonraki termomekanik işlem sırasında bu gibi parçacıkların boyutunu azaltmak için geleneksel tekniklerin kullanılması neredeyse imkansızdır.

Titanyum alaşımlarının mikro yapılarının inceltilmesine yönelik bir işlem, Avrupa Patent No. 1 546 429 B1'de ("EP'429 Patent") açıklanmıştır. EP429 patenti sürecinde, alfa kalın yüksek sıcaklıkta küreselleştirildiğinde, alaşım nispeten kaba küresel alfa-faz parçacıkları arasında ince katmanlı alfa-faz formunda ikinci alfa fazı oluşturmak için söndürülmüştür. İlk alfa işleminden sonra daha düşük bir sıcaklıkta kalıpta dövme, ince alfa katmanlarının ince alfa-faz parçacıklarına küreselleşmesine yol açar. Ortaya çıkan mikro yapı, kalın ve ince alfa-fazlı parçacıkların bir karışımıdır. Kalın alfa-faz parçacıklarından dolayı, EP429 patentinde açıklanan yöntemler sonucunda oluşan mikro yapı, tam olarak ultra ince taneli ila ince alfa-fazlı tanelerden oluşan bir mikro yapıya daha fazla tanecik inceltmesi yapmaz.

2012-0060981 A1 sayılı ABD Patent Yayını ("A.B.D.981 Yayını"), birden fazla yığma dövme ve kalıp çekme aşaması ("MUD Süreci") vasıtasıyla gereğinden fazla işlemi yok etmek için bir endüstriyel ölçeklendirmeyi açıklar. ABD'nin 981 Yayını, titanyumun beta-fazlı alandan veya bir titanyum alaşımından söndürülmesiyle üretilen

katmanlı alfa yapılarını içeren başlangıç yapılarını açıklar. **MUD Prosesi, alternatif deformasyon ve** yeniden ısıtma adımları sırasında aşırı partikül büyümesini engellemek için düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilir. Katmanlı başlangıç stokunda düşük **süneklilik görülür.** Kullanılan düşük sıcaklıklar ve açık kalıp dövme için ölçek büyütme, verim açısından sorunlu olabilir.

Daha yüksek gerilme oranlarını barındıran, gerekli işlem süresini azaltan ve/veya özel dövme ekipmanı ihtiyacını ortadan kaldıran **ince, çok ince veya ultra ince taneli mikro** yapıya sahip titanyum alaşımları üretmek için bir işlemin sağlanması avantajlı olacaktır.

OZET

Buluş, ekteki istemlerin istem 1 ve istem 13'üne göre bir alfa-beta titanyum alaşımı iş parçasında **alfa-faz tane boyutunun inceltilmesi** için bir yöntem sağlamaktadır.

Mevcut açıklamanın sınırlayıcı olmayan bir yönüne göre, bir alfa-beta titanyum alaşımında **alfa-faz tane boyutunun inceltilmesine** yönelik bir yöntem, bir birinci sıcaklık aralığındaki bir birinci işleme sıcaklığında bir alfa-beta titanyum alaşımının işlenmesini içerir. Birinci sıcaklık aralığı alfa-beta titanyum alaşımının **alfa-beta fazı alanındadır. Alfa-beta titanyum alaşımı, birinci** işleme sıcaklığından yavaşça soğutulur. Birinci işleme sıcaklığındaki işleme ve yavaş soğuma işleminin tamamlanması üzerine, **alfa-beta titanyum alaşımı, bir birincil küreselleştirilmiş alfa-faz parçacık mikro yapısını içerir. Alfa-beta titanyum alaşımı daha sonra ikinci bir sıcaklık aralığındaki ikinci bir işleme sıcaklığında işlenmiştir. İkinci işleme sıcaklığı, ilk işleme sıcaklığından daha düşüktür ve aynı zamanda alfa-beta titanyum alaşımının alfa beta faz alanındadır.**

İkinci işleme sıcaklığında işlendikten sonra, **alfa-beta titanyum alaşımı son bir sıcaklık aralığında üçüncü bir işleme sıcaklığında işlenir. Üçüncü işleme sıcaklığı, ikinci işleme sıcaklığından daha düşüktür ve üçüncü sıcaklık aralığı, alfa-beta titanyum alaşımının**

alfa-beta faz alanındadır. Alfa-beta titanyum alaşımı üçüncü işleme sıcaklığında işlendikten sonra, istenen inceltilmiş alfa-faz tane büyüklüğü elde edilir.

Bir başka sınırlayıcı olmayan düzenlemede, ikinci işleme
5 sıcaklığında alfa-beta titanyum alaşımının işlenmesinden sonra ve alfa-beta titanyum alaşımının üçüncü işleme sıcaklığında işlenmesinden önce, alfa-beta titanyum alaşımı, bir veya daha fazla kademeli olarak düşük dördüncü işleme sıcaklığında işlenmektedir. Bir veya daha fazla kademeli olarak dördüncü işleme sıcaklığının
10 her biri, ikinci işleme sıcaklığından daha düşüktür. Bir veya daha fazla kademeli olarak dördüncü işleme sıcaklığının her biri, dördüncü bir sıcaklık aralığından ve üçüncü bir sıcaklık aralığından biridir. Dördüncü işleme sıcaklıklarının her biri, hemen önceki dördüncü işleme sıcaklığından daha düşüktür.
15 Sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, alfa-beta titanyum alaşımının birinci sıcaklıkta işlenmesi, alfa-beta titanyum alaşımının ikinci sıcaklıkta işlenmesi, alfa-beta titanyum alaşımının üçüncü sıcaklıkta işlenmesi ve alfa-beta titanyum alaşımının bir veya daha fazla kademeli olarak düşük dördüncü işleme sıcaklığında işlenmesi,
20 en az bir açık kalıp pres dövme adımını içerir. Sınırlayıcı olmayan bir başka düzenlemede, alfa-beta titanyum alaşımının birinci sıcaklıkta işlenmesi, alfa-beta titanyum alaşımının ikinci sıcaklıkta işlenmesi, alfa-beta titanyum alaşımının üçüncü sıcaklıkta işlenmesi ve alfa-beta titanyum alaşımının bir veya daha
25 fazla kademeli olarak düşük dördüncü işleme sıcaklığında işlenmesi, çok sayıda açık kalıp pres dövme adımını içerir, yöntem ayrıca iki ardışık presleme basamağı arasında alfa-beta titanyum alaşımının yeniden ısıtılmasını içerir.

Mevcut açıklamanın bir başka yönüne göre, bir alfa-beta titanyum
30 alaşımında alfa-faz tane boyutunun inceltilmesine yönelik bir yöntem, bir birinci dövme sıcaklığı aralığındaki birinci dövme sıcaklığında bir alfa-beta titanyum alaşımının kalıpta dövülmesini

içerir. Birinci dövme sıcaklığında alfa-beta titanyum alaşımasının dövülmesi, hem yığma dövme hem de kalıp çekme işlemlerinden en az bir tanesini içerir. Birinci dövme sıcaklığı aralığı, alfa-beta titanyum alaşımasının beta transus sıcaklığının 300 °F (167 °C) altında bir sıcaklık ila alfa-beta titanyum alaşımasının beta transus sıcaklığının 30 °F (17 °C) altında bir sıcaklığa kadar bir aralığı içerir. Alfa-beta titanyum alaşımını birinci dövme sıcaklığında kalıpta dövdükten sonra, alfa-beta titanyum alaşımı birinci dövme sıcaklığından yavaşça soğutulur.

Alfa-beta titanyum alaşımı, ikinci bir dövme sıcaklığı aralığındaki ikinci bir dövme sıcaklığında dövülür. İkinci dövme sıcaklığında alfa-beta titanyum alaşımasının oluşturulması, hem yığma dövme hem de kalıp çekme işlemlerinden en az bir tanesini içerir. İkinci dövme sıcaklığı aralığı, alfa-beta titanyum alaşımasının beta transus sıcaklığının 600 °F (333 °C) altı ile alfa-beta titanyum alaşımasının beta transus sıcaklığının 350 °F (194 °C) altı arasındadır ve ikinci dövme sıcaklığı birinci dövme sıcaklığından daha düşüktür. Alfa-beta titanyum alaşımı, üçüncü bir dövme sıcaklığı aralığındaki üçüncü bir dövme sıcaklığında dövülür. Alfa-beta titanyum alaşımını üçüncü dövme sıcaklığında dövülmesi, radyal dövme işlemini içerir. Üçüncü dövme sıcaklığı aralığı 1000 °F (538 °C) ve 1400 °F (760 °C) şeklindedir ve son dövme sıcaklığı ikinci dövme sıcaklığından daha düşüktür.

Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, alfa-beta titanyum alaşımasının ikinci bir dövme sıcaklığında dövülmesinden sonra ve alfa-beta titanyum alaşımasının üçüncü bir dövme sıcaklığında dövülmesinden önce alfa-beta titanyum alaşımasının tavlanması mümkündür.

Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, ikinci dövme sıcaklığında alfa-beta titanyum alaşımını dövdükten sonra, ve üçüncü bir dövme sıcaklığında alfa-beta titanyum alaşımını dövmeden önce, alfa-beta titanyum alaşımı bir veya daha fazla kademeli dördüncü dövme

sıcaklıklarında **dövülür**. Bir veya daha fazla kademeli olarak düşük dördüncü dövme sıcaklıkları, ikinci dövme sıcaklığından daha düşüktür. Bir veya daha fazla kademeli olarak düşük dövme sıcaklıklarının her biri, ikinci sıcaklık aralığı ve üçüncü sıcaklık aralığından **birindedir**. Aşamalı dördüncü işleme sıcaklıklarının her biri, dördüncü işleme sıcaklığından hemen önceki değerlerden daha düşüktür.

ÇİZİMLERİN KISA AÇIKLAMASI

Burada **tarif edilen nesne ve yöntemlerin özellikleri ve**

avantajları, ekteki çizimlere referansla daha iyi anlaşılabilir;

Şekil 1, mevcut açıklamaya göre bir alfa-beta titanyum alaşımında alfa-faz tane boyutunun inceltilmesi yöntemi nin sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesinin bir akış diyagramıdır;

Şekil 2, mevcut açıklamanın yönteminin sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesine göre, işlem aşamalarından sonra alfa-beta titanyum alaşımlarının mikro yapısının şematik bir gösterimidir:

Şekil 3, mevcut açıklamanın yönteminin sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesine göre bir dövülmüş ve yavaş soğutulmuş alfa-beta fazlı titanyum alaşımı iş parçasının mikro yapısının geri saçılmış bir elektron (BSE) mikrografıdır;

Şekil 4, mevcut açıklamanın yönteminin sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesine göre bir dövülmüş ve yavaş soğutulmuş alfa-beta fazlı titanyum alaşımının mikro yapısının bir BSE mikrografıdır;

Şekil 5, mevcut açıklamanın yönteminin sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesine göre bir dövülmüş ve yavaş soğutulmuş alfa-beta fazlı titanyum alaşımının bir geri-saçılmış elektron difraksiyon (EB-SD) mikrografıdır;

Şekil 6A, mevcut açıklamanın sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesine göre dövülmüş ve yavaş soğutulmuş bir alfa-beta fazlı titanyum alaşımının mikro yapısının bir BSE mikrografı

ve Şekil 6B, Şekil 6A'nın sınırlayıcı olmayan uygulamasına göre ve aynı zamanda mevcut açıklamanın yönteminin sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesi ne göre dövülmüş ve tavlanmış olan dövülmüş ve yavaş soğutulmuş alfa-beta fazlı bir titanyum alaşımasının mikro yapısının bir BSE mikrografıdır.

Şekil 7, mevcut açıklamanın yönteminin sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesi ne göre de ayrıca dövülmüş ve tavlanmış olan, dövülmüş ve yavaş soğutulmuş alfa-beta fazlı titanyum alaşımasının bir EBSD mikrografıdır;

Şekil 8, mevcut açıklamanın yönteminin sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesi ne göre dövülmüş ve tavlanmış olan dövülmüş ve yavaş soğutulmuş alfa-beta fazlı bir titanyum alaşımasının bir EBSD mikrografıdır;

Şekil 9A, mevcut açıklamanın yönteminin sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesi ne göre dövülmüş ve tavlanmış olan, dövülmüş ve yavaş soğutulmuş alfa-beta fazlı bir titanyum alaşımı olan Örnek 2'deki numunenin bir EBSD mikrografıdır;

Şekil 9B, Şekil 9A'da gösterilen Örnek 2'deki örnekte belirli bir tane büyüklüğüne sahip olan tanelerin konsantrasyonunu gösteren bir grafikdir;

Şekil 9C, Şekil 9A'da gösterilen Örnek 2'deki numunenin alfa-fazlı tanecik sınırlarının rota dışı hareket dağılımının bir grafiğidir;

Şekil 10A ve 10B, sırasıyla birinci ve ikinci dövülmüş ve tavlanmış numunelerin BSE mikrograflarıdır;

Şekil 11, Örnek 3'ün ilk örneğinin bir EBSD mikrografıdır;

Şekil 12, Örnek 3'ün ikinci örneğinin bir EBSD mikrografıdır;

Şekil 13A, Örnek 3'ün ikinci örneğinin bir EBSD mikrografıdır;

Şekil 13B, özel tane boyutlarına sahip olan Örnek 3'teki örnekte alfa tanelerinin nispi miktarının bir grafiğidir;

Şekil 13C, Örnek 3'teki örnekte alfa-fazlı tanecik sınırlarının rota dışı hareket dağılımının bir çizimidir;

Şekil 14A, Örnek 3'ün ikinci örneğinin bir EBSD mikrografıdır;
Şekil 14B, özel tane boyutlarına sahip Örnek 3'teki **numunede**
alfa tanelerinin nispi miktarının bir grafiğidir;

Şekil 14C, Örnek 3'teki örnekte alfa-fazlı tanecik
sınırlarının rota dışı hareket dağılımının bir grafiğidir;

Şekil 15, mevcut açıklamanın yönteminin sınırlayıcı olmayan
bir düzenlemesine göre ayrıca dövülen, dövülmüş ve yavaş
soğutulmuş alfa-beta fazlı titanyum alaşımının mikro
yapısının bir BSE mikrografıdır;

Şekil 16, mevcut açıklamanın yönteminin sınırlayıcı olmayan
bir düzenlemesine göre ayrıca dövülen, dövülmüş ve yavaş
soğutulmuş alfa-beta fazlı titanyum alaşımının bir EBSD
mikrografıdır;

Şekil 17A, mevcut açıklamanın yönteminin sınırlayıcı olmayan
bir düzenlemesine göre ayrıca dövülen, dövülmüş ve yavaş
soğutulmuş **alfa-beta** fazlı titanyum alaşımı olan Örnek 4
numunesinin bir EBSD mikrografıdır;

Şekil 17B, ŞEKİL 17A'da gösterilen Örnek 4'ün **numunesinde**
belirli bir büyüklüğe sahip olan tanelerin konsantrasyonunu
gösteren bir çizimdir;

Şekil 17C, ŞEKİL 17A'da gösterilen Örnek 4'teki numunenin
alfa-fazlı tanecik sınırlarının rota dışı hareket oranının
dağılımının bir çizimidir;

Şekil 18, mevcut açıklamanın yönteminin sınırlayıcı olmayan
bir düzenlemesine göre ayrıca dövülmüş olan, dövülmüş ve yavaş
soğutulmuş alfa-beta fazlı titanyum alaşımının bir EBSD
mikrografıdır;

Şekil 19A, mevcut açıklamanın yönteminin sınırlayıcı olmayan
bir düzenlemesine göre ayrıca dövülmüş olan, dövülmüş ve yavaş
soğutulmuş **alfa-beta** fazlı titanyum alaşımı olan Örnek 4'ün
örneğinin bir EBSD mikrografıdır;

Şekil 19B, Şekil 19A'da gösterilen Örnek 4'ün numunesinde belirli bir tane büyüklüğüne sahip olan tanelerin konsantrasyonunu gösteren bir çizimdir; ve

Şekil 19C, Şekil 19A'da gösterilen Örnek 4'ün numunesinin alfa-fazlı tanecik sınırlarının rota dışı hareket oranının dağılımının bir çizimidir;

Okuyucu, mevcut açıklamaya göre, sınırlayıcı olmayan belirli düzenlemelerin aşağıdaki detaylı açıklamasını göz önünde bulundurarak, diğer ayrıntıların yanı sıra, yukarıdaki ayrıntıları takdir edecektir.

BAZI SINIRLAYICI OLMAYAN UYGULAMALARININ DETAYLI AÇIKLAMASI

Burada kullanıldığı şekliyle "herhangi bir" ve "bir" gibi dillbilgisi tanımlıklarının, aksi belirtilmedikçe "en az bir" veya "bir veya daha fazla" nesneyi veya yöntemi içermesi amaçlanmıştır.

Dolayısıyla, burada tanımlıklar, makalenin bir veya birden fazla dillbilgisel tanımlıklarına (yani en az bir tane) atıfta bulunmaktadır. Örnek olarak, "bir bileşen" bir veya daha fazla bileşen anlamına gelir ve bu nedenle muhtemelen bir veya birden fazla bileşen düşünülür ve tarif edilen düzenlemelerin bir uygulamasında kullanılabilir.

Tüm yüzdeler ve oranlar, aksi belirtilmedikçe alaşım bileşiminin toplam ağırlığı temelinde hesaplanır.

Bu açıklamanın bir yönüne göre, Şekil 1, mevcut açıklamaya göre bir alfa-beta titanyum alaşımında alfa-faz tane boyutunun inceltilmesine yönelik bir yöntemin (100) birkaç sınırlayıcı olmayan düzenlemesini gösteren bir akış şemasıdır. Şekil 2, mevcut açıklamaya göre işlem aşamalarından sonuçlanan bir mikro yapının (200) şematik bir gösterimidir. Mevcut açıklamaya göre sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, bir alfa-beta titanyum alaşımında alfa-faz tane boyutunun inceltilmesine yönelik bir yöntem (100), katmanlı alfa-faz mikro yapıyı (202) içeren bir alfa-beta titanyum alaşımının sağlanmasını (102) içerir.

Teknikte sıradan bilgiye sahip bir kişi, bir katmanlı **alfa-faz mikro-yapısının** (202), bir alfa-beta titanyum alaşımasının beta ısıtılmasından geçirilmesi ve ardından söndürülmesi ile elde edildiğini **bilmektedir**. Sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, bir alfa-beta titanyum alaşımı, bir katmanlı **alfa-faz mikro yapısı** (202) temin etmek için beta ısıtılmasından geçirilir ve **söndürülür** (104). Yine bir başka sınırlandırıcı olmayan düzenlemede, alaşımı, beta ısıtılma işlem sıcaklığında işlemek, **merdaneli dövme, çaplama, haddelme, açık kalıpla dövme, izli kalıpta dövme, preste dövme, otomatik sıcak dövme, radyal dövme, yağma dövme, kalıp çekme ve çok eksenli dövme** işlemlerinden **bir veya daha fazlasını** yapmayı içerir.

Yine Şekil 1 ve 2'ye atıfta bulunarak, bir alfa-beta titanyum alaşımında **alfa-faz tane boyutunun inceltilmesi** için bir yöntemin (100) sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesi, birinci sıcaklık aralığındaki **bir birinci** işleme sıcaklığında alaşımın (106) işlenmesini **içerir**. Alaşımın, **birinci** sıcaklık aralığında bir veya daha fazla kez dövülebileceği ve birinci sıcaklık aralığında bir veya daha fazla sıcaklıkta dövülebileceği kabul edilecektir. Sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, alaşım **birinci** sıcaklık aralığında birden fazla işlendiğinde, alaşım **birinci** sıcaklık aralığında daha düşük bir sıcaklıkta işlenir **ve daha sonra birinci** sıcaklık aralığında daha yüksek bir sıcaklıkta işlenir. Bir başka sınırlandırıcı olmayan düzenlemede, alaşım **birinci** sıcaklık aralığında birden fazla **kez** işlendiğinde, alaşım **birinci** sıcaklık aralığındaki daha yüksek bir sıcaklıkta işlenir **ve daha sonra birinci** sıcaklık aralığında daha düşük bir sıcaklıkta işlenir. **Birinci** sıcaklık aralığı alfa-beta titanyum alaşımının alfa-beta faz alanındadır. Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, birinci sıcaklık aralığı, birincil küresel alfa faz parçacıklarını içeren bir mikro yapıya yol açan bir sıcaklık aralığıdır. Burada kullanılan "birincil küresel alfa-faz parçacıkları" ifadesi, bu **tarifnameye göre birinci** işleme sıcaklığında işlendikten **sonra veya**

bu alanda sıradan bilgiye sahip bir kişi tarafından bilinen ya da bundan sonra bilinen herhangi bir başka termomekanik işlemde oluşan formlar oluşturan, **genel** olarak titanyum metalin kapalı paketlenmiş altıgen alfa-faz allotropunu içeren eşdeğer parçacıklara değinmektedir. Sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, **birinci** sıcaklık aralığı alfa-beta faz alanının daha yüksek alanındadır. Özel bir düzenlemede, birinci sıcaklık aralığı, beta transusun 300 °F (167 °C) altındaki ila alaşımın bir beta transus sıcaklığının 30 °F (17 °C) altındaki bir sıcaklığa kadardır.

Birinci sıcaklık aralığında, alfa-beta faz alanında nispeten yüksek sıcaklıklarda alaşımın (104) işlenmesinin, **birincil küresel alfa-faz** parçacıklarını içeren bir mikro yapı (204) ürettiği anlaşılabacaktır.

Burada kullanıldığı şekliyle "işleme" terimi, **termomekanik** işleme veya termomekanik işlem ("TMP") anlamına gelir. **"Termomekanik işlem"** terimi, **genel** olarak, sınırlama olmaksızın dayanıklılık kaybı yaşanmadan, güçte iyileştirme gibi **sinerjik etkiler elde etmek için** kontrollü termal ve deformasyon işlemlerini birleştiren çeşitli metal oluşturma işlemlerini kapsayan bir sistemdir.

Termomekanik işlemin bu tanımı, örneğin, ASM Malzeme Mühendisliği Sözlüğü, J.R. Davis, ed., ASM International (1992), sayfa 480'de atıfta bulunulan anlam ile tutarlıdır. Ayrıca burada kullanıldığı şekliyle "dövme", "açık kalıp pres dövme", "yığma dövme", "kalıp çekme" ve "radyal dövme" terimleri, **termomekanik işleme biçimlerini ifade eder.** Burada kullanılan "açık kalıp pres dövme" terimi, her bir kalıp oturumu için presin tek bir işleme vuruşuyla **birlikte** mekanik veya hidrolik basınçla malzeme akışının tamamen kısıtlanmadığı, kalıplar arasındaki metal veya metal alaşımın **dövülmesi**ne atıfta bulunur. Açık kalıp pres dövme tanımı, örneğin, ASM Malzeme Mühendisliği Sözlüğü, J.R. Davis, ASM International (1992), s. 298 ve 343'te atıfta bulunulan anlam ile tutarlıdır. Burada kullanıldığı şekliyle "radyal dövme" terimi, uzunluğu

boyunca sabit veya değişken çaplara sahip dövme parçaları üretmek için iki veya daha fazla hareketli rs veya kalıplar kullanan bir prosese değinmektedir. Radyal dövmenin bu tanımı, rneğin, ASM Malzeme Mühendisliği Sözlüğü, J.R. Davis, **ASM International (1992)**, sayfa 354'de atıfta bulunulan anlam ile tutarlıdır. Burada kullanılan "yığma dövme" terimi, iş parçasının bir uzunluğunun genellikle azaldığı ve iş parçasının enine kesitinin genellikle artacağı şekilde bir iş parçasını açık kalıpta dövmedir. Burada kullanıldığı şekliyle "kalıp çekme" terimi, iş parçasının bir uzunluğunun genellikle artacağı ve iş parçasının enine kesitinin genellikle azalacağı şekilde bir iş parçasını açık kalıpta dövmek anlamına gelir. **Metal rji tekniklerinde** sıradan bilgiye sahip olanlar, bu birkaç terimin anlamlarını kolayca anlayacaktır.

Mevcut açıklamaya göre yöntemlerin sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesinde, alfa-beta titanyum alaşımı bir **Ti-6Al-4V** alaşımı (UNS R56400), bir **Ti-6Al-4V ELI** alaşımı (UNS R56401), bir **Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo** alaşımı (UNS R54620), bir **Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo** alaşımı (UNS R56260) ve bir **Ti-4Al-2.5V-1.5Fe** alaşımından (UNS 54250; ATI 425® alaşımı) seçilir. Mevcut açıklamaya göre yöntemlerin bir başka sınırlayıcı olmayan düzenlemesinde, alfa-beta titanyum alaşımı **Ti-6Al-4V** alaşımı (UNS R56400) ve **Ti-6Al-4VELI** alaşımından (UNS R56401) seçilir. Mevcut açıklamaya göre yöntemlerin spesifik bir sınırlayıcı olmayan düzenlemesinde, alfa-beta titanyum alaşımı bir **Ti-4Al-2.5V-1.5Fe** alaşımıdır (UNS 54250).

Birinci işleme sıcaklığı aralığındaki birinci işleme sıcaklığında alaşım (106) işlendikten sonra, alaşım birinci işleme sıcaklığından yavaşça soğutulur (108). Yavaş soğutma ile, birinci işleme sıcaklığındaki alaşım, birincil **küresel** alfa fazı içeren mikro yapı korunur ve yukarıda tartışılan EP429 Patentinde açıklandığı gibi hızlı soğutma veya söndürülmeden sonra meydana gelen ikincil katmanlı alfa fazlarına dönüştürülmez. **Küresel alfa-fazlı** parçacıklardan oluşan mikro yapının, katmanlı **alfa-fazını** içeren

bir mikro-yapıdan daha düşük dövme sıcaklıklarında daha iyi bir süneklik sergilediğine inanılmaktadır.

Burada kullanıldığı şekliyle "yavaş soğutulmuş" ve "yavaş soğutma" terimleri, iş parçasının dakikada 5 °F (3 °C)'den fazla olmayan bir soğutma hızında soğutulmasını ifade eder. Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, yavaş soğutma (108), dakikada 5 °F (3 °C)'den fazla olmayan önceden programlanmış azalan bir hızda fırın soğutmayı içerir. Mevcut açıklamaya göre yavaş soğutmanın, ortam sıcaklığına yavaş bir şekilde soğumasını ya da alaşımın daha da işleneceği daha düşük bir işleme sıcaklığına yavaş soğutmayı içerebileceği kabul edilecektir. Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, yavaş soğutma, **birinci** işleme sıcaklığında bir fırın odasından alfa-beta titanyum alaşımının bir ikinci işleme sıcaklığında bir fırın bölmesine aktarılmasını içerir. **Belirli bir** sınırlayıcı olmayan düzenlemede, iş parçasının çapı 30.5 cm'den (12 inç) daha büyük veya eşit olduğunda ve iş parçasının yeterli termal atalete sahip olduğu garanti edilirse, yavaş soğutma, birinci işleme sıcaklığında bir fırın **haznesinden alfa-beta** titanyum alaşımının, ikinci bir işleme sıcaklığında bir fırın **haznesine** aktarılmasını içerir. İkinci işleme sıcaklığı aşağıda açıklanmaktadır.

Yavaş soğutmadan (108) **önce**, sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, alaşım, birinci sıcaklık aralığında bir **birinci** işlem sıcaklığında ısıyla muamele edilebilir (110). Isıl işlemin (110) **belirli bir** sınırlayıcı olmayan düzenlemesinde, ısı işleme sıcaklığı aralığı, 1600 °F (871 °C) sıcaklıktan, alaşımın bir beta transus sıcaklığından 30 °F (17 °C) daha düşük bir sıcaklığa kadar uzanır. Sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, ısıl işlem (110), ısıl işlem sıcaklığına kadar ısıtmayı ve iş parçasını ısıl işleme sıcaklığında tutmayı içerir.

Isıl işlemin (110) sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesinde, iş parçası 1 saat ila 48 saat arasında bir ısıl işlem süresinde ısıl

işlem sıcaklığında tutulur. Isıl işlemin, birincil alfa-faz parçacıklarının küreselleşmesini tamamlamaya yardımcı olduğuna inanılmaktadır. Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, yavaş soğutmadan (108) veya ısı işleminden (110) sonra bir alfa-beta titanyum alaşımının mikro yapısı, **hacimce en az yüzde 60 alfa-faz fraksiyonu içerir, buradaki alfa-faz, küresel birincil alfa-faz** parçacıklarını içerir veya onlardan oluşur.

Küresel primer alfa-faz parçacıklarını içeren bir mikro yapıyı içeren bir alfa-beta titanyum alaşımının mikro yapısının, yukarıda anlatılandan farklı bir işlemle oluşturulabileceği kabul **edilmektedir.** Mevcut açıklamanın kapsamı dışındaki alternatif bir **düzenlemede, küresel birincil alfa-faz parçacıklarını içeren veya** bunlardan oluşan bir mikro yapı içeren bir **alfa-beta titanyum alaşımının** temin edilmesi (112) bulunur.

Sınırlayıcı olmayan düzenlemelerde, alaşımın birinci işleme sıcaklığında işlenmesinden (106) ve yavaş soğutulmasından (108) sonra ya da alaşımın ısıl işlemi (110) ve yavaş soğutulmasından (108) sonra, alaşım, ikinci bir sıcaklık aralığında ikinci bir işleme sıcaklığında bir veya daha fazla kez işlenir ve ikinci sıcaklık aralığında bir veya daha fazla sıcaklıkta **dövülebilir.** Sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, alaşım ikinci sıcaklık aralığında birden fazla kez işlendiğinde, alaşım ilk olarak ikinci sıcaklık aralığında daha düşük bir sıcaklıkta işlenir **ve daha sonra** ikinci sıcaklık aralığında daha yüksek bir sıcaklıkta işlenir. İş parçası ilk olarak ikinci sıcaklık aralığında daha düşük bir sıcaklıkta işlendiği ve daha sonra ikinci sıcaklık aralığında daha yüksek bir sıcaklıkta işlendiği **zaman yeniden kristalleşmenin** arttırıldığına inanılmaktadır. Bir başka sınırlayıcı olmayan düzenlemede, alaşım **birinci** sıcaklık aralığında birden fazla **kez** işlendiğinde, alaşım **birinci** sıcaklık aralığında daha yüksek bir sıcaklıkta işlenir **ve daha sonra birinci** sıcaklık aralığında daha düşük bir sıcaklıkta işlenir. İkinci işleme sıcaklığı **birinci**

işleme sıcaklığından daha düşüktür ve ikinci sıcaklık aralığı alfa-beta titanyum alaşımının alfa-beta faz alanındadır. **Belirli bir** sınırlayıcı olmayan düzenlemede, ikinci sıcaklık aralığı beta transusun 600 °F (334 °C) ila 350 °F (194 °C) altındadır ve birinci

5 sıcaklık aralığında bir veya daha fazla sıcaklıkta dövülebilir. Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, alaşımı ikinci işleme sıcaklığında işledikten **(114)** sonra, alaşım ikinci işleme sıcaklığından soğutulur. İkinci işleme sıcaklığında işlendikten **(114) sonra**, alaşım, teknik alanda sıradan bilgiye sahip bir kişi

10 tarafından bilindiği üzere, herhangi bir fırın soğutması, hava soğutması ve sıvı söndürme işlemiyle sağlanan soğutma hızları dahil, ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere, herhangi bir soğutma hızında soğutulabilir. Soğutmanın, aşağıda tarif edildiği gibi, **üçüncü** işleme sıcaklığından biri veya kademeli olarak düşük bir

15 işleme sıcaklığı gibi, iş parçasının daha fazla işleneceği **bir sonraki** işleme sıcaklığına veya ortam sıcaklığına kadar soğutmayı içerebileceği kabul edilecektir. Aynı zamanda, sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, alaşımın ikinci işleme sıcaklığında işlenmesinden **sonra arzu edilen bir tane inceltme derecesinin elde edilmesi**

20 durumunda, alaşımın daha fazla işlenmesinin gerekli olmadığı kabul edilecektir. İkinci bir işleme sıcaklığında işlendikten **(114)** sonra alaşım, **üçüncü bir işleme sıcaklığında (116) veya bir veya daha fazla üçüncü işleme sıcaklığında bir veya daha fazla kez işlenmiştir.**

25 Sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, üçüncü işleme sıcaklığı, **üçüncü işleme sıcaklığı** aralığında son bir işleme sıcaklığı olabilir. **Üçüncü işleme sıcaklığı**, ikinci işleme sıcaklığından daha düşüktür ve üçüncü sıcaklık aralığı, alfa-beta titanyum alaşımının **alfa-beta faz alanındadır.**

30 Özel bir düzenlemede, üçüncü sıcaklık aralığı 1000 °F (538 °C) ila 1400 °F'dir (760 °C) arasındadır. Alaşımın üçüncü işleme sıcaklığında işlemesinden sonra, **arzu edilen inceltilmiş alfa-faz**

tane büyüklüğü elde edilir. **Üçüncü** işleme sıcaklığında işlendikten (116) sonra alaşım, teknik alanda sıradan bilgiye sahip bir kişi tarafından bilindiği üzere, herhangi bir fırın soğutması, hava soğutması ve sıvı söndürme işlemiyle sağlanan soğutma hızları dahil, ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere, herhangi bir soğutma hızında soğutulabilir.

Şekil 1 ve 2'ye atıfta bulunarak, belirli bir teoriye bağlı kalmaksızın, alfa-beta faz alanında nispeten yüksek bir sıcaklıkta (106) bir alfa-beta titanyum alaşımının işlenmesiyle ve muhtemelen ısıtıl işlemi (110) takiben yavaş soğutma (108) ile mikro yapının, esas olarak bir alfa-fazlı katmanlı mikro yapıyı (202) içeren bir küresel alfa-faz parçacık mikro yapısına (204) dönüştürüldüğüne inanılmaktadır.

Belirli miktarlarda beta-fazlı titanyum, yani titanyumun vücut merkezli kübik faz allotropu, alfa-faz katmanları arasında ya da birincil alfa faz parçacıkları arasında mevcut olabilecektir. Alfa-beta titanyum alaşımında bulunan herhangi bir işleme ve soğutma adımından sonra beta-faz titanyum miktarı esas olarak teknikte sıradan bilgiye sahip bir kişi tarafından iyi anlaşılan spesifik bir alfa-beta titanyum alaşımında bulunan beta-faz stabilize edici elementlerin konsantrasyonuna bağlıdır. Daha sonra birincil küresel alfa-parçacıklara (204) dönüştürülen katmanlı alfa-faz mikro-yapısının (202), birinci işleme sıcaklığında alaşımın işlenmesinden ve yukarıda tarif edildiği gibi söndürme işleminden önce alaşımın beta ısıtıl işlemi tabii tutulması ve söndürülmesiyle üretilebilir.

Küresel hale getirilmiş alfa-faz mikro yapısı (204), müteakip düşük sıcaklıkta işleme için bir başlangıç stoku görevi görür. Küresel hale getirilmiş alfa-fazlı mikro yapı (204), katmanlı alfa-faz mikro-yapısından (202) genel olarak daha yüksek sünekliğe sahiptir. Küresel alfa-fazlı partikülleri yeniden kristalize etmek ve inceltmek için gerekli olan gerinim, katmanlı alfa-fazlı mikro

yapıları küreselleştirmek için gerekli olan gerini mden daha büyük olabilirken, alfa-fazlı küresel parçacık mikro yapısı (204) özellikle düşük sıcaklıklarda işlenirken çok daha iyi süneklik sergiler. Burada işlemin işlenmesini içeren sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, daha iyi süneklik, kalıp dövme hızlarında bile gözlenir.

Başka bir deyişle, küresel süşun mikro-yapısının (204) orta kararlı kalıp hızlarında daha iyi süneklik ile izin verilen dövme gerini mindeki kazançlar alfa-faz tane büyüklüğünü, örneğin düşük kalıp hızlarında incelemek için gerekli olan germe gereksinimleri ni aşar ve daha iyi verim ve daha düşük presleme süreleriyle sonuçlanabilir.

Yine belirli bir teoriye bağlı kalmaksızın, küreselleştirilmiş alfa-fazlı parçacık mikro yapısının (204) katmanlı alfa-faz mikro yapısından (202) daha yüksek sünekliğe sahip olmasından dolayı, mevcut açıklamaya göre (örneğin 114 ve 116'ncı aşamalar) daha düşük sıcaklıkta işlenen dizileri kullanarak alfa-faz tane büyüklüğünü, kristalize alfa-faz parçacıkları (204, 206) içinde kontrollü yeniden kristalleşme ve tane büyümesi dalgalarını tetiklemek için inceltmenin mümkün olduğuna inanılmaktadır. Sonunda, burada sınırlayıcı olmayan düzenlemelere göre işlenmiş alfa-beta titanyum alaşımlarında, birinci işleme (106) ve soğutma adımları (108) tarafından elde edilen küreselleştirmede üretilen birincil alfa faz parçacıkları, ince veya ultra ince değildir, daha çok, çok sayıda yeniden kristalize edilmiş ince ila ultra ince alfa-fazlı taneciklerden (208) oluşur veya bunları kapsar.

Yine Şekil 1'e atıfta bulunarak, mevcut açıklamaya göre alfa-fazlı taneciklerinin inceltilmesini n sınırlayıcı olmayan bir düzenlemesi, alaşımın ikinci işleme sıcaklığında işlenmesinden (114) sonra ve üçüncü işleme sıcaklığında işlenmesinden (116) önce, isteğe bağlı bir tavlama veya yeniden ısıtma (118) işlemi içerir. İsteğe bağlı tavlama (118), alaşımın 30 dakika ila 12 saatlik bir tavlama süresi

için, alfa-beta titanyum alaşımlarının beta transus sıcaklığının 250 °F (139 °C) altı ila alfa beta titanyum alaşımlarının beta transus sıcaklığının 500 °F (278 °C) altı arasında yer alan sıcaklık aralığındaki bir tavlama sıcaklığında ısıtılmasını içerir. Daha yüksek sıcaklıklar seçildiğinde daha kısa süreler uygulanabilir ve daha düşük sıcaklıklar seçildiğinde daha uzun tavlama süreleri uygulanabilir. Tavlama işleminin bazı tanelerin kalınlaşma pahasına olsa da yeniden kristalleşmeyi arttırdığı ve sonuç olarak alfa-fazlı tanecik inceltilmesine yardımcı olduğu düşünülmektedir.

10 Sınırlayıcı olmayan düzenlemelerde, alaşım, alaşımın herhangi bir adımından önce bir işleme sıcaklığına yeniden ısıtılabilir. Bir düzenlemede, işleme adımlarından herhangi biri, çoklu kalıp çekme adımları, çoklu yığma dövme adımları, yığma dövme ve kalıp çekmenin herhangi bir kombinasyonu, çoklu yığma dövme ve çoklu kalıp çekmenin herhangi bir kombinasyonu veya radyal dövme gibi birden çok işleme adımı içerebilir. Mevcut açıklamaya göre alfa-faz tane boyutunun inceltilmesine yönelik herhangi bir yöntemde, alaşım, işleme sıcaklığındaki işleme veya dövme aşamalarından herhangi birinin herhangi bir sıcaklık aralığında yeniden ısıtılabilir.

20 Sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, bir işleme sıcaklığına yeniden ısıtmak, alaşımı istenen işleme sıcaklığına ısıtmak ve alaşımı 30 dakika ila 6 saat arasında bir sıcaklıkta tutmaktan oluşur. İş parçası, 30 dakika veya daha fazla gibi uzun bir süre boyunca uçların kesilmesi gibi ara havalandırma için ocaktan çıkarıldığında, örneğin, yeniden ısıtmanın, 12 saat gibi 6 saatten fazla bir süreye uzatılabileceği kabul edilecektir, ancak tekniğe tecrübeli bir uygulayıcı, tüm iş parçasının istenen işleme sıcaklığına yeniden ısıtıldığını bilir. Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, bir işleme sıcaklığına yeniden ısıtmak, alaşımı istenen işleme sıcaklığına ısıtmak ve alaşımı 30 dakika ila 12 saat arasında bir sıcaklıkta tutmaktan oluşur.

İkinci işleme sıcaklığında işlendikten (114) sonra, alaşım, yukarıda tarif edildiği gibi son bir işleme aşaması olabilen üçüncü işleme sıcaklığında işlenmiştir (116). Sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, üçüncü sıcaklıktaki işleme (116) radyal dövme içerir.

5 Önceki işleme aşamaları açık uçlu pres dövme işlemlerini kapsadığında, açık uçlu presleme işlemi, 13/ 792,285 sayılı Birleşik Devletler Patent Başvurusunda açıklandığı gibi, iş parçasının merkezi bir bölgesine daha fazla gerginlik kazandırır. Radyal dövme işleminin daha iyi bir nihai boyut kontrol ü
10 sağladığına ve bir alaşım iş parçasının yüzey bölgesinde daha fazla gerilmeye neden olduğu belirtilmektedir, böylece dövülmüş iş parçasının yüzey bölgesindeki gerilmenin, dövülmüş iş parçasının merkez bölgesindeki gerilme ile karşılaştırılabilir olacaktır.

Mevcut açıklamanın bir başka yönüne göre, bir alfa-beta titanyum
15 alaşımında alfa-faz tane boyutunun inceltilmesi yöntemi n n sınırlayıcı olmayan düzenlemeleri bir birinci dövme sıcaklığında bir alfa-beta titanyum alaşımının dövülmesini veya bir birinci dövme sıcaklığı aralığında bir veya daha fazla dövme sıcaklığında bir kereden fazla dövülmesini içerir. Alaşımı birinci dövme
20 sıcaklığında ya da bir veya daha fazla birinci dövme sıcaklığında dövmek, hem yığma dövme hem de kalıp çekme işlemlerinden en az bir tanesini içerir. Birinci dövme sıcaklığı aralığı, beta transusun 300 °F (167 °C) altı ila alaşımın bir beta transus sıcaklığının 30 °F (17 °C) altındaki bir sıcaklığa kadar olan bir sıcaklık
25 aralığını içerir. Alaşımın birinci dövme sıcaklığında dövülmesi ve muhtemel en tavlanmasıdan sonra, alaşım birinci dövme sıcaklığından yavaşça soğutulur.

Alaşım, ikinci dövme sıcaklığında bir veya daha fazla kez veya bir
ikinci dövme sıcaklığında bir veya daha fazla kez ikinci dövme
30 sıcaklığında dövülür. Alaşımın ikinci dövme sıcaklığında dövülmesi, hem yığma dövme hem de kalıp çekme işlemlerinden en az

bir tanesini içerir. İkinci dövme sıcaklığı aralığı beta transusun 600 °F (350 °F) ila 350 °F (194 °C) altındadır.

Alaşım, bir üçüncü dövme sıcaklığında bir veya daha fazla kez veya bir üçüncü dövme sıcaklıklarında bir veya daha fazla kez üçüncü

5 dövme sıcaklığı aralığında dövülür. Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, üçüncü dövme işlemi, üçüncü bir dövme sıcaklığı aralığı içinde bir son dövme işlemidir. Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, alaşımı üçüncü dövme sıcaklığında dövme radyal dövme içerir. Üçüncü dövme sıcaklık aralığı, 1000 °F (538 °C) ve 1400 °F

10 (760 °C) kapsayan bir sıcaklık aralığı içerir ve üçüncü dövme sıcaklığı ikinci dövme sıcaklığından daha düşüktür.

Sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, alaşımı ikinci dövme sıcaklığında dövdükten sonra ve alaşımı üçüncü dövme sıcaklığında dövmeyen önce, alaşım bir veya daha fazla kademeli olarak dördüncü

15 dövme sıcaklıklarında dövülür. Bir veya daha fazla kademeli olarak düşük dördüncü dövme sıcaklıkları ikinci dövme sıcaklığından daha düşüktür. Dördüncü işleme sıcaklıklarının her biri, varsa, hemen önceki dördüncü işleme sıcaklığından daha düşüktür.

Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, yüksek alfa-beta alanı

20 dövme işlemleri, yani birinci dövme sıcaklığında dövme, 15 ila 40 µm arasında bir dizi küresel küresel alfa-faz partikül büyüklüğü ile sonuçlanır. İkinci dövme süreci, beta transus sıcaklığının altında 500 °F (278 °C) ila 350 °F (194 °C) arasında, bir ila üç dövme ve haddel eme gibi çoklu dövme, yeniden ısıtma ve tavlama

25 işlemleri gibi işlemlerle başlar ve ardından beta transus sıcaklığının altında 550 °F ila 400 °F (222 °C) arasında bir ila üç dövme ve haddel eme gibi birden fazla dövme, yeniden ısıtma ve tavlama işlemlerini takip eder. Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, iş parçası herhangi bir dövme adımı arasında ısıtılmış

30 olabilir. Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, ikinci dövme işlemindeki herhangi bir yeniden ısıtma adımı, alaşım, 30 dakika ila 12 saat arasında bir tavlama süresi için, beta transus

sıcaklığının 500 °F(278 °C) ila 250 °F (139 °C) altında **tavlanabilir** ve teknikte uzman bir uygulayıcı tarafından kabul edilebileceği gibi yüksek sıcaklıklar seçileceğinde daha kısa süreler ve düşük sıcaklıklar seçileceğinde uzun süreler **uygulanabilir**. Sınırlayıcı olmayan bir düzenlemede, alaşım, **alfa-beta** titanyum alaşımının beta transus sıcaklığının altında, 600 °F ila (350 ° C) ila 450 °F (250 °C) arasındaki sıcaklıklarda **dövülebilir**. Bu noktada dövme için V kalıpları örneğin bor nitrür veya grafit levhalar gibi yağlama bileşikleri ile birlikte kullanılabılır. Sınırlandırıcı olmayan bir düzenlemede, alaşım ya 1100 °F (593 °C) ila 1400 °F (760 °C) sıcaklıkta gerçekleştirilen 2 ila 6 **indirgeme** arasındaki bir seride veya 2 ila 6 **indirgemenin** çoklu serisinde radyal olarak dövülür ve 1400 °F'den (760 °C) fazla olmayan ve her yeni yeniden ısıtma için 1000 °F'den (538 °C) daha az olmayan sıcaklıklarla tekrar ısıtır.

Aşağıdaki örneklerin, mevcut buluşun kapsamını kısıtlamaksızın, sınırlayıcı olmayan belirli düzenlemeleri daha fazla tarif etmesi **amaçlanmıştır**. **Teknikte** sıradan deneyime sahip kişiler, sadece istemlerde tanımlanan buluş kapsamında, aşağıdaki örneklerin varyasyonlarının mümkün olduğunu takdir edeceklerdir.

ORNEK 1

Ti-6Al-4V alaşımını içeren bir iş parçası, esas olarak küreselleşmiş bir **birincil alfa** mikro yapı oluşturma tekniğine aşına olanlara bilinen yöntemlere göre birinci işleme sıcaklığı aralığında ısıtıldı ve dövüldü. İş parçası daha sonra 18 saat boyunca 1800 °F'lık (982 °C) bir sıcaklığa ısıtıldı; bu, **birinci** dövme sıcaklığı aralığındadır (Şekil 1'de kutu 110'a göre). Daha sonra fırında, saatte -100 °F (-56 °C) veya **dakika**da 1.5 °F (0.8 °C) ile 2 °F (1.1 °C) arasında bir sıcaklıkta 1200 °F'ye (649 °C) kadar yavaşça ve daha sonra **ortam** sıcaklığına kadar **normal** bir şekilde soğutuldu. Dövülmüş ve yavaş soğutulmuş alaşımın mikro

yapısının geri saçılmış elektron (BSE) mikrografları, Şekil 3 ve 4'te sunulmaktadır.

Şekil 3 ve 4'e ait BSE mikrograflarında, alfa-beta fazı alanında nispeten yüksek bir sıcaklıkta dövme işlemi yapıldıktan sonra, yavaş soğutmanın ardından mikro-yapının, beta-fazı ile serpiştirilmiş birincil küresel alfa-faz parçacıkları içerdiği gözlenmiştir. Mikrograflarda, gri gölgeleme seviyeleri, ortalama atomik sayı ile ilişkilidir, dolayısıyla kimyasal bileşim değişkenlerini gösterir ve ayrıca kristal yönelimine bağlı olarak lokal olarak değişir.

Mikrograflardaki açık renkli alanlar, vanadyum açısından zengin beta fazdır. Nispeten yüksek atomik vanadyum sayısına bağlı olarak, beta fazı daha açık gri bir ton olarak ortaya çıkar. Koyu renkli alanlar, küreselleştirilmiş alfa fazdır. Şekil 5, difraksiyon modeli kalitesini gösteren aynı alaşım numunesinin bir elektron geri-saçılmış difraksiyon (EBSD) mikrografıdır. Yine, açık renkli alanlar, bu deneylerde keskin kırınım modelleri sergilediğinden beta-fazdır ve koyu renkli alanlar, daha az keskin kırınım modelleri sergilediği için alfa-fazdır. Alfa-beta fazı alanında nispeten yüksek bir sıcaklıkta bir alfa-beta titanyum alaşımının dövülmesi ve ardından yavaş soğutulmasının, beta-faz ile serpiştirilmiş primer küresel alfa-faz parçacıklarını içeren bir mikro yapıya yol açtığı gözlemlenmiştir.

ORNEK 2

Ornek 1'deki NE benzer yöntem kullanılarak üretilen 10.2 cm (4 ") Ti-6-4 malzeme küpleri şeklinde üretilen iki iş parçası, 1300 °F'ye (704 °C) ısıtılır ve en az 3'lük bir merkez geri ni mi ne ulaşmak üzere yaklaşık 0.1 ila 1/ s'lik gerinme hızlarında işlenen iki hızlı, açık kalıplı çok eksenli dövme işleminden geçirilir. Adiyabatik ısıtmanın bir miktar dağılmasına izin vermek için on beş saniyelik duraklamalar, vuruşlar arasında yapılmıştır.

iş parçaları daha sonra yaklaşık 1 saat boyunca 1450 °F'da (788 °C) tavlannmıştır ve daha sonra yaklaşık 20 dakika **bekletilmek üzere** 1300 °F'da (704 °C) bir fırına taşınmıştır. **Birinci iş parçası ni hayetinde** hava ile soğutulmuştur. İkinci iş parçası, **en az 3'lük**,
5 yani toplamda 6'lık bir merkez gerinimi uygulamak için yaklaşık 0.1 ila 1/ s'lik gerinme hızlarında işlenen iki hızlı (6 ila 8,9 cm (3.5 ") yükseklik) açık çok eksenli dövme kalıbında yeniden dövülmüştür. **Adiyabatik ısıtmanın** bir miktar dağılmasına izin vermek için on beş saniye bekletilmiştir. Şekil 6A ve 6B, işlemden
10 **geçirilmelerinden** sonra sırasıyla birinci ve ikinci numunelerin BSE mikrograflarıdır. **Yine, gri gölgeleme seviyeleri, ortalama atomik sayı ile ilişkilidir,** böylece kimyasal kompozisyon varyasyonlarını ve ayrıca kristal oryantasyonuna göre lokal olarak varyasyonları gösterir. Şekil 6A ve 6B'de gösterilen **bu örnekte,**
15 **açık renkli bölgeler beta fazıdır, koyu renkli bölgeler ise küresel alfa-faz parçacıklarıdır.** **Küresel alfa faz partikül içindeki gri** seviyelerin değişmesi, alt tanelerin ve yeniden kristalize edilmiş tanelerin varlığı gibi kristal oryantasyon değişikliklerini ortaya çıkarır.
20 Şekil 7 ve 8, sırasıyla Örnek 2'nin birinci ve ikinci numunelerinin EBSD mikrograflarıdır. Bu mikrograftaki gri düzeyler, EBSD kırınım **modellerinin kalitesini temsil eder.** Bu EBSD mikrograflarında, ışık alanları **beta-fazlıdır** ve karanlık alanlar alfa-fazdır. **Bu alanlardan bazıları daha karanlık görünür** ve alt yapılarla
25 **gölgelenir: bunlar orijinal ya da birincil alfa parçacıkları içindeki kristalize olmayan, gergin bölgelerdir.** Onlar, bu alfa parçacıklarının çevresinde **çekirdeklenen ve büyüyen küçük, gerinmesiz** yeniden kristalize alfa taneleri tarafından çevrelenmiştir. **En parlak** küçük taneler, alfa parçacıkları arasında serpiştirilmiş yeniden kristalize edilmiş beta taneleridir. Şekil
30 **7 ve 8'deki mikrograflarda, küreleştirilmiş materyalin, Örnek 1'in örneğinki gibi dövülmesiyle, birincil küresel alfa-faz**

partiküllerinin, orijinal veya birincil küresel parçacıklar içinde daha ince alfa-fazlı tanecikler halinde yeniden kristallemeye başladığı görülür.

Şekil 9A, Örnek 2'nin ikinci örneğinin bir EBSD mikrografisidir.

5 Mikrograftaki gri gölgelendirme seviyeleri alfa tane büyüklüklerini temsil eder ve tane sınırlarının gri gölgelendirme seviyeleri onların rota dışı hareketinin göstergesidir. Şekil 9B, belirli tanecik boyutlarına sahip numunedeki göreceli alfa tanecik miktarının bir grafiğidir ve Şekil 9C, numunedeki alfa-fazlı
10 tanecik sınırlarının rota dışı hareket dağılımının bir grafiğidir. Şekil 9B'den görülebileceği gibi, Örnek 1'in küreselleştirilmiş numunesinin dövülmesi ve ardından 1450 °F (788 °C)'de tavlama ve ardından yeniden dövülmesi ile elde edilen alfa-taneciklerinin büyük bir kısmı süper ince, yani 1-5 µm çapındadır ve bunlar genel
15 olarak, bazı tane büyümesine ve arada, statik yeniden kristalizasyon ilerlemesine izin veren 1450 °F (788 °C)'deki tavlamanın hemen ardından örnek 2'nin ilk örneğinden daha incedir.

ORNEK 3

Örnek 1'dekine benzer bir yöntem kullanılarak üretilen 10.2 cm'lik
20 (4 ") bir ATI 425® alaşım malzemesi küpü şeklindeki iki iş parçası, 1300 °F'ye (704 °C) ısıtılmış ve en az 1.5'luk bir merkez gerinimi ne ulaşmak için yaklaşık 0.1 ila 1/ s'lik gerilme hızlarında işlenen oldukça hızlı, açık kalıplı çok eksenli bir dövme işlemi döngüsü (3 vuruş ila 8.9 cm (3.5") yükseklik) ile dövülmüştür. Adiyabatik
25 ısıtmanın bir miktar dağılmasına izin vermek için on beş saniye bekletilmiştir. İş parçaları müteakiben 1 saat 1400 °F (760 °C)'de tavlama ve daha sonra 30 dakika bekletilmek üzere 1300 °F (704 °C)'de bir fırına taşınmıştır. Birinci iş parçası nihayetinde hava ile soğutulmuştur. İkinci iş parçası, en az 1.5'luk bir merkez
30 gerinimi, yani toplamda 3'lük bir merkez gerinimi uygulamak için yaklaşık 0.1 ila 1/ s'lik gerilme hızlarında işlenen oldukça hızlı, açık kalıplı çok eksenli bir dövme işleminin bir döngüsüyle tekrar

dövülmüştür. **Adi** yabatic ısıtmanın bir miktar dağılmasına izin vermek için on beş saniye bekletilmiştir.

Şekil 10A ve 10B, sırasıyla birinci ve ikinci dövülmüş ve tavlanmış numunelerin BSE mikrograflarıdır. **Yi ne, gri göl gel eme sevi yel eri**, ortalama atomik sayı ile ilişkilidir, böylece kimyasal kompozisyon varyasyonlarını ve ayrıca kristal oryantasyonuna göre lokal olarak varyasyonları gösterir. **Şekil 10A ve Şekil 10B'de gösterilen bu** örnekte, açık renkli bölgeler beta fazıdır, koyu renkli bölgeler **i se küresel al fa-faz** parçacıklarıdır. Küreselleştirilmiş **al fa-faz** **partikül ü** içindeki gri seviyelerin değişmesi, alt tanelerin ve yeniden kristalize edilmiş tanelerin varlığı gibi kristal oryantasyon değişikliklerini ortaya çıkarır.

Şekil 11 ve 12, sırasıyla Örnek 3'ün birinci ve ikinci numunelerinin EBSD mikrograflarıdır. **Bu mikrograftaki gri** düzeyler, EBSD kırınım modellerinin kalitesini temsil eder. **Bu EBSD** mikrograflarında, ışıklı **alanlar beta-fazlıdır** ve karanlık alanlar **al fa-fazdır**. Bu alanlardan bazıları daha karanlık görünür ve alt yapılarla gölgelenir: bunlar orijinal ya da birincil alfa parçacıkları içindeki kristalize olmayan, gergin bölgelerdir. Onlar, bu alfa parçacıklarının çevresinde çekirdeklenen ve büyüyen küçük, gerilmesiz yeniden kristalize alfa taneleri tarafından çevrelenmiştir. En hafif küçük taneler, alfa parçacıkları arasınaa serpiştirilmiş yeniden kristalize edilmiş beta taneleridir. **Şekil 11 ve 12'deki mikrograflarda, küreleştirilmiş materyalin, Örnek 1'in numunesi gibi dövülmesi ile, birincil küresel alfa-faz partiküllerinin, orijinal veya birincil küresel parçacıklar içinde daha ince alfa-fazlı tanecikler halinde yeniden kristalleşmeye başladığı görülür.**

Şekil 13A, Örnek 3'ün ilk numunesinin bir EBSD mikrografıdır. **Gri göl gel eme sevi yel eri** mikrografta alfa tane büyüklüklerini temsil eder ve tane sınırlarının gri gölgelendirme seviyeleri onların rota dışı hareketinin **göstergesi**dir. **Şekil 13B**, belirli

tane boyutlarına sahip numunedeki göreceli alfa tanecik miktarının bir grafiğidir ve şekil 13C, numunedeki alfa-fazlı tanecik sınırlarının rota dışı hareket dağılımının bir çizimidir. Şekil 13B'den görülebileceği gibi, Örnek 1'in küreselleştirilmiş numunesinin dövülmesi ve ardından 1400 °F (760 °C)'de tavllanması ile elde edilen alfa tanecikleri, yeniden kristalize edilirler ve tavlama sırasında yeniden çoğalırlar, bu da çoğu tanenin ince, yani 5-15 µm çapında olduğu geniş bir alfa tane boyutu dağılımı ile sonuçlanır.

şekil 14A, Örnek 3'ün ikinci numunesinin bir EBSD mikrografisidir. Mikrograftaki gri gölgelendirme seviyeleri alfa tane büyüklüklerini temsil eder ve tane sınırlarının gri gölgelendirme seviyeleri onların rota dışı hareketinin göstergesidir. Şekil 14B, numunedeki belirli tanecik boyutlarına sahip olan göreceli alfa tanecik miktarının bir grafiğidir ve Şekil 14C, numunedeki alfa-fazlı tanecik sınırlarının rota dışı hareket dağılımının bir çizimidir. Şekil 14B'den de görülebileceği gibi, Örnek 1'in küreleştirilmiş numunesinin dövülmesi ve daha sonra 1400 °F (760 °C)'de tavllanması ve yeniden dövülmesi üzerine elde edilen alfa tanelerinin büyük bir miktarı yine süper ince, yani 1-5 µm çapındadır. Daha küçük olan kristalize olmayan taneler, tavlama sırasında en çok büyüyen tanelerin kalıntılarıdır. Tavlama süresinin ve sıcaklığının tam olarak faydalı olması için dikkatlice seçilmesi gerektiğini, yani aşırı tanecik büyümesi olmadan yeniden kristalize edilmiş fraksiyonda bir artışa izin verileceğini göstermektedir.

ÖRNEK 4

Örnek 1'e benzer bir yöntem kullanılarak üretilen 25.5 cm (10") çapındaki bir Ti-6-4 malzeme iş parçası, ayrıca 1450 °F (1388 °C) ve 1300 °F (704 °C) arasındaki sıcaklıklarda gerçekleştirilen dört dövme ve haddelendirme işlemi ile ilk olarak bir dizinin haddelenmesi ile ayrıştırılarak ve 1450 °F'de (788 °C) 19.1 cm (7.5") çapa kadar tekrar ısıtılarak dövülür, daha sonra ikinci, iki benzer

dövme ve haddel eme di zi si , yaklaşık %20'si 1450 °F (788 °C)'de yapılmış ve 1300 °F (704 °C)'de 19.1 cm (7.5 ") çapa geri haddelenmiştir, daha sonra üçüncü, 1300 °F (704 °C)'de 14 cm (5.5 ") çapa kadar haddelenir, daha sonra dördüncü, iki benzer dövme ve haddel eme di zi si , yaklaşık %20 dövme oranında 1400 °F (760 °C)'de yapılmış ve 1300 °F (704 °C)' de 12.7 cm (5.0 ") çapa haddelenmiştir ve sonunda 1300 °F(704 °C)'de 10.2 cm'ye (4") haddelenir.

Şekil 15, elde edilen alaşımın bir BSE mikrofrafisidir. Yi ne, gri gölgeleme seviyeleri, ortalama atomik sayı ile ilişkilidir, böylece kimyasal kompozisyon varyasyonlarını ve ayrıca kristal oryantasyonuna göre lokal olarak varyasyonları gösterir. Ornekte, açık renkli bölgeler beta fazdır ve koyu renkli bölgeler küresel alfa-faz parçacıklarıdır. Küreselleştirilmiş alfa-fazlı partiküller içindeki gri gölgeleme düzeylerinin değiştirilmesi, alt parçacıkların varlığı ve yeniden kristalize edilmiş taneler gibi kristal oryantasyon değişikliklerini ortaya çıkarır.

Şekil 16, Örnek 4'ün numunesinin bir EBSD mikrofrafisidir. Bu mikrofraftaki gri düzeyler, EBSD kırınım modellerinin kalitesini temsil eder. Şekil 16'nın mikrofrafında, Örnek 1'in küreselleştirilmiş örneğinin dövülmesiyle, birincil küresel alfa-fazlı partiküllerin, orijinal veya birincil küresel parçacıklar içinde daha ince alfa-fazlı tanecikler halinde yeniden kristalleştiğini görürüz. Yeni den kristalizasyon transformasyonu hemen hemen tamamlanmış olup, sadece geriye kalan birkaç kristalleşmemiş alan görülebilir.

Şekil 17A, Örnek 4'ün örneğinin bir EBSD mikrofrafisidir. Bu mikrofraftaki gri gölgeleme seviyeleri tane boyutlarını temsil eder ve tane sınırlarının gri gölgelendirme seviyeleri, onların rota dışı hareketini gösterir. Şekil 17B, belirli tane büyüklüklerine sahip olan tanelerin nispi konsantrasyonunu gösteren bir çizimdir ve Şekil 17C, alfa-fazlı tane sınırlarının rota dışı hareket dağılımının bir grafiğidir. Şekil 17B'den anlaşılabilceği gibi,

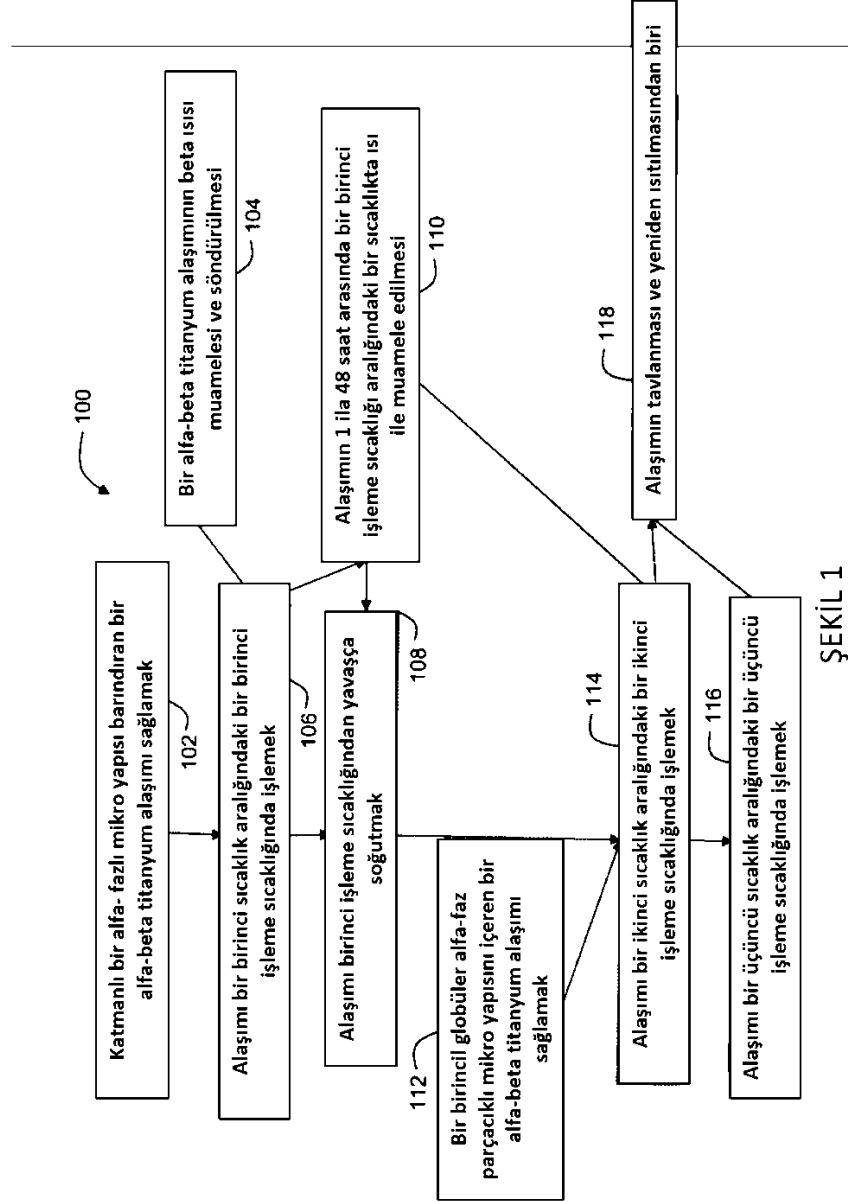
örnek 1'in küreselleştirilmiş numunesini dövdükten ve ek olarak 1450 °F (788 °C) ile 1300 °F (704 °C) arasındaki sıcaklıkta 4 dövme ve haddeleme işlemini yaptıktan sonra, alfa-fazlı taneleri süper ince hale gelir (1 µm ila 5 µm çap).

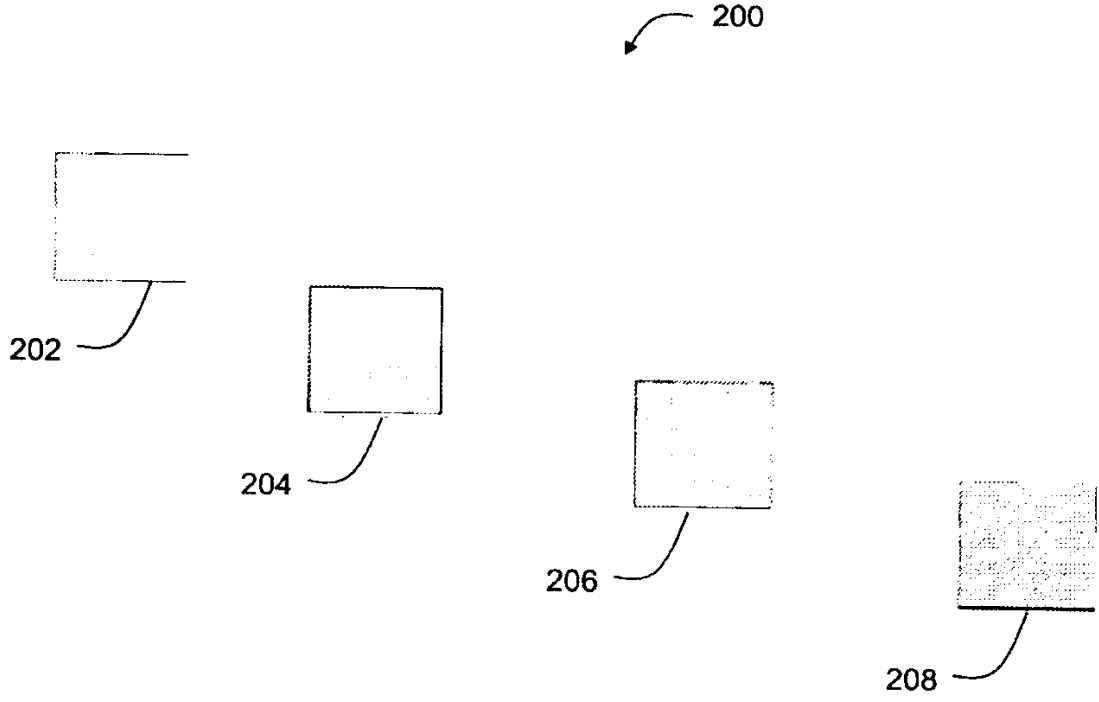
5 ORNEK 5

Beta alanında gerçekleştirilen bazı dövme işlemlerinden sonra tam ölçekli bir Ti-6-4 parçası söndürülmüştür. Bu iş parçası, toplamda 5 farklı şekilde dövülmüş ve aşağıdaki yaklaşımla çizilmiştir: Katmanlı bozunum ve küreselleşme sürecini başlatmak için birinci sıcaklık aralığında ilk iki dövme ve haddeleme işlemleri yapılmış, boyutu yaklaşık 56 cm (22 ") ila yaklaşık 81 cm (32 ") aralığında ve yükseklik veya uzunluğu yaklaşık 102 cm (40") ila 190 cm (75 ") aralığında tutulmuştur. Daha sonra, Örnek 1'in numunesine benzer bir mikro yapı elde etme amacı ile 6 saat boyunca 1750 °F'da (954 °C) tavllanmış ve fırında -100 °F (-56 °C)/ saat ile 1400 °F'a (760 °C) soğutulmuştur. Daha sonra 2 dövme ve haddeleme ve 1400 °F (760 °C) ila 1350 °F (732 °C) arasında bir sıcaklıkta yeniden ısıtma ile dövülmüş, boyutunu yaklaşık 56 cm (22") ila yaklaşık 81 cm (32 ") aralığında, uzunluğu veya yüksekliği ise yaklaşık 102 cm(40") ila 190 cm (75") arasında tutulmuştur. Daha sonra, 1300 ° F (704 ° C) ve 1400 ° F (760 ° C) arasındaki yeniden ısıtmalar ile, yaklaşık 51 cm (20") ila yaklaşık 76 cm (30") arasında bir büyüklükte ve yaklaşık 102 cm (40 ") ila 178 cm (70") bir uzunluk veya yükseklik aralığında başka dövme ve haddeleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra yaklaşık 36 cm (14 ") çapa kadar haddel emel er gerçekleştirilmiş, 1300 °F (704 °C) ve 1400 °F (760 °C) arasında yeniden ısıtma yapılmıştır. Bu, bazı V-kalıp dövme adımlarını içermektedir. Son olarak parça, 1300 °F (704 °C) ila 1400 °F (760 °C) arasında bir sıcaklıkta yaklaşık 25.5 cm (10 ") çapa kadar radyal olarak dövülmüştür. Bu süreç boyunca, çatlak yayılmasını önlemek için ara havalandırma ve uç kesme adımları eklenmiştir.

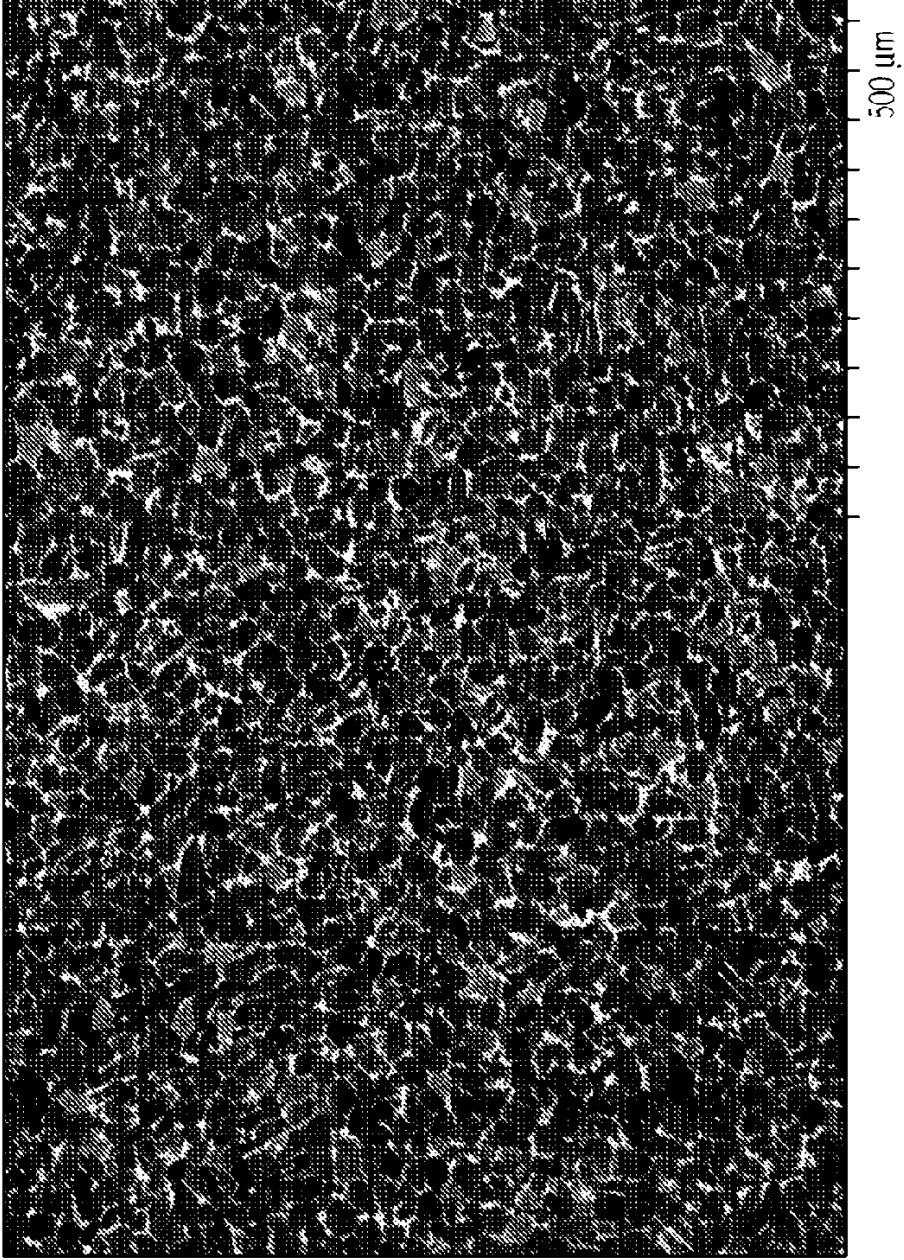
şekil 18, nihai numunenin bir EBSD mikrografisidir. Bu mikrograftaki gri gölgeleme seviyeleri, EBSD kırınım modellerinin kalitesini temsil eder. Şekil 18'in mikrografında görülebileceği gibi, ilk önce yüksek alfa-beta alanında dövme işlemi gerçekleştirilmesi ve yavaş soğutulması ile daha sonrasında alfa-beta alanında, birincil küresel alfa-faz partikülleri, orijinal veya birincil küresel partiküller içinde daha ince alfa-fazlı tanecikler halinde yeniden kristalleşmeye başlar. İlgili sıcaklık aralığında bu dört dövme ve çekme işleminin sürdürüldüğü Örnek 3'e karşın düşük alfa-beta alanında sadece üç dövme ve haddeleme işlemi yapılmıştır. Mevcut durumda, bu, daha düşük yeniden kristalleşme fraksiyonu ile sonuçlandı. Başka bir dövme ve haddeleme dizisi, mikro yapıyı, Örnek 3'ünkine çok benzer bir hale getirecektir. Ayrıca, alfa-beta dizilerini düşük dövme ve haddel emeleri (Şekil 1'deki kutu 118) sırasındaki bir ara tavlama, yeniden kristalize edilmiş fraksiyonu geliştirecektir.

Şekil 19A, Örnek 5'in örneğinin bir EBSD mikrografisidir. Bu mikrograftaki gri gölgeleme seviyeleri tane boyutlarını temsil eder ve tane sınırlarının gri gölgelendirme seviyeleri, onların rota dışı hareketini gösterir. Şekil 19B, belirli tane büyüklüklerine sahip olan tanelerin nispi konsantrasyonunun bir çizimidir ve Şekil 19C, alfa-fazlı taneciklerin oryantasyonunun bir grafiğidir. Şekil 19B'den görülebileceği gibi, örnek 1'in küreselleştirilmiş numunesinin dövülmesi nden sonra, 5 ek dövme ve haddel eme işlemi ve bir tavlama, 1750 °F (954 °C) ila 1300 °F (704 °C)'de gerçekleştirilmiş, alfa-fazlı tanecikler ince (5 µm ila 15 µm çap) ila süper ince (1 µm ila 5 µm çap) olarak kabul edilmiştir.

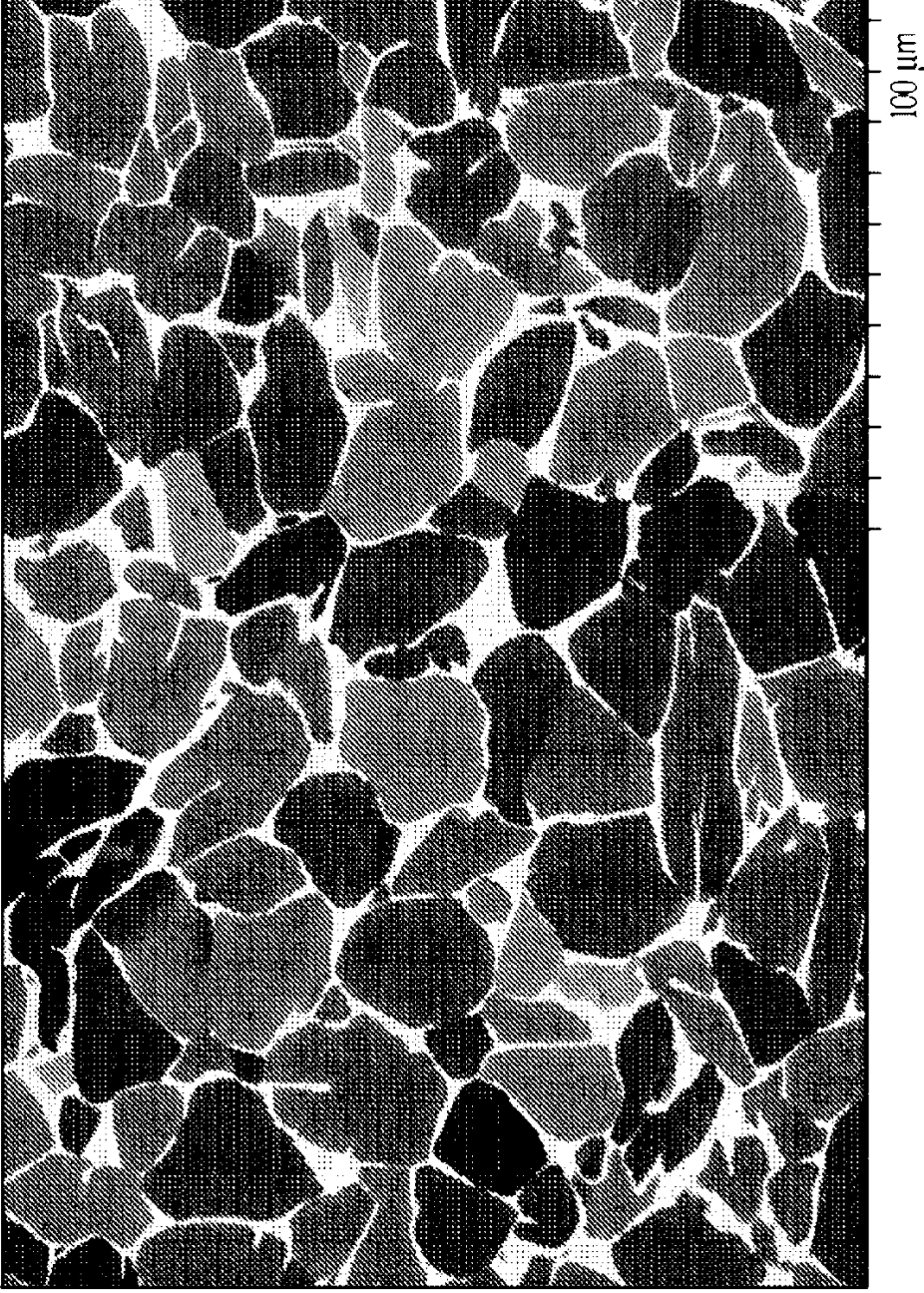




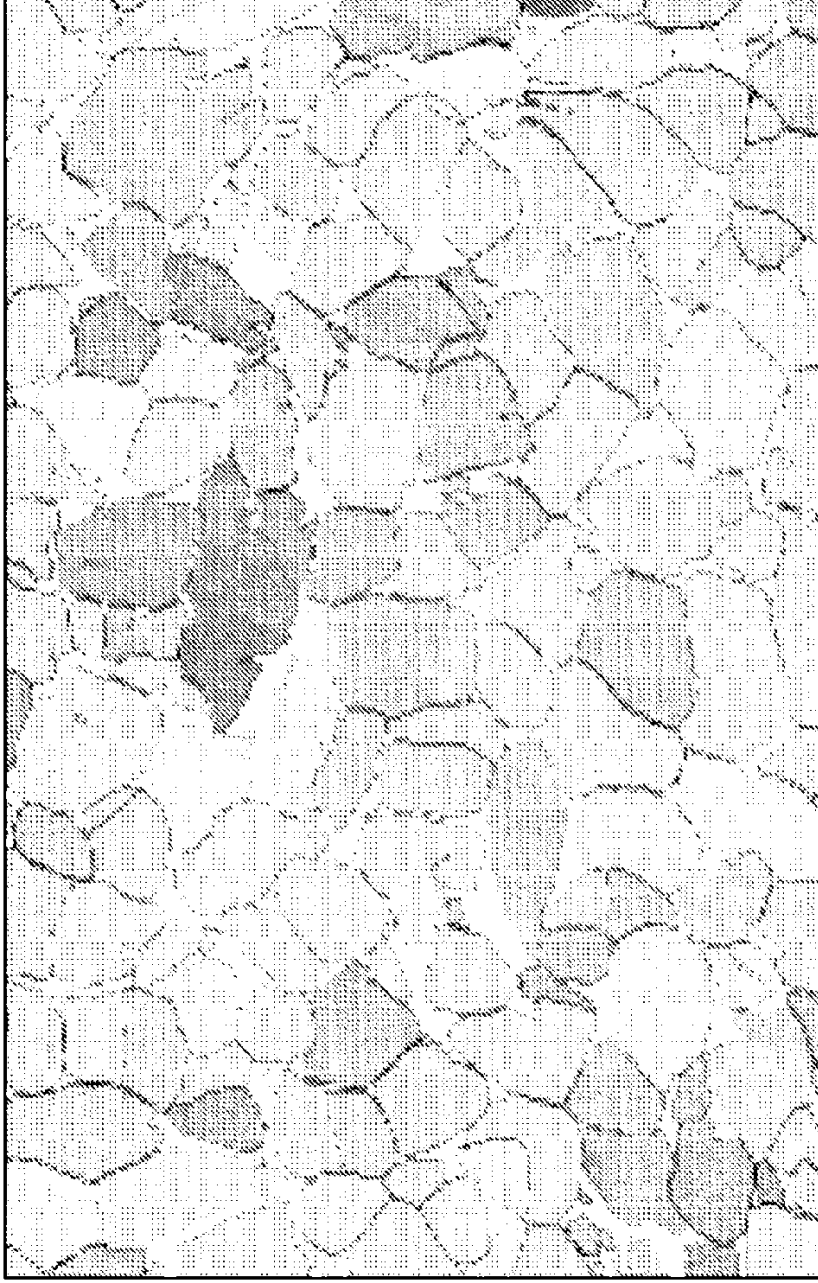
ŞEKİL 2



ŞEKİL 3

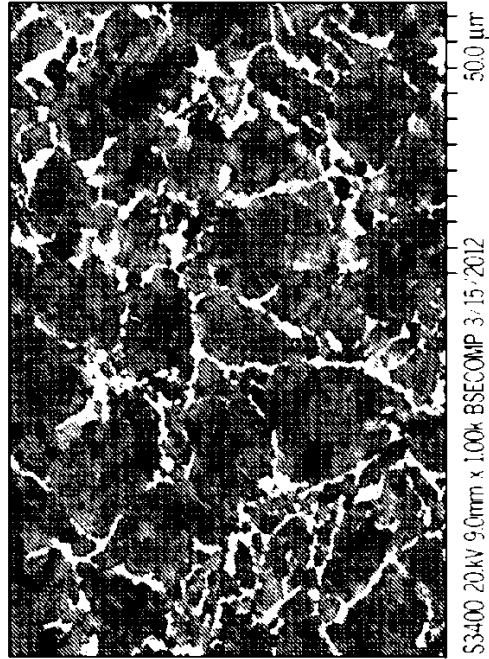


ŞEKİL 4

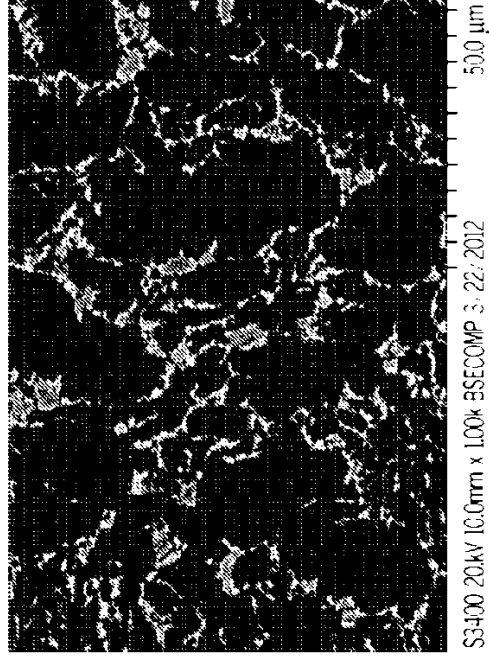


— =100 μm ; desen kalitesi; Adım=1 μm ; Grid 300x200

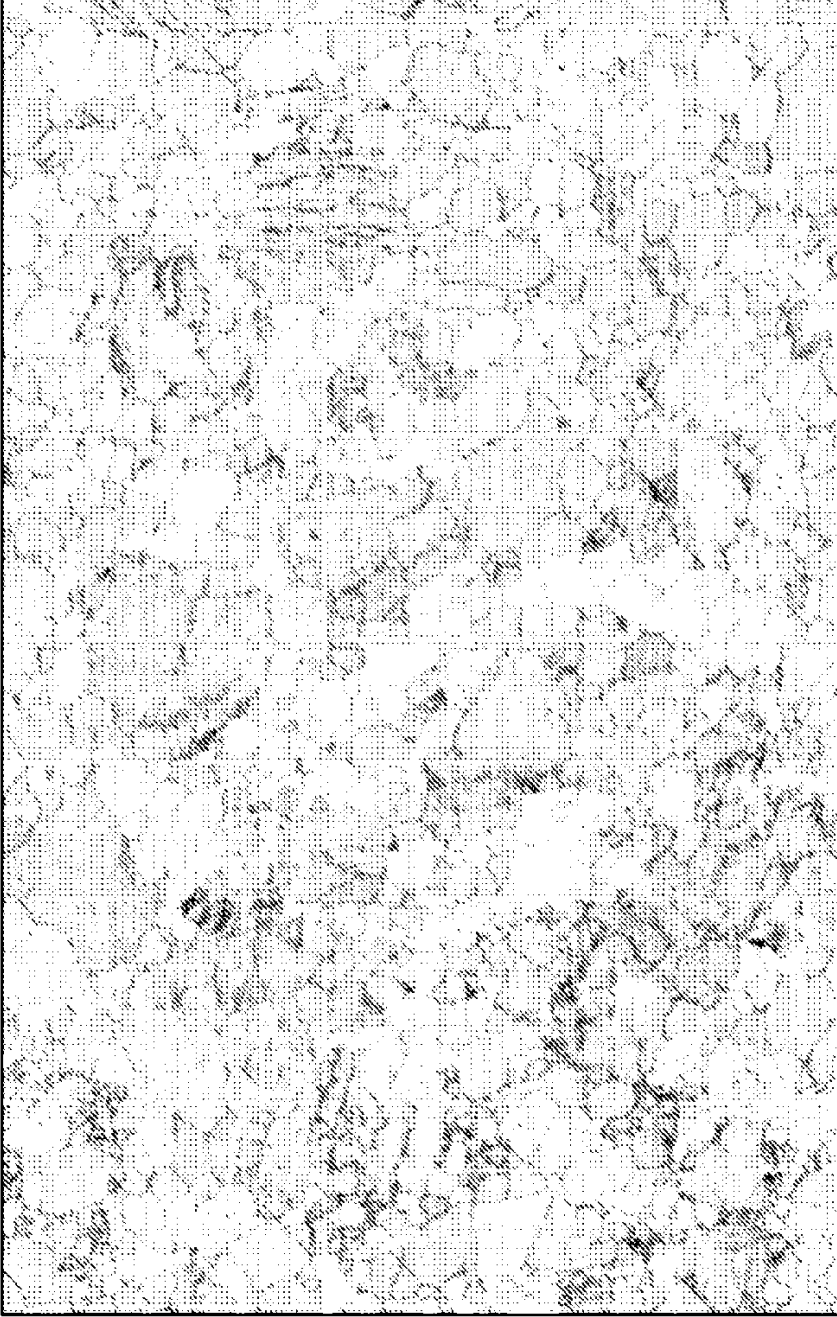
ŞEKİL 5



ŞEKİL 6A

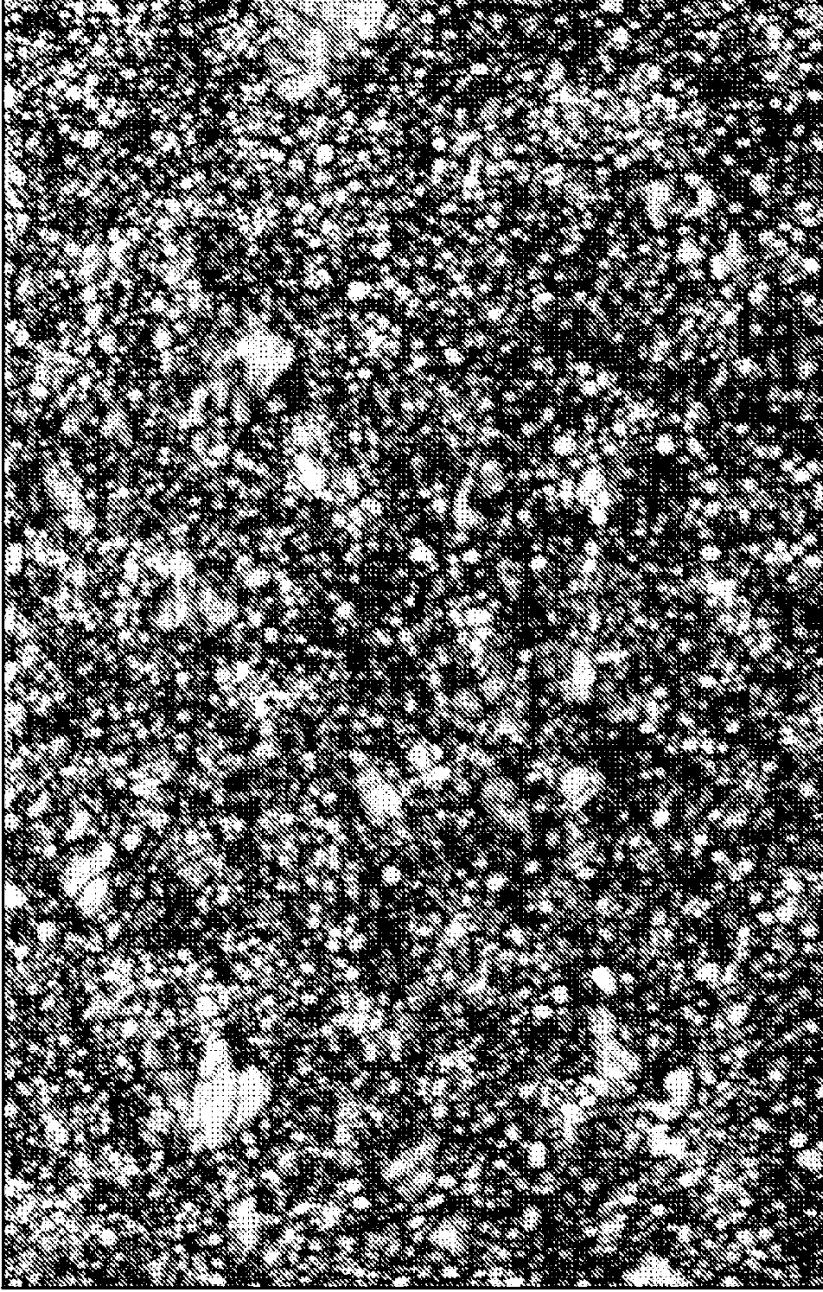


ŞEKİL 6B



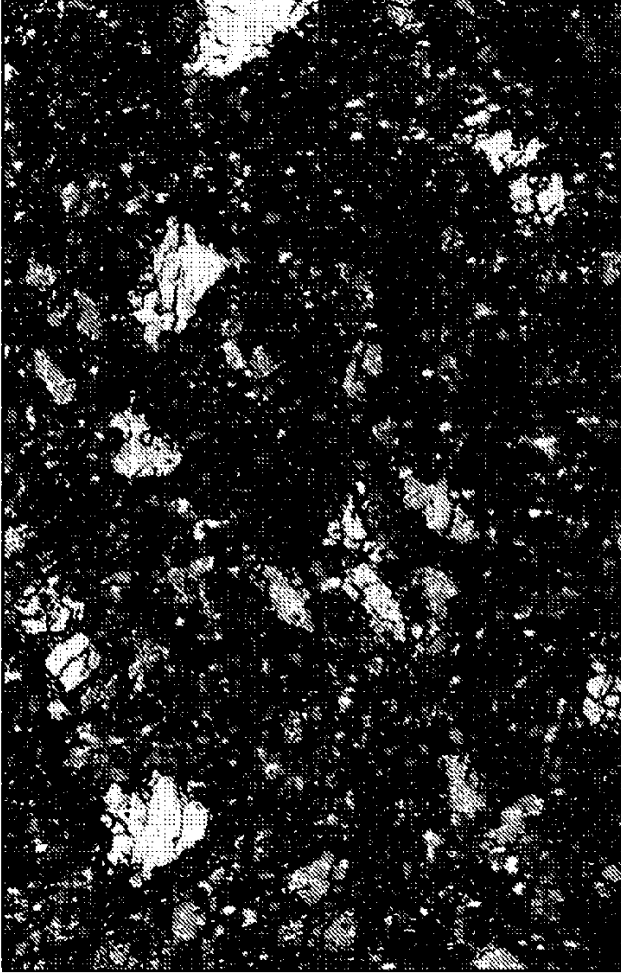
— =50 μm ; desen kalitesi; Adm=0.25 μm ; Grid 600x400

ŞEKİL 7

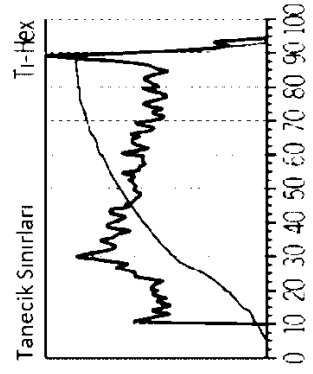


=50 μm ; desen kalitesi; Adm=0.25 μm ; Grid 600x400

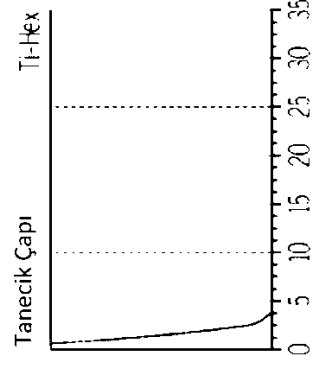
ŞEKİL 8



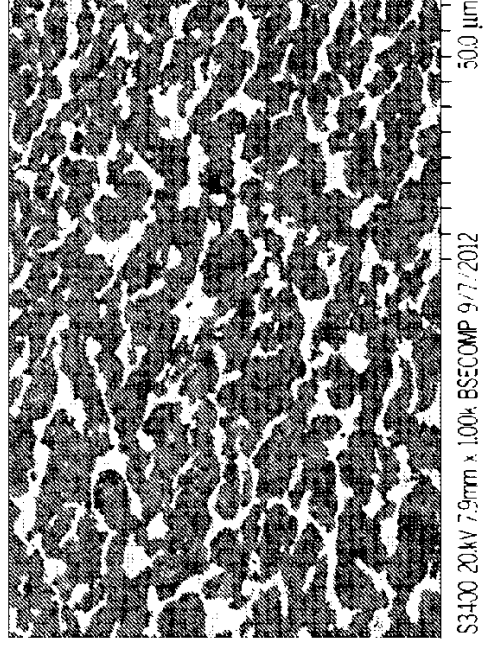
ŞEKİL 9A



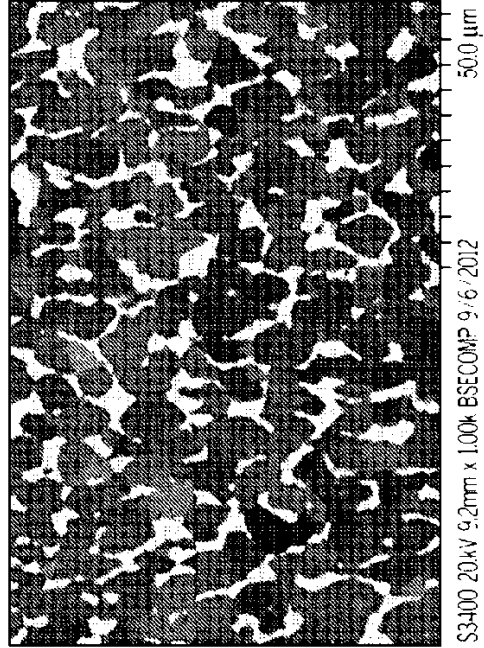
ŞEKİL 9B



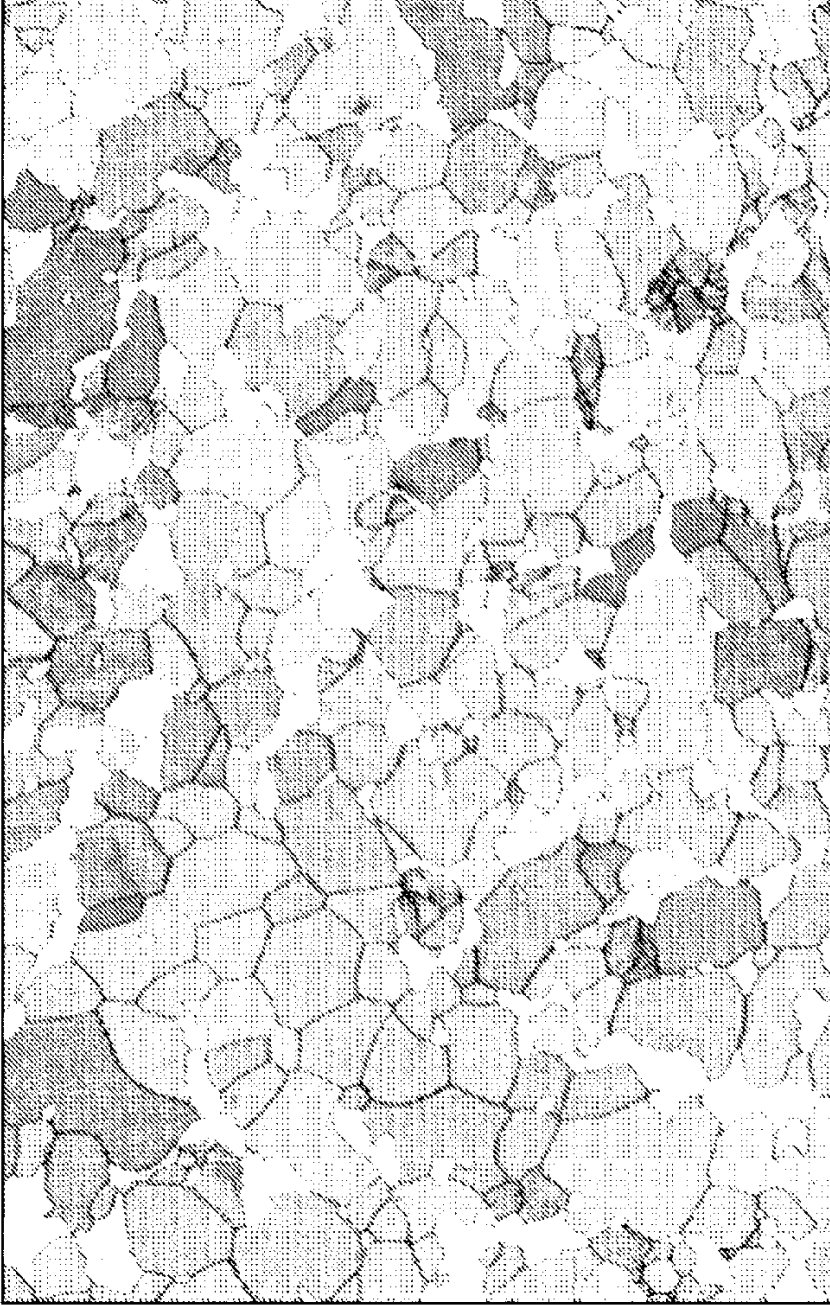
ŞEKİL 9C



ŞEKİL 10B

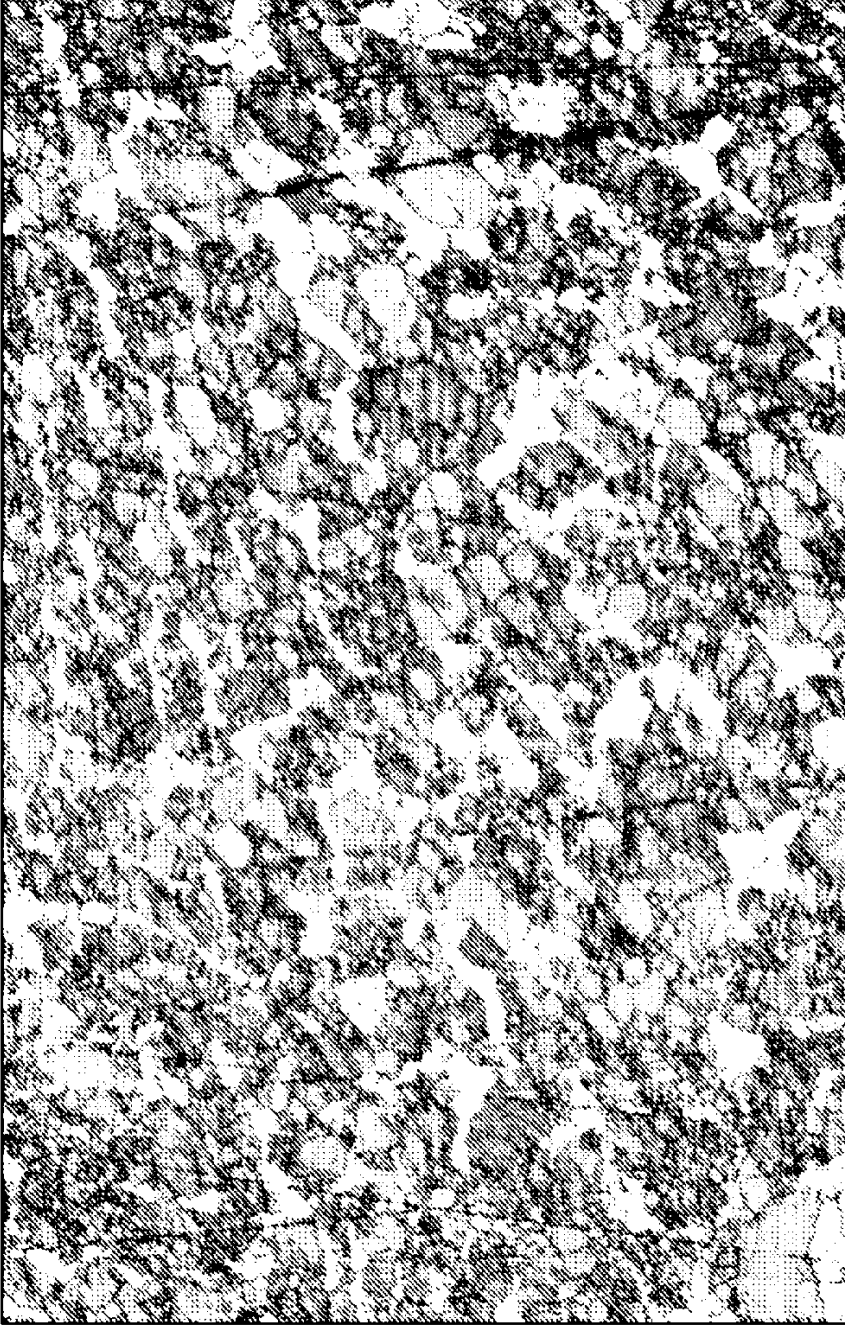


ŞEKİL 10A



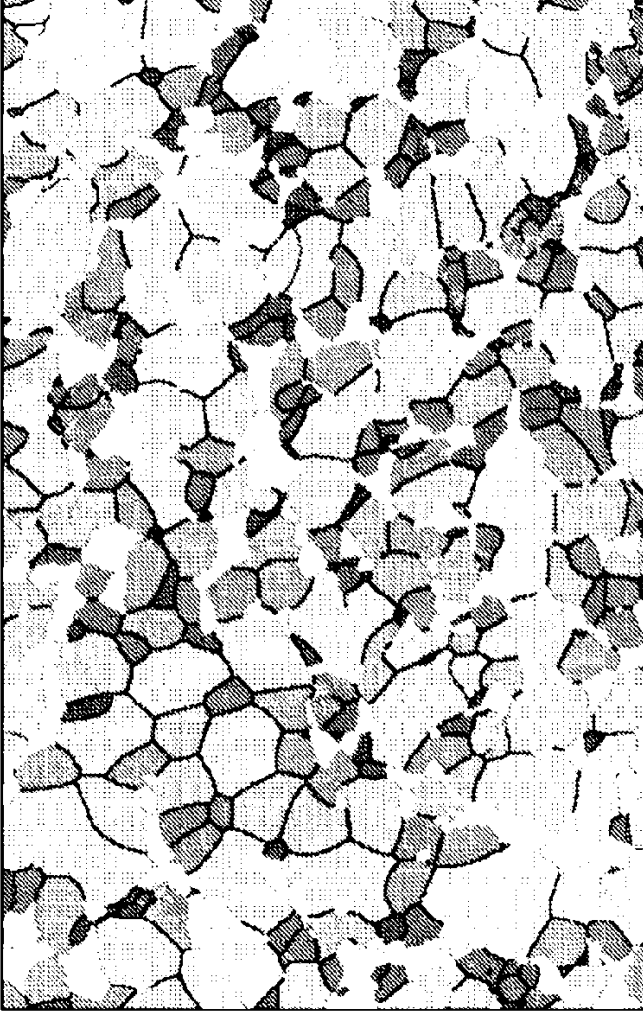
=50 μm ; desen kalitesi; Adım=0.25 μm ; Grid 600x400

ŞEKİL 11



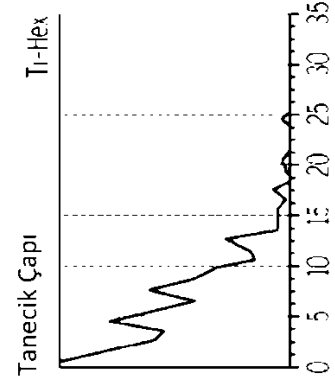
— =50 μm ; desen kalitesi; Adım=0.25 μm ; Grid 600x400

ŞEKİL 12

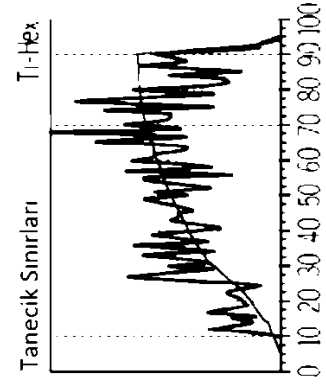


=50 μm ; Tanecik Çapı – Ti-Hex; Adım=0.25 μm ; Grid 600x400

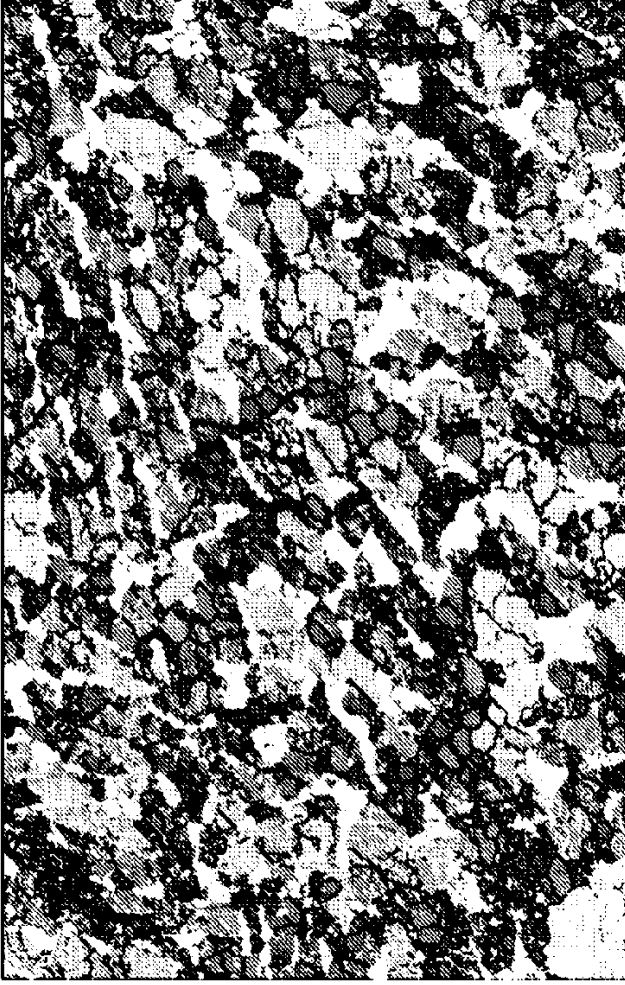
ŞEKİL 13A



ŞEKİL 13B

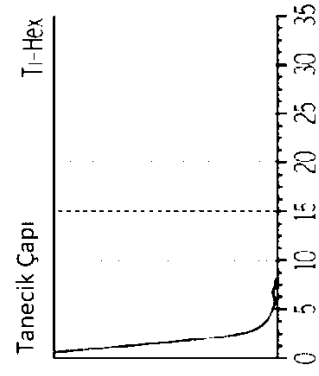


ŞEKİL 13C

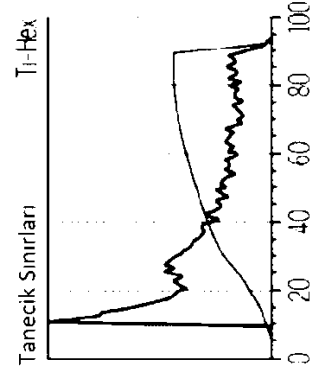


=50 μm ; Tanecik Çapı – Ti-Hex; Adım=0.25 μm ; Grid 600x400

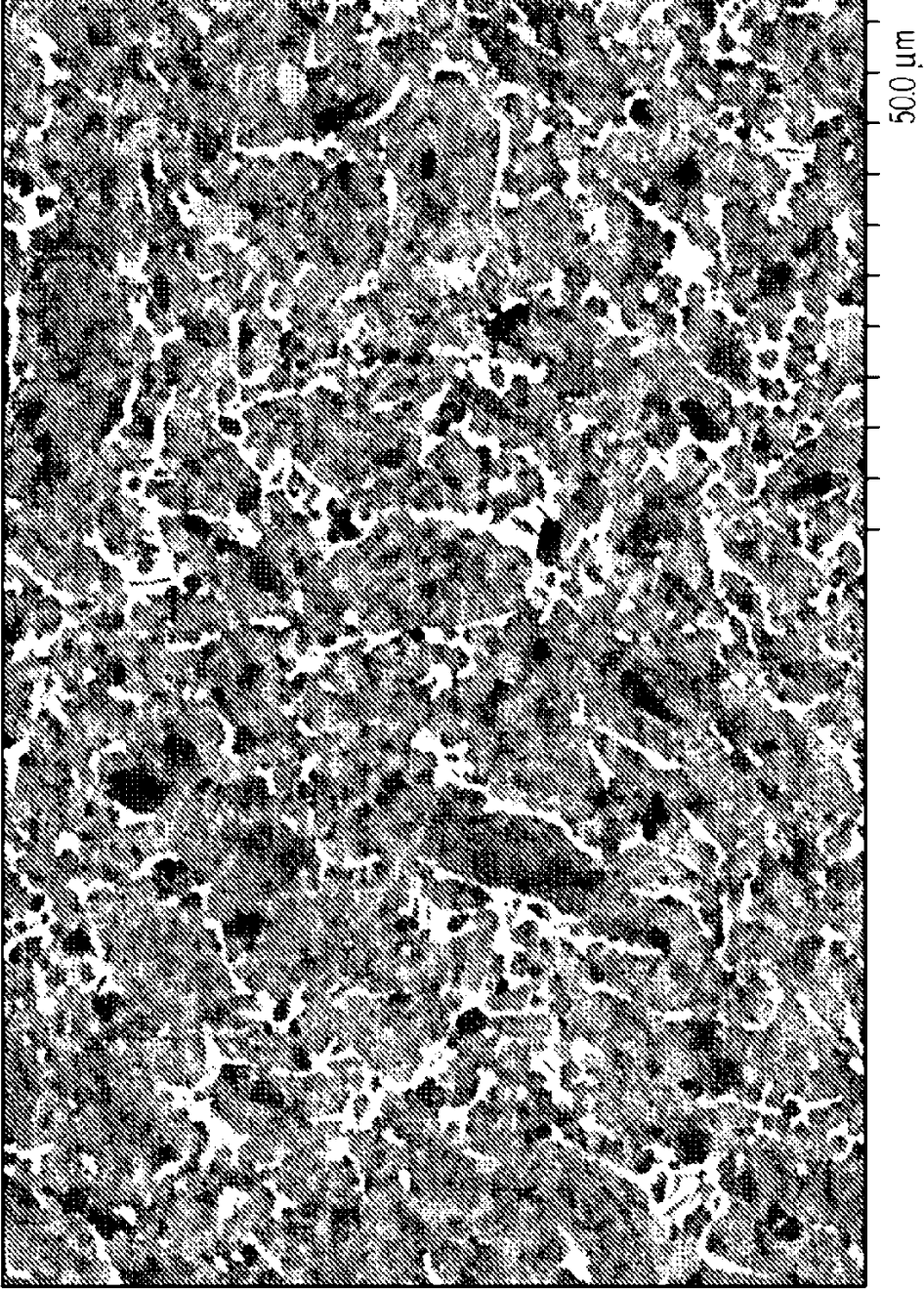
ŞEKİL 14A



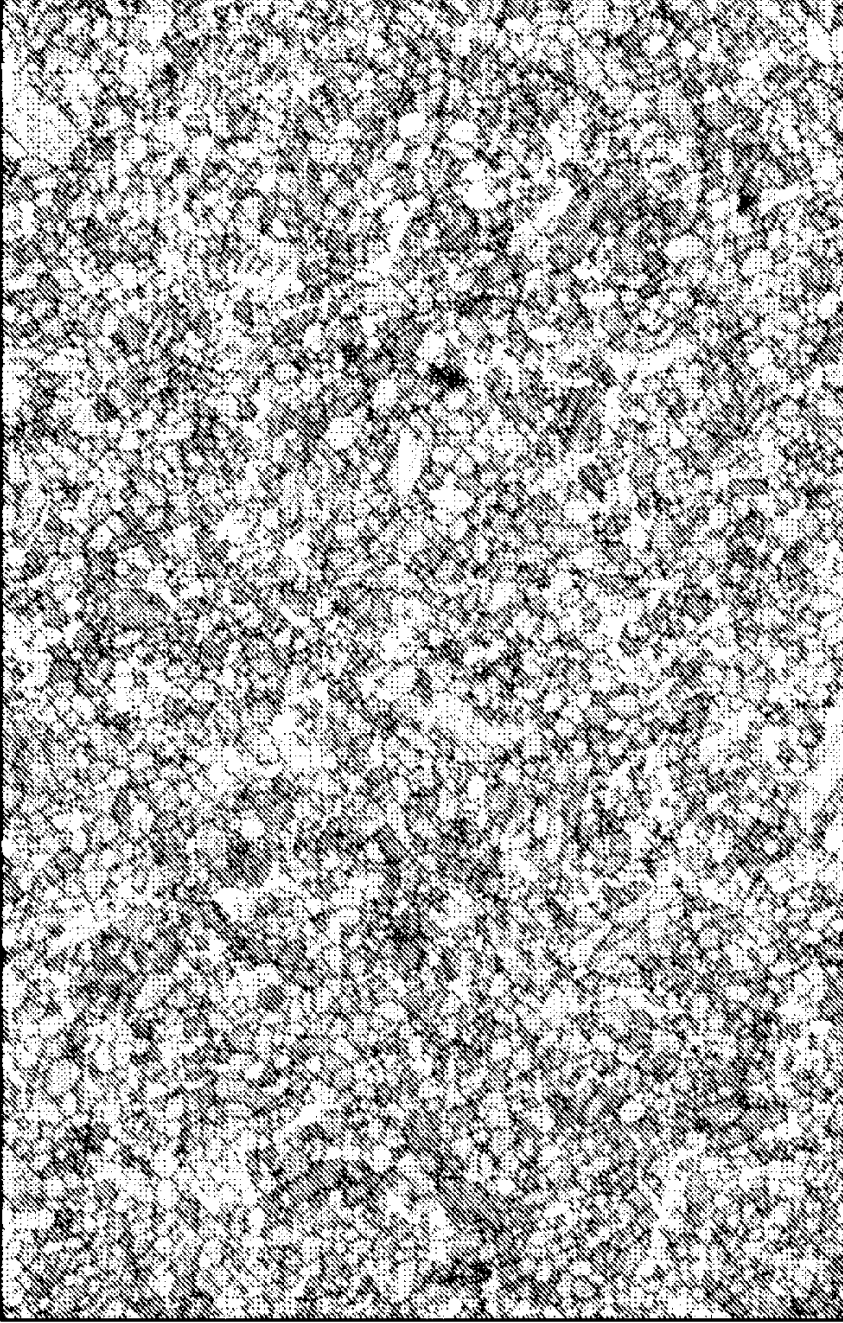
ŞEKİL 14B



ŞEKİL 14C

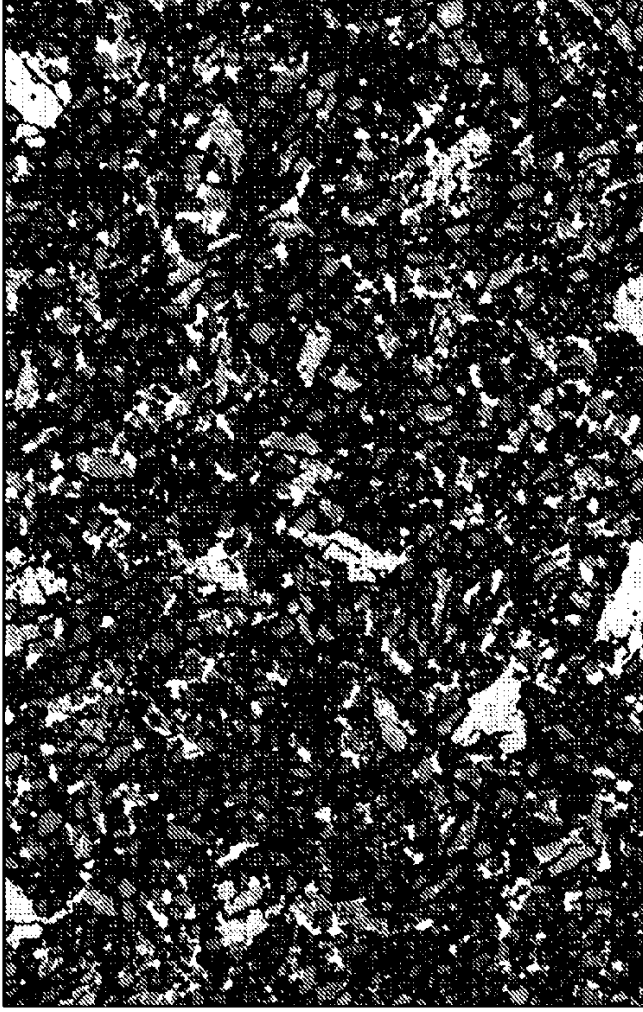


ŞEKİL 15



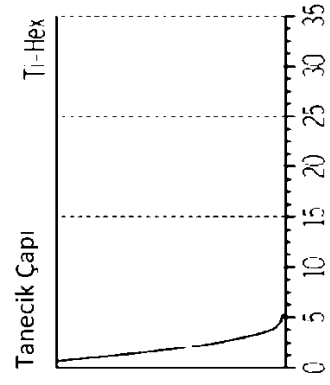
— 50 μm

ŞEKİL 16

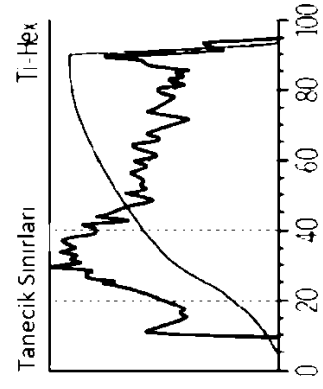


50 μm

ŞEKİL 17A



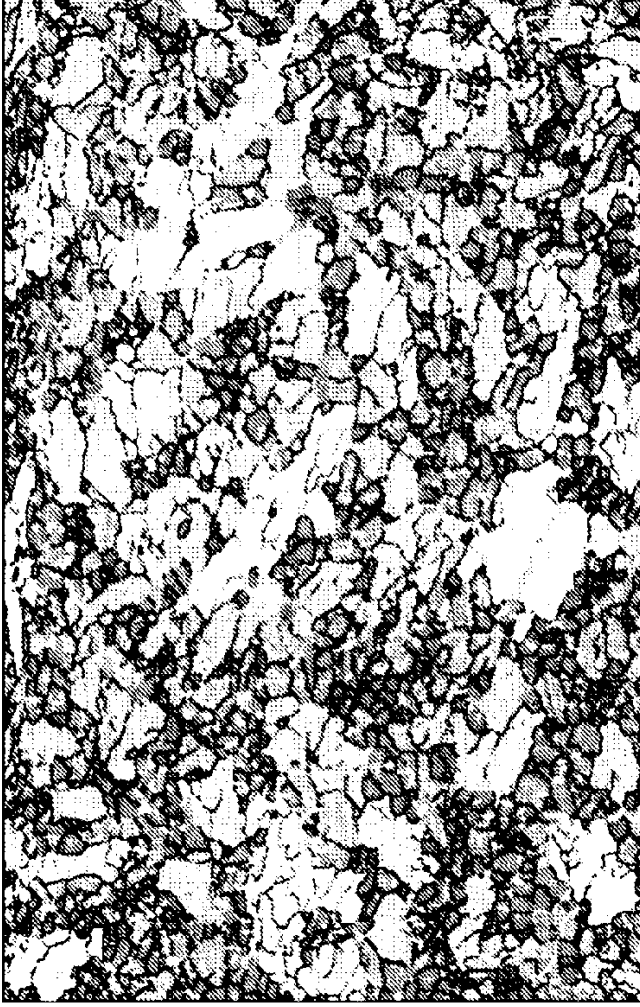
ŞEKİL 17B



ŞEKİL 17C

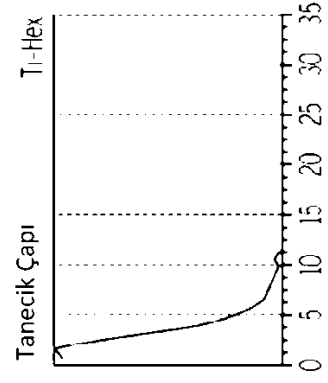


ŞEKİL 18

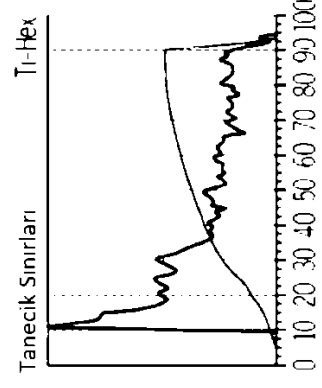


50 μm

ŞEKİL 19A



ŞEKİL 19B



ŞEKİL 19C