

SIKIŞTIRMA DÖKÜM YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN Ti-B İLAVELİ ZA-12 ALAŞIMININ ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Bahri ÇAĞLAR, Can KURNAZ

Özet - ZA alaşımları günümüzde bir çok alanda bazı Al alaşımları, dökme demir, pirinç ve bronz gibi diğer konvansiyonel döküm alaşımlarının yerine kullanılmaktadır. Bunun sebebi olarak ZA alaşımlarının iyi dökülebilirliğe, yüksek mukavemete ve iyi aşınma özelliklerine sahip olması ve mukavemet/ağırlık oranının yüksek olması gösterilebilir. Bu alaşımların üstün mekanik özelliklerinin yanında sundukları en önemli avantajları hemen hemen bilinen bütün döküm yöntemleri ile başarılı bir şekilde dökülebilmeleridir.

Bu çalışmada; ZA-12 alaşımına Ti-B (Titanyum bor) alaşım elementinin etkisi incelenmiştir. Saf ZA-12 ve Ti-B katkılı ZA-12 alaşımlarının metalografik çalışmaları yapılmış, çekme (sıcak çekme, ısıtma işlem sonrası çekme), sertlik (Brinell sertlik, Vickers sertlik) gibi mekanik özellikleri incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlardan; alaşımlardaki (saf ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımları) % Ti-B oranının artışının mekanik özellikleri (sertlik, çekme) artırdığı, ısıtma işlem süresi artışının da mekanik özellikleri düşürdüğü görülmüştür. Ayrıca ısıtma işlem görmemiş numunelerin çekme gerilmelerinin ısıtma işlem görmüş numunelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler - Sıkıştırma döküm, Çinko-Alüminyum alaşımları, sertlik, çekme gerilmesi, Hall-Petch eşitliği

Abstract - At present, ZA alloys are used in many areas/applications instead of conventional casting alloys such as Al alloys, brass, bronze and cast iron alloys. This is reason that ZA alloys have good cast ability, high strength; good wear resistance and high ratio of strength to weight. The most important advantage of ZA alloys, in addition to its superior mechanical properties, is to be cast by all of common casting methods.

B. Çağlar; Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Adapazarı
C.Kurnaz; Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Adapazarı

In this study, it was investigated the effect of Ti-B alloying elements on ZA-12 alloy. Metallographic studies of pure ZA-12 and ZA-12 with Ti-B additives were carried out and their mechanical properties, such as tensile strength and hardness, were studied.

It was seen from the experimental result that in creasing in quantity of Ti-B in ZA-12 alloys increased mechanical properties (hardness and tensile strength) and increasing of heat-treatment time decreased mechanical properties. It was also concluded that the tensile strength of heat-treated samples was lower than that of non-heat-treated samples.

Keywords - Squeeze Casting, Zn-Al Alloys, Hardness, Hall-Petch Equality.

I.GİRİŞ

Genel olarak çinko çelik yüzeylerini korozyondan korumak için galvanizlemede kullanılmaktadır. 1920'li yıllardan sonra Zamak olarak adlandırılan çinko döküm alaşımları kullanılmaya başlanmıştır[1]. 1960'lı yıllardan sonra ise ZA alaşımları olarak adlandırılan ZA-8, ZA-12 ve ZA-27 alaşımları Kuzey Amerika'da geliştirilmiştir. Son yıllarda bu alaşımların kullanım alanları gittikçe artmaktadır[2,3].

ZA alaşımları günümüzde bir çok alanda bazı Al alaşımları, dökme demir, pirinç ve bronz gibi diğer konvansiyonel döküm alaşımlarının yerine kullanılmaktadır. Bunun sebebi olarak ZA alaşımlarının iyi dökülebilirliğe, yüksek mukavemete ve iyi aşınma özelliklerine sahip olması ve mukavemet/ağırlık oranının yüksek olması gösterilebilir. Bu alaşımların üstün mekanik özelliklerinin yanında sundukları en önemli avantajları hemen hemen bilinen bütün döküm yöntemleri ile başarılı bir şekilde dökülebilmeleridir[4,5].

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

II. 1. ZA-12 Alaşımının Hazırlanması

Alaşımlar ticari saflıkta Zn (% 99,99), Al (%99,98), saf Cu ve saf Mg kullanılarak elektrikli direnç fırınında grafit potada eritilip, metal kalıplara külçe halinde dökülmüştür. 10 kg'lık şarj halinde, döküm sıcaklığı 600°C olacak

şekilde dökülen bu alaşıma kimyasal (yaş) analiz yapılmış ve ağırlıkça % bileşimi;

- ZA-12: % 11,5 Al, % 1,1 Cu ve % 0,02 Mg ve kalan Zn olarak bulunmuştur.

Külçe halinde hazırlanan ZA-12 alaşımına, farklı oranlarda Ti-B (Titanyum-Bor) ilave edilerek sıkıştırma döküm cihazında 10 tonluk kuvvet altında, sıkıştırma yöntemi ile döküm yapılmıştır. Eklenen Ti-B bileşimi; % 94 Al, % 5 Ti, % 1 B'dur. 5 farklı oranda Ti-B eklenerek döküm yapılmıştır sırasıyla;

1. Döküm: % 0 Ti-B, %100 ZA-12
2. Döküm: % 1 Ti-B, % 99 ZA-12
3. Döküm: % 2 Ti-B, % 98 ZA-12
4. Döküm: % 4 Ti-B, % 96 ZA-12
5. Döküm: % 8 Ti-B, % 92 ZA-12

II. 2. Metalografik İnceleme

Üretilen malzemelerden metalografik inceleme için uygun numuneler seçilmiştir. Numuneler bakalite alındıktan sonra zımparalama işlemine geçilmiştir. Sırasıyla 120 - 240 - 320 - 400 - 600 - 800 ve en son olarak 1200'lük zımparalarla zımparalanmıştır. Zımparalama işleminden sonra numuneler alümina ve elmas pasta kullanılarak parlatılmıştır. Parlatma işlemi bittikten sonra dağlama işlemine geçilmiş ve numuneler nital solüsyonu ile dağlanmıştır. Optik mikroskop ve SEM (Scanning Electron Microscope) incelemesinde tane sınırları ve tane yapısı net bir biçimde görülmüştür.

II. 3. Sertlik Deneyi

a) Brinell Sertlik Deneyi

Döküm sonrası ısıtılmış ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarına uygulanmıştır.

Brinell Sertlik deneyi mekanik laboratuvarında Wolpert cihazını kullanarak yapılmıştır. Deney sırasında 2.5mm'lik bilya uç ve 62.5 kg yük ($P/d^2 = 10 \text{ kg/mm}^2$) kullanılmıştır. Basınçlı döküm yöntemiyle üretilmiş saf, % 1, % 2, % 4, % 8 oranında Ti-B ilave edilen numunelerin her birinden en az 3 numune alınarak ve bu numunelerin farklı bölgelerinden en az 4'er ölçüm yapılarak, sertlik değerleri belirlenmiştir.

b) Vickers Sertlik Deneyi

Bu deney hem ısıtılmış ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarına uygulanmış hem de 120°C sıcaklıkta sırasıyla 2, 4, 8, 16 saat ısıtılmış ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarına uygulanmıştır.

Vickers Sertlik deneyi mekanik laboratuvarında Mikro sertlik cihazını kullanarak yapılmıştır. Yapılan Vickers

sertlik deneyinde 100 gr yük kullanılmıştır. Numunelerin ötektik bölgesinden ve dentrit bölgesinden; her numune için ve her iki bölge(ötektik bölge, dentrit bölge) için 2'er ölçüm yapılarak sertlik değerleri belirlenmiştir.

II. 4. Çekme Deneyi

a) Sıcak Çekme Deneyi

Bu deney için Hounsfield Tensometer manuel çekme cihazı kullanılmıştır. Numuneler çekme cihazına belirli aparatlar yardımıyla bağlanmıştır. Deneyde istenilen sıcaklığı sağlamak için Wild Barfield (1150°C-230 volt) fırından faydalanılmıştır. Fırın manuel çekme cihazının orta kısmına konulmuş, aparatlar ve numune fırın içinde kalacak şekilde ısıtılmıştır. Fırın içi atmosferin sıcaklığını korumak için hava ile temas eden kısımlar kaolen yünü ile kapatılmıştır. Böylece izolasyon sağlanmıştır. Fırın içi atmosfer sıcaklığını ölçmek için termokuple kullanılmıştır. Saf ZA-12, % 1, % 2, % 4, % 8 oranında Ti-B ilave edilen numunelere ilk olarak oda sıcaklığında (20°C) daha sonrasında 50°C, 80°C ve 120°C sıcaklıklarda çekme deneyleri uygulanmıştır. Sıcaklık altında yapılan bu çekme deneyleri sırasında istenilen sıcaklığa gelindiğinde bu sıcaklık değerinde 20 dk bekledikten sonra çekme işlemi yapılmıştır. Bunun nedeni ortama sıcaklığın homojen olarak yayılmasını sağlamaktır.

Deney sonuçlarının daha sağlıklı olması için her bir deney sıcaklığında her alaşıma ait en az 2 numuneye çekme işlemi uygulanmıştır.

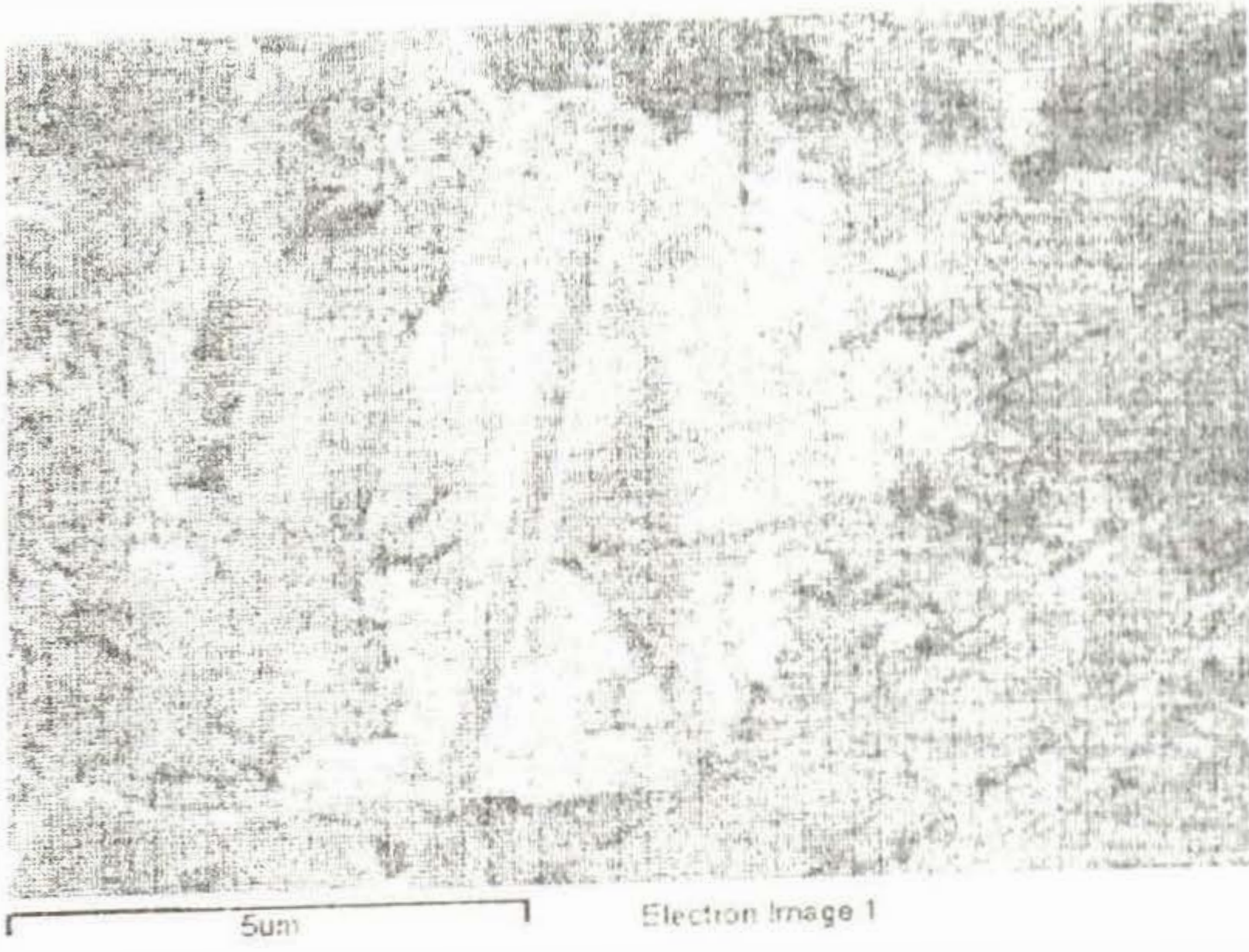
b) Isıl İşlem Sonrası Çekme Deneyi

Saf ZA-12, % 1, % 2, % 4, % 8 oranında Ti-B ilave edilen numunelere 120°C sıcaklıkta sırasıyla 2, 4, 8, 16 saat sürelerle ısıtılmıştır. Bu numunelerde Hounsfield Tensometer manuel çekme cihazında çekilmiştir. Deney sonucu elde edilen diyagramlardan alaşımlara ait çekme gerilmeleri hesaplanmış ve grafik haline getirilmiştir.

III. DENEY SONUÇLARI ve İRDELENMESİ

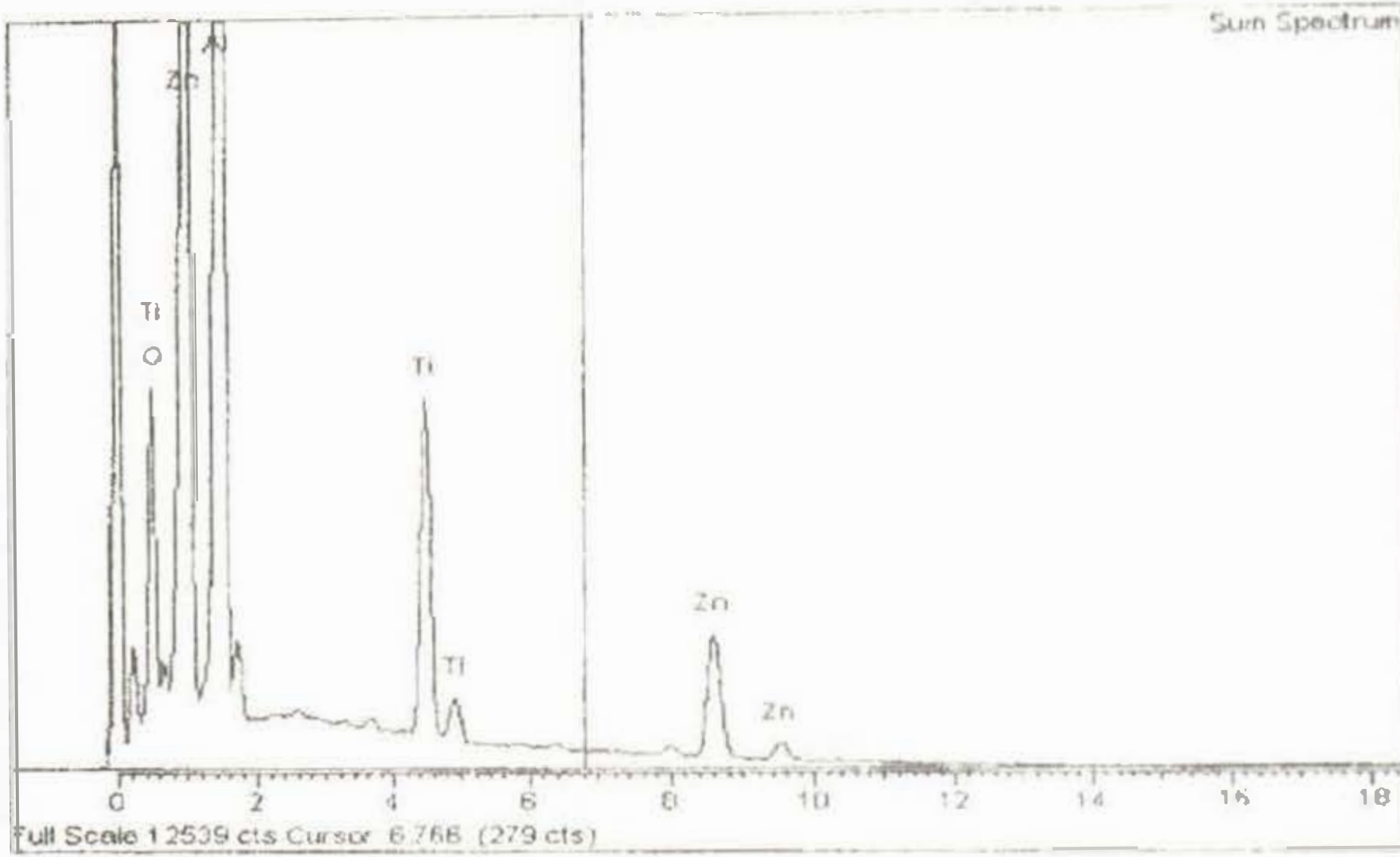
III. 1. Mikroyapı İncelemeleri

Sıkıştırma döküm yöntemi ile ürettiğimiz % 8 Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımına ait SEM de çekilmiş mikroyapı fotoğrafı şekil 1'de verilmiştir. Şekilde açık renkli görülen bölgenin Titanyum olduğu görülmüştür.

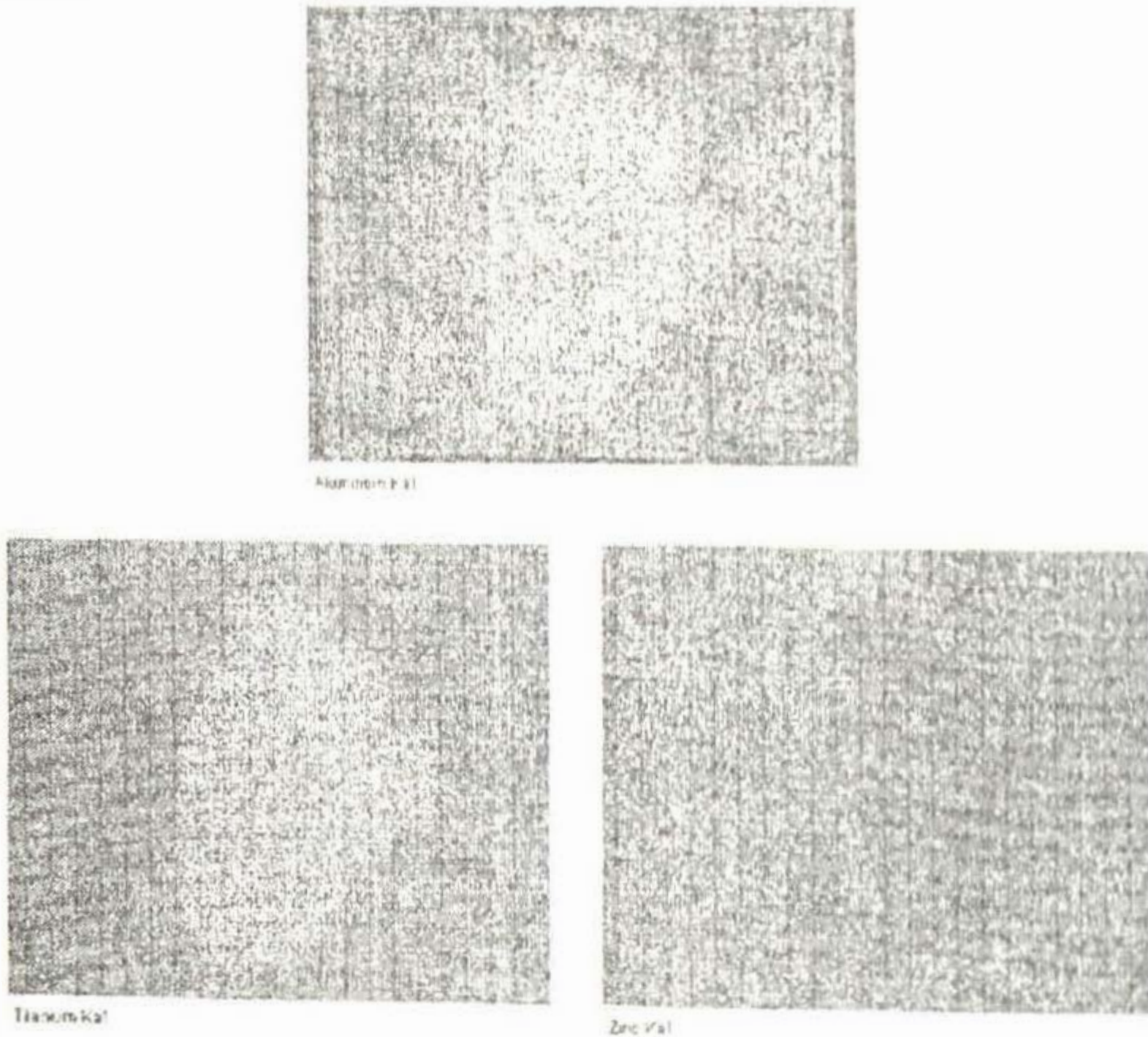


Şekil 1 %8 Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımının SEM mikroyapı fotoğrafı

Bu alaşım için EDS analizi yapılmıştır. Şekil 2 den de görüldüğü gibi bu malzemenin yapısında Ti bulunmaktadır. Bor atom ağırlığı düşük olduğu için EDS analizinde görülmemektedir. Açık renkli bölgede yapılan EDS analizinin sonucunda (şekil 2) bu bölgede Al-Ti-B alaşımının yoğunlaştığı anlaşılmıştır



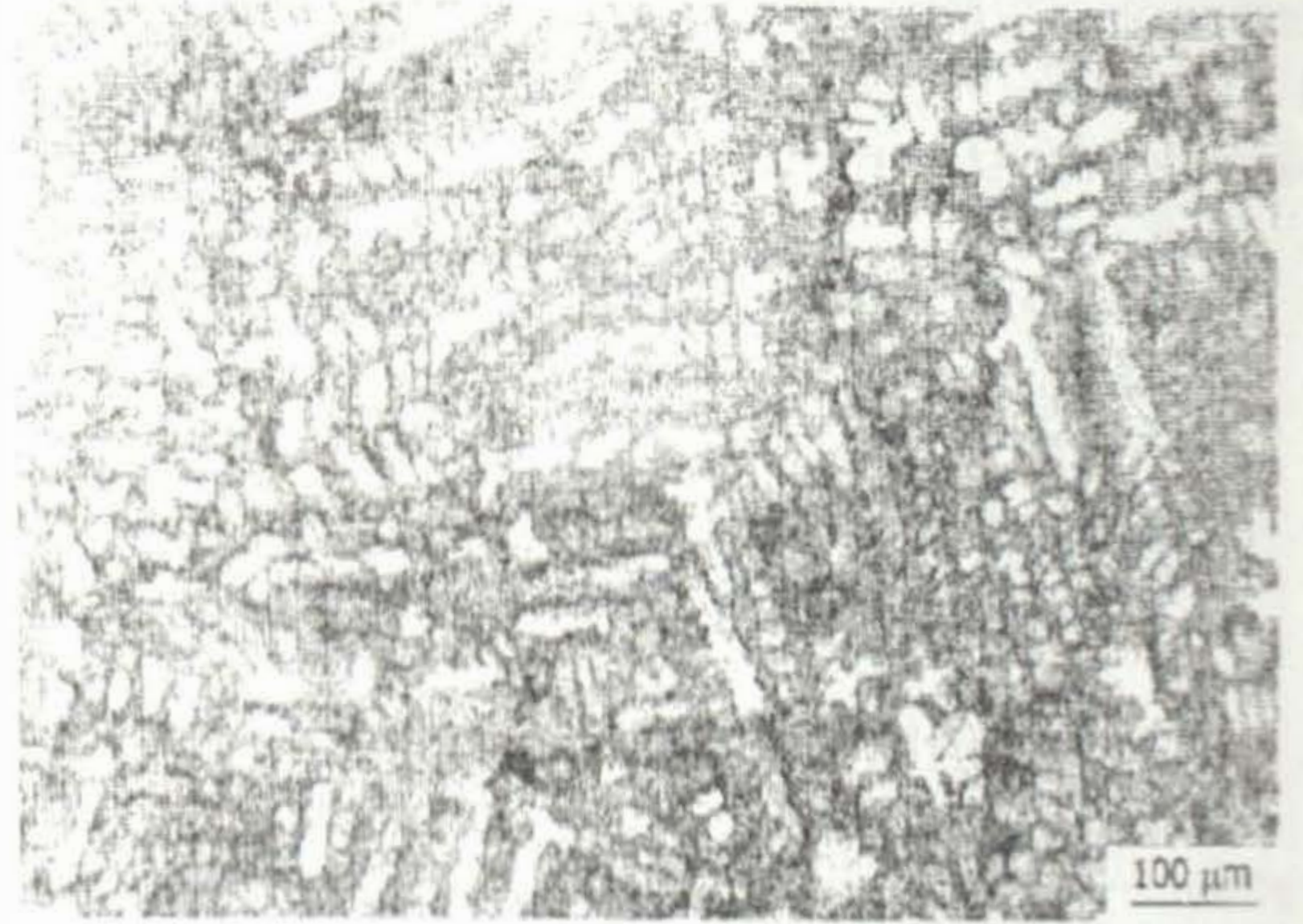
Şekil 2 %8 Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımının EDS analizi



Şekil 3 %8 Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımının içindeki alaşım elementlerinin SEM mikroyapı fotoğrafları

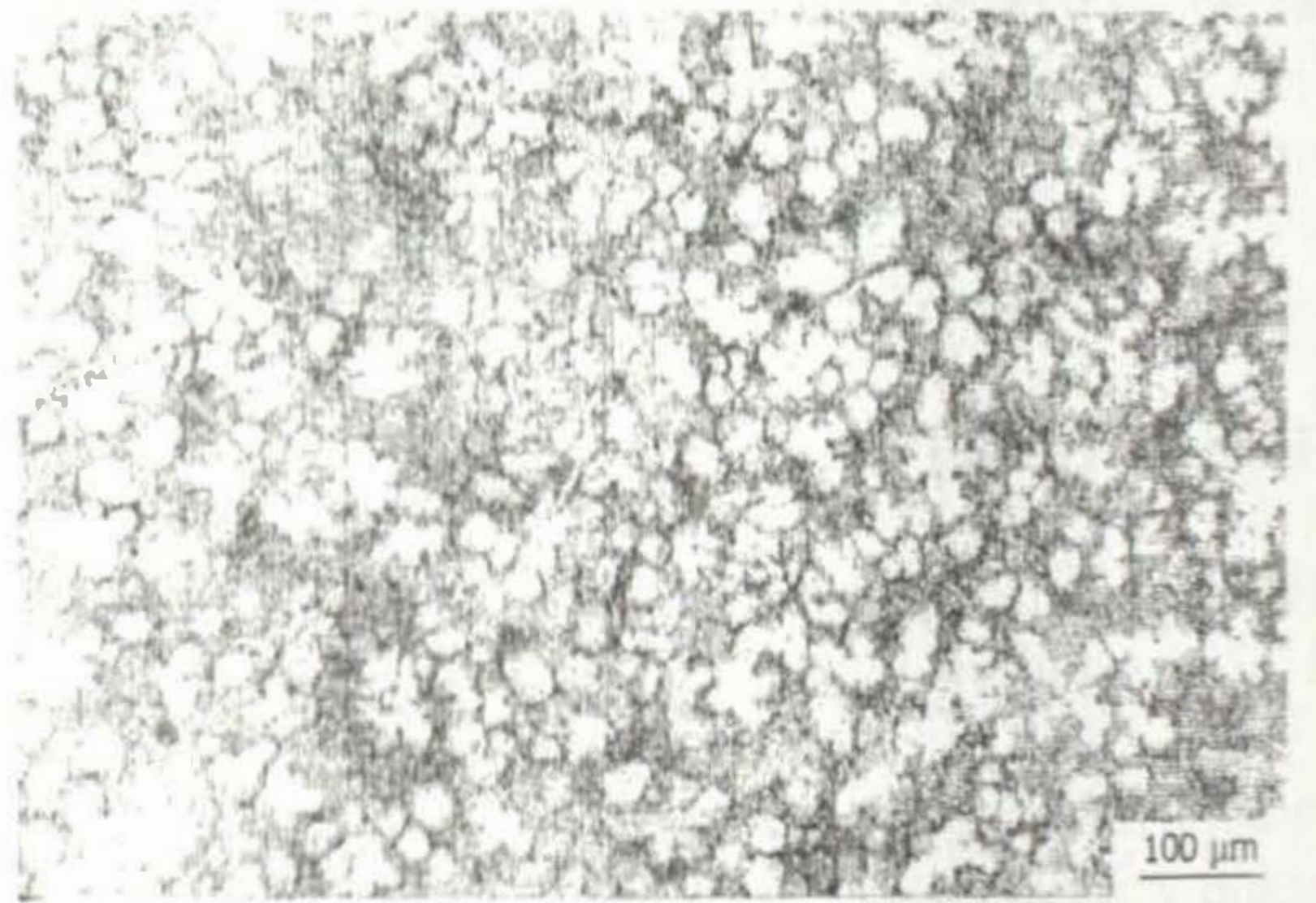
Ayrıca Şekil 3'de Titanyum'un bulunduğu bölge (açık renkli) ve etrafındaki bölgede Al görülmektedir. Ti, açık renkli bölgede yoğunlaşmıştır. Ayrıca Zn, Ti'un görüldüğü açık renkli bölgenin etrafında görülmektedir. Buradan Ti'un Zn içinde çözünmediği anlaşılmıştır.

a) Isıl İşlem Görmemiş Numunelerin Mikroyapı İncelemeleri



Şekil 4 Sıkıştırma döküm yöntemiyle üretilen saf ZA-12 alaşımının mikroyapısı

Şekil 4 de görüldüğü gibi ZA 12 alaşımında dendritik yapı hakimdir, ötektik lameller arası mesafe geniş ve lamel boyları küçüktür.

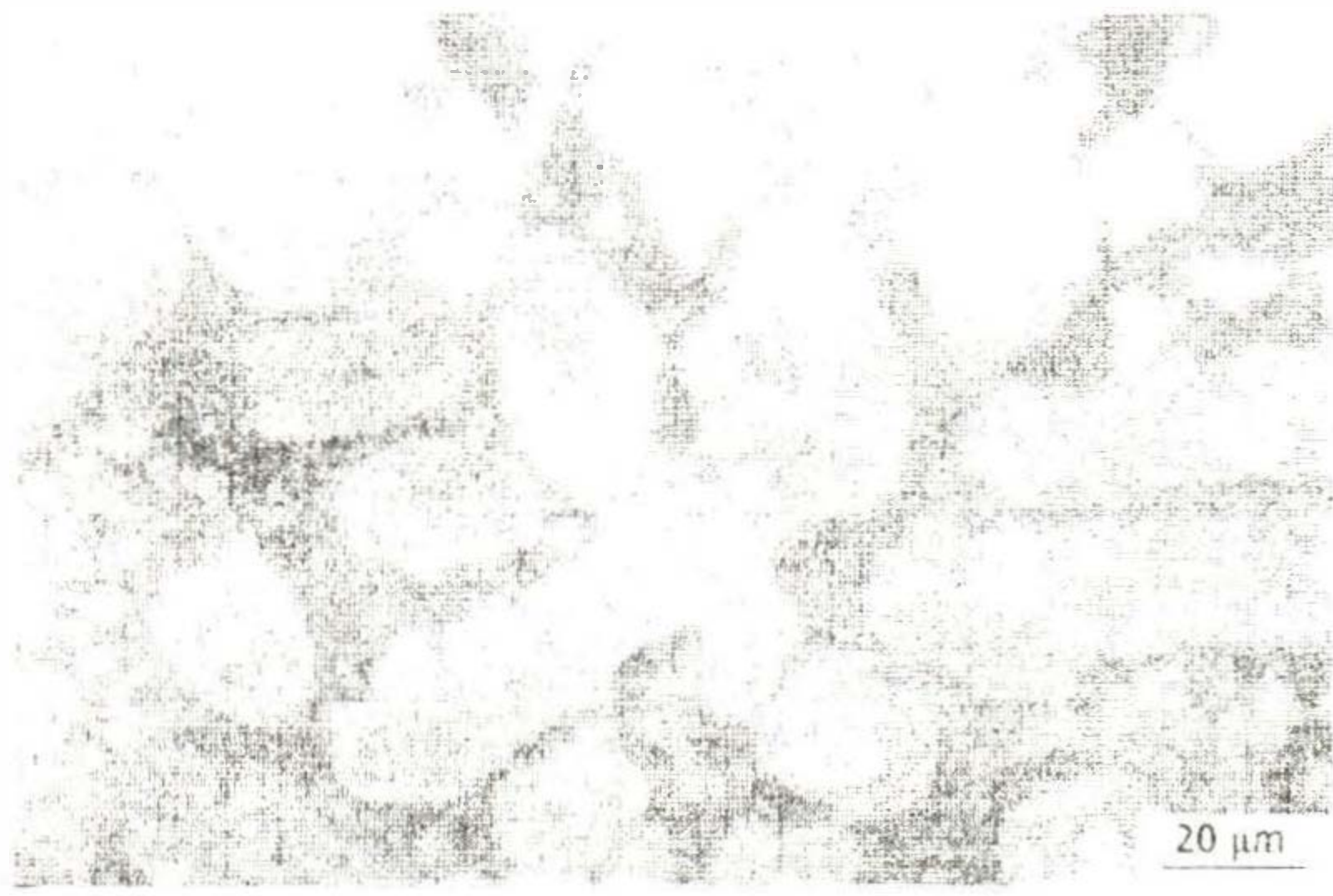


Şekil 7.6 %2 Ti-B katkılı ZA-12 alaşımının mikroyapısı

ZA-12 alaşımına % 2 oranında Ti-B ilave ettiğimizde oluşan mikroyapı Şekil 5'de görülmektedir. Şekil 5'den görüldüğü gibi dendritler daha küresel bir hal almıştır. % 2 Ti-B ilavesi dendritlerin küresel hale gelmesini sağlamakta ve ötektik lamel yapıyı da parmak izi şekline (perlitik yapı gibi) dönüştürmektedir. Ötektik lameller arası mesafenin saf ZA-12 alaşımına oranla daha küçük olduğu görülmektedir.

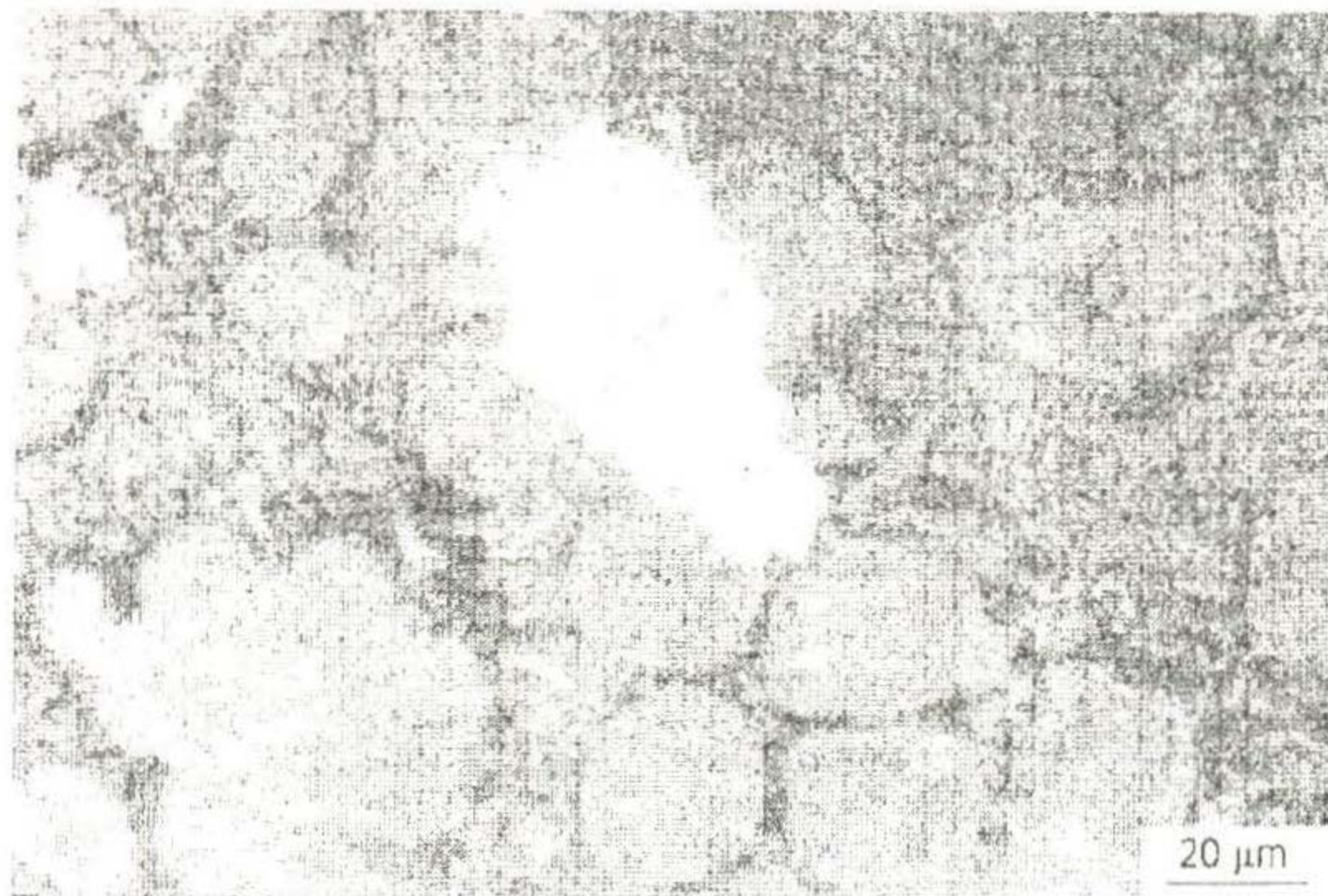
Genel olarak mikroyapı resimlerini incelediğimizde ZA-12 alaşımına eklenen Ti-B oranının artmasıyla birlikte dendrit yapının küreselleştiği, ötektik lameller arası mesafenin kısaldığı ve bu değişimin malzemenin mukavemetinin artmasına neden olduğu görülmektedir.

a) Isıl İşlem Görmüş Numunelerin Mikroyapı İncelemeleri

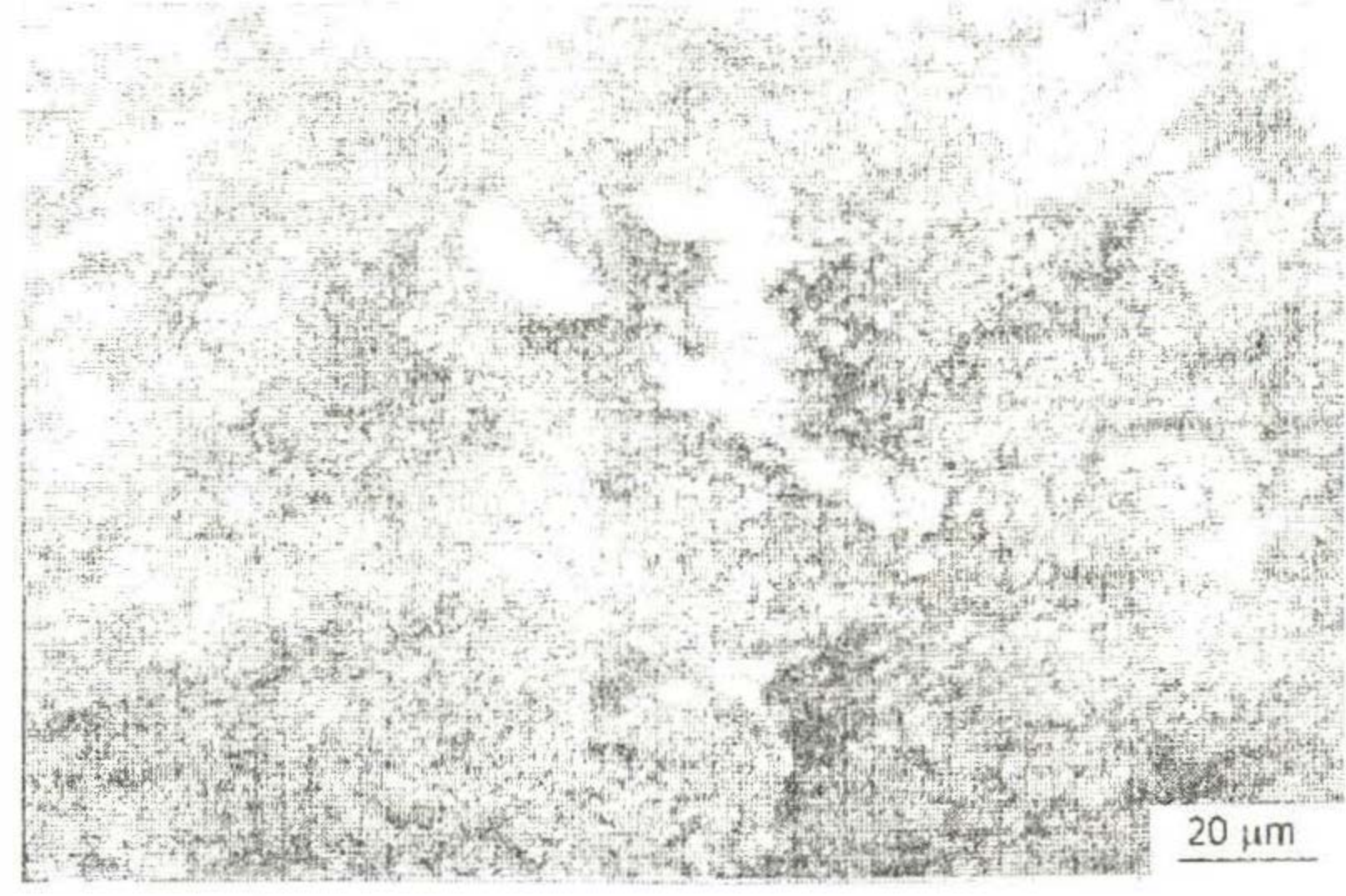


Şekil 6 120°C sıcaklıkta 16 saat ısıl işlem görmüş saf ZA-12 alaşımının mikroyapısı

Şekil 6'dan 16 saat ısıl işlem görmüş saf ZA-12'nin yapısının irileştiği (kabalasma), fotoğrafta siyah renkli görülen ötektik bölgelerdeki lameller arası mesafenin azaldığı görülmektedir.

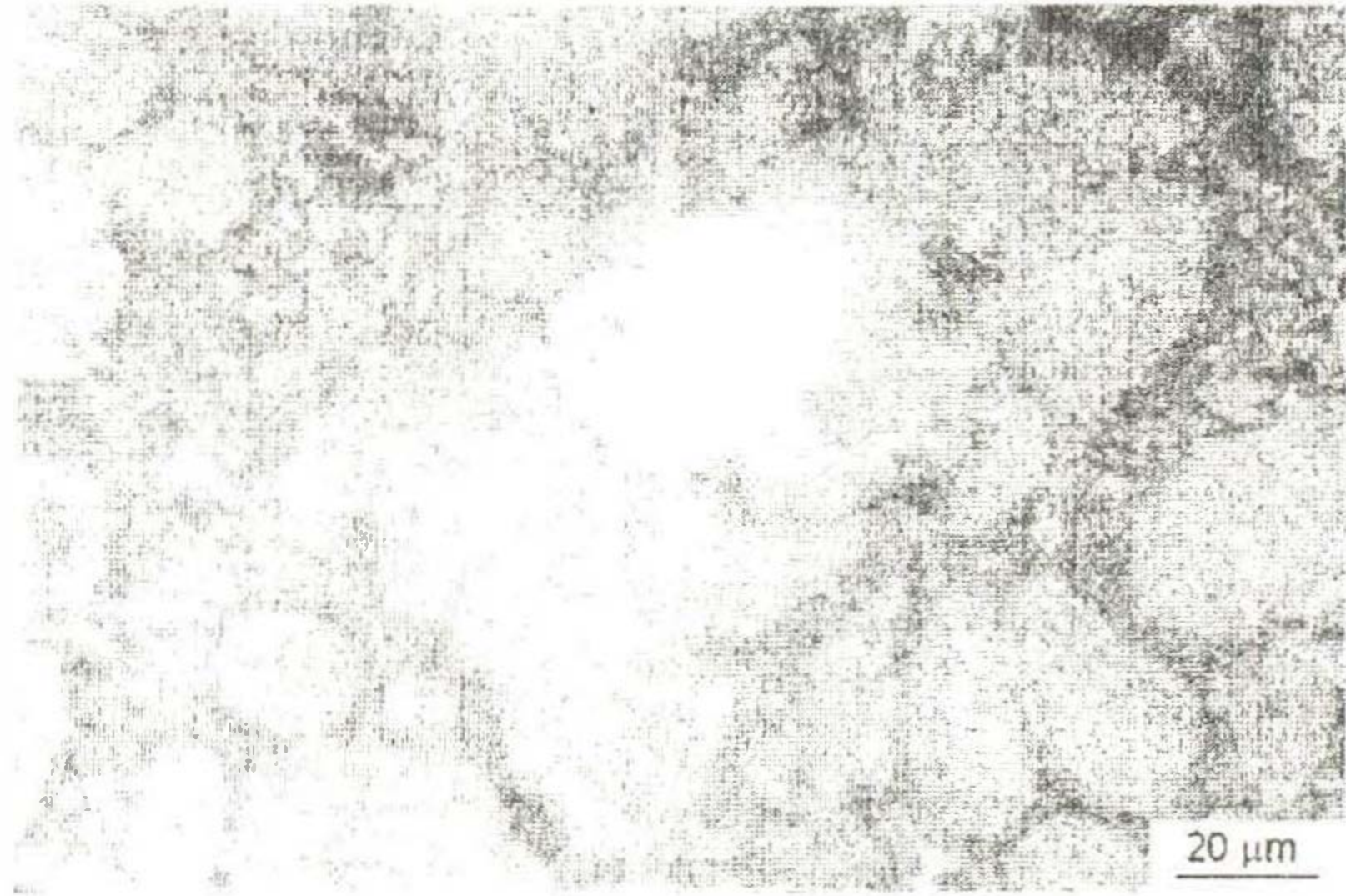


Şekil 7 120°C sıcaklıkta 4 saat ısıl işlem görmüş %1 Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımının mikroyapısı



Şekil 8 120°C sıcaklıkta 16 saat ısıl işlem görmüş %1 Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımının mikroyapısı

Şekil 7 incelendiğinde Titanyum yapının içerisinde daha net görülmektedir. Şekil 7'de 4 saat ısıl işlem görmüş %1 Ti-B katkılı ZA-12'yi, Şekil 8'de 16 saat ısıl işlem görmüş %1 Ti-B katkılı ZA-12'nin mikroyapısıyla karşılaştırıldığında ısıl işlem süresinin artışıyla yapıda β 'nın ($\alpha + \eta$)'ya dönüşerek irileştiği görülmektedir.



Şekil 9 120°C sıcaklıkta 16 saat ısıl işlem görmüş %4 Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımının mikroyapısı

Şekil 9'da partiküllerin ($\alpha + \eta$) büyüdüğünü ve iç yapıdaki kabalasma'nın fazlalaştığını görüyoruz.

Genel olarak mikroyapı incelediğinde ZA-12 alaşımına eklenen Ti-B oranının artmasıyla birlikte ısıl işlem görmemiş numunelerde de olduğu gibi ötektik lameller arası mesafenin kısaldığı, tane boyutunun küçüldüğü görülür. Bunlara bağlı olarak sertlik ve mukavemet değerleri artmaktadır. Fakat ısıl işlem süresi arttıkça iç yapıda irileşme meydana gelmekte ve buna bağlı olarak mukavemet ve sertlik değerleri azalmaktadır.

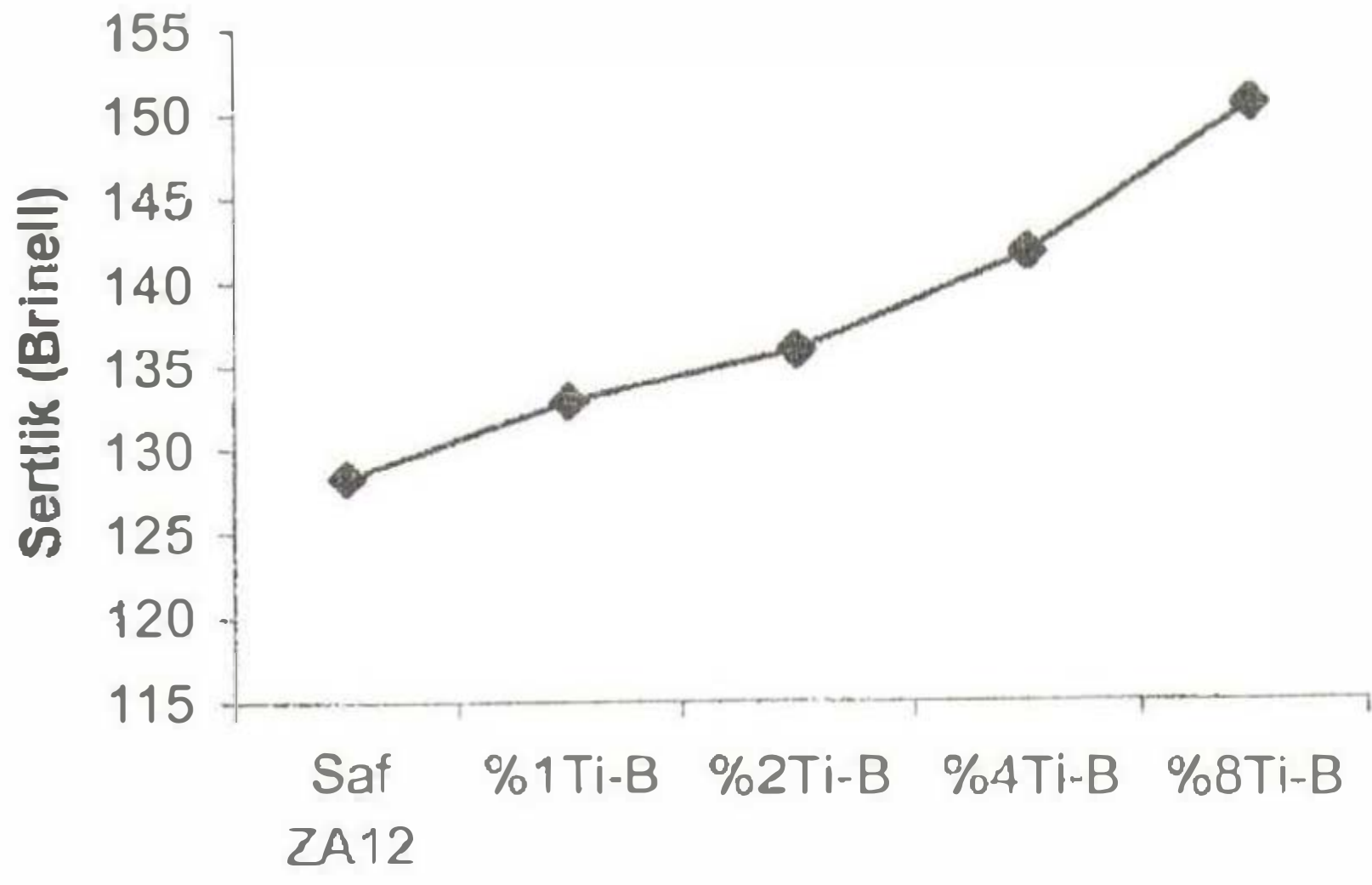
III. 2. Sertlik Deneyi

a) Brinell Sertlik Deneyi

Yapılan Brinell sertlik ölçüm deneylerinden sonra ısıtma işlemi görmemiş alaşımlara ait elde edilen sertlik değerlerinin ortalaması alınmış ve bu değerler Tablo 1'de verilmiştir. Şekil 10'da da grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 1 Isıl işlem görmemiş ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarına ait brinell sertlik değerleri

	Saf ZA-12	%1Ti-B	%2Ti-B	%4Ti-B	%8Ti-B
Ortalama Brinell Sertlik Değerleri	128	132	135	141	150



Şekil 10 Isıl işlem görmemiş ZA-12 alaşımlarına ait brinell sertlik grafiği

Şekil 10'dan Ti- B oranının artmasıyla malzemenin sertliğinin arttığı görülmektedir. Mikroyapı resimlerinde de (Şekil 5) Ti-B miktarının artmasına paralel olarak tane yapısının küçüldüğü ve ötektik lameller arası mesafenin azaldığı görülmektedir. Sertlik artışına bu değişimlerin neden olduğu düşünülmektedir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda %1 Ti-B katkılı ZA-12 alaşımının sertlik değerinin saf ZA-12'ye göre %3 fazla olduğu, Ti-B oranının artması ile bu oranın değiştiği ve %8 Ti-B katkılı ZA-12 alaşımına gelindiğinde sertlik değerinin saf ZA-12 alaşımına göre %17 arttığı tespit edilmiştir.

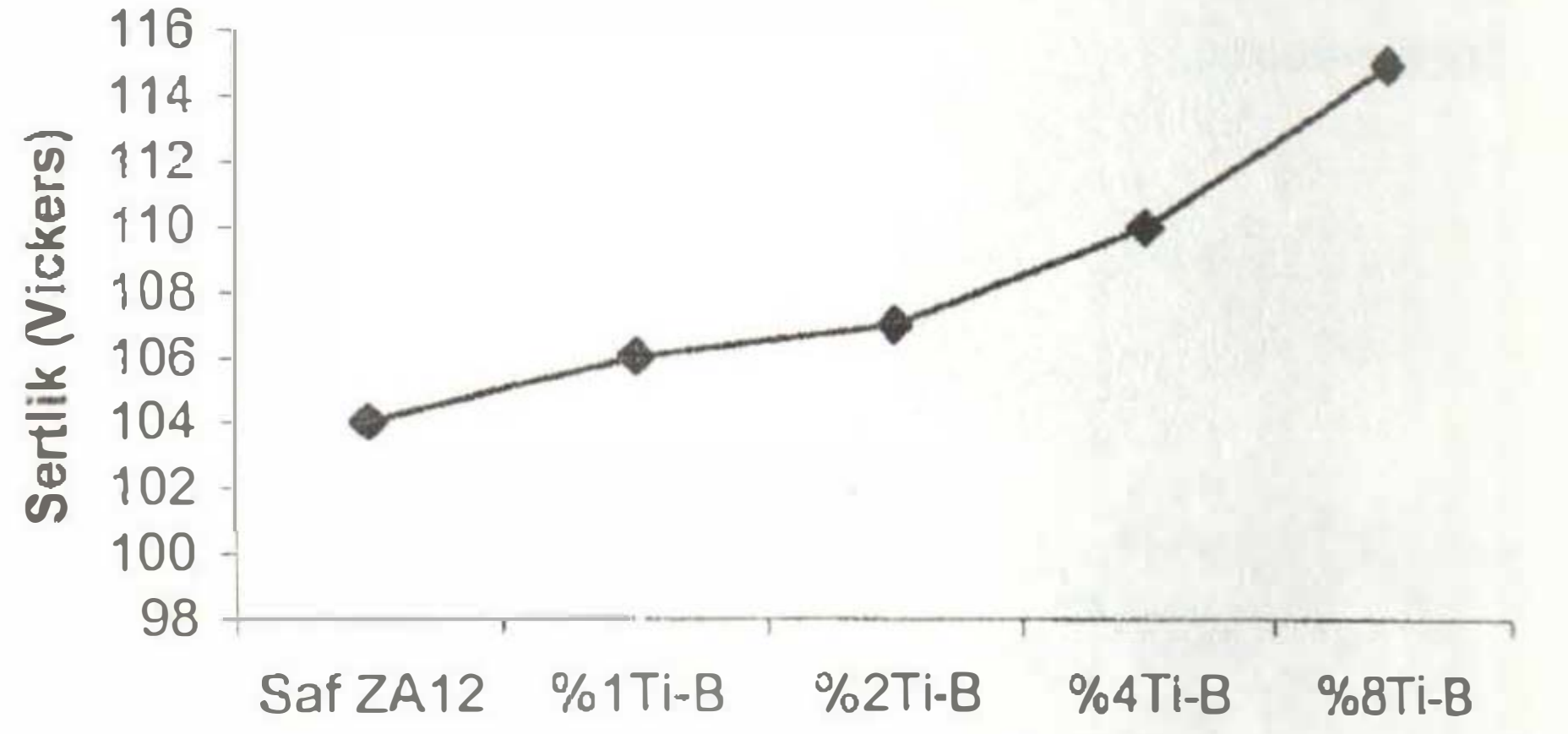
b) Vickers Sertlik Deneyi

i) Isıl İşlem Görmemiş Numuneler: Isıl işlem görmemiş ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarına uygulanan Vickers sertlik deneyinde, ötektik ve dendirit bölge olmak üzere iki farklı bölgeden sertlik değerleri alınmıştır.

Ötektik bölgeden alınan sertlik değerlerinin ortalaması Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 11'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 2 Isıl işlem görmemiş ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarına ait ötektik bölgeden alınan vickers sertlik değerleri

	Saf ZA-12	%1Ti-B	%2Ti-B	%4Ti-B	%8Ti-B
Ortalama Vickers Sertlik Değerleri	104	106	107	110	115

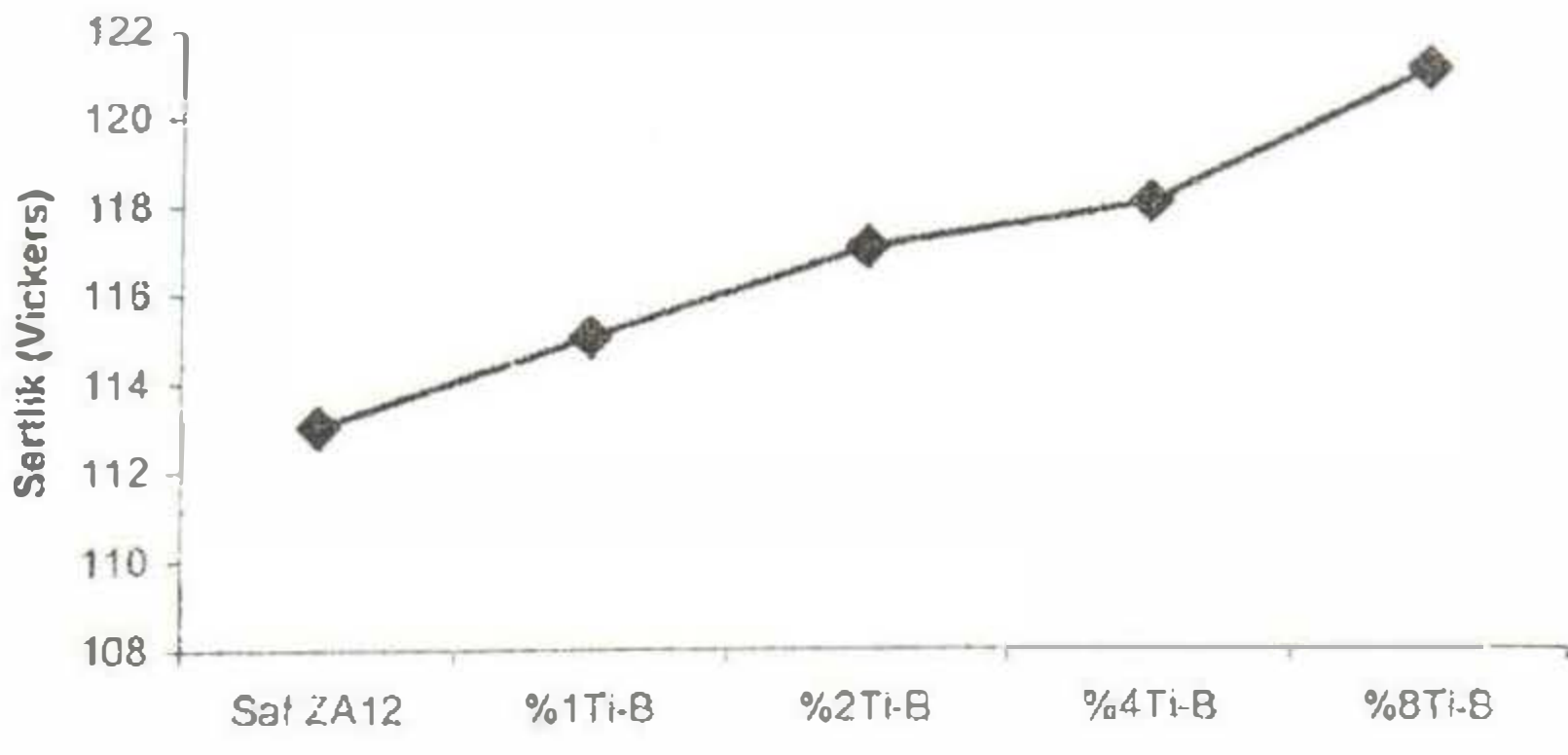


Şekil 11 Isıl işlem görmemiş ZA-12 alaşımlarına ait ötektik bölgenin vickers sertlik grafiği

Dendirit bölgeden alınan sertlik değerlerinin ortalaması Tablo 3'de verilmiştir. Şekil 12'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 3 Isıl işlem görmemiş ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarına ait dendirit bölgeden alınan vickers sertlik değerleri

	Saf ZA-12	%1Ti-B	%2Ti-B	%4Ti-B	%8Ti-B
Ortalama Vickers Sertlik Değerleri	113	115	117	118	121



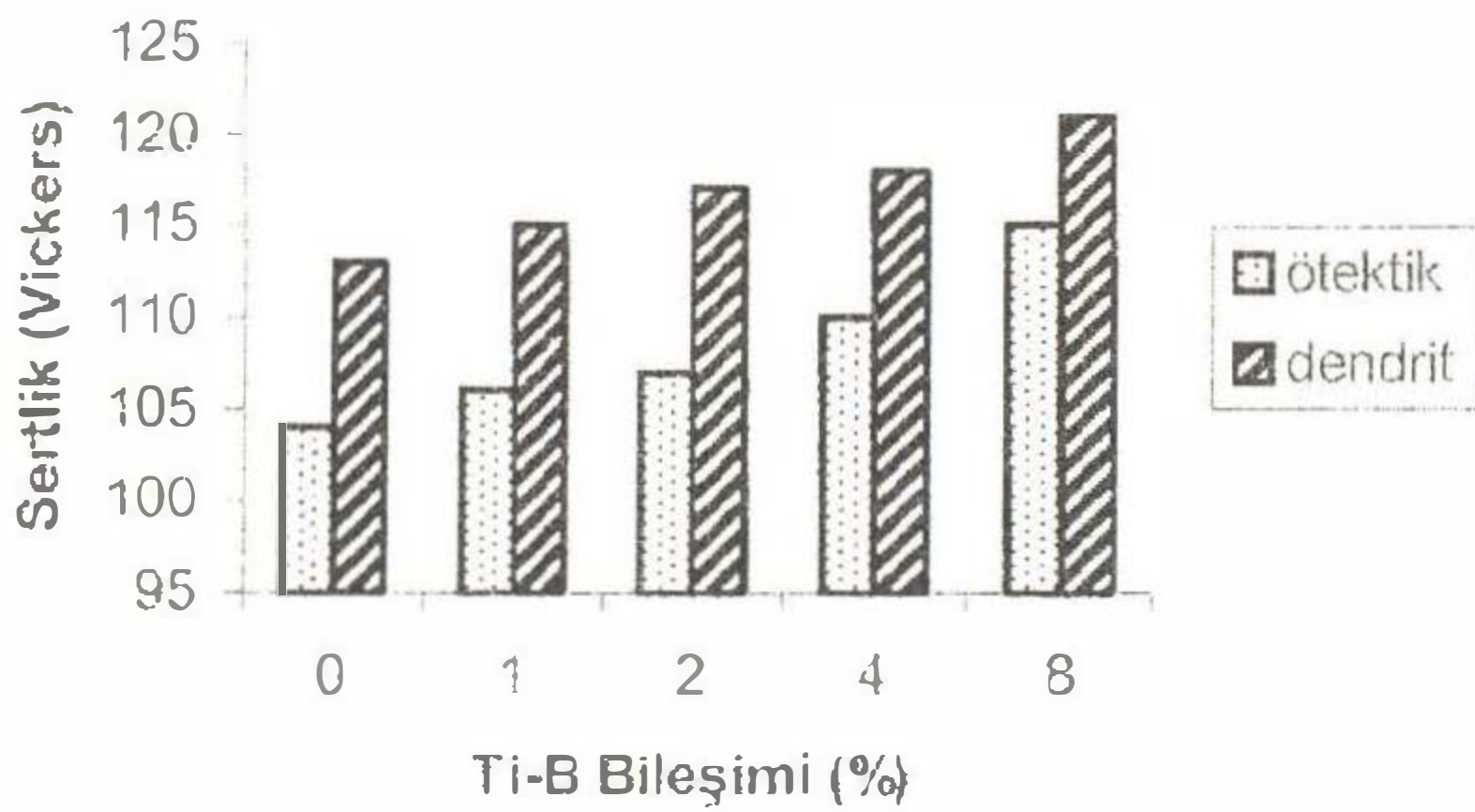
Şekil 12 Isıl işlem görmemiş ZA-12 alaşımlarına ait dendrit bölgesinin vickers sertlik grafiği

Yukarıdaki Şekil 11 ve Şekil 12'de Ti-B oranının artmasıyla birlikte sertliğin arttığı görülmüştür.

Ötektik ve dendrit bölgelerden alınan sertlik değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4'de verilmiştir. Şekil 13'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 4 Isıl işlem görmemiş ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarına ait ötektik ve dendrit bölgelerden alınan vickers sertlik değerlerinin ortalaması

	Saf ZA-12	%1 Ti-B	%2 Ti-B	%4 Ti-B	%8 Ti-B
Ötektik Bölge	104	106	107	110	115
Dendritik Bölge	113	115	117	118	121



Şekil 13 Isıl işlem görmemiş numunelerin ötektik ve dendrit bölgelerinden alınan sertlik değerlerinin karşılaştırılması

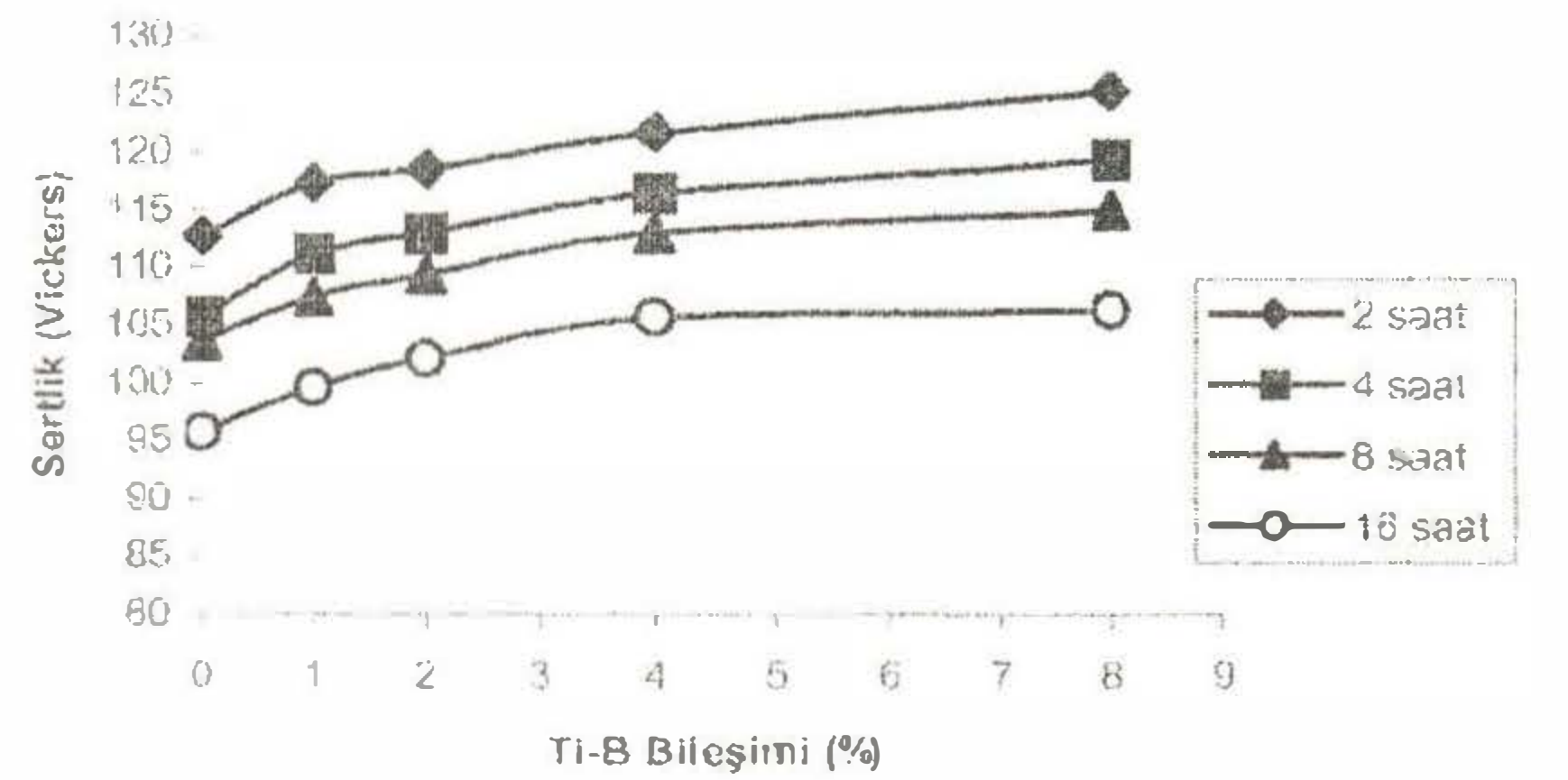
Şekil 13'de ısıl işlem görmemiş ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarının dendrit bölgesinin ötektik bölgeye göre daha yüksek sertlik değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

ii) Isıl İşlem Görmüş Numuneler: 120°C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarına uygulanan Vickers sertlik deneyinde, ötektik ve dendrit bölge olmak üzere iki farklı bölgeden sertlik değerleri alınmıştır.

Ötektik bölgeden alınan sertlik değerlerinin ortalaması Tablo 5'de verilmiştir. Şekil 14'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 5 Isıl işlem görmüş ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarına ait ötektik bölgeden alınan vickers sertlik değerleri

Zaman (saat)	Ortalama Vickers Sertlik Değerleri				
	Saf ZA-12	%1Ti-B	%2Ti-B	%4Ti-B	%8Ti-B
2 saat	112	117	118	121	125
4 saat	105	111	113	116	119
8 saat	103	107	109	113	115
16 saat	95	99	102	105	106

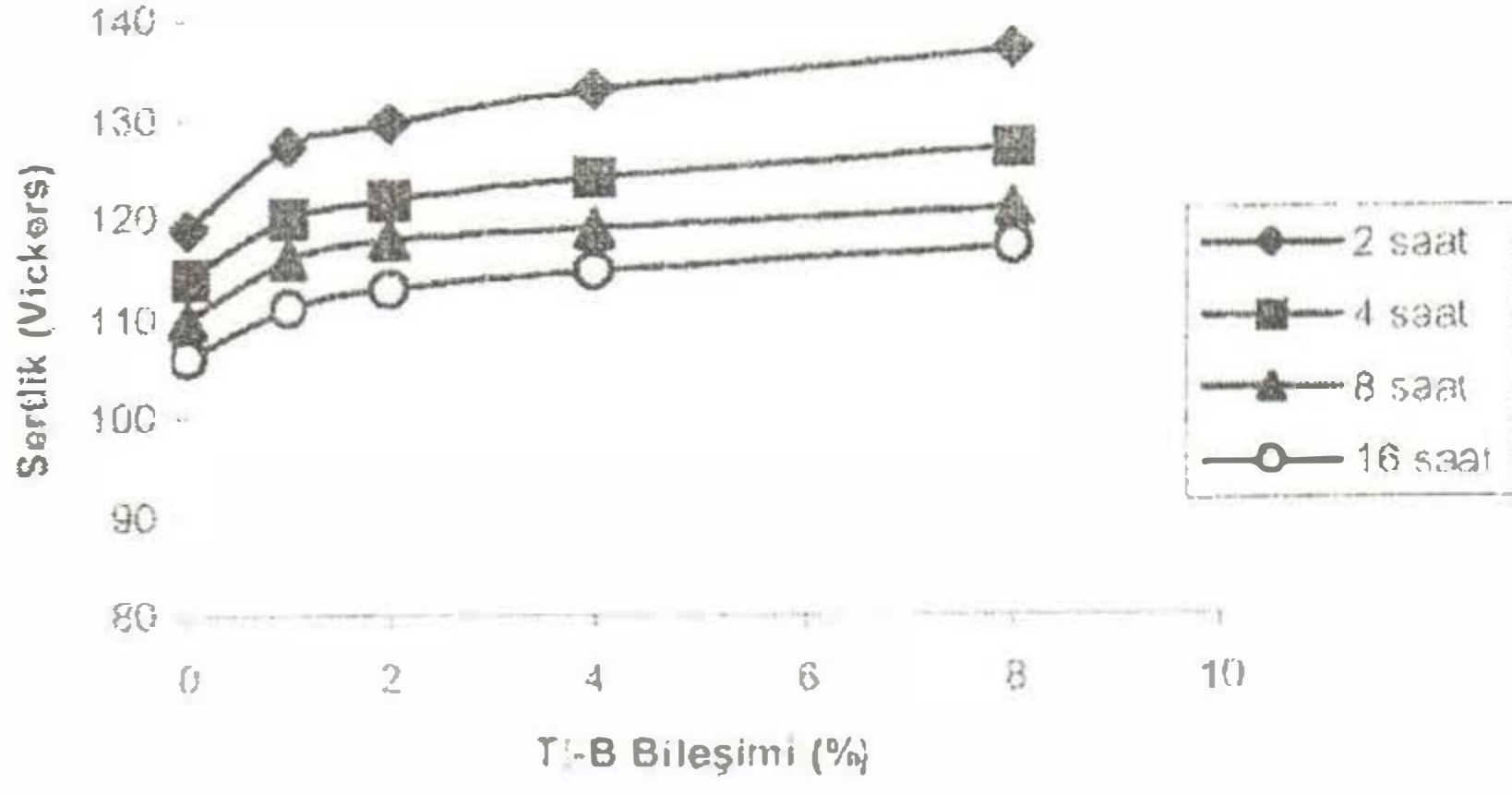


Şekil 14 Isıl işlem görmüş ZA-12 alaşımlarına ait ötektik bölgesinin vickers sertlik grafiği

Dendrit bölgeden alınan sertlik değerlerinin ortalaması Tablo 6'de verilmiştir. Şekil 15'de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 6 Isıl işlem görmüş ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarına ait dendrit bölgeden alınan vickers sertlik değerleri

Zaman (saat)	Ortalama Vickers Sertlik Değerleri				
	Saf ZA-12	%1Ti-B	%2Ti-B	%4Ti-B	%8Ti-B
2 saat	119	127	129	133	137
4 saat	114	120	121	124	127
8 saat	110	116	117	119	121
16 saat	106	111	113	114	117



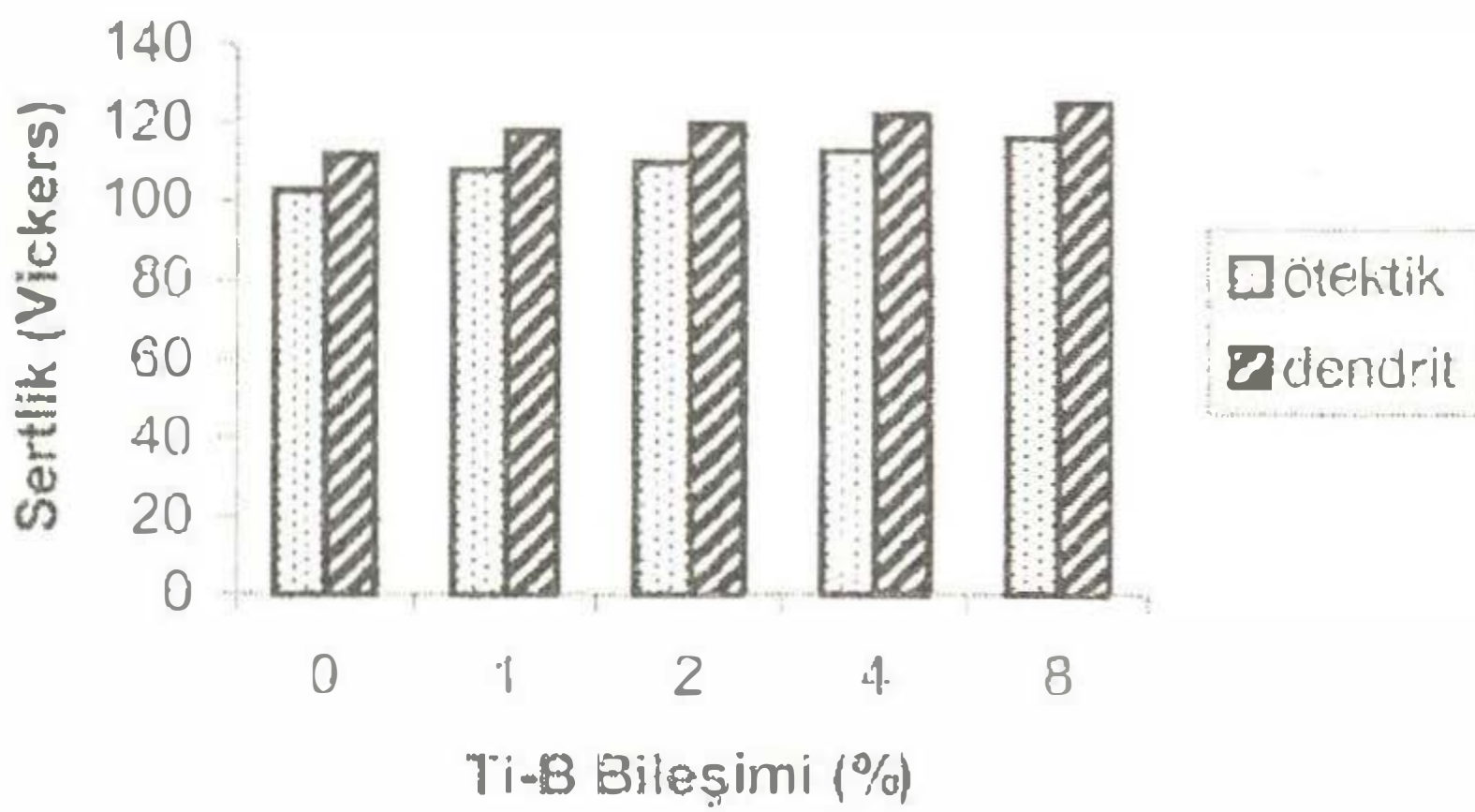
Şekil 15 Isıl işlem görmüş ZA-12 alaşımlarına ait dendrit bölgenin vickers sertlik grafiği

Yukarıdaki Şekil 14 ve Şekil 15'de Ti-B oranının artmasıyla birlikte sertliğin arttığı, ısıl işlem süresinin artmasıyla birlikte sertliğin düştüğü görülmektedir.

Ötektik ve dendrit bölgelerden alınan sertlik değerlerinin karşılaştırılması Tablo 7'de verilmiştir. Şekil 16'da grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 7 Isıl işlem görmüş ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarına ait ötektik ve dendrit bölgelerden alınan vickers sertlik değerlerinin ortalaması

	Saf ZA-12	%1 Ti-B	%2 Ti-B	%4 Ti-B	%8 Ti-B
Ötektik Bölge	103	108	110	113	116
Dendritik Bölge	112	118	120	122	125



Şekil 16 Ötektik ve dendrit bölgelerden alınan sertlik değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 16'da ısıl işlem görmüş ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarının dendrit bölgesinin ötektik bölgeye göre daha yüksek sertlik değerine sahip olduğu görülmektedir.

III. 3. Çekme Deneyi

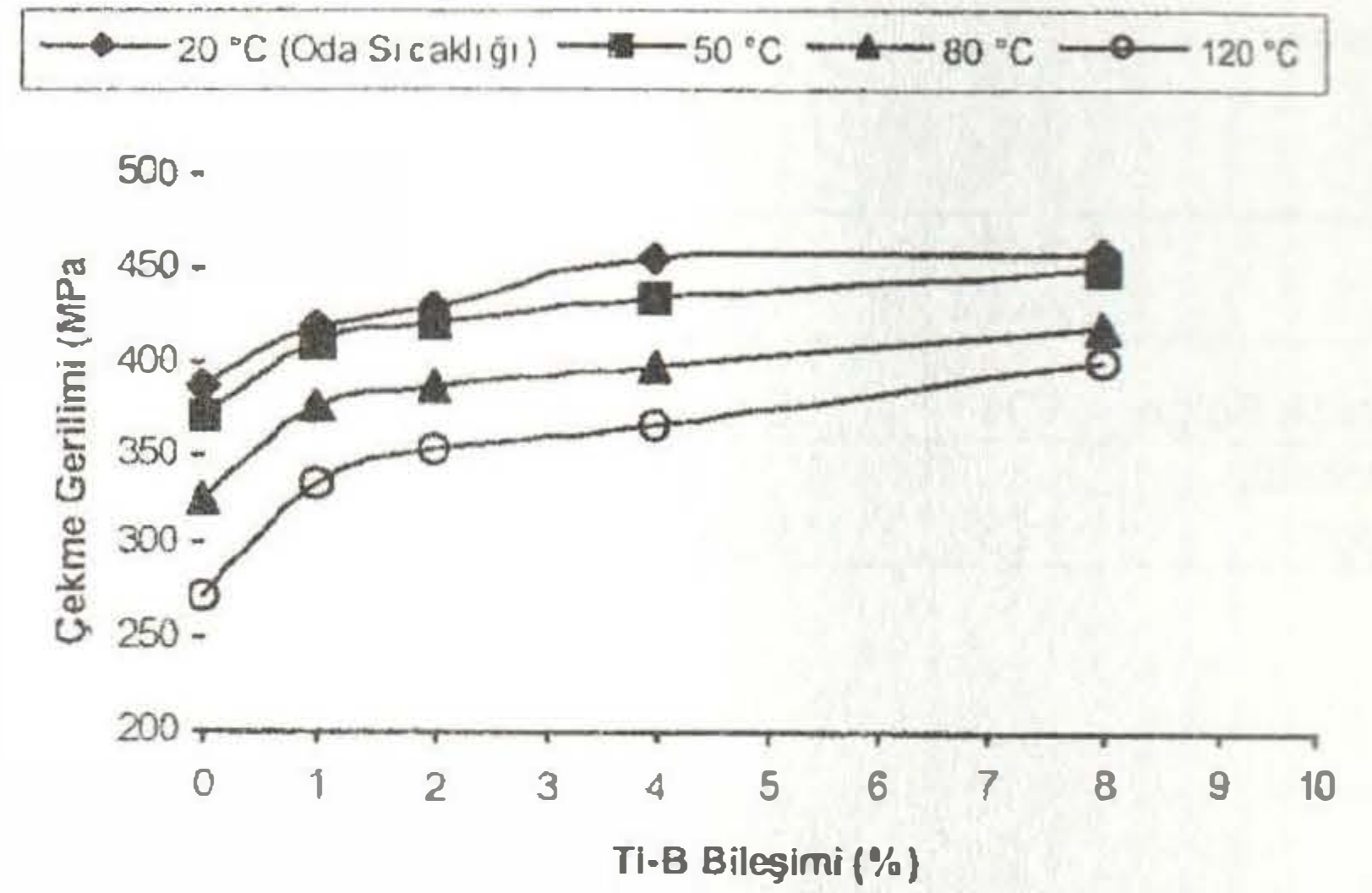
Çekme deneyi yüksek sıcaklıkta çekme ve ısıl işlem sonrası çekme olarak iki şekilde yapılmıştır.

a) Sıcak Çekme Deneyi Sonuçları

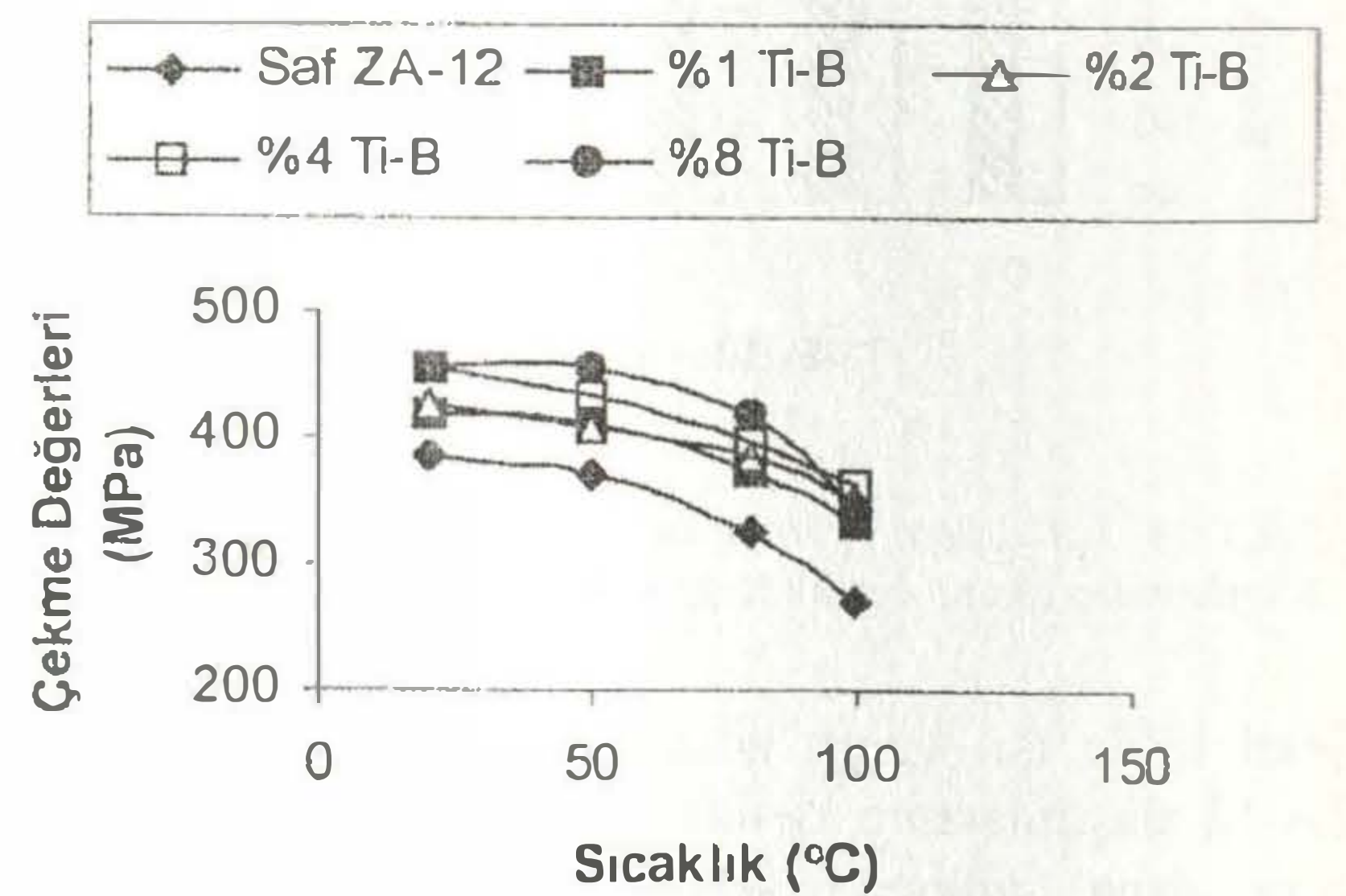
Deney sırasında manuel olarak çizilen diyagramlardan, alaşımlara ait; çekme gerilmeleri (MPa) hesaplanarak Tablo 8'de verilmiştir. Şekil 17'da ise grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 8 Isıl İşlem Görmemiş ZA 12 Alaşımlarına ait sıcaklığa bağlı çekme gerilmesi (MPa) değerleri

Sıcaklık (°C)	Çekme Dayanımı (MPa)				
	Saf ZA-12	%1Ti-B	%2Ti-B	%4Ti-B	%8Ti-B
20	385	417	427	454	457
50	371	410	420	434	450
80	326	374	385	396	418
120	271	332	352	364	400



Şekil 17 İlave edilen Ti-B oranı ile çekme gerilmesi değişimi



Şekil 18 Sıcaklık Artışı ile Çekme Gerilmesi Değişimi

Sıcak çekme deneyi sonucu elde edilen veriler ile ZA-12 alaşımlarını karşılaştırmak amacıyla çizilen grafiklerle bu malzemelerin sıcaklığa bağlı olarak çekme mukavemeti değerlerindeki değişimleri daha iyi görülebilmektedir.

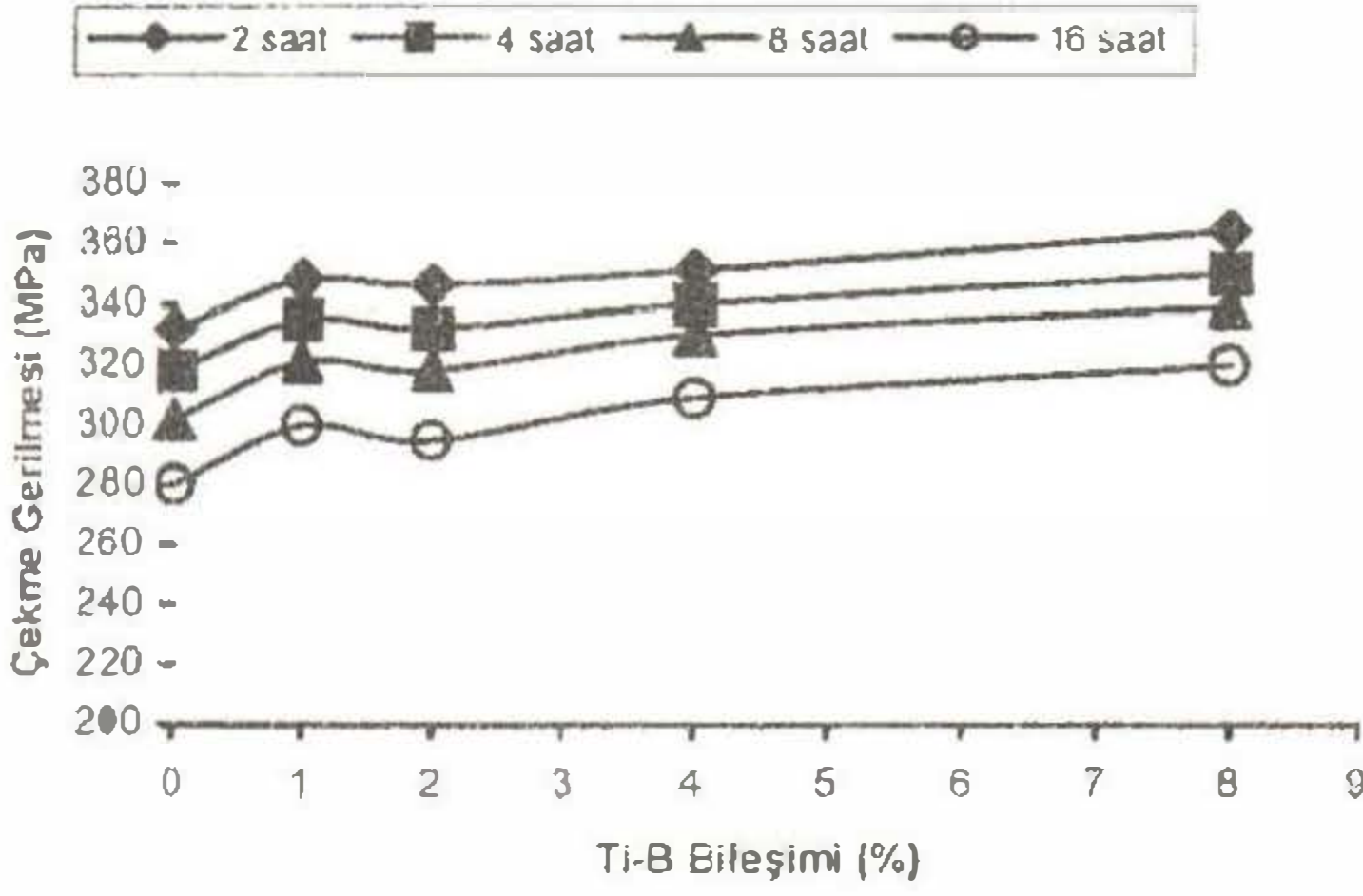
Şekil 18' den sıcaklık artışı ile birlikte çekme dayanımının azaldığı görülebilmektedir.

b) Isıl İşlem Sonrası Çekme Deneyi

Deney sırasında manuel olarak çizilen diyagramlardan, alaşımlara ait; çekme gerilmeleri (MPa) hesaplanarak Tablo 9'da verilmiştir. Şekil 19'da grafiksel olarak gösterilmiştir.

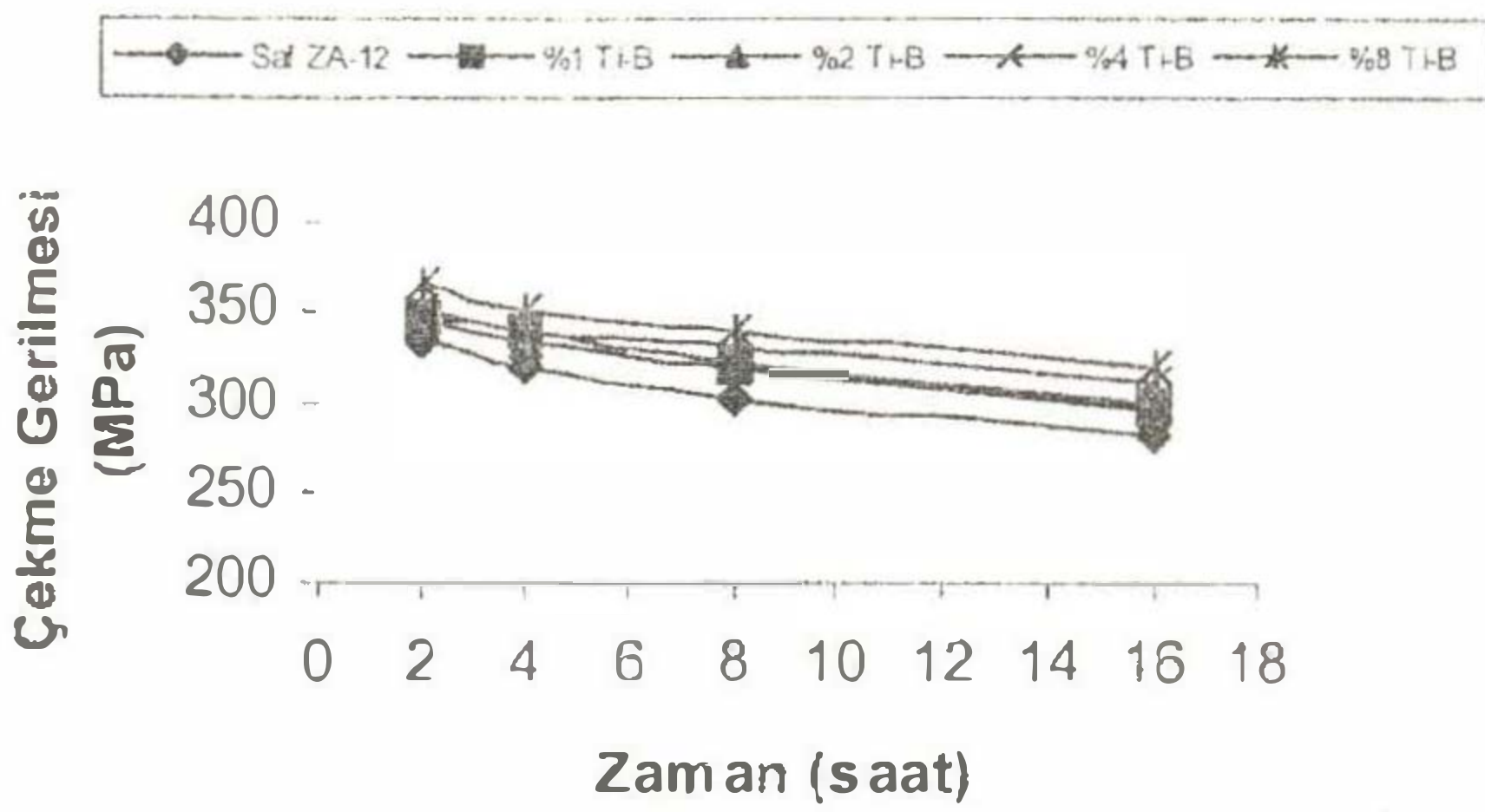
Tablo 9 120°C sıcaklıkta sırasıyla 2, 4, 8, 16 saat ısıl işlem görmüş ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarına ait zamana bağlı çekme gerilmesi (MPa) değerleri.

Zaman (saat)	Çekme Dayanımı (MPa)				
	Saf ZA-12	%1 Ti-B	%2 Ti-B	%4 Ti-B	%8 Ti-B
2 saat	332	348	346	351	364
4 saat	318	335	332	340	350
8 saat	302	321	318	330	339
16 saat	280	300	295	309	320



Şekil 19 Çekme Gerilmesi Ti-B oranı ilişkisi

Şekil 19'dan da Şekil 17'de olduğu gibi Ti- B oranı artışıyla birlikte çekme dayanımlarının da arttığı görülebilmektedir.

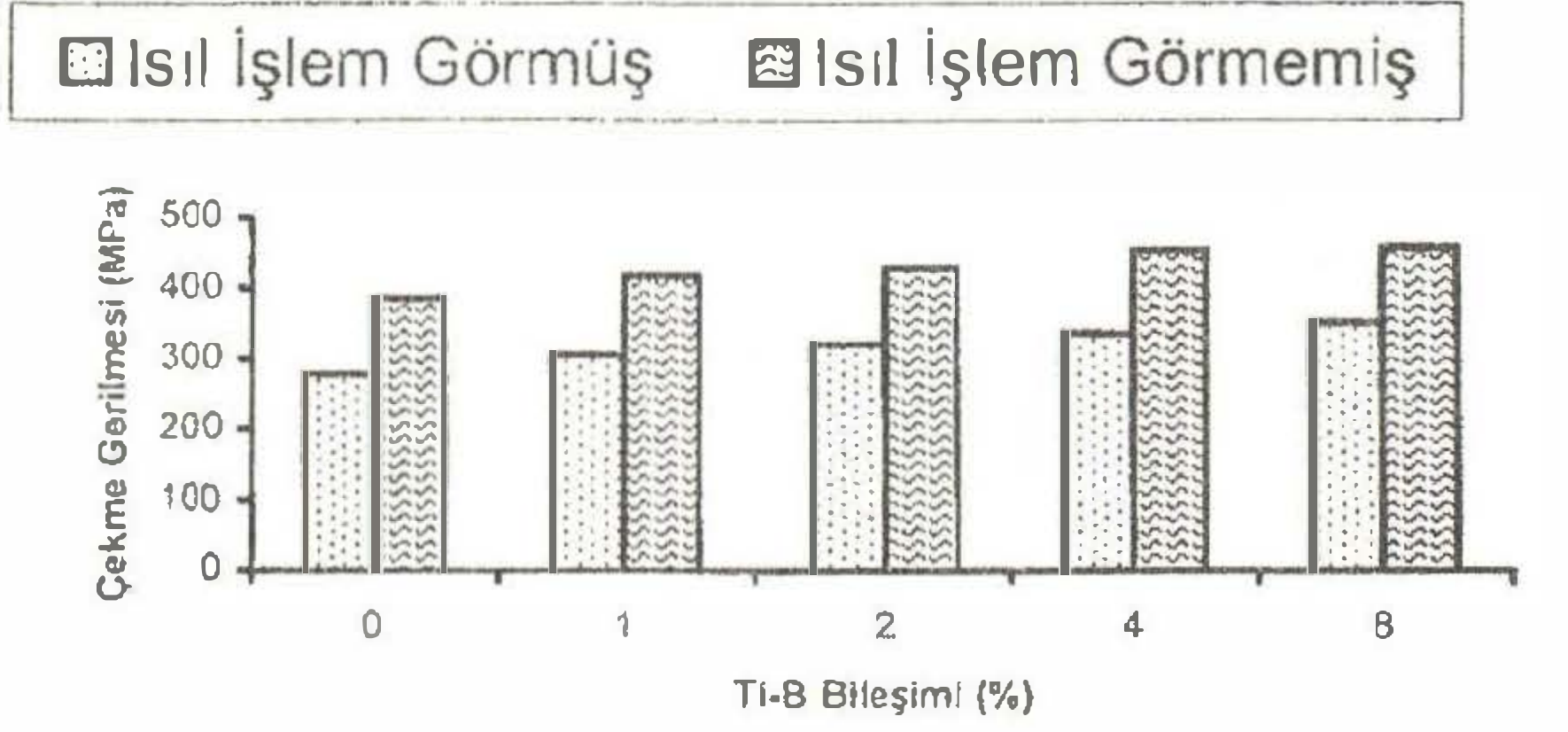


Şekil 20 Çekme Gerilimi Zaman ilişkisi

Şekil 20'den ısıl işlem süresinin artması ile birlikte çekme geriliminde ki azalma görülebilmektedir.

Tablo 10. Isıl işlem görmüş ve görmemiş numunelerin oda sıcaklığındaki (20°C) çekme dayanımlarının karşılaştırılması için ortalama değerleri.

	Saf ZA-12	%1 Ti-B	%2 Ti-B	%4 Ti-B	%8 Ti-B
Isıl İşlem Görmüş	279	343	320	335	350
Isıl İşlem Görmemiş	385	417	427	454	457



Şekil 21 Isıl İşlem Görmüş ve Görmemiş Numunelerin Oda Sıcaklığındaki (20°C) Çekme Dayanımlarının Karşılaştırılması

Şekil 21'de ısıl işlem görmemiş numunelerin çekme dayanımlarının ısıl işlem görmüş numunelerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Sıkıştırma döküm ile üretilen alaşımların mikro yapıları dikkatle incelendiğinde (Şekil 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8) dendritlerin ufak boyutta olduğu, yüksek katılma hızı ve basınç etkisi ile dendrit kollarının büyümediği, küreselleştiği ve dendrit kolları arasındaki mesafenin küçüldüğü görülmektedir. Mikro yapıdaki bu değişimlerin, ZA serisi alaşımlarda çekme ve akma dayanımlarını arttırdığı ve bunun da Hall-Petch bağıntısı ile ilişkilendirilebileceği yapılan benzeri çalışmalarla da doğrulanmaktadır[6,7,8].

$$\text{Hall-Petch Eşitliği: } \sigma = K.D^{-1/2}$$

σ = malzemenin dayanımı

K = malzeme sabiti

$D^{-1/2}$ = tane boyutu

ZA-12 alaşımlarının çekme dayanımı değerleri, sıcaklık artışı ile birlikte azalmakta ve veriler birbirlerine çok yakın değerler almaktadır. Bunun nedeni sıcaklığın etkisi ile alaşımların yapısındaki dendrit boylarındaki değişim, bir başka deyişle dendritlerin irileşmesi ve dendrit kolları arasındaki mesafenin artması ve bu değişimin Hall-Petch bağıntısı ile ilişkilendirilebileceği yapılan diğer çalışmalarla da benzerlik göstermektedir [6,7,8].

IV. GENEL SONUÇLAR

1. Basınçlı döküm yöntemi ile üretilen ZA-12 ve Ti-B ilaveli ZA-12 alaşımlarının, mikro yapısını incelediğimizde Ti-B oranı arttıkça tane boyutunun küçüldüğü, ötektik lameller arası mesafenin kısaldığı, dendritlerdeki, büyümenin şeklini değiştirdiği ve dendrit boylarının küçülerek küresel hale geldiği tespit edilmiştir.
2. Isıl işlem süresi arttıkça iç yapıda bozulma (hücre büyümesi) meydana geldiği ve mukavemetin düştüğü görülmüştür.
3. Ti-B oranı arttıkça malzemenin mukavemetinin ve sertliğinin arttığı tespit edilmiştir.
4. Isıl işlem görmemiş numunelerin çekme gerilmelerinin, ısıl işlem görmüş numunelere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu da ısıl işlemin mukavemeti düşürdüğünü göstermektedir.
5. ZA-12 alaşımına %1 Ti-B ilavesi çekme mukavemetinde önemli derecede artış göstermekte fakat %1'in üzerindeki Ti-B ilavelerinin ise artış hızına önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] DEMİRCİ, C., Basınçlı Döküm Yöntemiyle Üretilen Çinko-Alüminyum Alaşımlarının Aşınma Davranışlarına Alaşım Elementlerinin Etkisi , Yük. Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2000
- [2] GERVAIS, E., ZA Alloys-A Challenge to the Metals Industry, CIM Bulletin, Vol.80, No.900, pp.67-72, April 1987.
- [3] COVIE, O. G., The emergence of Zinc As an Engineering Material, CIM Bulletin, Vol.76, No.852, pp.107-111, April 1983ü
- [4] KURNAZ, C., Alümina Fiber Takviyeli Zn-%27 Al M.M.K.'lerin Basınçlı Döküm Yöntemi ile Üretilmesi ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ocak 1999
- [5] KUBEL, E. J., Expanding Horizons for ZA Alloys, Metall Progress, No.7, pp.51-57, 1987.
- [6] SAHOO, M., WHITING, L. V., CHARTRAND, V., WEATHERALL, G., Effect of Strontium on the Structure and Mechanical Properties of Zn-Al Foundry Alloys, AFS Transactions, Vol.94, pp.225-233
- [7] SAHOO, M., WHITING, L. V., Foundry Characteristics of Sand Cast Zn-Al Alloys, AFS Transactions, 84-38, pp.861-870
- [8] LIU, H. Y., JONES, H., Solidification Microstructure Selection and Characteristics in the Zn Based Zn-Al System, Acta Metall. Mater., Vol.39, No.10, pp.2003-2009, 1992