



13-15 September / Eylül 2012, Tüyap, İstanbul

6th International Ankiros Foundry Congress
6. Uluslararası Ankiros Döküm Kongresi



**Bu bildiri 6. Uluslararası Ankiros Döküm
kongresinde sunulmuştur**

**This paper was presented on 6th Ankiros
Foundry Congress**

<http://kongre.tudoksad.org.tr/>

Eylül 2012
September 2012
Tüyap, İstanbul

alüminyum döküm alaşımlarında tane inceltme

*Yücel Birol
Malzeme Enstitüsü
Marmara Araştırma Merkezi, TÜBİTAK*

- ⇒ tane inceltme; neden?
nasıl?
- ⇒ ticari tane incelticiler
- ⇒ dökümhanelerde izlenen pratik
- ⇒ sürekli/yarı sürekli vs parça döküm
- ⇒ B ile tane inceltme
- ⇒ B ile tane inceltme mekanizması
- ⇒ değişik döküm alaşımlarında denemeler
- ⇒ sonuçlar

tane inceltme – neden ?

ince, eş eksenli ve homojen bir tane yapısı,

döküm parçanın sağlamlığını ve kalitesini artırır:

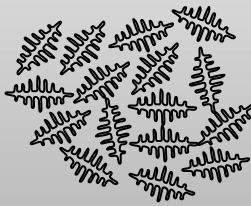
dendritlerin kavuşması daha yüksek katı oranında!

besleyicide sıvı metalin ömrü uzun!

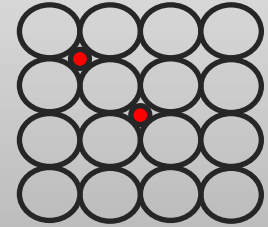
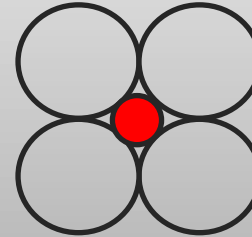
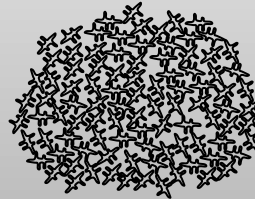
besleme ve kalıp dolumu daha başarılı!

✓ **düşük çekinti**

$F_s \sim 0.3$



$F_s \sim 0.6$



küçük taneler // küçük taneler arası gözenekler

✓ **küçük/dağınık gözenekler**

mikrosegregasyon = $f(\text{tane boyutu})$

✓ **düşük segregasyon**

✓ **üstün yüzey kalitesi / anodizasyon vb
yüzey işlemlerine mükemmel uyum**

tane inceltme – neden ?

üstün mekanik özellikler

- ✓ **izotropi / yüksek akma mukavemeti / süneklik**
- ✓ **yüksek yorulma direnci**

verimli döküm işlemi

- ✓ **sıcak yırtılmaya çözüm!**
- ✓ **düşük hurda oranları!**
- ✓ **istikrarlı ve güvenilir!**

mekanik ve ısı işlemlere yatkınlık

- ✓ **(kolay şekil verilebilirlik: dövme/hadde/ekstrüzyon)**
- ✓ **kolay homojenleştirme: kısa HT çevrimleri**
- ✓ **kolay çözeltiye alma: kısa çözelti işlemleri**
kısa sürede yaşlanma sertleşmesi

kaliteli parça / verimli-ekonomik proses

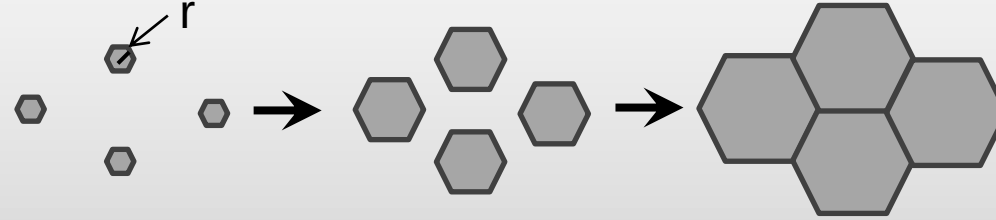
tane inceltme - nasıl?

$\uparrow dn/dt$
 $\downarrow dr/dt$



*ince
taneli*

$\downarrow dn/dt$
 $\uparrow dr/dt$



*iri
taneli*

$\uparrow dn/dt$

$\downarrow dr/dt$

etkin çekirdek:
banyoda kararlı / çözünmez!
 α -Al ile $\uparrow$ kristalografik uyum (>90%)
 α -Al ile benzer yoğunluk: $\rho_{\text{çekirdek}} \sim \rho_{\text{Al}}$

TiAl₃: çözünür < 1500ppm Ti / 97.8%

TiB₂: çözünmez / 95.7%

AlB₂: çözünür < 220ppm B / 96.5%

(Ti,Al)B₂

özel durumlar için TiC!

katılaşma ısı ve ısı transferi dengesi kritik!
Açığa çıkan katılaşma ısı = f(alaşım elementi paylaşımı).

**Katı-sıvı arayüzeyinde
alaşım elementi paylaşımı
büyümeyi yavaşlatır!: GRF**

elem.	Mn	Cu	Fe	Mg	Ni	Cr	Si	Ti
GRF	0.1	2.8	2.9	3.0	3.3	3.5	5.9	246

ticari tane incelticiler

hızlı çekirdeklenme



etkin çekirdek

TiB_2

yavaş büyüme

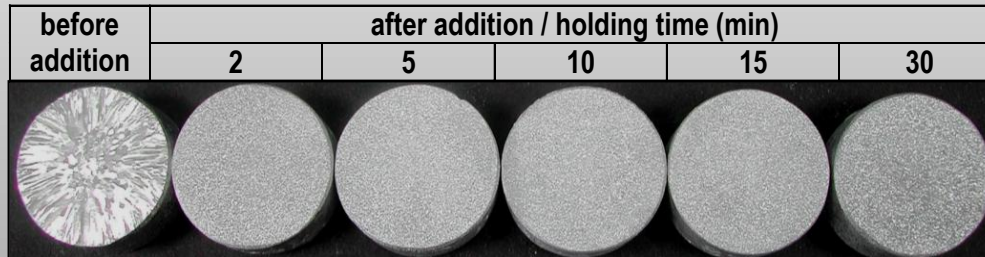
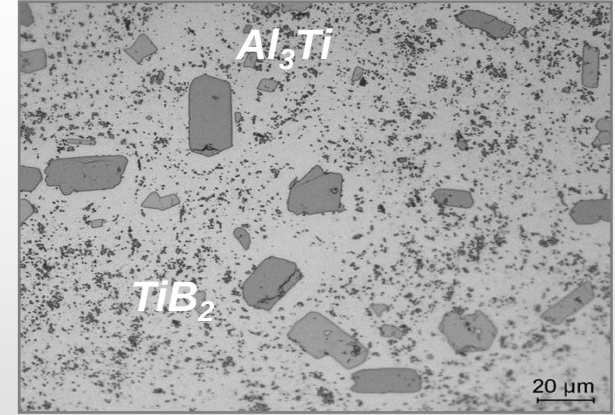


büyüme yavaşlatıcı

fazla Ti

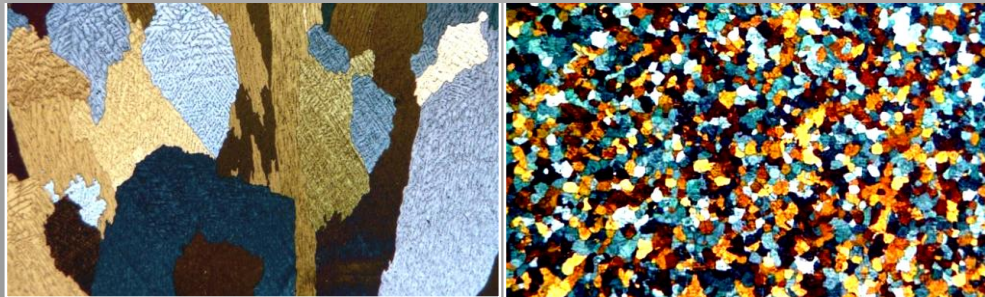
Al-%1-10Ti-%0.2-3B

Al-5Ti-1B filmaşın : 2.2Ti (TiB_2 çözünmez) + 2.8Ti ($TiAl_3$ çözünür)



katkısız

ilaveden 2 dk sonra



Levha-folyo-profil
1XXX/3XXX/8XXX/6XXX
alaşımları için

Al-5Ti-1B
(TiBor/TiBAI)
mükemmel tane
inceltici!

sürekli / yarı-sürekli vs parça döküm

sürekli döküm	özellik	parça döküm
düşük	<i>katılaşma öncesi aşırı soğuma</i>	büyük
kısa	<i>aşılamadan katılaşmaya geçen süre</i>	uzun
yüksek	<i>alaşım bileşimi-safılık</i>	düşük
düşük	<i>alaşım bileşimi-Ti içeriği</i>	yüksek
işlem ?XXX	<i>alaşım</i>	döküm ?XX

döküm alaşımları yüksek miktarda Si

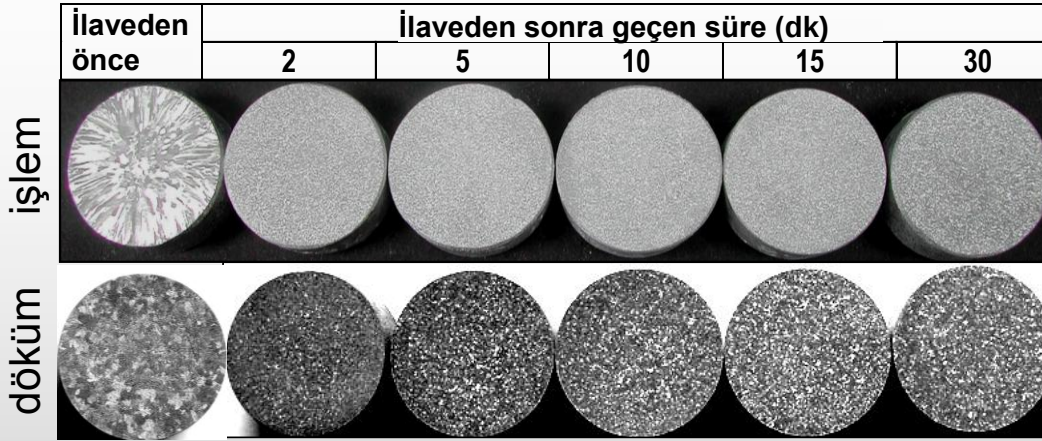
- ↑ akışkanlık / dökülebilirlik
- ↓ çekinti
- ↓ sıcak yırtılma
- ↓ yoğunluk
- ↑ mekanik özellikler

Si > %3;

Si, Ti ile Ti-Si bileşikleri oluşturur : Si zehirlenmesi
↓ Al_3Ti ve TiB_2 partikülleri / etkinlikleri zarar görür!
↓ tane inceltme kapasitesi / ↑ solma (↑ akışkanlık)

∴ döküm alaşımlarında tane inceltme **GÜÇ!**

Al-5Ti-1B / işlem vs döküm alaşımları



*Al-5Ti-1B
döküm alaşımlarında
işlem alaşımlarındaki
performansını
gösteremez!*

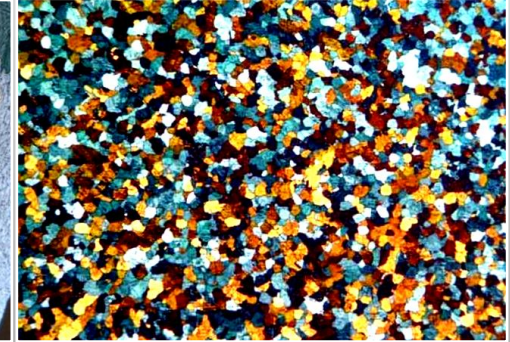
*döküm
alaşımlarında
Al-5Ti-1B'un
tane inceltme
kapasitesi*

***daha yüksek
ilave
seviyelerinde bile
yetersizdir!***

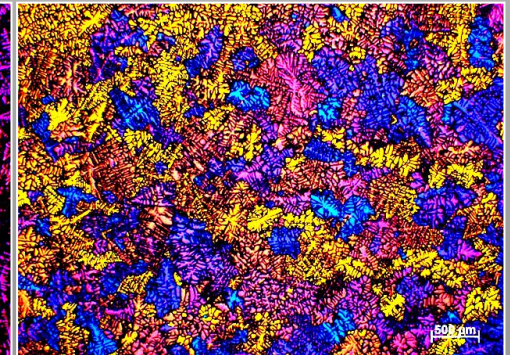
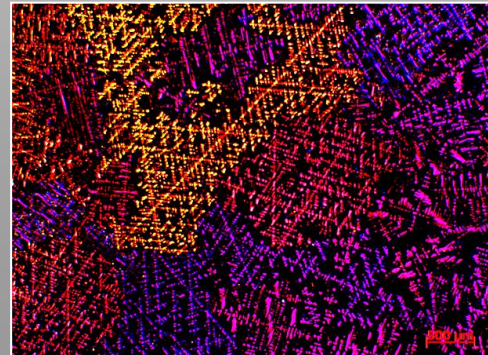
katkısız

ilaveden 2 dk sonra

1050/3003/8011



AlSi7Mg



parça dökümünde tane inceltme

sürekli dökümde uygulanan yöntemden aynen kopyalanmıştır!

Alüminyum dökümhanelerinde ağ% 0.1 kadar Ti içeren alaşımlı külçe kullanılır!
+ 0.2-0.4 ağ% Al-5Ti-1B filmaşın (2-4 kg/ton)

Al-5Ti-1B filmaşın **performans ↓ maliyet ↑**

Si'e rağmen etkili olabilecek alternatif tane incelticilere ihtiyaç var!

Al-B alaşımları!

Yaklaşık 30 yıldır piyasada mevcut!

Lu et al.1981 (Sigworth & Guzowski 1985; Tondel et al. 1993)

Sigworth & Guzowski
1985

B çözeltideki Ti ile reaksiyona girerek “sludge” yapar!
Sr ile reaksiyona girerek modifikasyona zarar verir!
B-zengin AlTiB tane incelticiler! : karma $\text{Al}(\text{Ti},\text{B})_2$!

Al-B alaşımları

tane inceltici olarak kullanılmıyorlar!

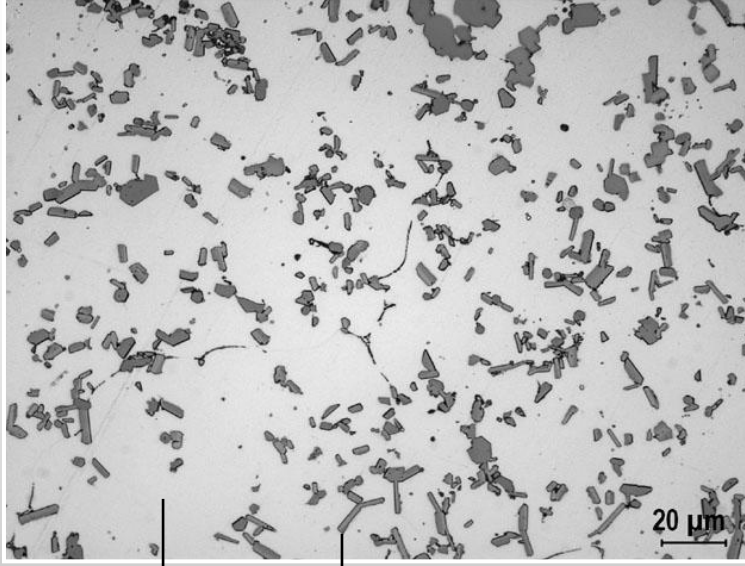
iletken Al üretiminde Ti çöktürücüsü olarak kullanılıyorlar!

Dikkat! Dökümhaneler Ti'lu külçe kullanıyorlar!

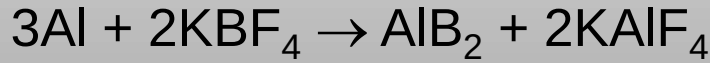
Ti'lu alaşıma B ilavesi // AlTiB ilavesinden farklı değildir!



Al-3B master alaşıımı



$\alpha(\text{Al}) / \text{AlB}_2$

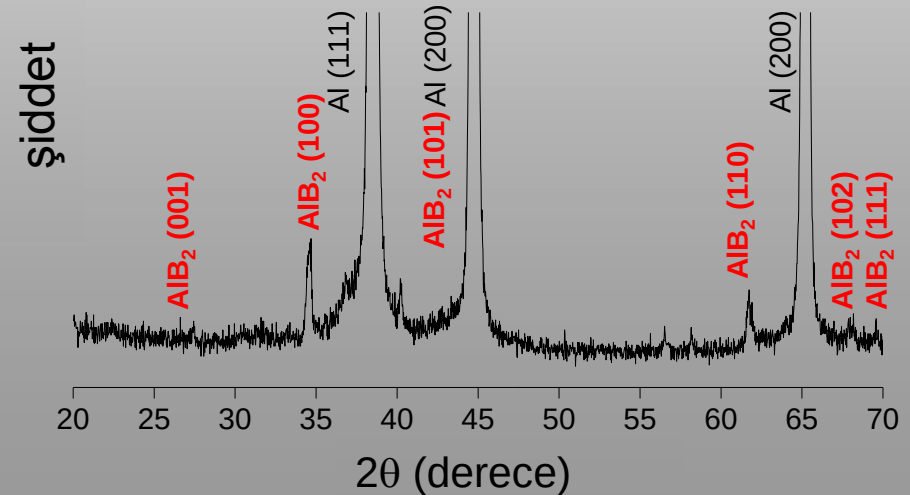
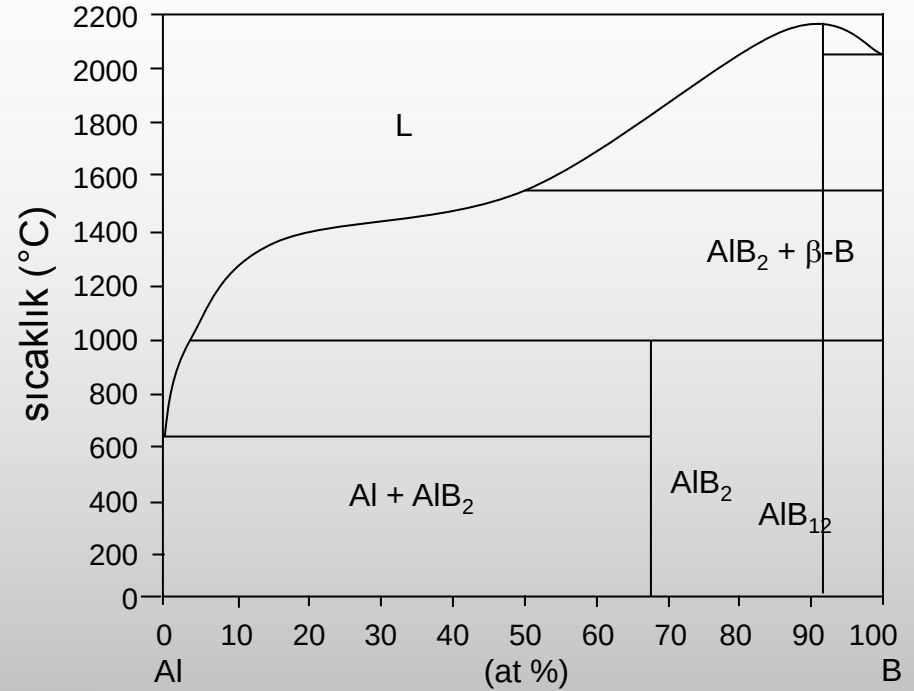


$T = 800^\circ\text{C}$

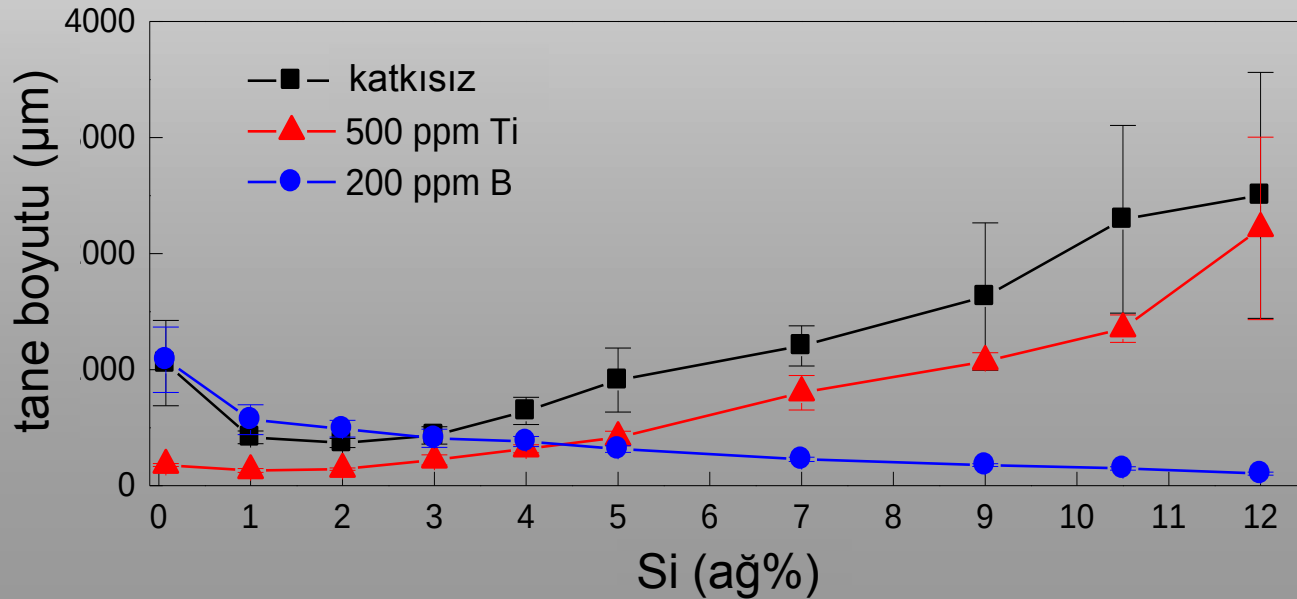
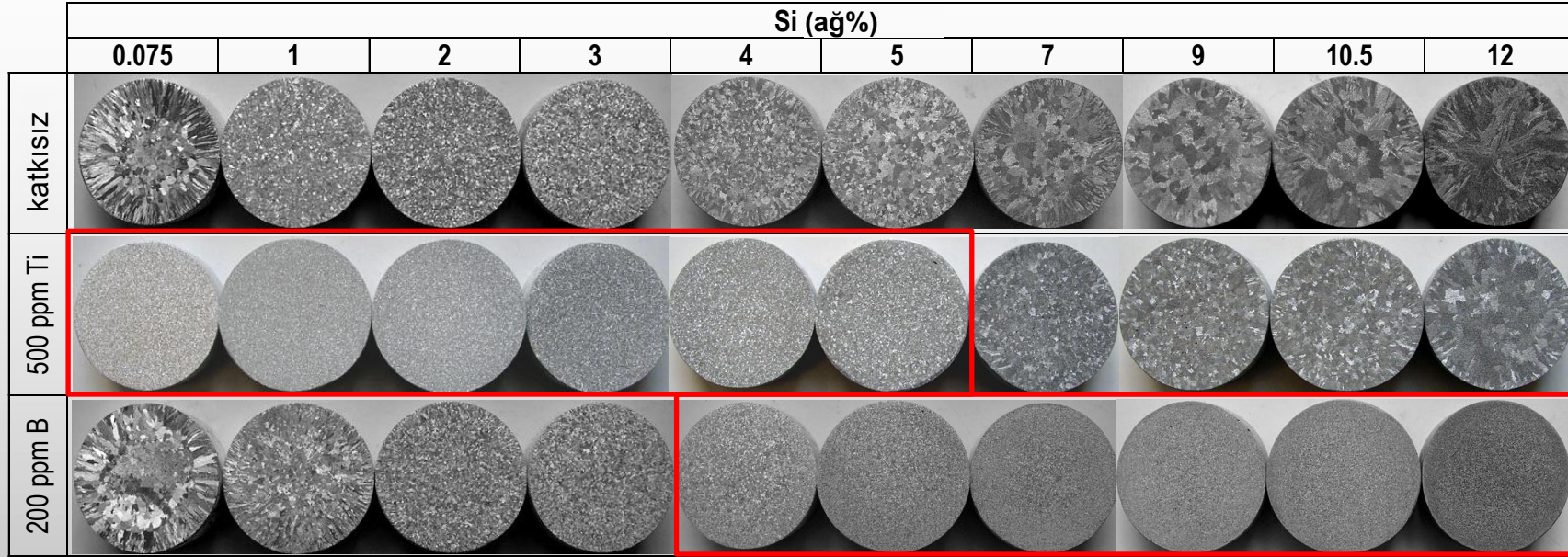
Artık tuz (KAlF_4) akıtılır.

Kalan Al- AlB_2 eriyiği kokil kalıba
bilet şeklinde dökülür.

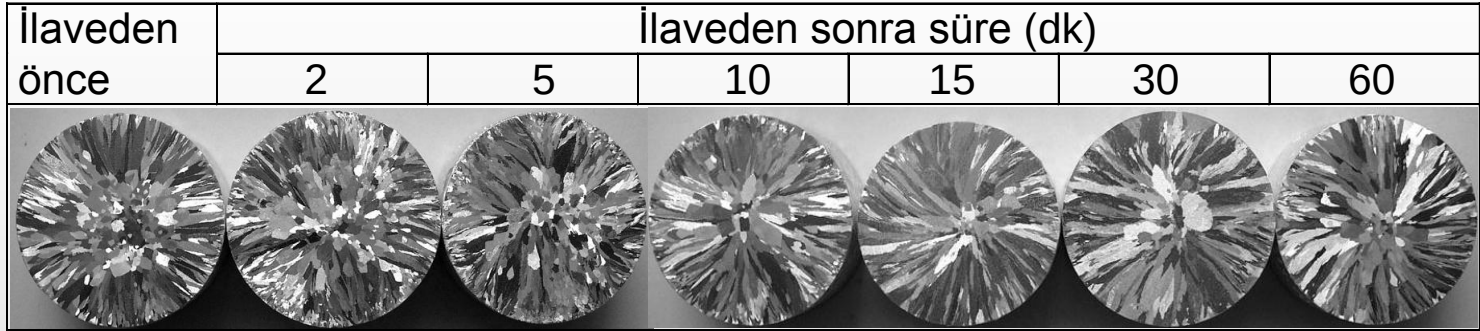
Bu biletten preste filmaşın çekilir.



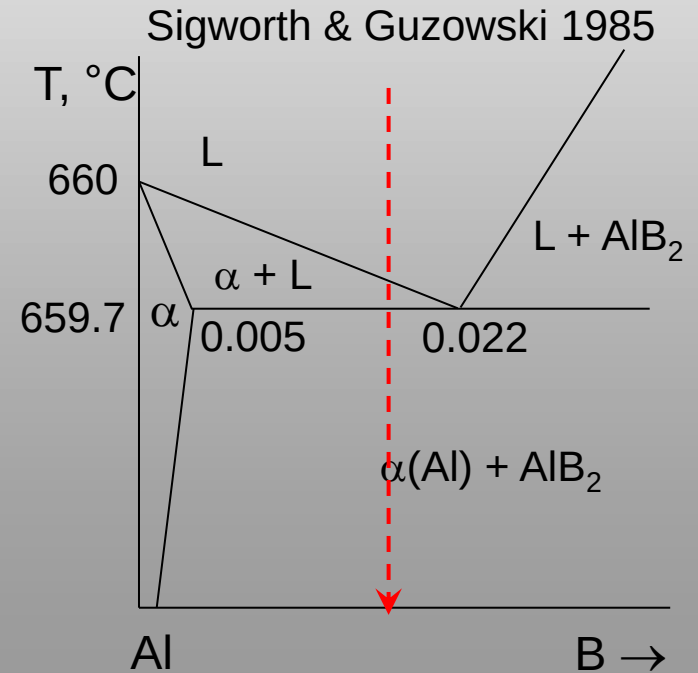
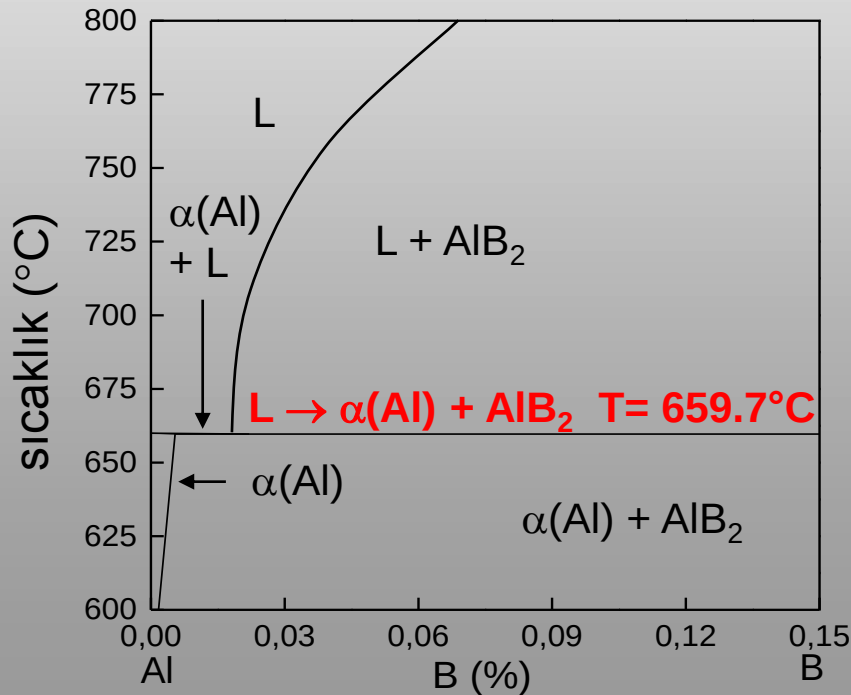
silis etkisi – Ti vs B ile birlikte



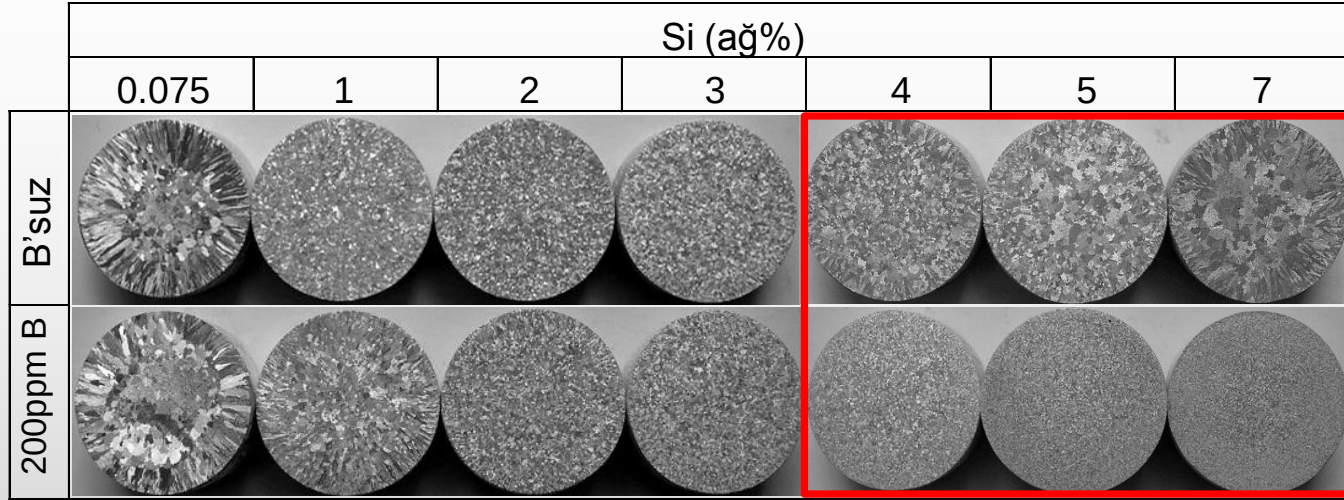
saf alüminyum (99.7)



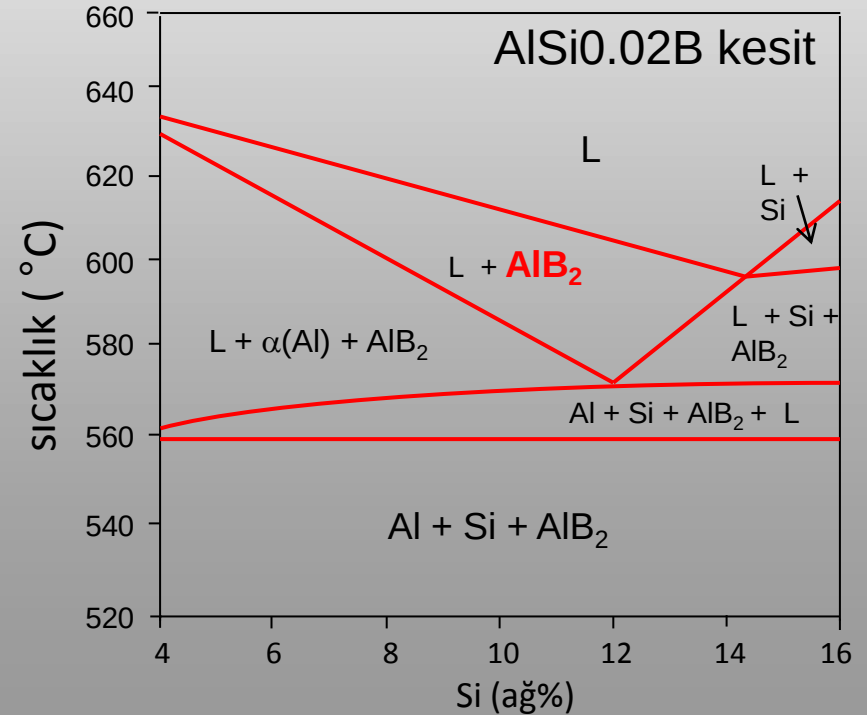
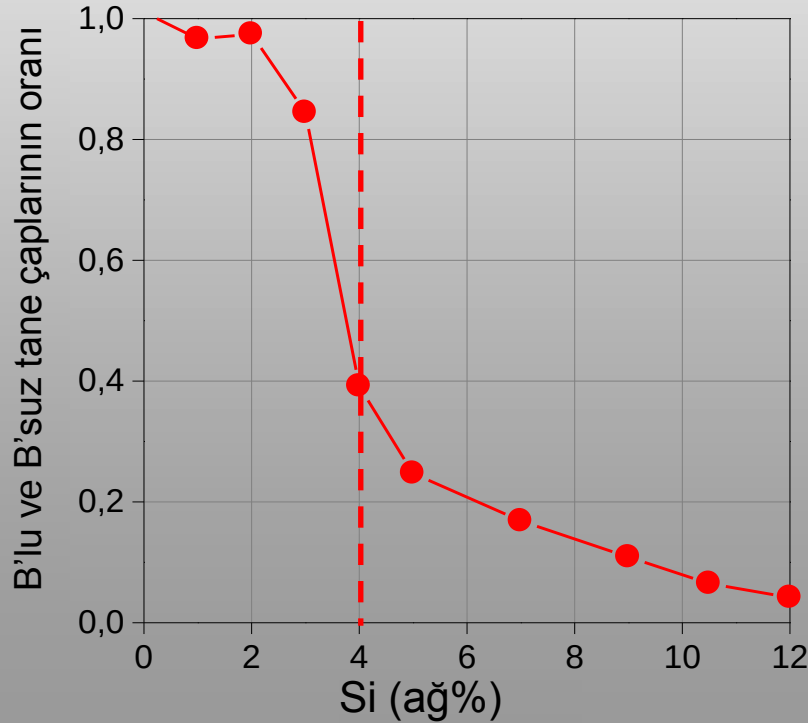
AlB_2 B < 0.022 ağı% iken sıvı alüminyumda kararlı değil!
 $\alpha(\text{Al})$ ilk katılaştıran fazdır ve AlB_2 tarafından çekirdeklendirilemez !



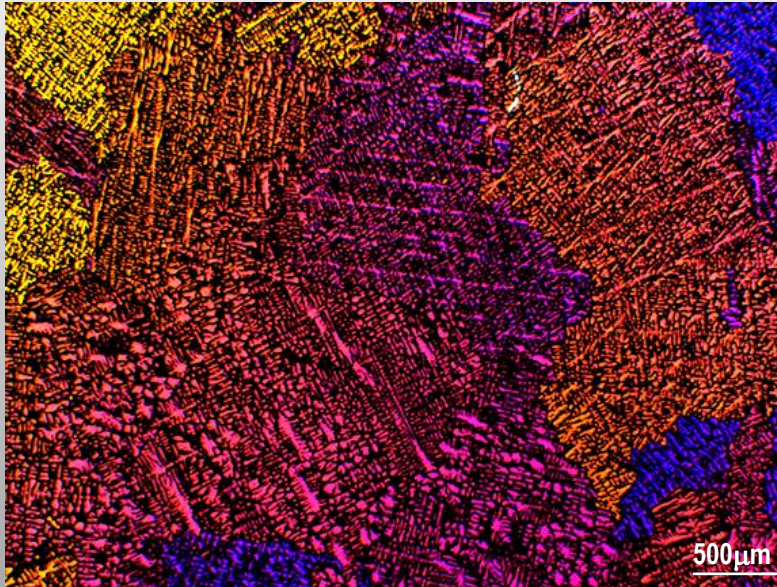
B ilavesi ile tane inceltme mekanizması



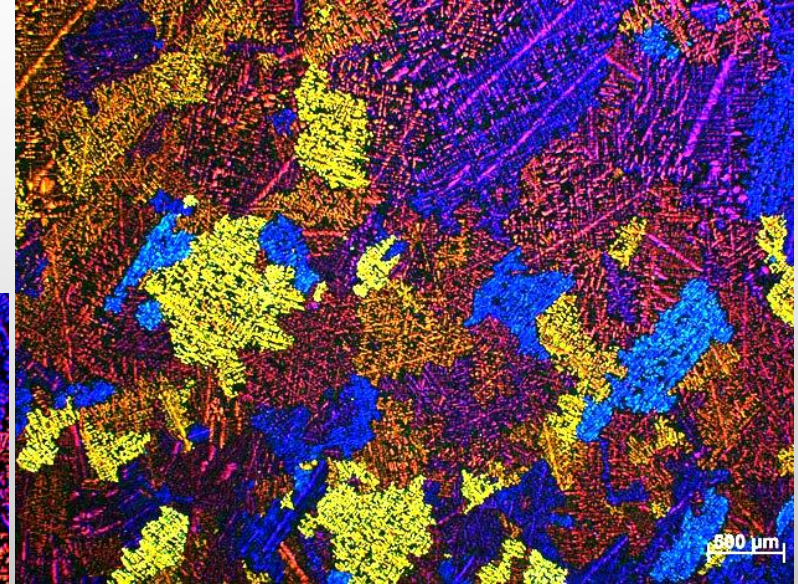
Al-Si-B üçlü
sisteminde
ağ %4
Si'den
itibaren
sıvıdan ilk
katılaşan faz
 AlB_2



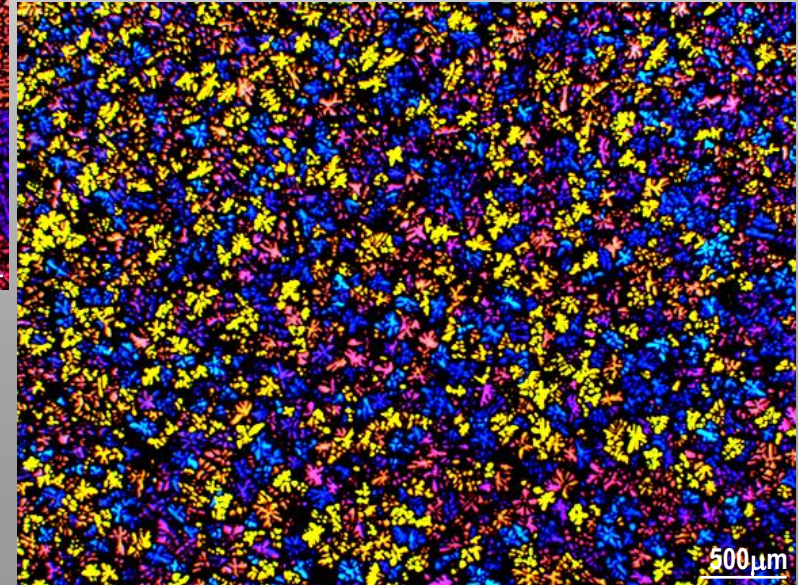
ilaveden önce



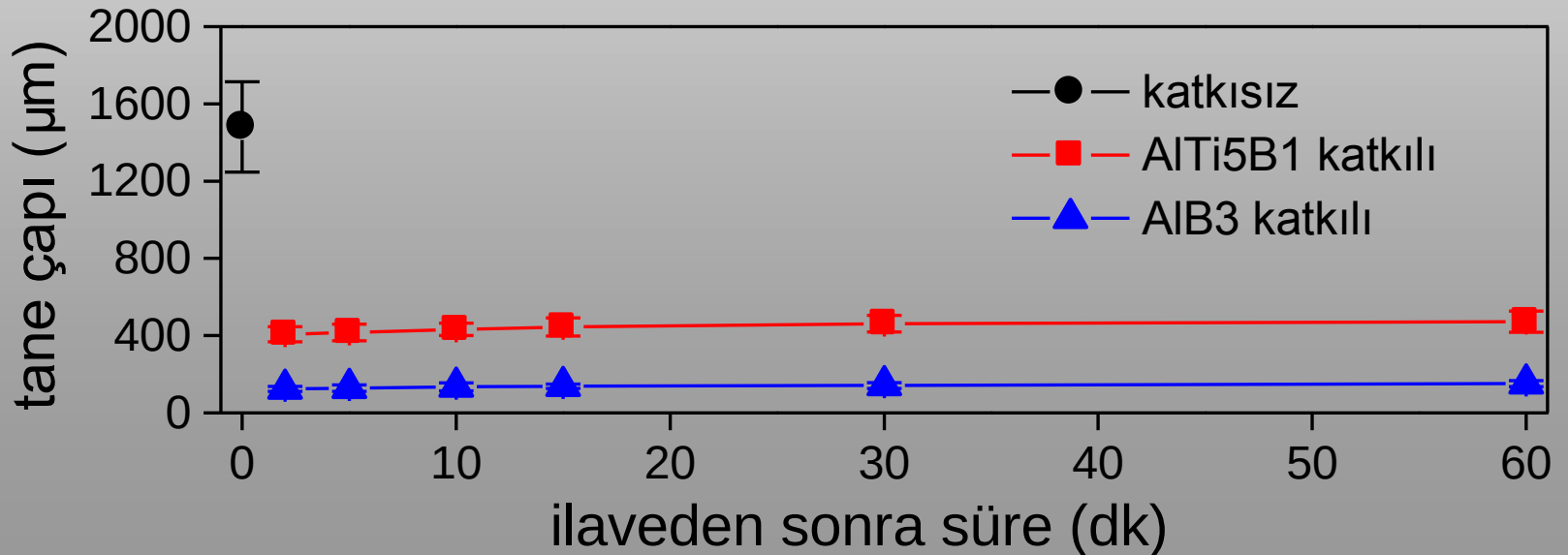
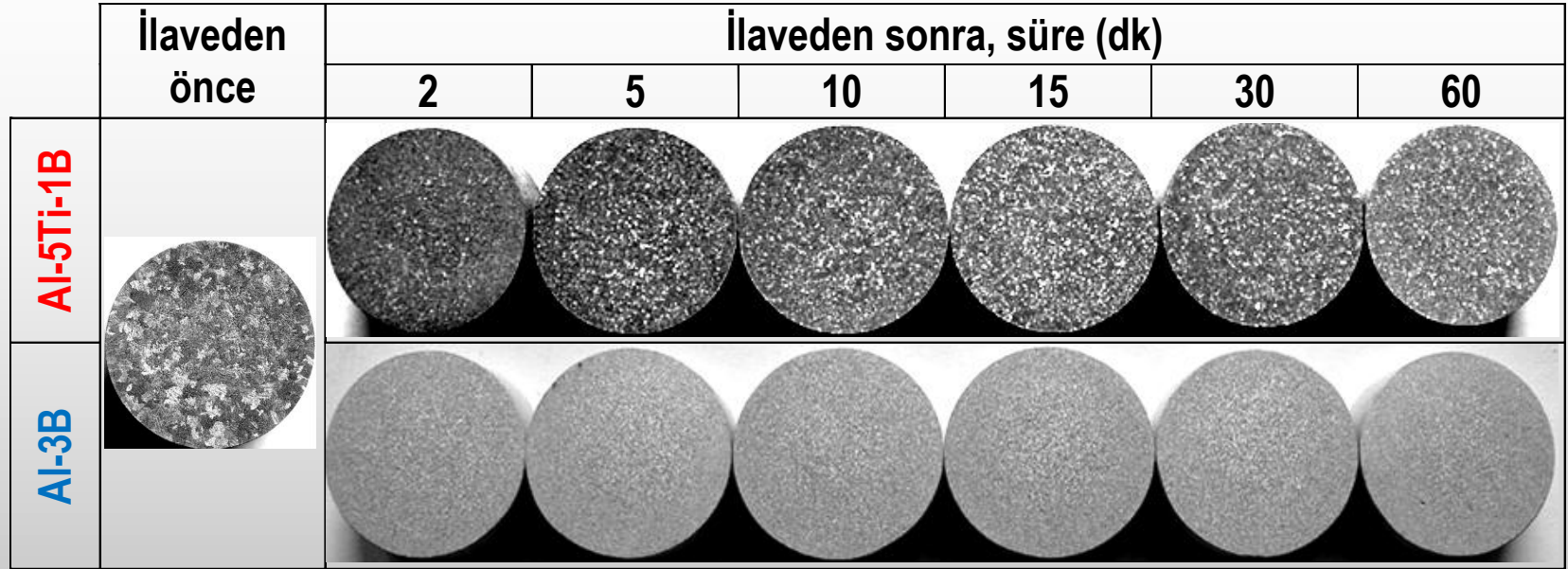
ilaveden sonra



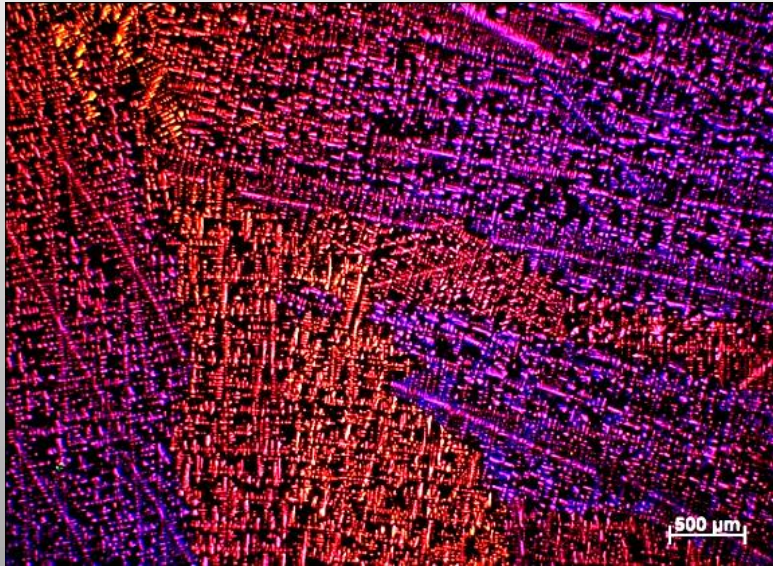
Al-5Ti-1B



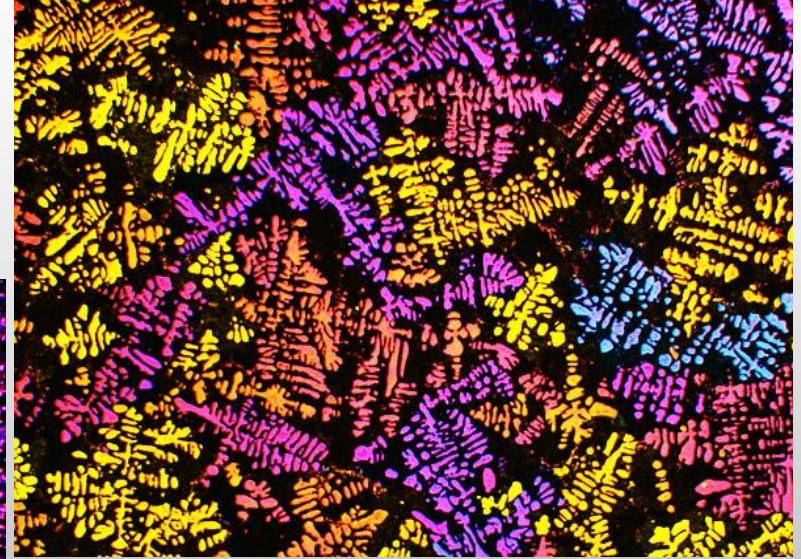
Al-3B



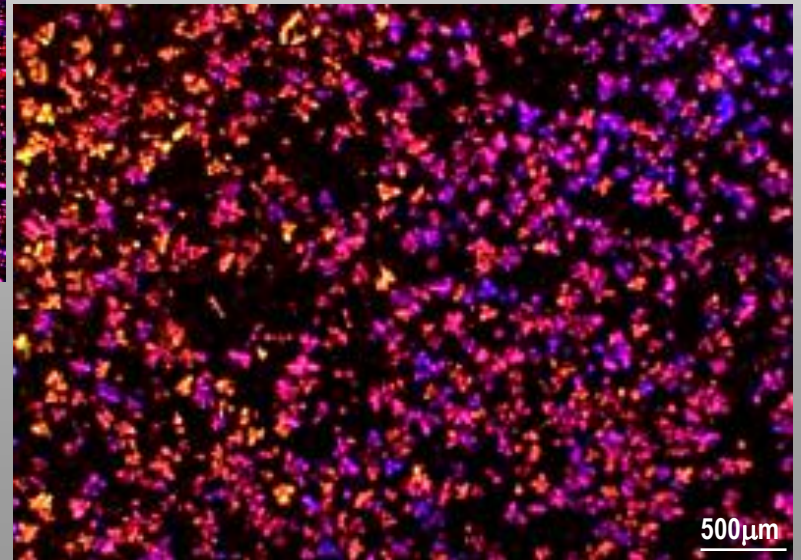
İlaveden önce



İlaveden 2 dk sonra

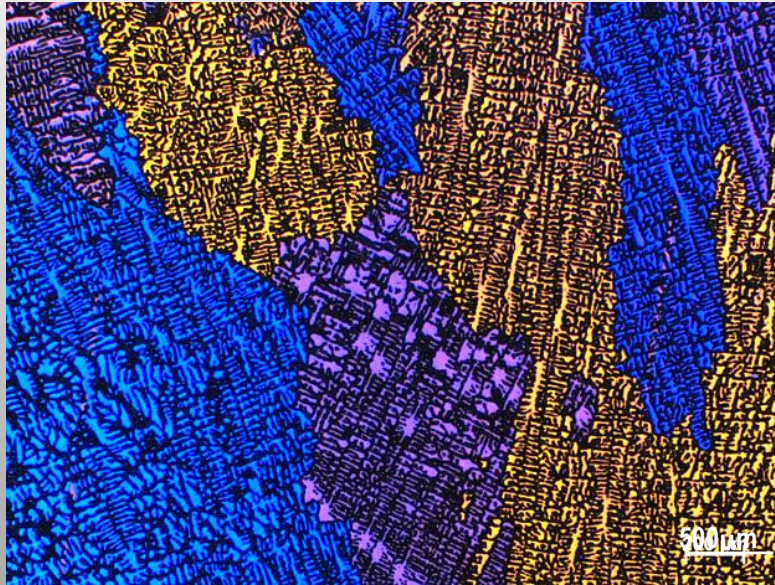


Al-5Ti-1B

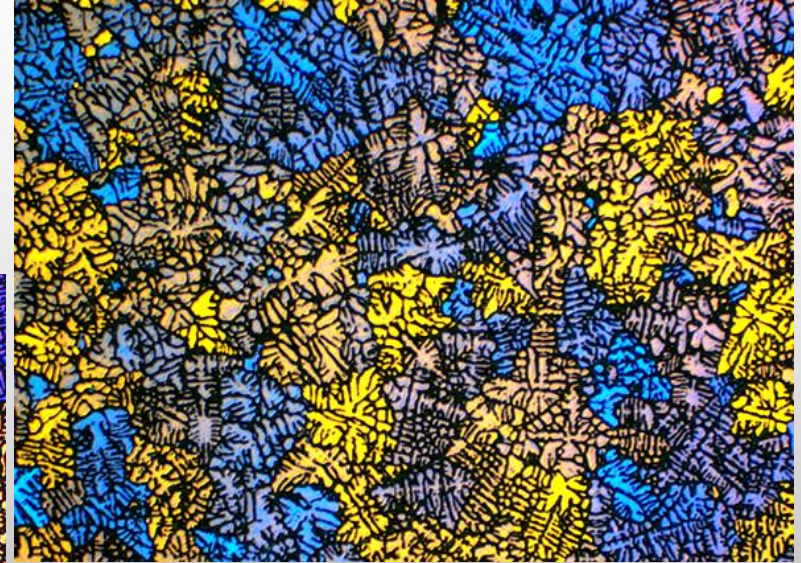


Al-3B

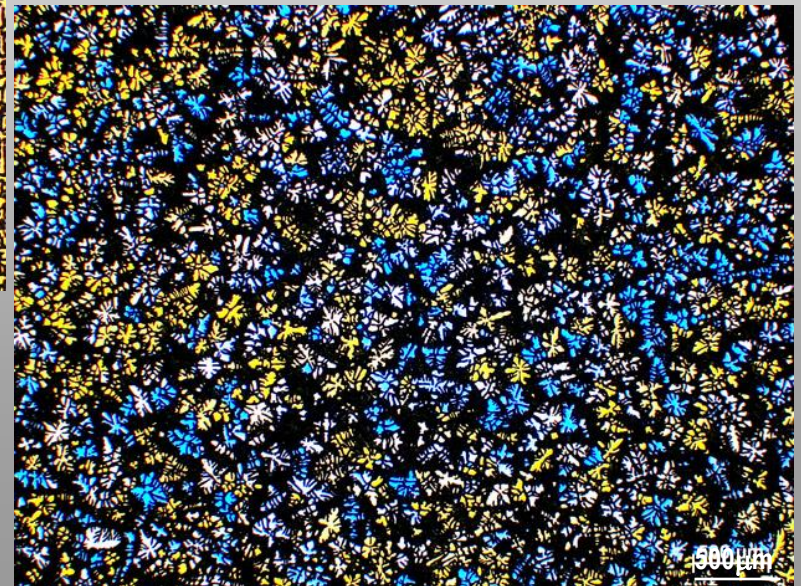
İlaveden önce



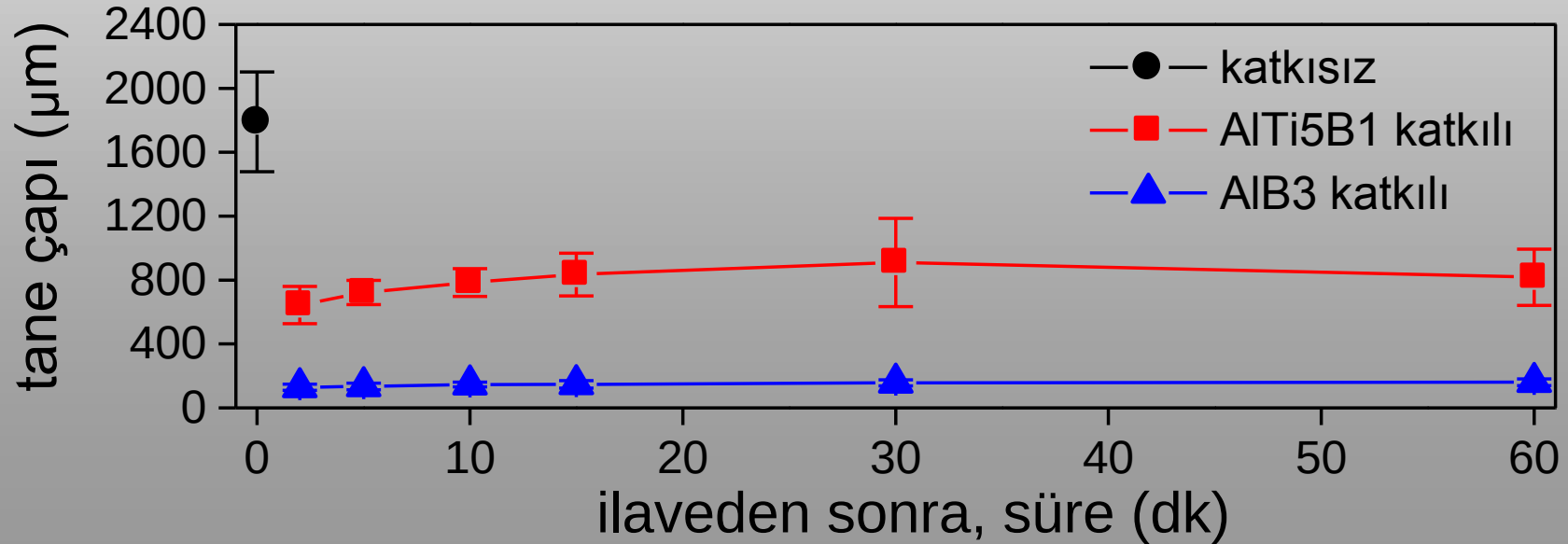
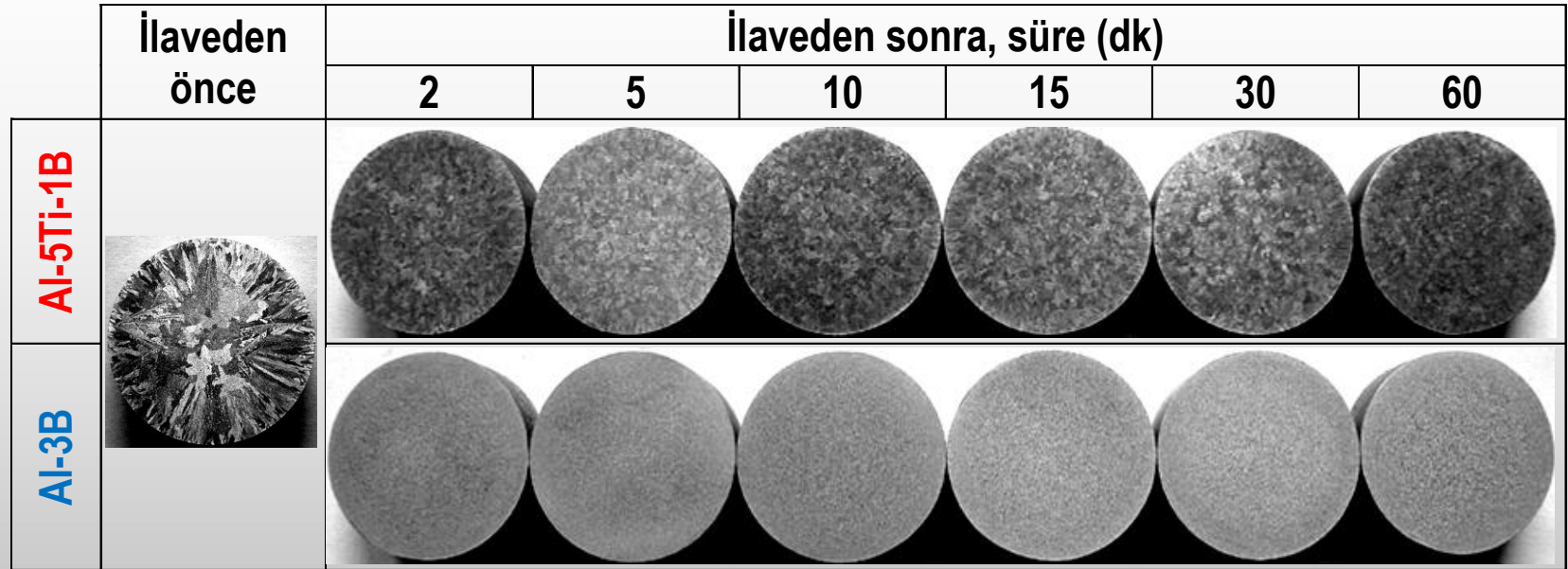
İlaveden 2 dk sonra



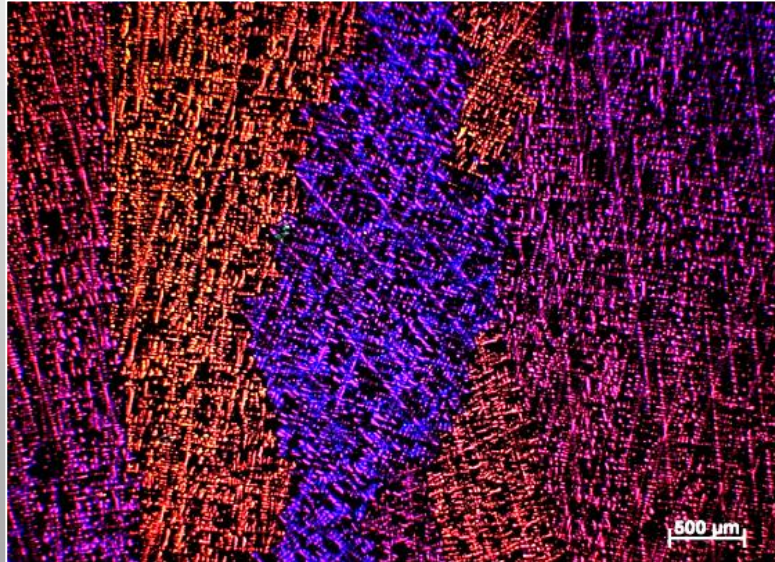
Al-5Ti-1B



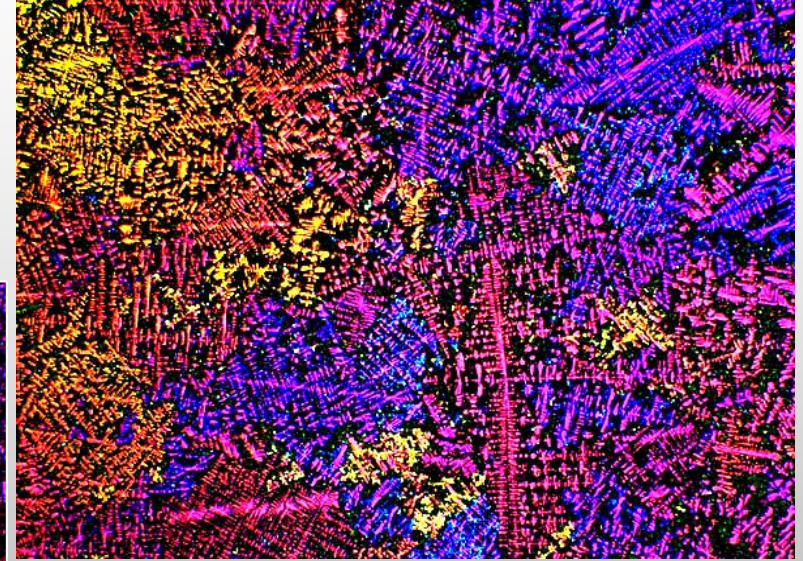
Al-3B



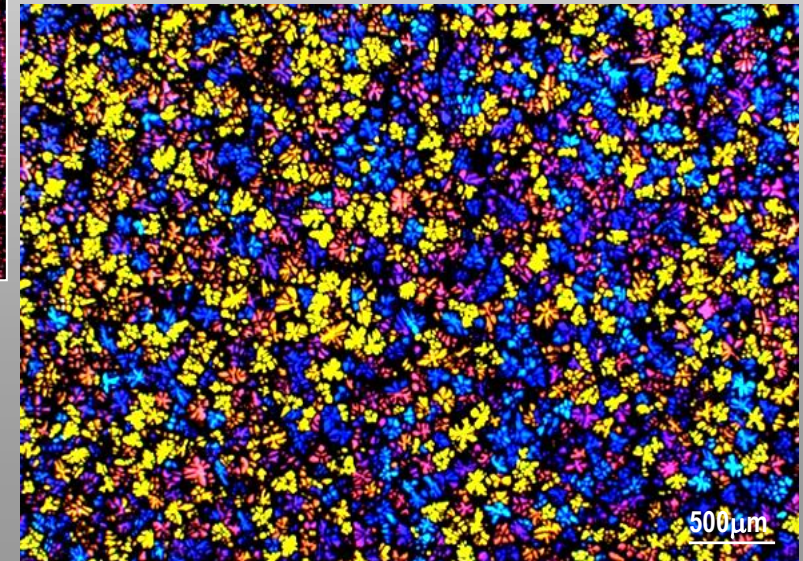
İlaveden önce



İlaveden 2 dk sonra



Al-5Ti-1B



Al-3B

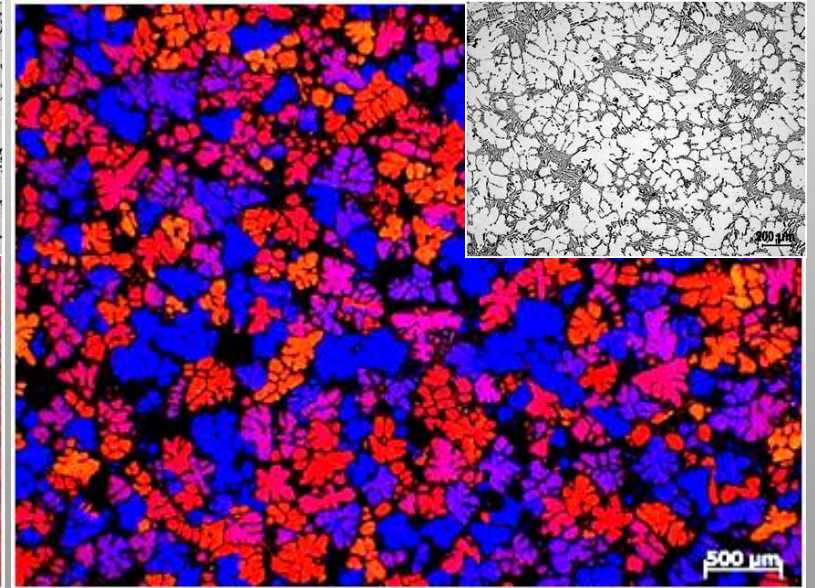
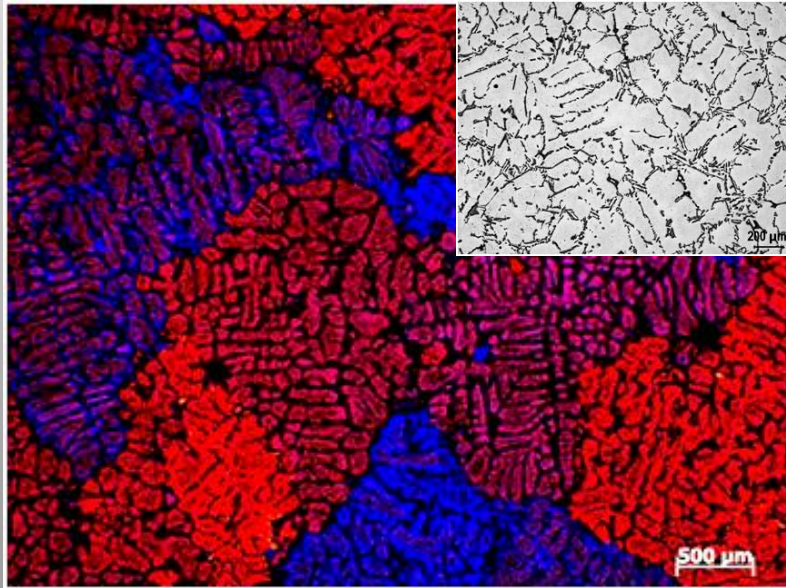
DAS $\neq$ d

döküm alaşımlarında tane yapısını dağlamak **GÜÇ!**
mikroyapıyı karakterize etmek için çoğu kez dendrit yapı
büyüklüğü (DAS) kullanılıyor!

Ancak, $DAS \neq d$

$DAS = f$ (soğuma hızı)

$d = f$ (bileşimsel aşırı soğuma)



$$d / DAS = 1500\mu\text{m} / 100\mu\text{m}$$

$$160\mu\text{m} / 80\mu\text{m}$$

Özet

- ✓ döküm alaşımları için Al-B mükemmel bir tane inceltici!
- ✓ Al-B ile tane çapı Al-5Ti-1B ile elde edilenden en az 3 kat daha küçük!
- ✓ döküm parçalarda $d < 200\mu\text{m}$ standart!
- ✓ AlB_2 taneciklerinin etkin çekirdeklenme yapabilmesi için alaşımın Ti %si kontrol edilmeli: ($< 80\text{ ppm}$) yoksa $\text{AlB}_2 \rightarrow \text{TiB}_2$
- ✓ AlB_2 tanecikleri alüminyum katılaşmaya başlamadan kısa süre önce oluştukları için Al-B ile tane inceltmede zamana bağlı performans kaybı yok!
- ✓ tekrar ergitmelerde aynı derecede etkili!

TEŞEKKÜR

*TÜBİTAK 110M173 TARAL 1001 proje desteği
COMPONENTA DÖKTAŞ Manisa Tesisleri
ER DÖKÜM MAKİNA SAN. TİC. A.Ş.*

ilginize teşekkür ederim!