



Alüminyum Test Eğitim ve Araştırma Merkezi

Mart 2017





Alüminyumun Sıvı Metal Hareketleri ve Ürün Kalitesine Etkisi (sıvı-curuf-katışkı)

Prof. Dr. Fevzi Yılmaz
FSMVÜ

Mart 2017

GÜNDEM

- 1. Alüminyum hurdaların karakteristik özellikleri ve nihai ürüne etkileri
- 2. Hurdalardan gelen kirleticilerin sıvı metal hareketlerine etkisi
- 3. Fırın içi sıvı metal hareketlerinin nihai ürün kalitesine etkisi
- 4. Fırın içi sıcaklık ve basıncın nihai ürün kalitesine etkisi
- **5. Fırın içi degazing (degassing) işlemlerinin önemi, kullanılan yöntemler ve avantaj/dezavantajları, uygulanmasında karşılaşılan problemler**
- **6. Fırın içi kompozisyonun optimize edilmesi ve önemi**

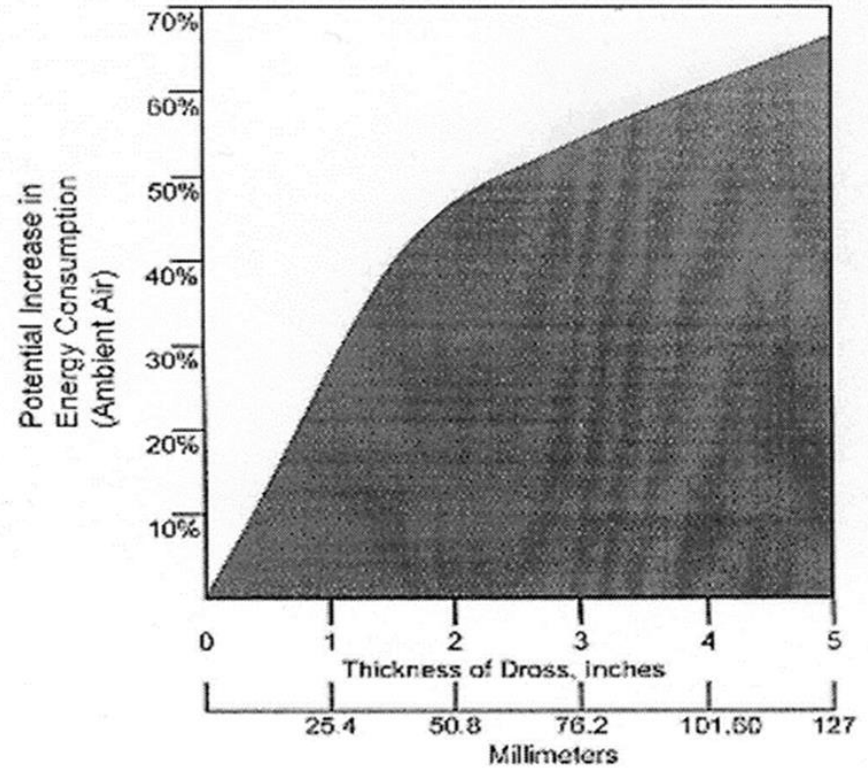
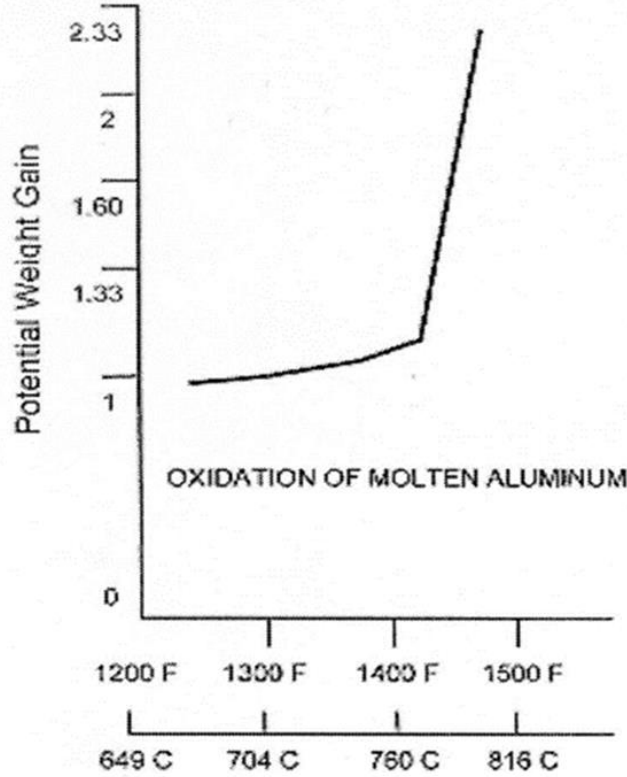
Sıvı Metal Sirkülasyonu

- Metal sirkülasyonunun olmadığı, sakın banyoya sahip fırınlarda ergimiş metal banyosunun yüzeyi ile tabanı arasında sıcaklık farkı vardır.
- Yanma gazları ve alev temasına açık banyo yüzeyi daha sıcak iken, taban daha soğuktur. Yüzeye göre her santimetre için 1°C soğuma.
- **Karıştırma hareketi sayesinde banyo yüzey sıcaklığı düşerken, toplamda sıcaklık dağılımı homojen olur ve aynı zamanda alaşım elementlerinin ergimiş alüminyum içinde dağılımı kolaylaşır.**

Sıvı Metal Sirkülasyonu

- Banyo yüzey sıcaklığının düşmesi ile ısı iletimi artar, baca gazı sıcaklığı düşer ve yakıt verimliliği artar.
- Bu iyileşmeler ilave olarak curuf oluşumunun azalmasına ve refrakter aşınmalarının engellenmesine de katkı yapar.
- Metal sirkülasyon sistemleri ile ergitme hızı % 20 artarken, curuf oluşumu % 40-50 oranında düşer.

Ergitme işlemlerinde curuf oluşumu, yani oksidasyon nedeni ile metal kaybı fırın sıcaklığı ile doğrudan ilişkilidir.



Alüminyum oksit (Al_2O_3)

Yoğunluk: 3.95 g/cm^3 Ergime noktası: $2,072 \text{ }^\circ\text{C}$ Kaynama noktası: $2,977 \text{ }^\circ\text{C}$

Fırın ve Refrakter

- **Dışarıdan soğuk hava girişine izin veren refrakter uygulaması sonucu hem yakıt tüketimi artar, hem de fırın içindeki sıcaklık dağılımı üniformluğunu kaybeder.**
- Reverber tipli fırınlarda kesintili çalışma, her bir devreye alma sürecinde öncelikle refrakter yüzeylerin ısıtılması ihtiyacı nedeni ile tavsiye edilmez.
- **Kapı tasarımı ve kapı izolasyonu enerji verimliliği açısından önemlidir. Etkin iç basınç kontrolü ile fırın içine kaçak havanın girmesi engellenir.**

İşletme koşulları

- Ergiyik yüzeyinin temizliği
- **Isı transferinin arttırılmasının en kolay yolu transfer yüzeyinin temizliğidir. Ergitme fırınlarında ergiyik yüzeyini kaplayan curuf tabakasının temizlenmesi ısı transferini arttırır.**
- **Bununla birlikte indirekt ısıtmalı fırınlarda örneğin radyan tüplerin ya da elektriksel eleman yüzeylerinin temiz tutulması da benzer olumlu etkiyi yapar.**
- Doğru fırın yükleme ve işletme pratiği (şarj ve curuf alma mekanizasyonu, radyasyon kayıplarının önlenmesi)

Fırın

- Fırın işletme verimliliği; yakıcı kapasitesi ve fırın tasarımına bağlı olarak, büyük ölçüde birim zamanda yapılan şarj miktarı, işletme pratiği, curuf alma pratiği ve proses kontrol ile parametrelerin izlenmesi önemli noktalardır.
- Şarj sırası-miktarı ve yakıt kontrolü, kaliteli ürün ve enerji tasarrufu için önemlidir. Fırın işletmeciliği otomatik kontrol sistemleri ile desteklenirse, yani hava/yakıt oranı dinamik olarak kontrol edilebilirse, yakıcı optimum koşullarda çalışabilir ve fırın üretkenliği artarken, enerji tüketimi düşer.
- Şarjın ön-ısıtılması hem işletme güvenliği hem de enerji tüketimi açısından önemlidir.

Fırının yüklenme süresi ve şekli önemlidir. Fırının homojen bir şekilde yüklenmesi hem ısı transferini arttırır hem de birim zamandaki üretimi arttırır.



Proses Kontrol Sistemleri

- Fırın içinde metal ve tavan sıcaklıkları ile fırın iç basıncının kontrolü, verimli bir ergitme işlemi için çok önemlidir.
- Belirli periyotlarda yapılacak olan analizler ve baca gazı ölçümleri (baca gazındaki CO₂ ve O₂ ve baca gazı sıcaklığı) kalite ve süreklilik hakkında bilgi verecektir.
- Merkezi Proses ve Kalite Kontrol Sistemi (ekstrüzyon için)
 - Biyet Döküm Parametreleri
 - Kalıp Parametreleri
 - Pres Parametreleri
 - Isıl İşlem Parametreleri
 - Ekstrüzyon İşlem Parametreleri

Şarj Malzemeleri

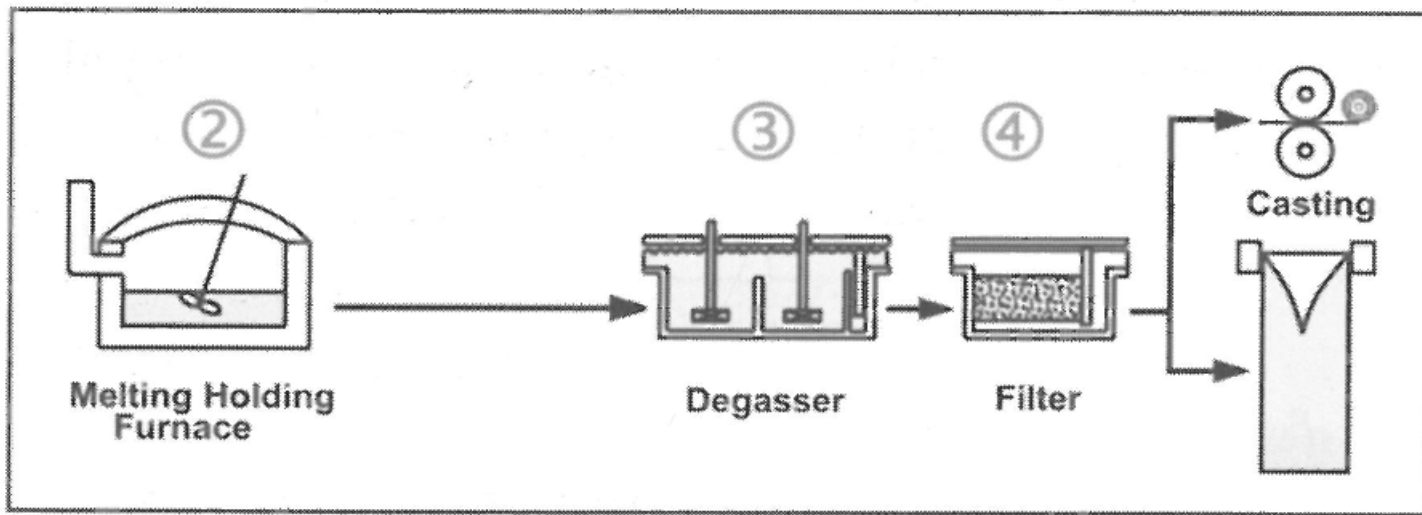
- Külçe, alaşım elementleri, master alaşımlar, üretim hurdaları
- Düşük ergimeliler (magnezyum, çinko) çubuk şeklinde. Yüksek ergimeliler (silisyum, bakır) master alaşımı şeklinde.
- Ergitme ve Tutma
- Fırınlar: Reverber, devirme ocakları

Döküm Parametreleri (Biyet Döküm İçin)

- Döküm sıcaklığı, Likidüs (ergime) üstü 30 °C
- Döküm hızı, 6063 D=178mm V=130mm/dk
- Döküm hızı, 6063 D=230mm V=100mm/dk
- Kalıp ve soğutma, çelik, su püskürtme+azot

Flaksla İşleme ve Gaz Giderme

- Tablet, flaks (örtücü flaks, cüruf yapıcı flaks)
- Mekanik mikserle gaz giderme, Azot, argon, argon+klor
- Tane İnceltme (Ti-B veya Al-Ti-B master alaşımı)
- Filtrasyon (Seramik köpük filtre).



Şekil 4.12. İkincil tesis ve dökümhaneler için klor kullanılan işlem akış şeması.

Tablo 4.9: İkincil tesis ve dökümhaneler için klor kullanılan işlem akış şeması:

	(2) DÖNER ROTOR İLE KATI YA DA GAZ FLAKS ENJEKSİYONU	(3) HAT ÜZERİNDE DÖNER ROTOR İLE GAZ FLAKS BESLEME	(4) SERAMİK KÖPÜK FİLTRE (CFF)	(4) DERİN YATAK FİLTRESİ (DBF)
Ana amaç	Alkali ve inklüzyon giderme	Hidrojen giderme	İnklüzyon giderme	İnklüzyon giderme
İkincil amaç	Eriyiğin karıştırılması	İnklüzyon ve alkali giderme		
Yerleşim	Ergitme/tutma fırını içinde	Tutma fırını ve filtre arasında	Gaz giderme ve döküm hattı arasında	Gaz giderme ve döküm hattı arasında
Tipik değerler (ppm) alkaliler ve H ₂	Giriş: 31 Na, 12 Ca Çıkış: <1 Na ve 4 Ca	Giriş: 0.20-0.30 H ₂ Çıkış: 0.10-0.20	Giriş: 0.5<5 mm ² /kg Çıkış: <0.1 mm ² /kg	Giriş: 0.5<5 mm ² /kg Çıkış: <0.1 mm ² /kg
İnklüzyon giderme	Çıkış: 0.01-0.6 mm ² /kg	% 70	% 40-90	% 90
Curuf oluşumu	Lens ile gaz vermeye göre %25-30 daha az	Her bir işlemde birkaç kg		

Sıvıda katı kalıntılar

- Oksitler (Al_2O_3 , MgO)
- Spineller (Mg_2AlO_4)
- Borürler (TiB , VB , ZB_2)
- Karbürler (TiC , Al_3C_4)
- İntermetalikler (FeAl_3 , MnAl_3)
- Nitrürler (AlN)
- Filtre çapı inklüzyonlardan, kalıntılardan büyüktür.

KATIŞKILAR

Tablo 4.13: İnküzyon kaynakları.

	BİRİNCİL TESİSLER	ERGİTME ÜNİTELERİ	METAL TRANSFERİ	TUTMA FIRINLARI	YOLLUKLAR	RAFİNASYON ÜNİTELERİ	FİLTRELER	DÖKÜM
Al_4C_3	X							
$(TiV)B_2$	X							
Al-B karbürler	X							
Al_2O_3 film ve partiküller	X	X	X	X	X	X	X	X
MgO film ve partiküller		X		X		X	X	
Spinel film ve partiküller		X		X			X	
AlN		X		X			X	
Refrakter parçacıklar		X		X			X	
Fe-Mn oksitler		X		X			X	

Örnek intermetalikler

- Çoklu faz 1xxx FeAl_3 Fe_2SiAl_5
- 3xxx MnAl_6 $(\text{FeMn})\text{Al}_6$
- 5xxx Mg_2Al_3
- 6xxx Mg_2Si

Döngüden gelen elementler

- 7xxx Li,Zn
- 2xxx Cu
- 3xxx Mn
- 4xxx Si
- 5xxx Mg
- 8xxx Si

İNKLÜZYONLAR

Tablo 4.14: Alüminyum alaşımlarında yaygın rastlanılan inklüzyonlar.

İNKLÜZYON TİPİ	MORFOLOJİ	YOĞUNLUK (gr/cm ³)	BOYUT (mikron)
Al ₂ O ₃	Partikül Film	3.97	0.2-5,000 10-5,000
MgAl ₂ O ₄	Partikül Partikül kümeleşmeleri	3.60	0.1-5 0.2-5,000
MgO	Partikül Film	3.58	0.1-5 10-5,000
Al ₄ C ₃	Partikül	2.36	0.5-25
TiB ₂	Partikül	4.5	1-50
Klorür tuzları (Mg,Na,Ca,K,Li)	Deforme olabilir partiküller	1.98-2.16	0.1-30

Sıvı-katı alüminyumda istenmeyenler

- Gaz yapıcı H,
- Alkaliler Na, Ca, Li,
- İnküzyonlar Al_2O_3 , MgO , TiB_2 , MgAl_2O_4 ,
 Al_4C_9 ,
- Metal safsızlıklar Fe, Zn, Pb, Mg,

Rafinasyon

(alkali, hidrojen ve inklüzyon giderme)

- Döner rotor ile katı/gaz flaks enjeksiyonu
- Refrakter bloklarla gaz besleme
- Lens ile gaz besleme (Ar, N₂, Cl₂)
- Ar+Cl₂ veya N₂+Cl₂ gazları AlCl₃ baloncuğu oluşturur. Gayrisafiyetler yapışır ve flotasyon gerçekleşir.
- Katı flaks: %47.5 NaCl+%47.5 KCl + %5 XF

Flakslar

- **Düşük ergime yüksek akışkanlık**
- **Safsızlıklarla reaksiyon kabiliyeti**
- **Düşük yoğunluk ve ucuzluk**
- **Reaksiyon ürünlerini absorplama**

- **Örtü Flaksları:** KCl NaCl CaCl₂ CaF₂ KF
(Oksitlenmeyi önleme)
- **Temizleme Flaksları:** Na₂SiF₆ Na₂AlF₆ (Cüruftan Al ve Al₂O₃ ü alır, curufun %20-80'i Al, Cüruf alma flaksı şarjın %0,1-1'idir)
- **Rafinasyon flaksları:** Mg, Ca, Li, Na, K ile reaksiyona girebilen bileşenler içerir.

Flakslar

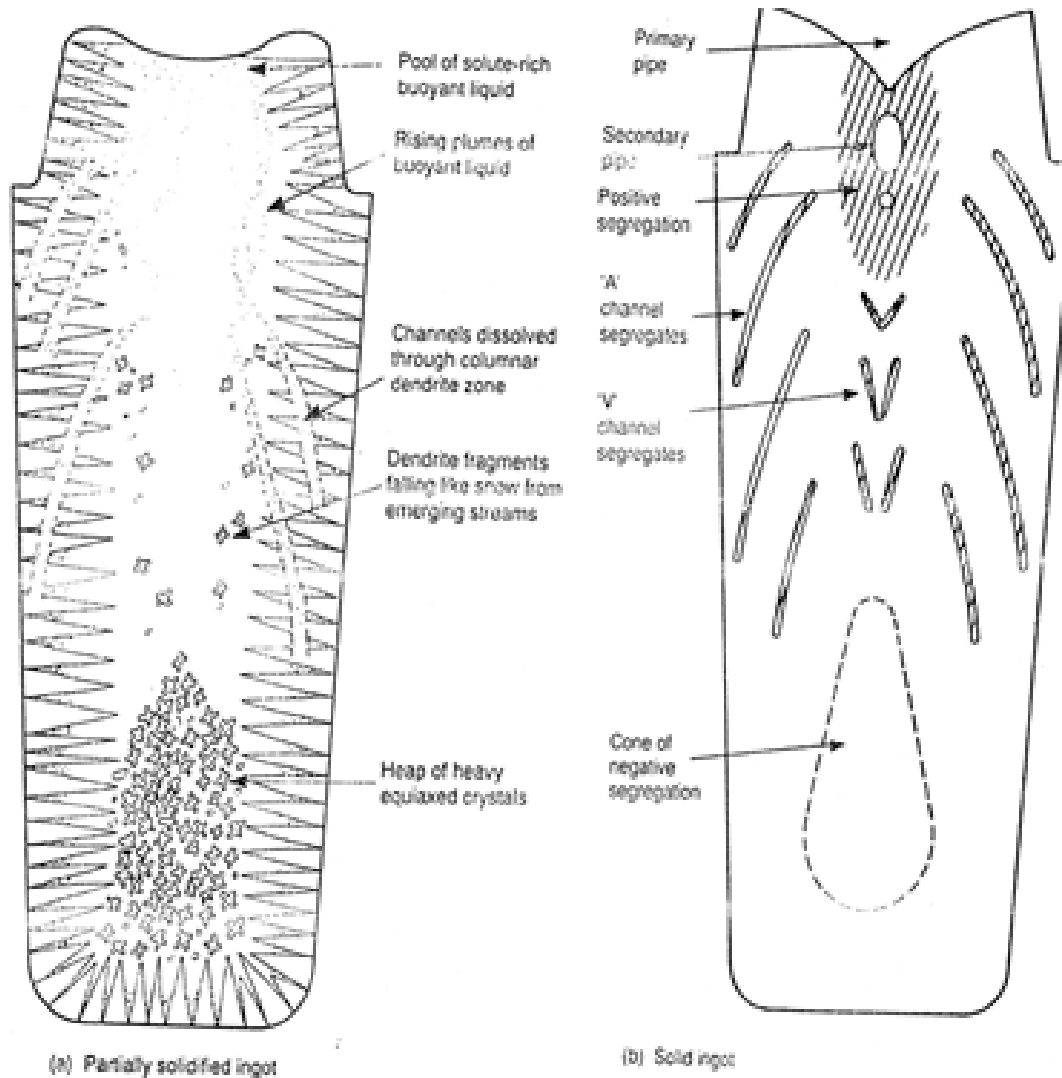
- Eđer tozlu flux kullanılırsa, önce kurutulmalıdır. Rutubetli flux patlar.
- Kullanılmakta olan 150'yi aşkın flaks karışımı vardır. Fırın cinsi, ergitme yöntemi alaşım gibi faktörler düşünülerek flaks seçilmeli, flaks ve flakslama pratiği seçerken mutlaka sıvı metal kalitesine ilişkin testlerle işletme koşullarına uygunluğu ve performansı kontrol edilmelidir.



Oksit Filmi

- Uygun bileşimdeki flaks ince oksidi kırabilir.
- Mg film kırılmasını zorlaştırır.
- Cl yerine F kırılmayı kolaylaştırır.
- Oksit külçeden geliyorsa kırılma zordur.
- En uygun flaks: %5 NaF KF LiF veya Na_3AlF_6

İngot ve külçede makro segregasyon



İngot ve külçede makro segregasyon

- Makro $1 \text{ mm} < l < 10 \text{ m}$
- 1 mm. üzerindeki segregasyondur.
- Makro segregasyon kesin malzeme kaybına sebep olurken (giderilmesi zor, mümkün değil, kesin malzeme kaybı).
- Makro segregasyona bir vagon levhasındaki metrelerce uzunluğunda bantlaşma örnek verilebilir.

Hücre-Tane sınırı segregasyonu

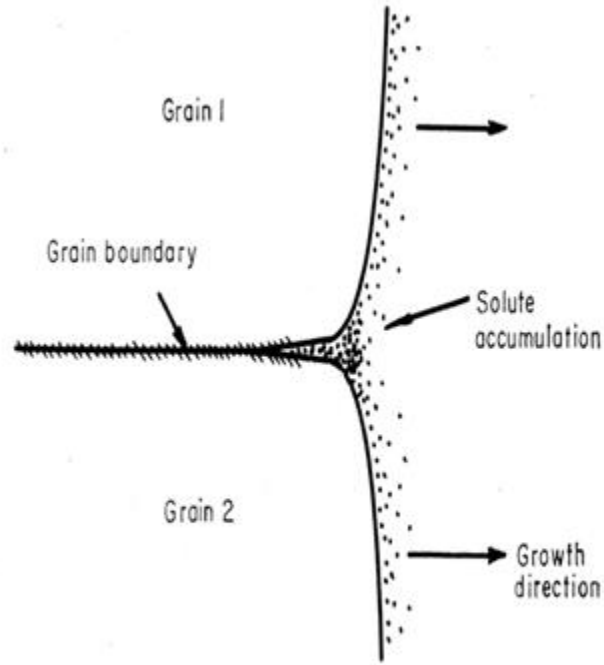


Fig. 7.4 Schematic representation of a section through a grain-boundary

Bilindiği gibi dökümlerde eş eksenli veya kolonsal taneler oluşur. Bu taneler arası çözünence zengindir(B atomları, oksitler, cüruflar). Tanelerin içi hücre veya dendritik olsa da tane sınırları segregasyon açısından önemlidir. Tane sınırı segregasyonu tavlama ile çok zor giderilir.

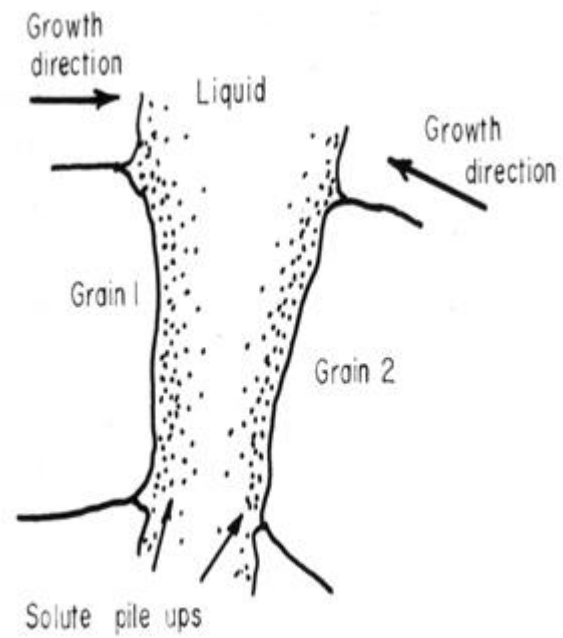
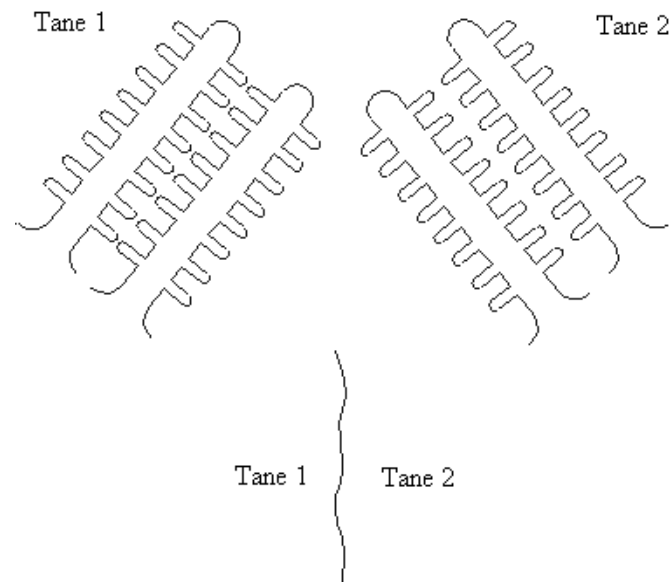
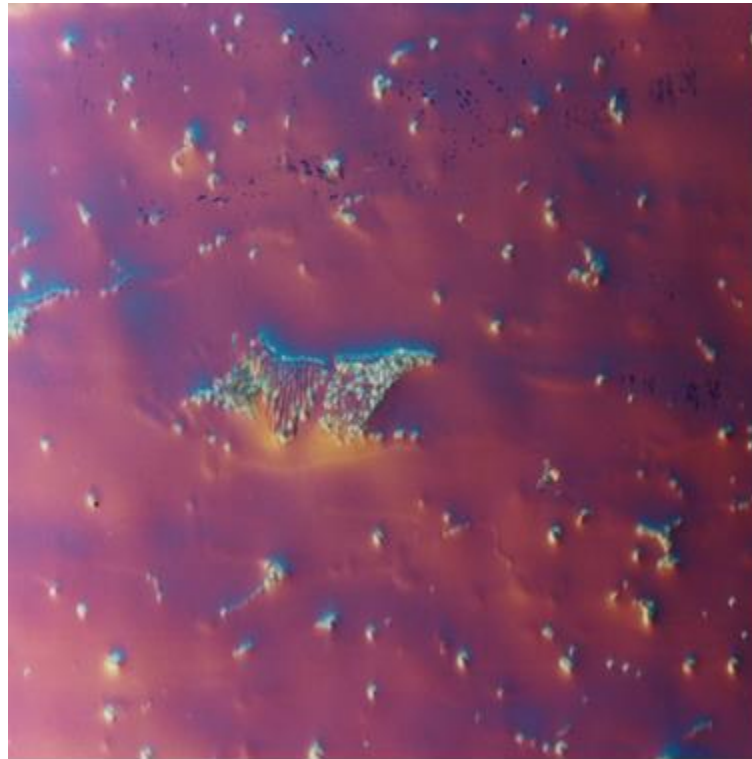


Fig. 7.5 Formation of a grain boundary by impingement (schematic).



Makrosegregasyon



Mikrosegregasyon

- Mikro $1 < 100 \mu\text{m}$ (0,1 mm)
- Örneğin bir döküm bileşimi küçük bir aralıkta sapma gösteriyorsa bu mikro segregasyondur; dendritin merkezi ile dış yüzeyi arasındaki kompozisyon değişimi gibi. Mikro segregasyon yüksek sıcaklıkta uzun süre tavlama ile giderilir.

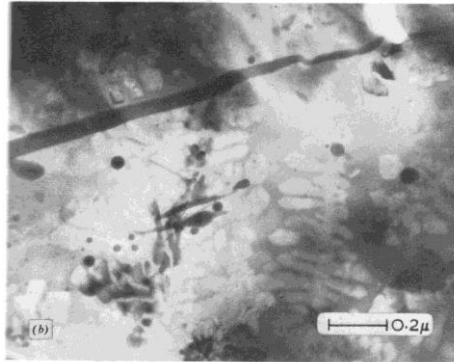


Fig. 2.6 The electron microstructure of splat-cooled tellurium-15 at 90 germanium in (a) the amorphous state and (b) after heating. The growth of dendrites can be seen clearly in the latter micrograph (Willens¹³).

Dendrit-mikrosegregasyon

- Dökümcüler ince dendrit kollu (düşük λ -dendrit kolları arası uzaklık) isterler. Bu yüksek soğuma hızıyla sağlanır. İnce dendrit kollarında segregasyon daha düşük bir sürede yok edilebilir. Tavlama süresi $t = f(\lambda^2)$

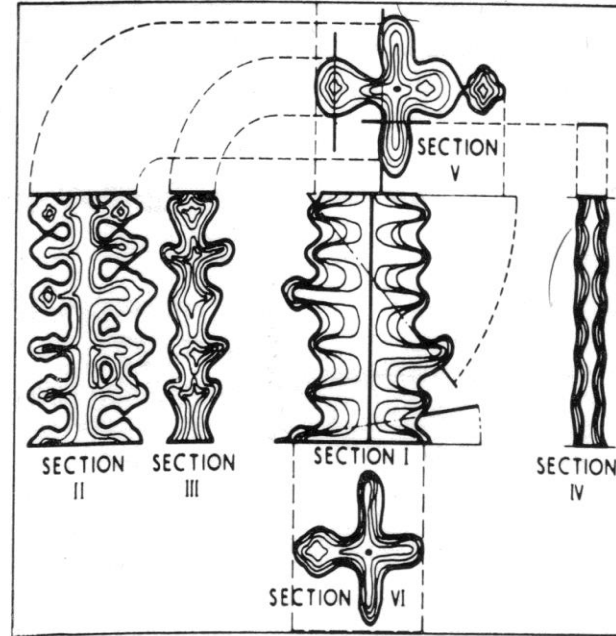
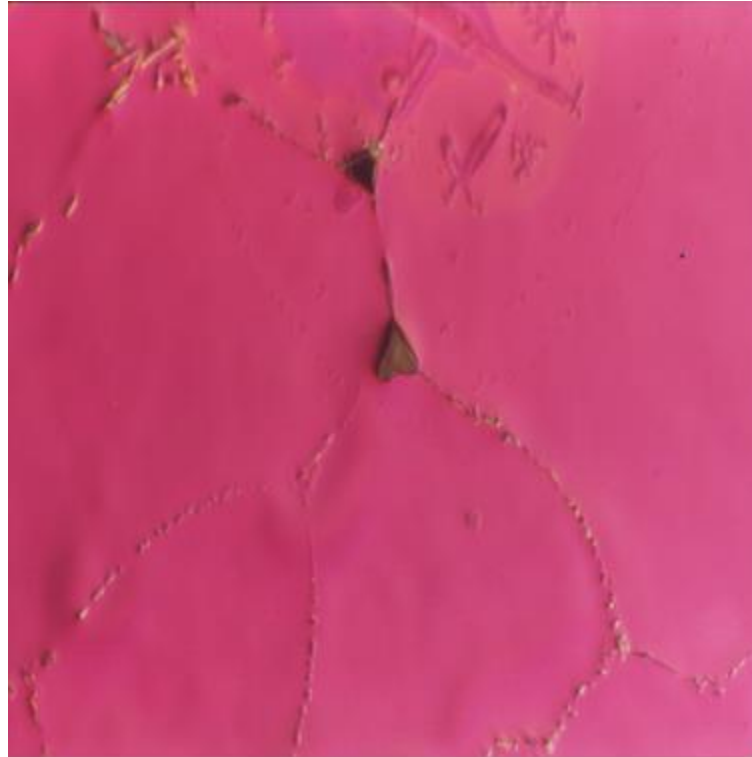
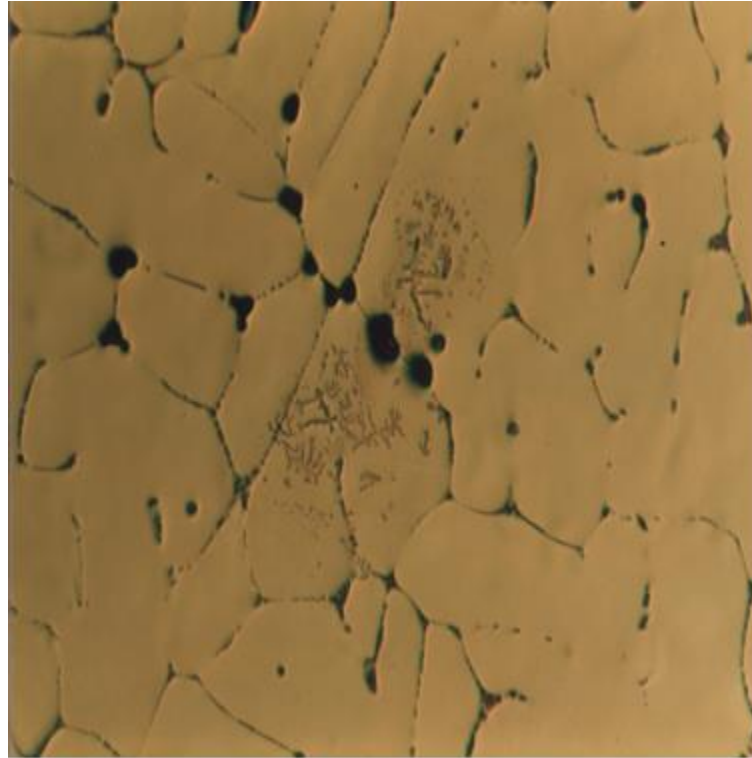


Fig. 7.3 Isoconcentration surfaces in a columnar dendrite grown in a low-alloy steel melt (Kattamis and Flemings⁹).

Hücre-Tane sınırı segregasyonu



Hücre-Tane sınırı segregasyonu



Hücreler arası segregasyon

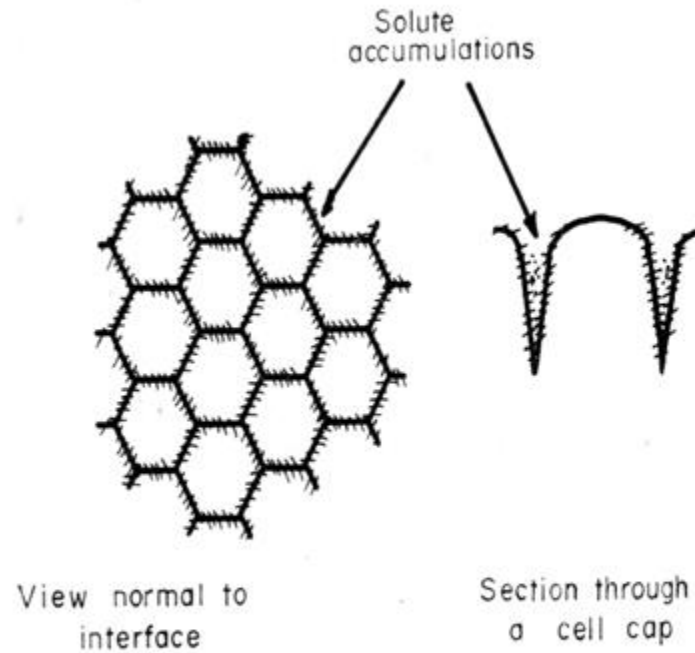


Fig. 7.1 Schematic representation of solute distribution during cellular solidification

DİNLEDİĞİNİZ İÇİN
TEŞEKKÜRLER

SORULAR – CEVAPLAR

f.yilmaz@fsm.edu.tr

aluteam@fsm.edu.tr