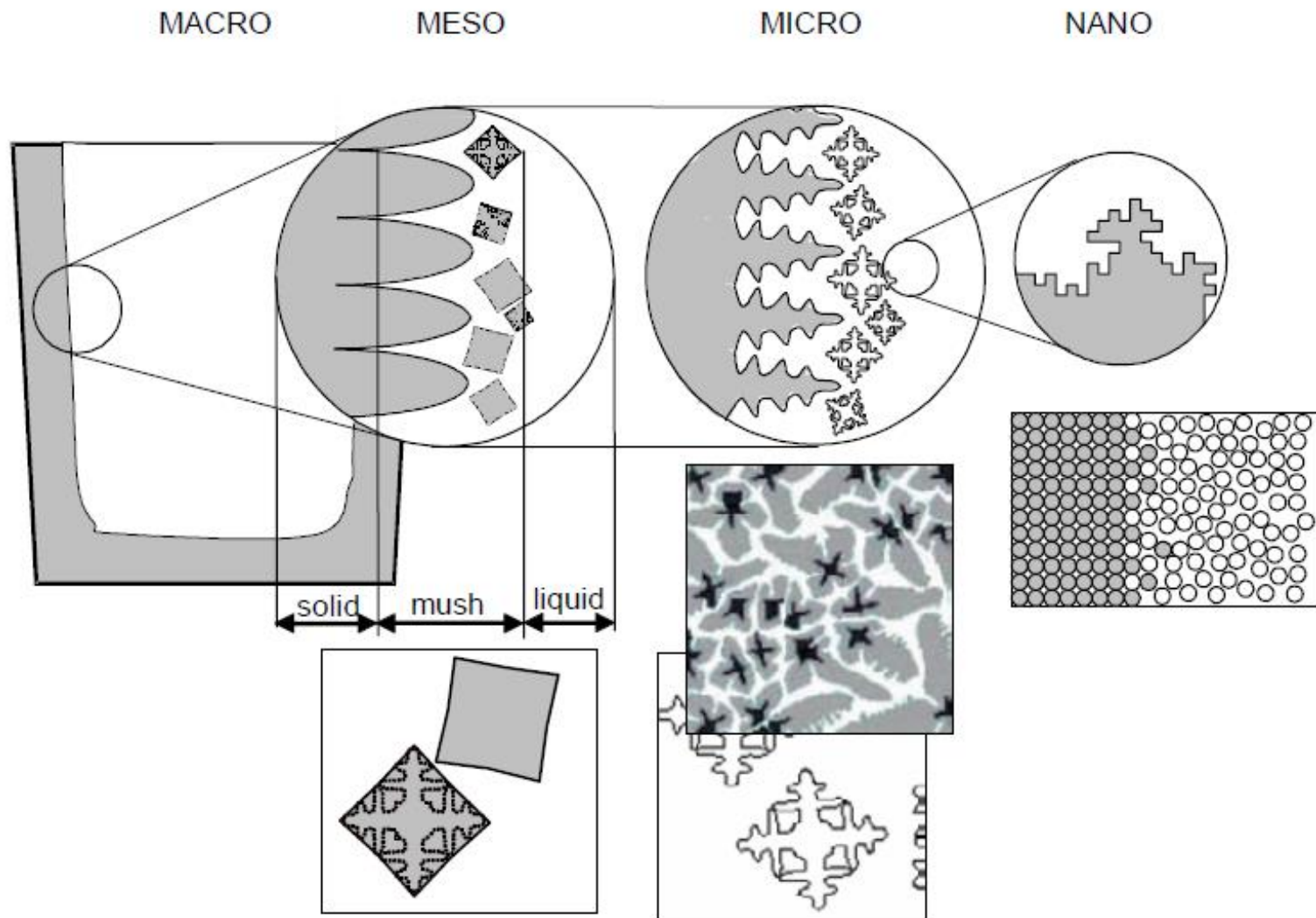


Tek Fazlı Metal ve Alaşımların Katılaşması (III)

Prof. Dr. Kerem Altuğ GÜLER

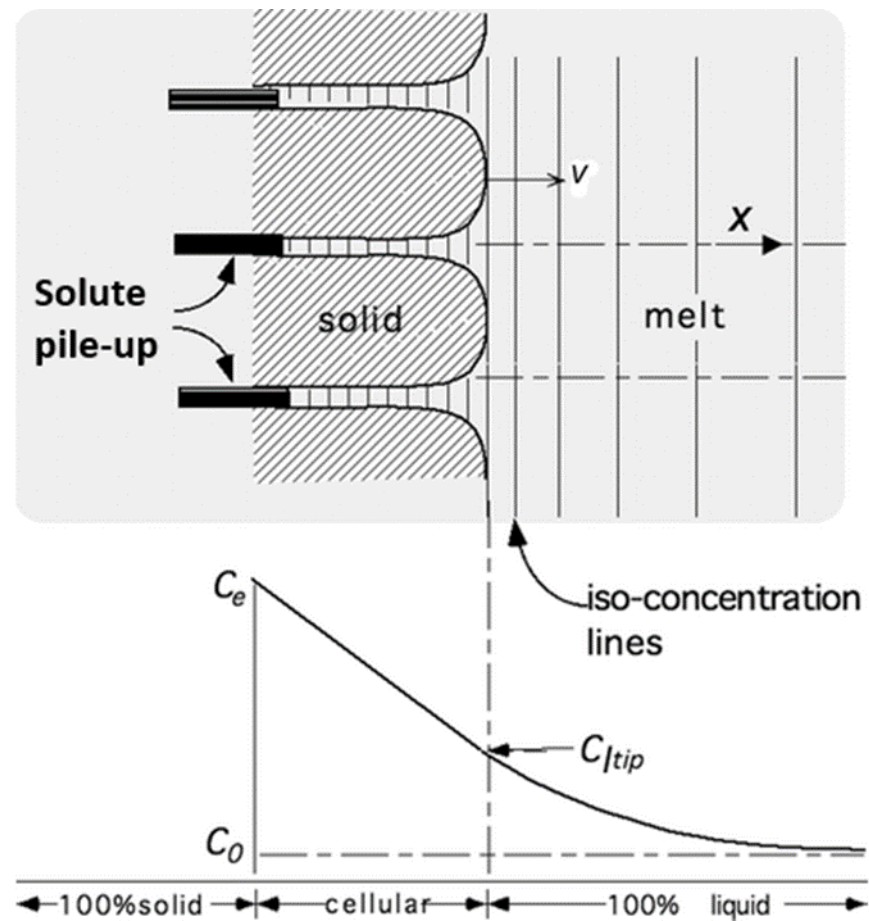


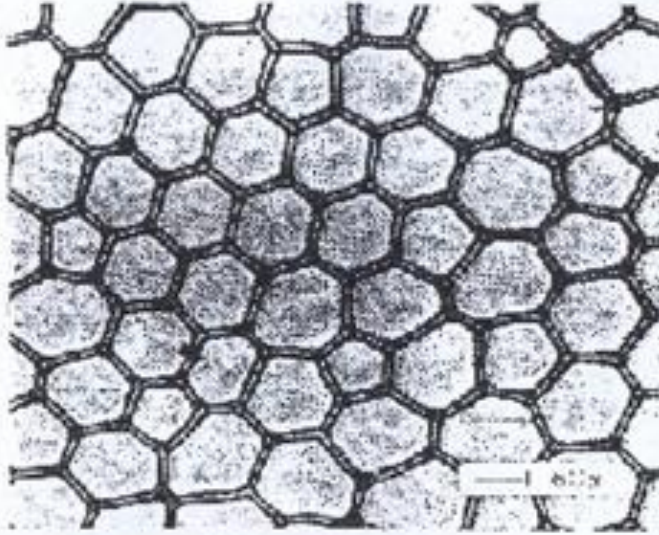
Katılaşmada boyutsal skala

Alaşımlarda özünenin Yeniden Dağılımının Yapısal Etkileri

Genelde yapısal aşırı soğumanın oluşmaması durumunda, büyüme sırasındaki davranış saf metalle aynıdır. Bu sırada katılaşma sürecindeki ilk ve son geçişle ilişkili uzun mesafeli segregasyon etkisi meydana gelir.

Yapısal aşırı soğuma bölgesinin varlığı ve buna bağılı olarak sıvıdaki negatif serbest enerji gradyanı, başlangıçta düzlemsel olan ara yüzey şeklini bozar. Düşük aşırı soğuma oranlarında, düzlemsel ara yüzeyden hücresel ara yüzeye geçiş gerçekleşir ve uzamış hücreler oluşur. Düzlemselden hücresel yapıya geçiş denklemi deneysel olarak bir önceki konuda gösterilmiştir. Aşırı soğumanın artışının derecesiyle hücre başları uzamaya başlar ve sonunda hücresel dendritler şeklinde dallanır.





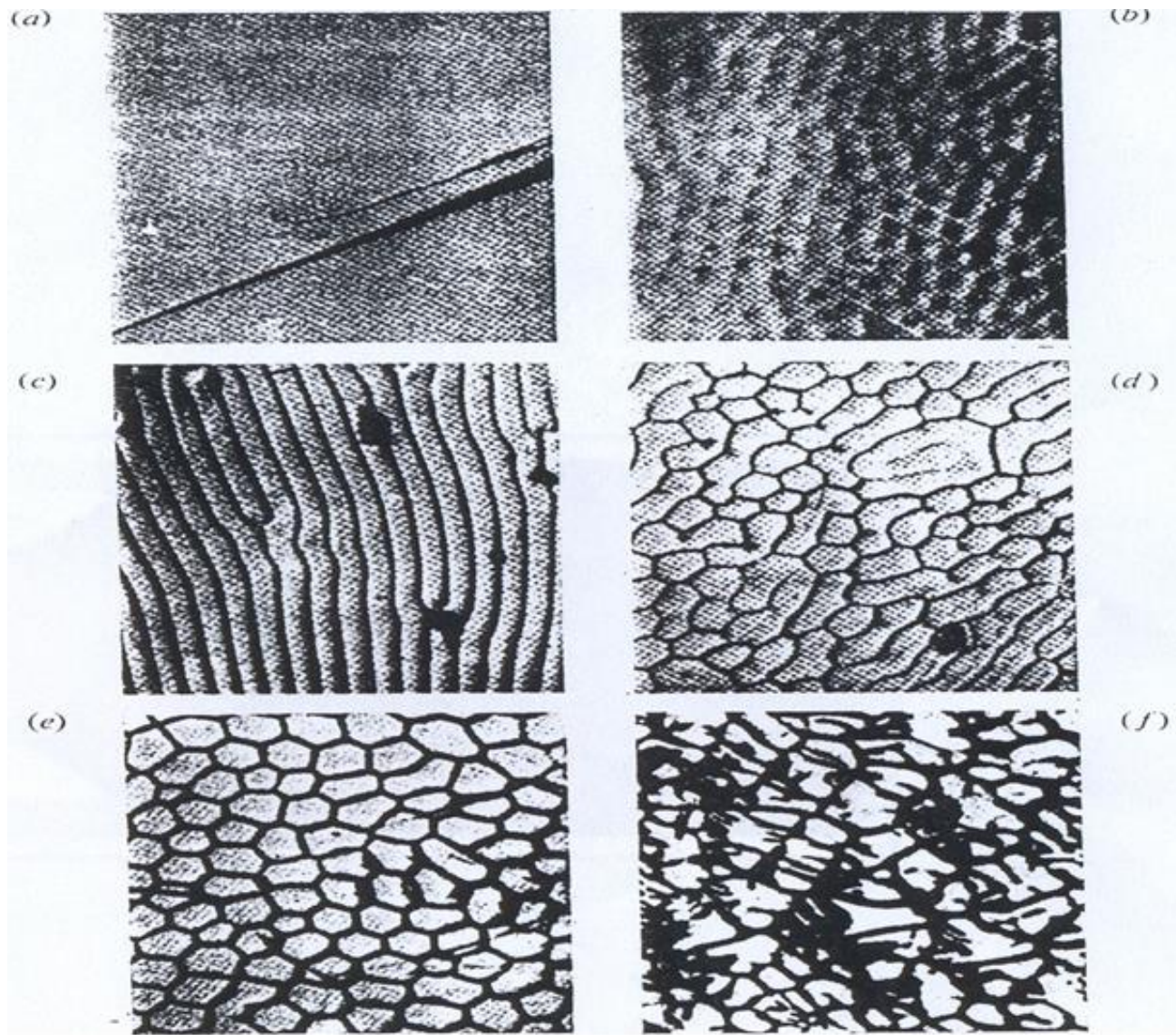
(a)



Hücresel ara yüzey yapısı: a) ara yüzeyin normal görünüşü b) saf olmayan karbon tetra bromidin büyüyen ara yüzey görünüşü.

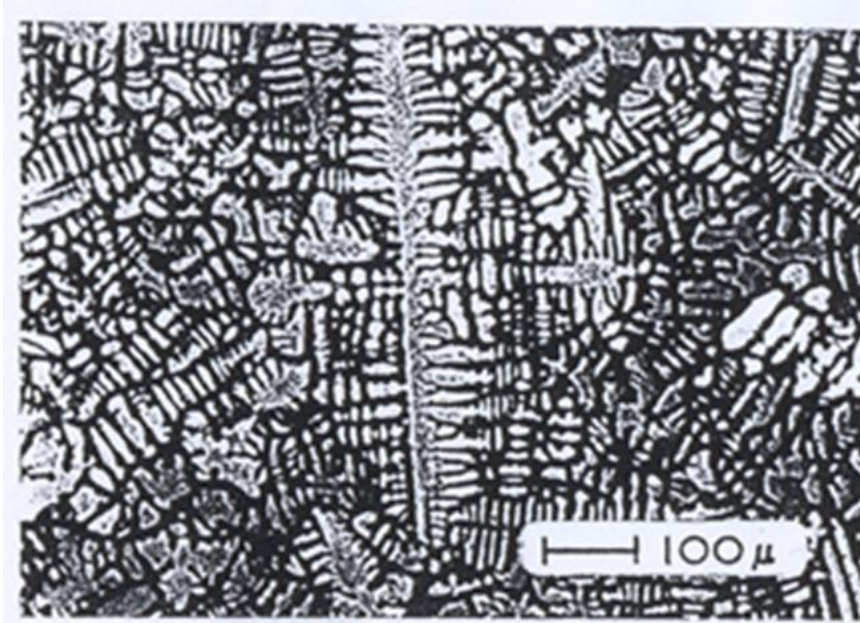
Hücresel veya hücresel dendritik büyümelerde mikro segregasyon oluşur. $k_0 < 1$ durumu için hücreler arası bölge çözünence zengindir ve $k_0 > 1$ durumu için ise fakirleşir.

Hücrelerden, hücresel dendritlere geçiş için kesin kriterler bulunmamaktadır. Bütün dönüşüm akışı bir sonraki şekilde gösterilmiştir.

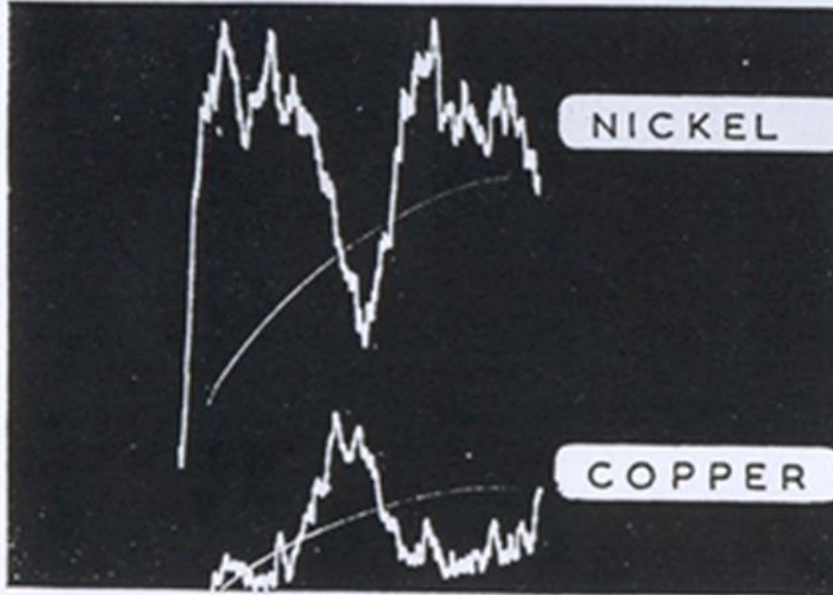


% 0,006 Kalay-kurşun alaşımında yapısal aşırı soğumayla birlikte altyapının büyümesindeki dönüşüm. (a)'dan (e)'ye kadar olan fotoğraflarda G\R 2000 den 350 'ye düşmektedir. f ise %0,2 kalay-kurşun alaşımına aittir. a)düzlemsel ara yüzey b)kutusal yapı c) uzamış hücreler d) ve e) hekzagonal hücreler f)hücresel dendritler.

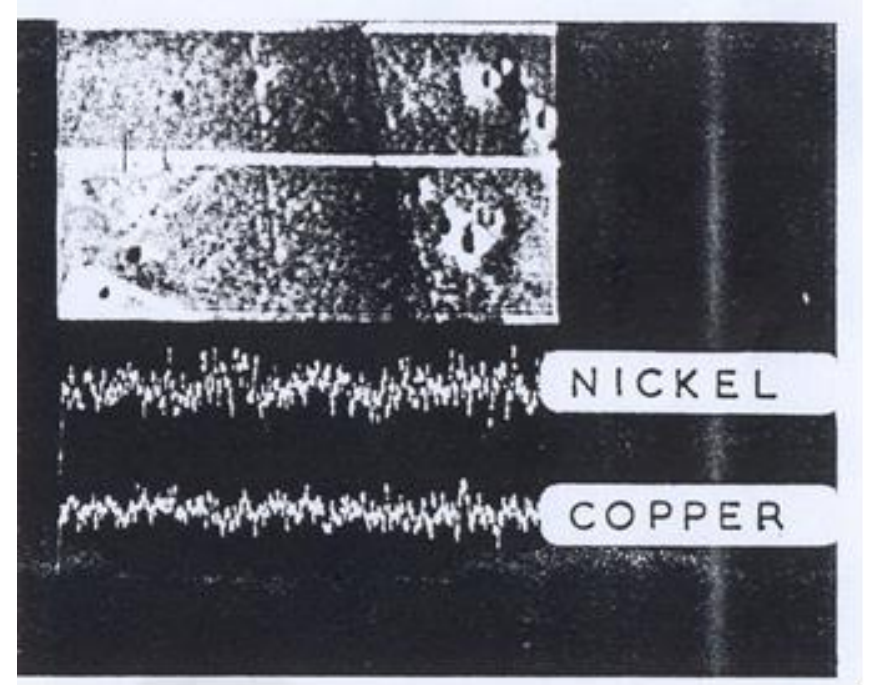
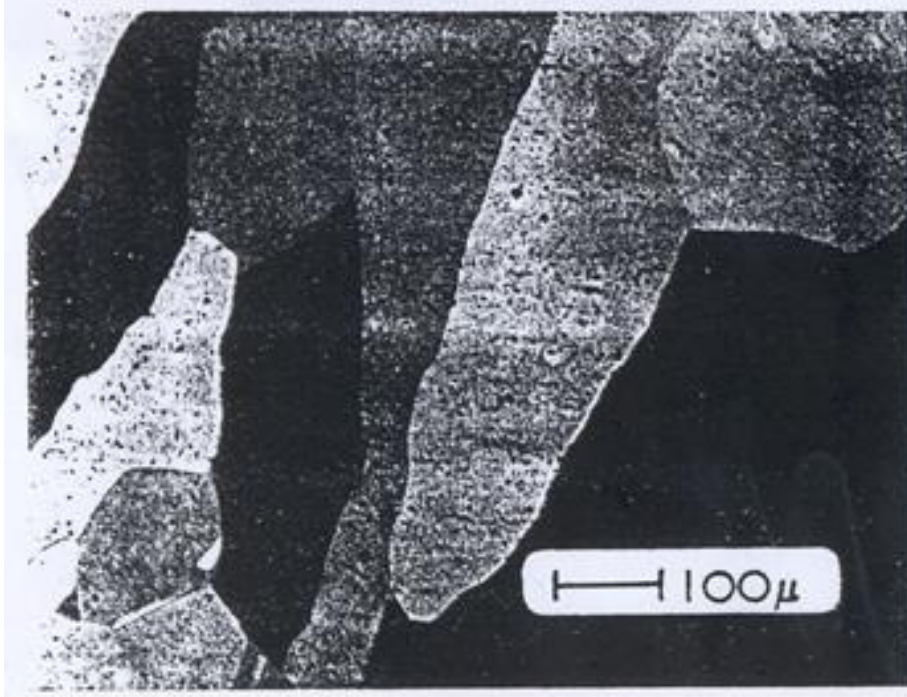
Makroskobik boyutta dendritler içerden dışarıya doğru bileşimde değişiklik sergilemektedir. Bu durum bir sonraki şekilde gösterilmiştir. Bu şekilde dendritik yapı açıkça gözükmemektedir. Dendrit kolları kuşkusuz mikroskobik hücresel segregasyon göstermektedir. Segregasyonun iki formu da homojenizasyon ısı işlemiyle giderilebilmesine karşın, makro segregasyon etkisi, uzun difüzyon mesafesi nedeniyle uzun ısı işlem süresine gerek duymaktadır. Homojenizasyon etkisi de ardından gelen şekilde gösterilmiştir.



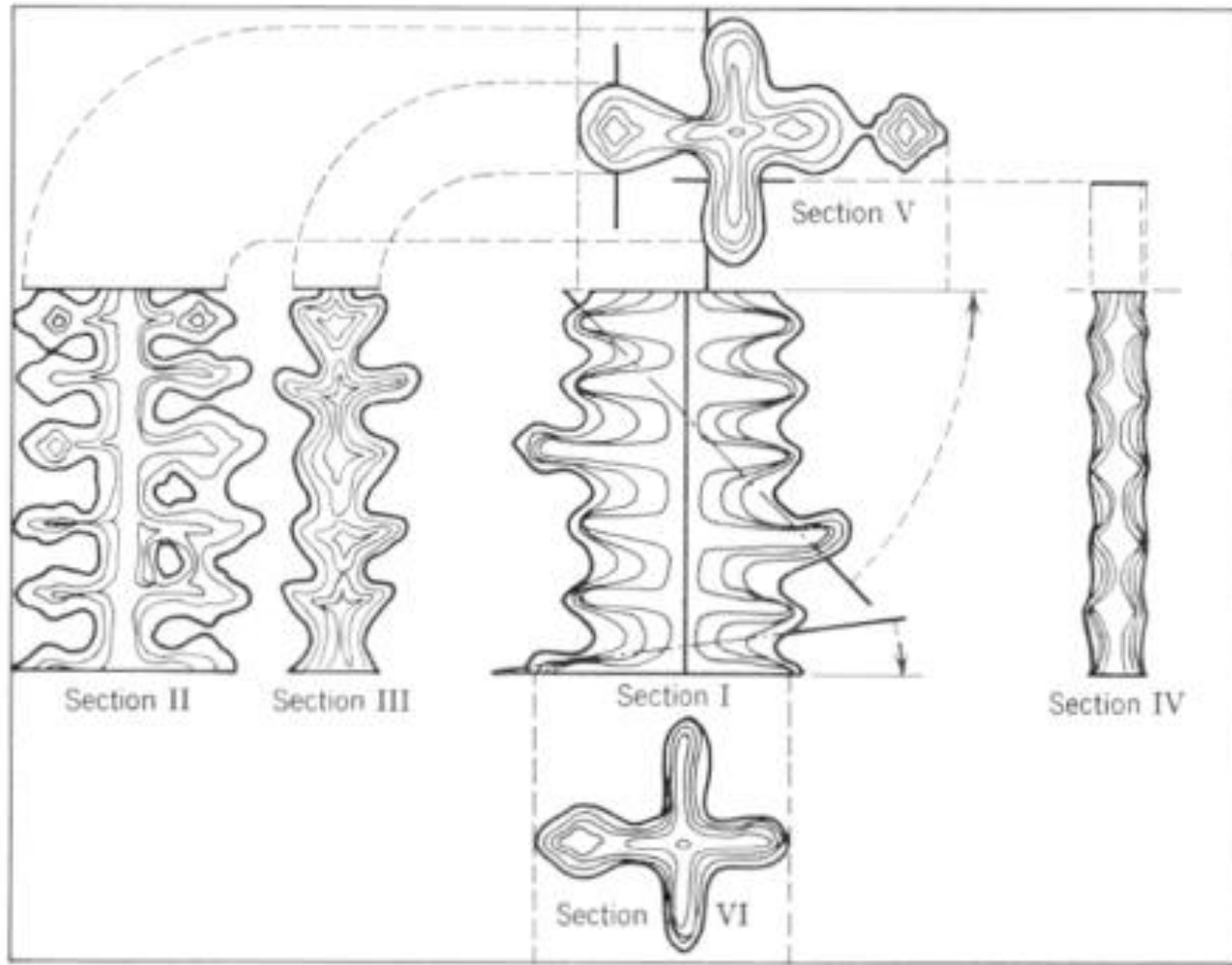
(a)



Çil döküm kupronikel alaşımında göbikleşme (coring) a)döküm yapısı b)iki dendrit kolu arasındaki mesafe boyunca elektron-ışını mikro analiz sonucu. Bakır ve nikel açısından maksimum ve minimum noktaların oluşumu segregasyonun kalitatif doğasını göstermektedir.



Aynı kupronikel alaşımlarının homojenizasyon sonrası görünüşü. a) Tane yapısı, küçük siyah partiküller intermetalik empürütelerdir, b) tane sınırları boyunca elektron ışını mikroanalizleri. Elektron görüntüsünde koyu çizgi sınırdır.



Kolonsal dendritik kristalde çözünenin dağılımına (göbekteşme) ilişkin nicel sonuçlar.

Dendritik yapılar

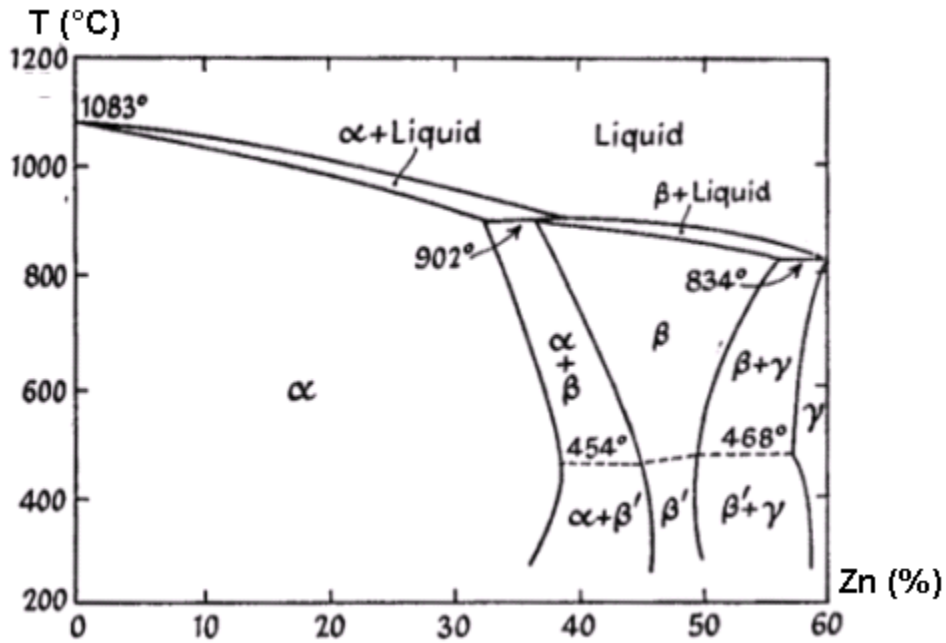
Dendritik büyüme kristolografik yönlenme göstermektedir. Birincil kollar ve yan kolların yönleri spesifik kristolografik yönlerle paraleldir. Örnek olarak YMK yapılı metaller ve alaşımlarda ana kollar $\langle 001 \rangle$ yönündedir. Tabloda farklı kristal yapıdaki metal dendritlerinin kristolografik yönleri verilmiştir.

Kafes tipi	Metal	Dendrit normal yönü
YMK	Kurşun	$\langle 001 \rangle$
HMK	β -Pirinç	$\langle 001 \rangle$
HSP	Çinko	$\langle 1010 \rangle$
HMT	Kalay	$\langle 110 \rangle$

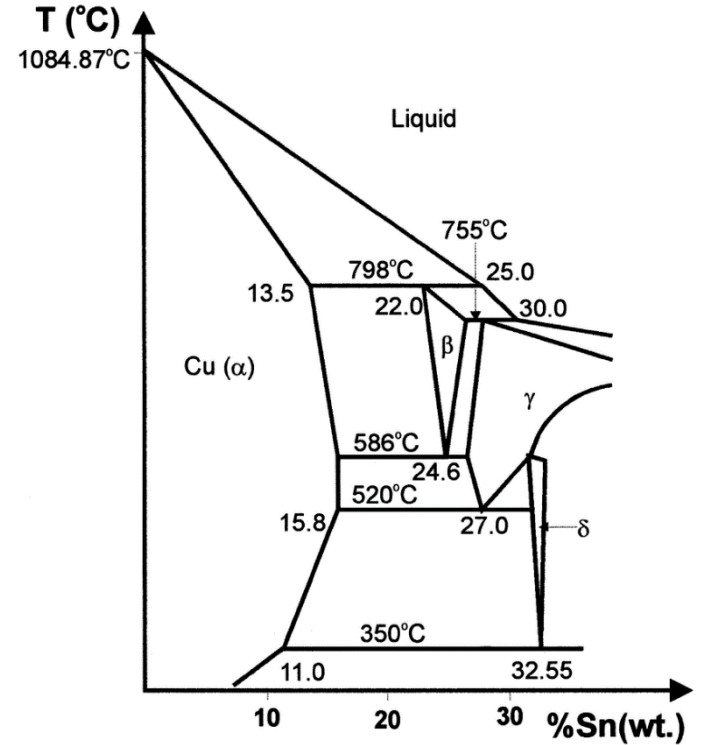
Büyüme şekilleri çok çeşitlidir. Normalde her büyük dallanmış dendrit tek çekirdekten büyür ve tek oryantasyona (yönlenmeye) sahiptir. Küçük çaplı sapmalar, türbülansa neden olan mekanik karıştırmayla büyüme sırasında elde edilebilir.

Dendritik büyüme malzemenin büyük bölümünde sürekli meydana geldiğinde nihai yapı kuvvetli bir şekilde anizotropik olur. Anizotropi özellikler üzerinde zararlı etkilere sahiptir. Bu nedenle çekirdeklenmeyi arttırıcı ve maksimum izotropiyi temin edici önlemler alınmalıdır.

$$\text{Dendrit uzunluđu: } L = \frac{T_L - T_S}{G}$$



Kısa dendrit (Cu-Zn)



Uzun dendrit (Cu-Sn)

Katılaşma süresi ve dendrit boyutu

Katının büyüme hızı, soğuma hızına veya ısının uzaklaşma hızına bağlıdır. Daha yüksek bir soğuma hızı, hızlı katılaşma veya kısa katılaşma süreleri üretir. Basit bir dökümün tamamen katılaşması için gereken süre (t_s) Chvorinov kuralı kullanılarak hesaplanabilir:

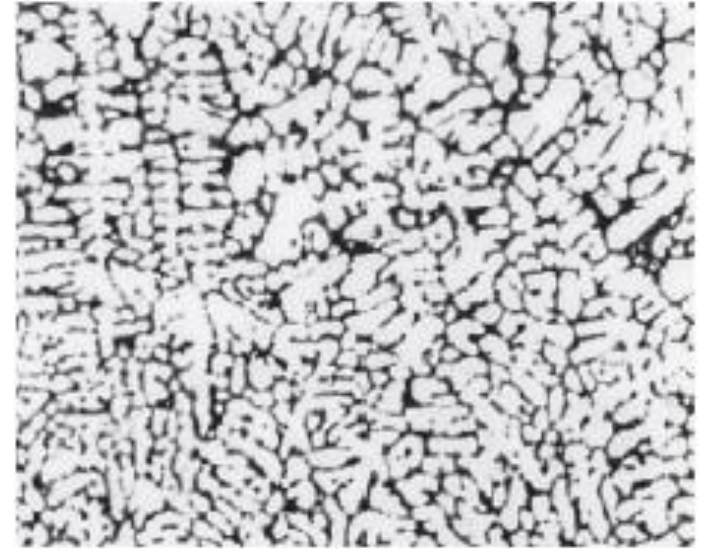
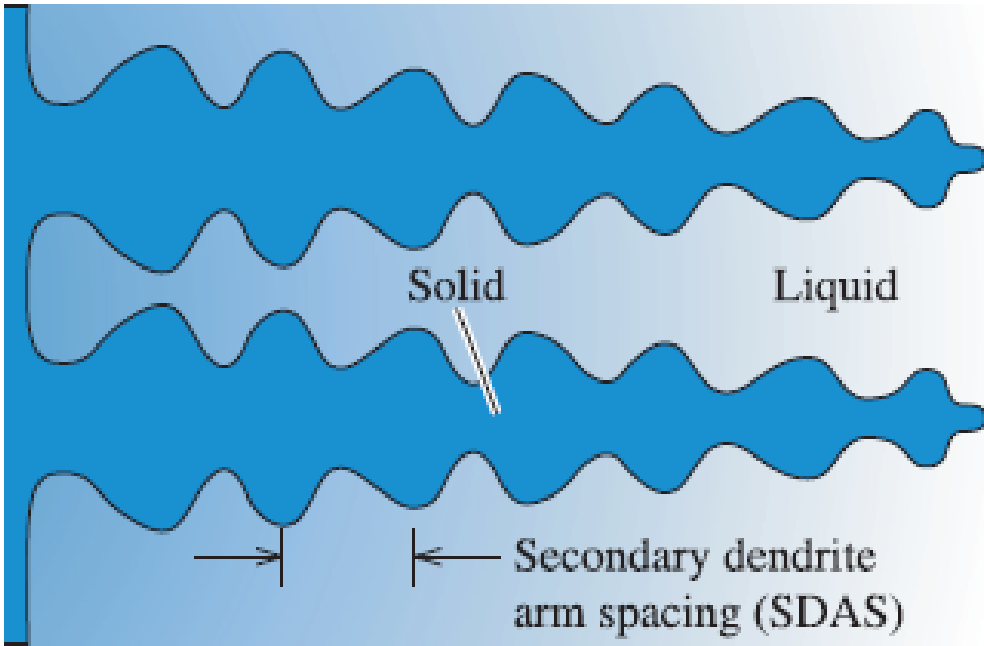
$$t_s = B \left(\frac{V}{A} \right)^n$$

Burada V , dökümün hacmidir ve katılaşma meydana gelmeden önce uzaklaştırılması gereken ısı miktarını temsil eder, A , dökümün kalıpla temas eden yüzey alanıdır ve ısıнын dökümden uzağa aktarılabileceği yüzeyi temsil eder, n bir sabittir (genellikle yaklaşık 2) ve B kalıp sabitidir. Kalıp sabiti, hem metalin hem de kalıbın özelliklerine ve başlangıç sıcaklıklarına bağlıdır. Bu kural temel olarak bir dökümün geometrisini ve ısı transfer koşullarını açıklar. Kural, aynı koşullar için, küçük hacimli ve nispeten geniş yüzey alanına sahip bir dökümün daha hızlı soğuyacağını belirtir.

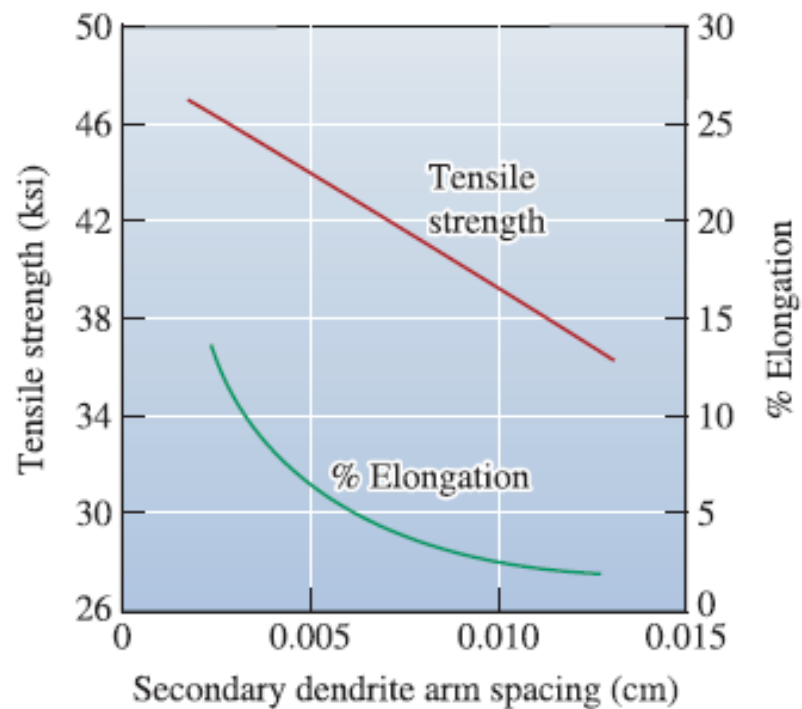
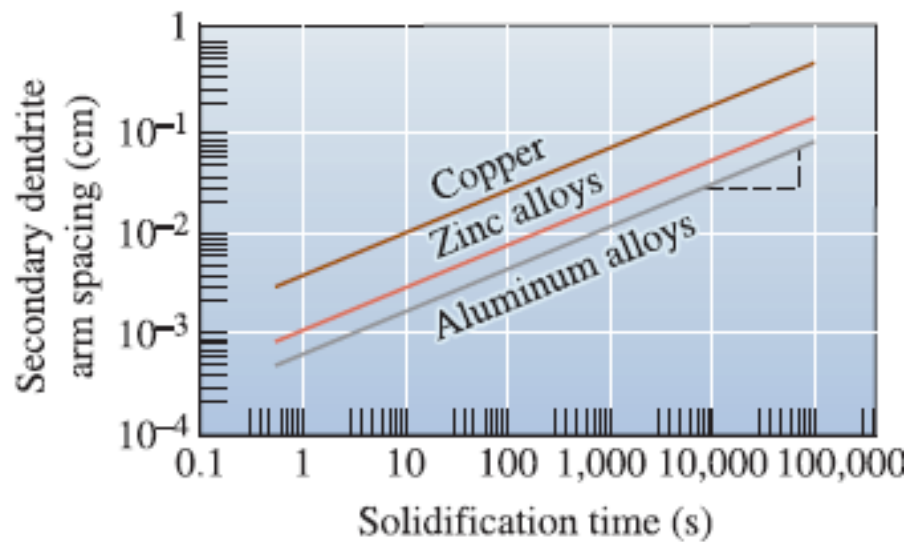
Yapı ve özellikler üzerindeki etki: Katılaşma süresi dendritlerin boyutunu etkiler. Normalde, dendrit boyutu, ikincil dendrit kolları arasındaki mesafenin ölçülmesiyle karakterize edilir. İkincil dendrit kol aralığı (secondary dendrite arm spacing, SDAS), döküm daha hızlı donduğunda azalır. Daha ince, daha kapsamlı dendritik ağ, gizli ısının aşırı soğutulmuş sıvıya daha verimli bir iletkeni olarak hizmet eder. SDAS, katılaşma süresi ile ilgilidir:

$$SDAS = kt_s^m$$

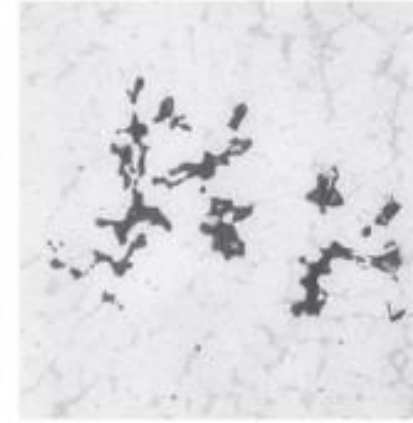
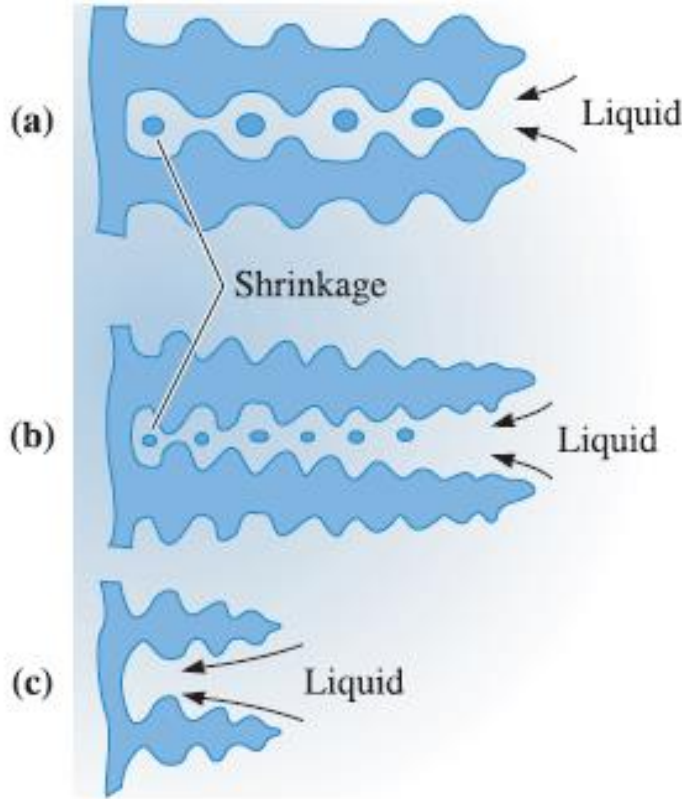
burada m ve k, metalin bileşimine bağlı olan sabitlerdir.



Bir alüminyum
alaşımında dendritler



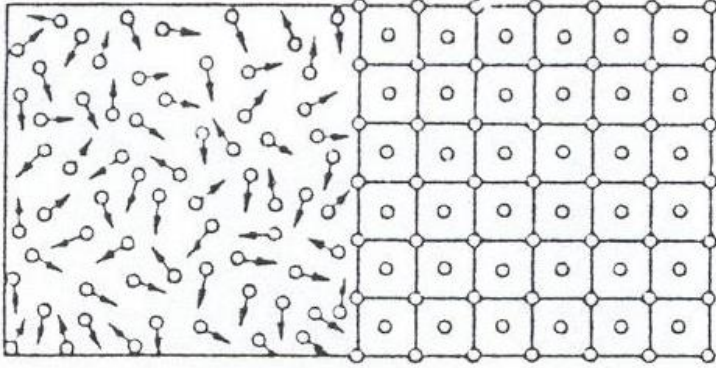
Dendritler arası çekme (büzülme): Bu, dendritler arasındaki küçük çekme gözeneklerinden oluşur. Mikro çekme veya çekme porozitesi olarak da adlandırılan bu kusurun, besleyiciler kullanılarak önlenmesi zordur. Yüksek soğutma hızları, dendritler arası çekme ile ilgili sorunları azaltabilir; dendritler daha kısa olabilir ve sıvının dendritik ağdan katılaşıp katı ara yüzeye akmasına izin verir. Ek olarak, kalan herhangi bir büzülme daha ince ve daha düzgün dağılmış olabilir.



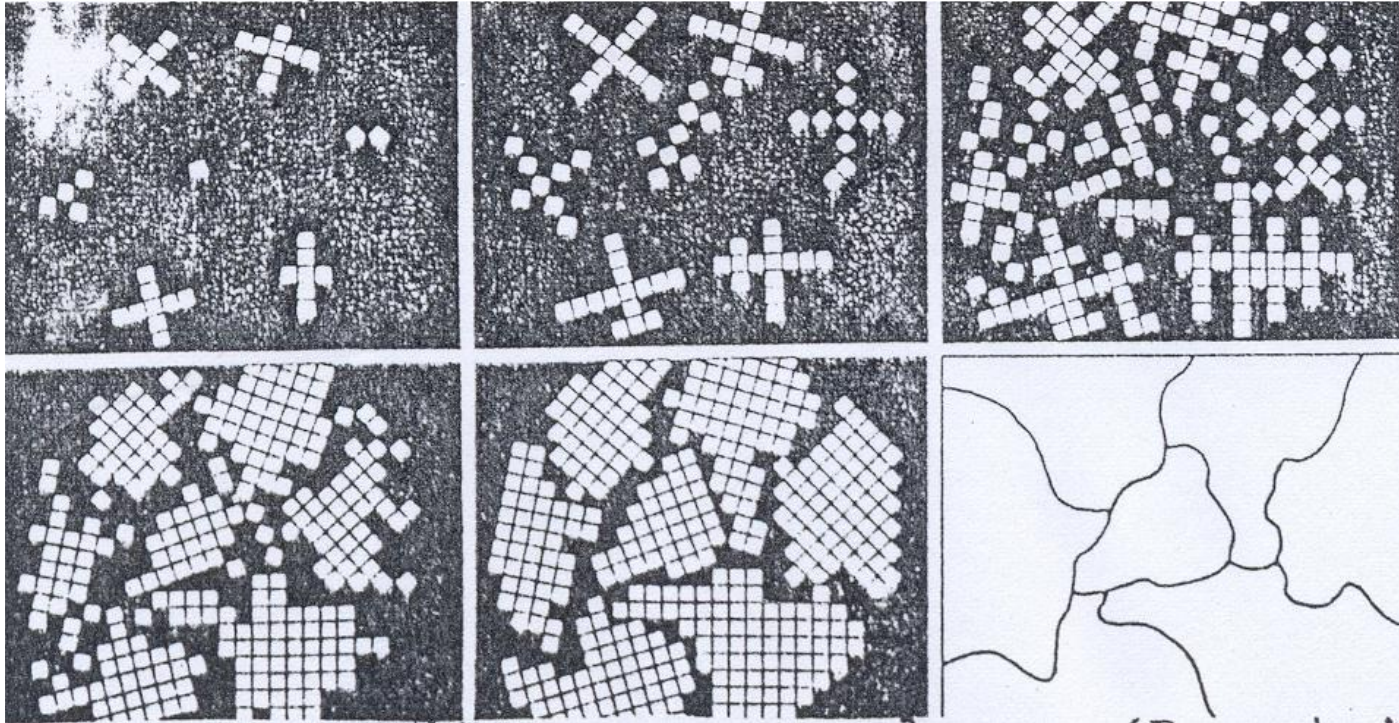
(d)

(a) Dendrit kolları arasında çekme (büzülme) meydana gelebilir. (b) Kısa ikincil dendrit kol aralıkları, daha küçük, daha eşit dağılmış çekme gözenekliliği ile sonuçlanır. (c) Kısa birincil kollar büzülmeyi önlemeye yardımcı olabilir. (d) Bir alüminyum alaşımındaki interdendritik büzülme gösterilmiştir (x 80).

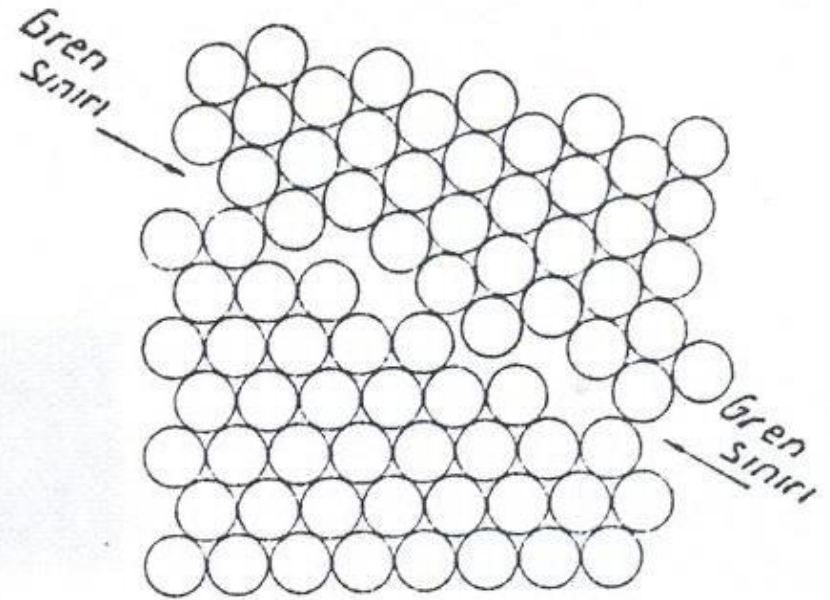
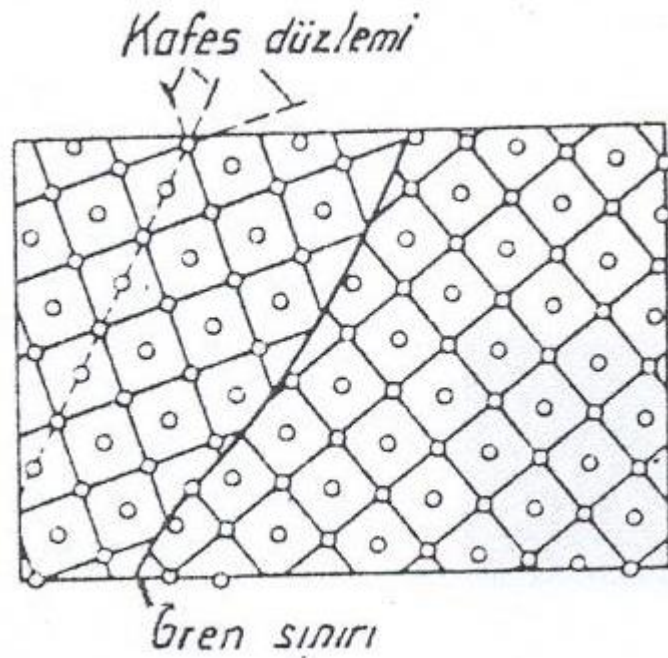
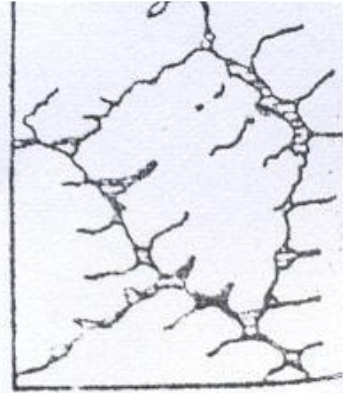
Dökümlerde tane yapısının oluşumu ve makroskobik ara yüz (büyüme) şekilleri



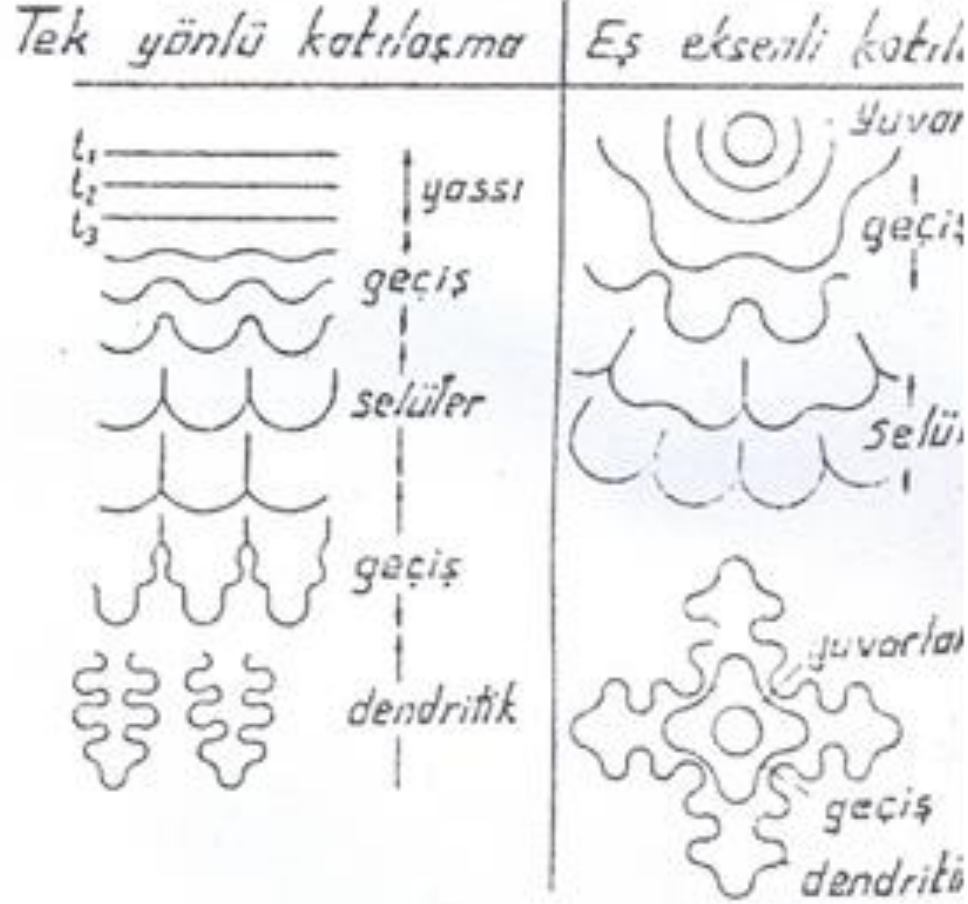
Döküm yapısının oluşumu. Oryantasyon farkı çekirdek büyümesinden başlar. Bir çekirdek, komşuları tarafından durdurulana kadar hızla büyür.



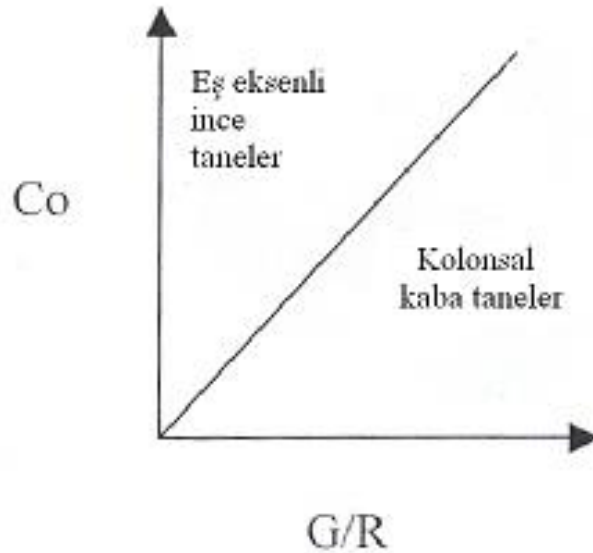
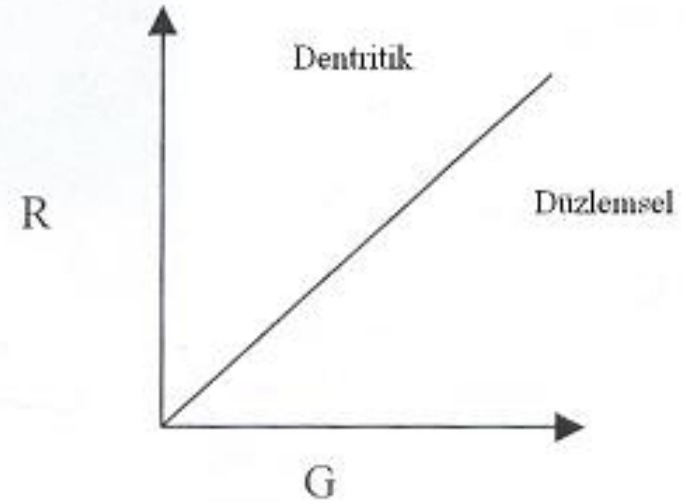
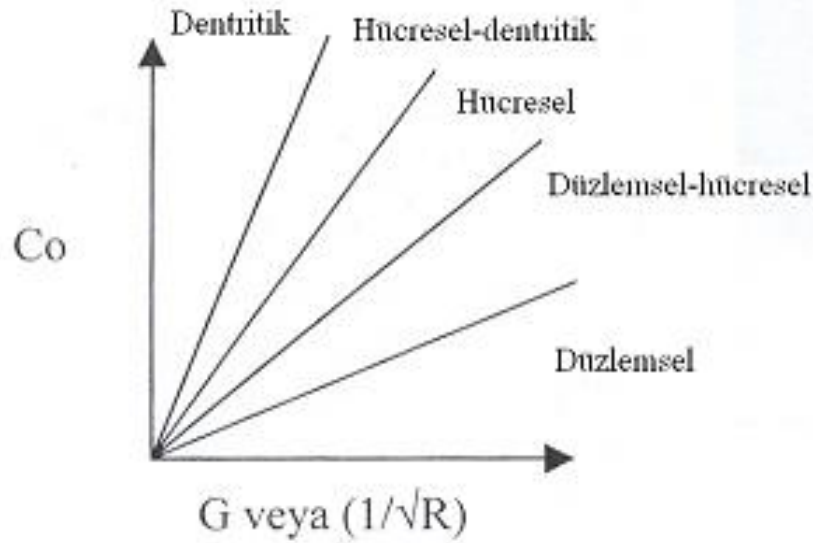
Yukarıdaki şekilde çekirdeklenme ve katılma sırasında komşu tanelerin büyümesi görülmektedir. Karanlık zemin sıvı metali, küçük beyaz kareler ise birim hücreleri göstermektedir. Sol üstte katılmanın başlangıcını görebiliriz. Oluşmuş olan yedi kristal çekirdeğinin altısı, daha fazla birim hücrenin eklenmesiyle büyümeye başlamıştır. Ortadaki çekirdek henüz oluşmuştur. İzleyen resimlerde kristallerin zamanla büyümesi görülmektedir. Büyüme sıvının tamamen tüketilip, kristallerin (tanelerin) tane sınırlarında birbirlerine temas etmeleri ile son bulur. Münferit döküm tanelerinin kafesleri boşlukta farklı açılarla düzenlenir.



Bir tane içindeki atom sayısı çok fazladır. Ortalama olarak bir tane, bir pirinç tanesi büyüklüğündedir. Ancak, çok daha küçük veya çok daha büyük olabilir. Normal bir tane içinde ortalama olarak 10^{21} atom vardır. Bu kadar çok sayıdaki atom kendi doğru yerlerini bir saniyeden daha az sürede bulabilir.



Döküm yapıda dendritlerin (dallantıların) oluşumu. Kristal büyüme şekli, alaşımın bileşimine olduğu kadar, katılaşma sırasında uzaklaştırılan ısıнын yönü ve hızı ile de ilgili olduğu görülüyor.



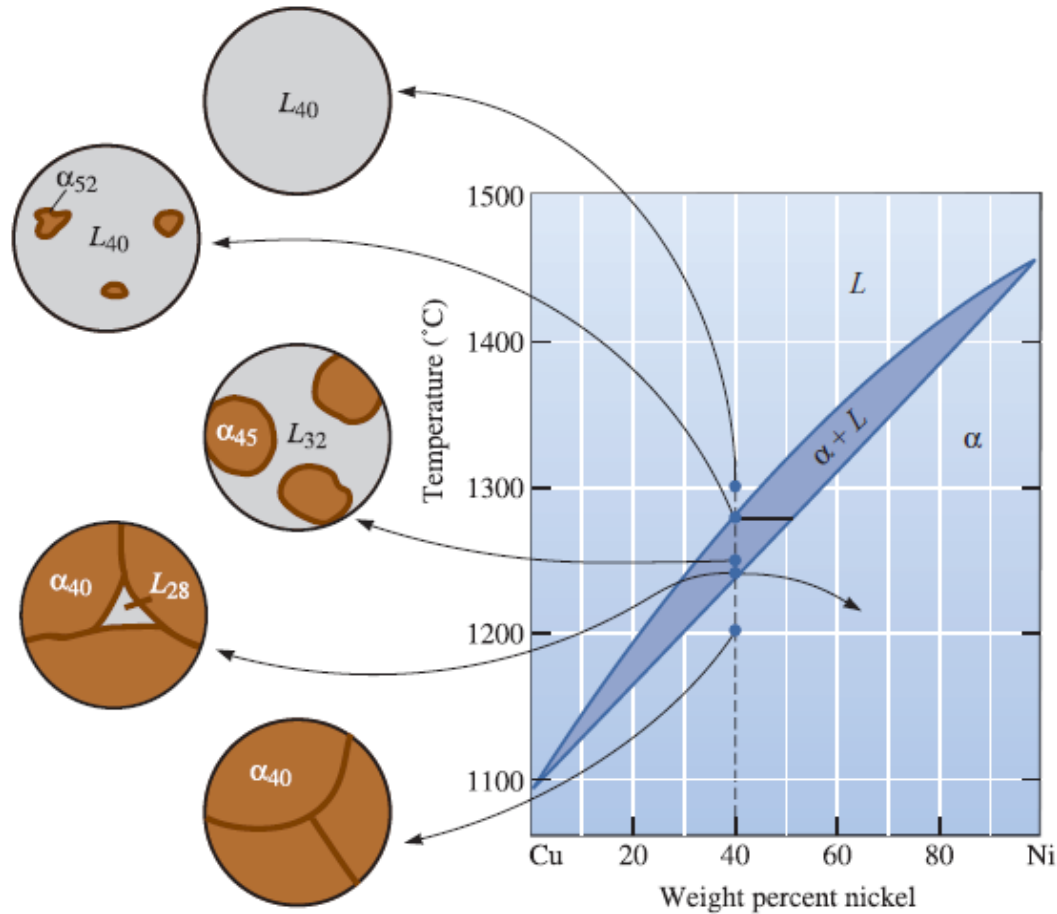
$$\frac{G}{R} > \frac{mC_0(1-k_0)}{Dk_0}$$

- Düzlemsel ara yüzey
- Kolonsal kaba taneler

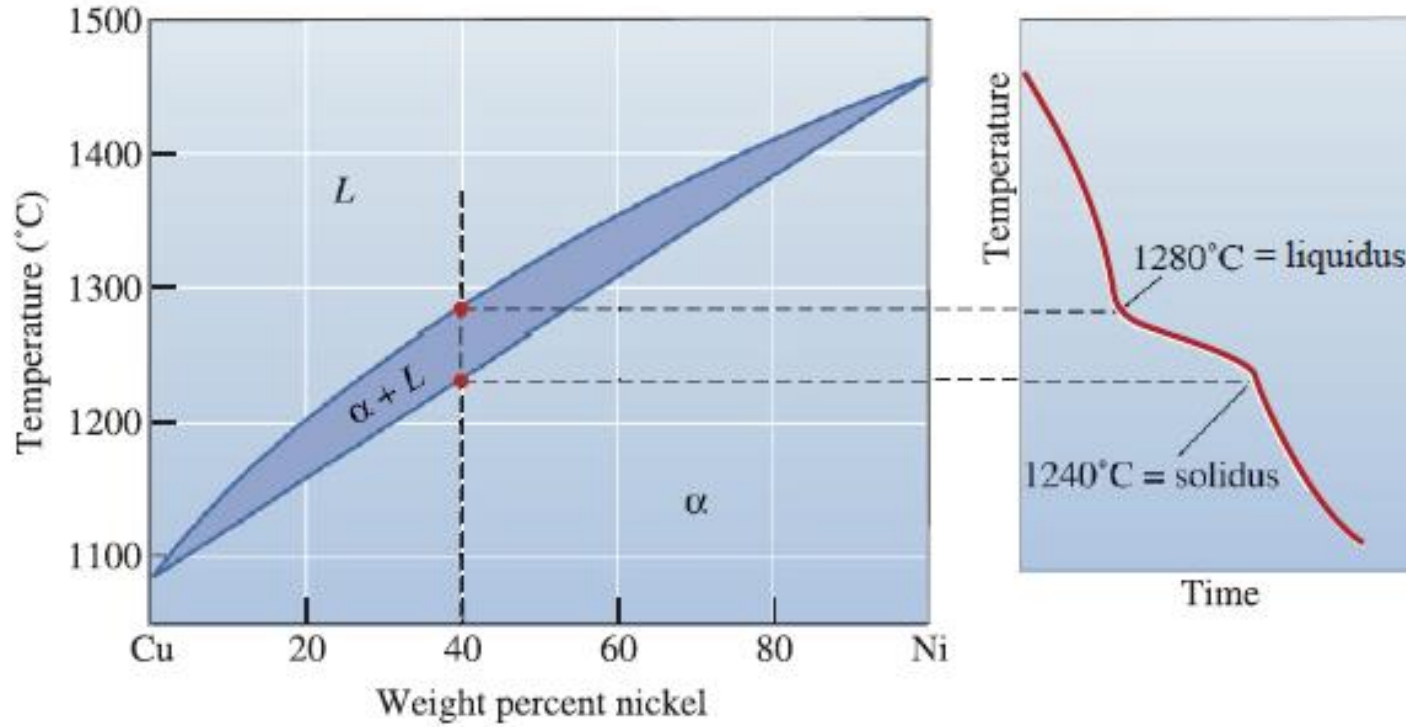
$$\frac{G}{R} < \frac{mC_0(1-k_0)}{Dk_0}$$

- Dendritik ara yüzey
- Eş eksenli ince taneler

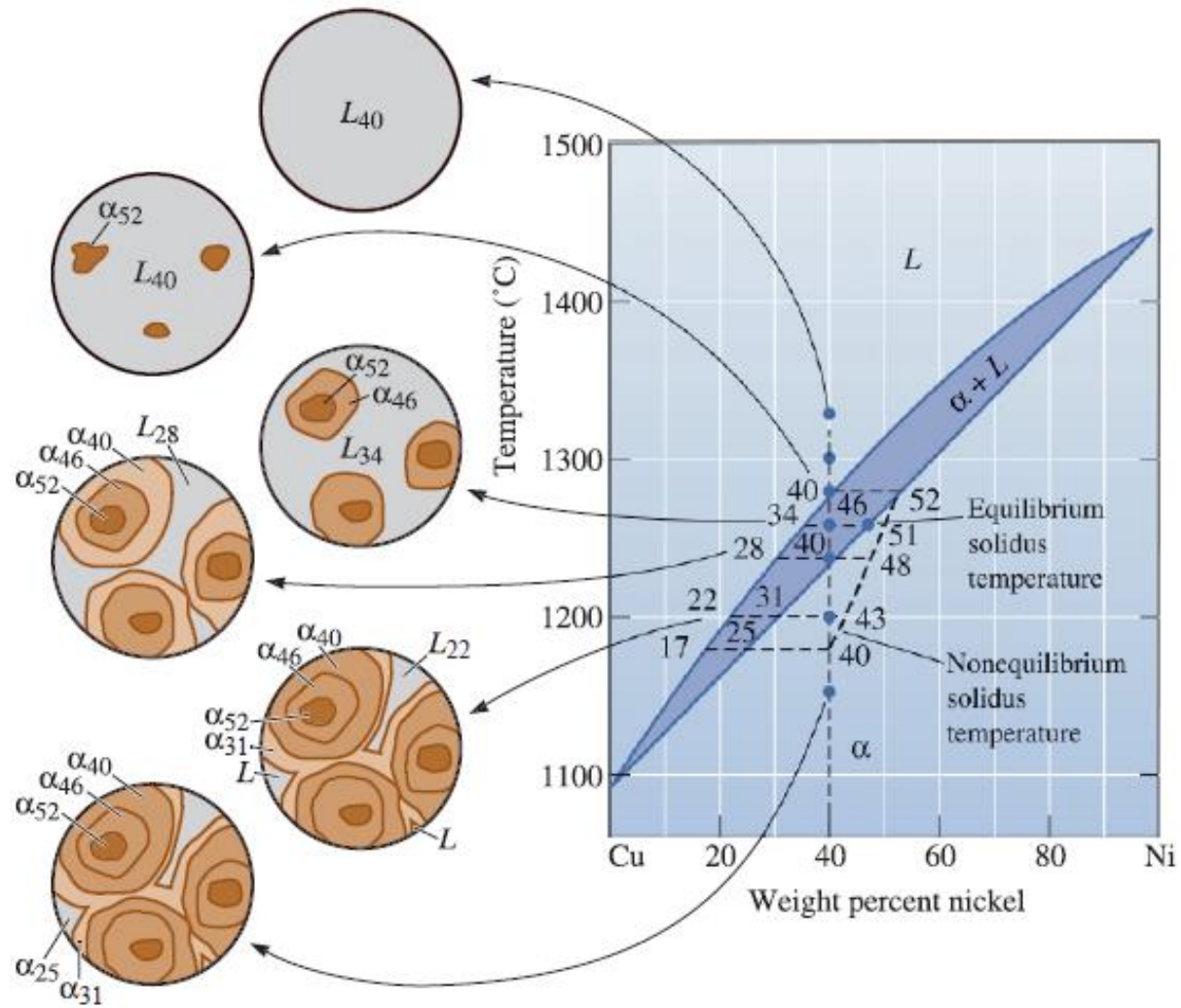
Tane katılaşması ve mikro segregasyon oluşumu



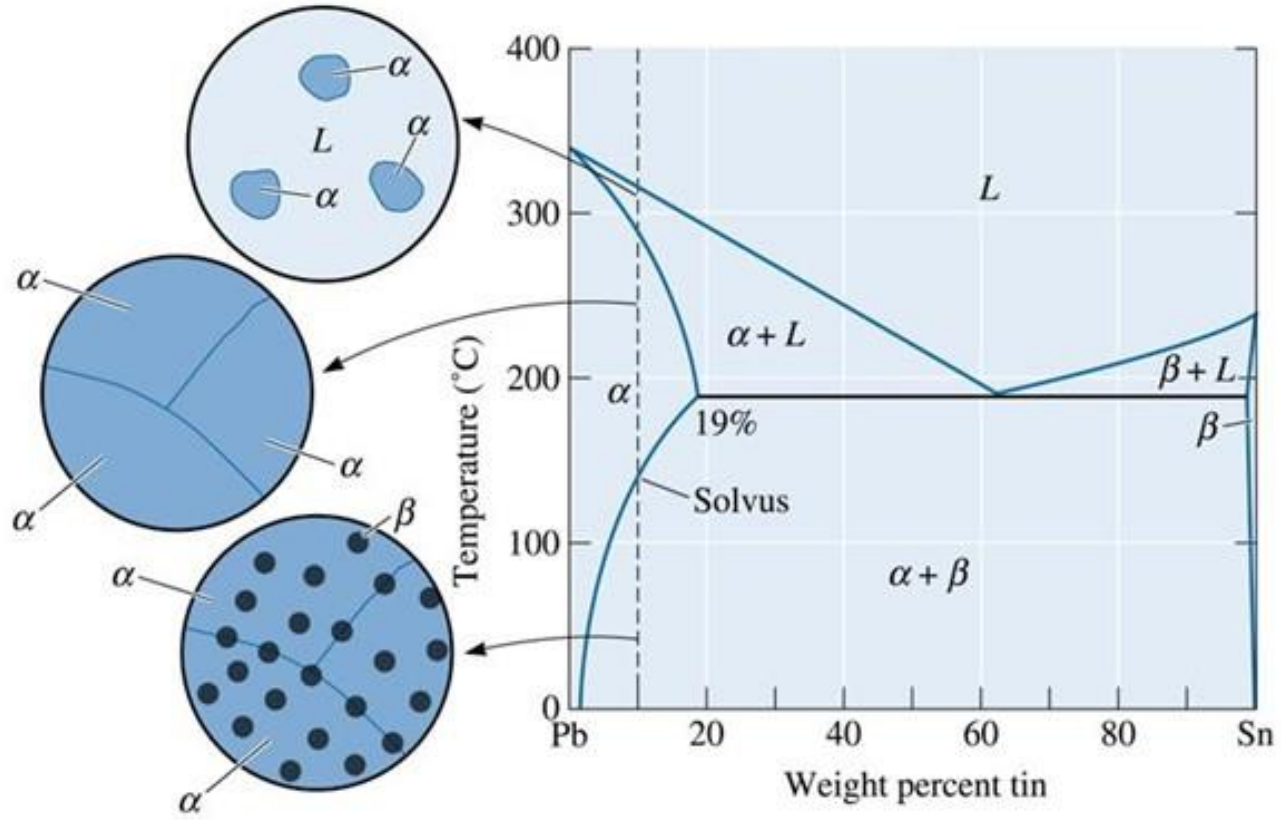
Denge katılaşması sırasında Cu-40% Ni alaışımının yapısındaki değişiklik. Nikel ve bakır atomları, faz diyagramını sağlamak ve düzgün bir denge yapısı oluşturmak için soğutma sırasında dağılmalıdır.



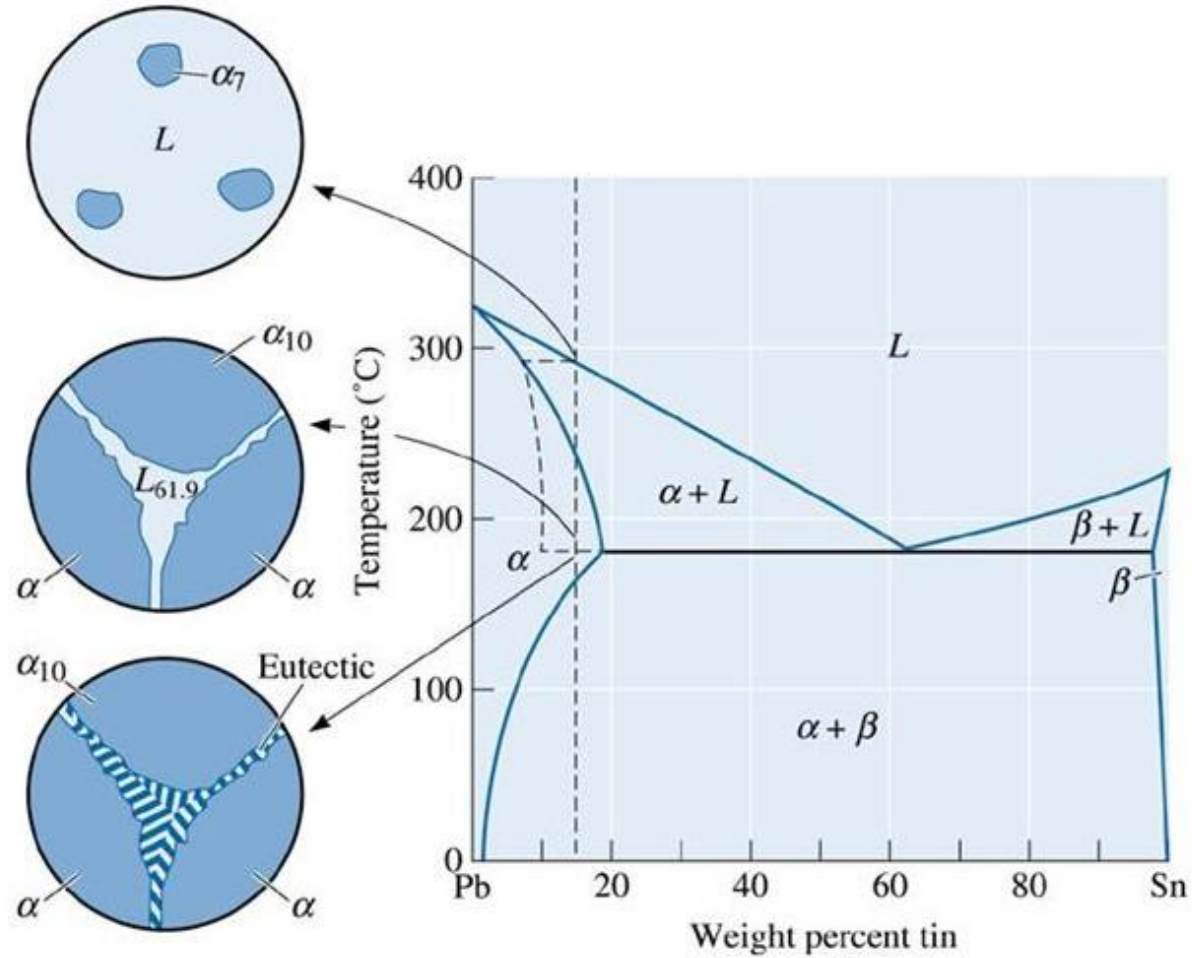
Katılaşma sırasında izomorf bir alaşım için soğuma eğrisi. Her sıcaklıkta ısı dengenin korunması için soğutma hızlarının düşük olduğunu varsayıyoruz. Soğutma eğrisinin eğimindeki değişiklikler Cu-40% Ni alaşımı için liküdüs ve solidüs sıcaklıklarını göstermektedir.



Dengesiz katılaşma sırasında Cu-40% Ni alaşımlarının yapısındaki değişiklik. Katıda difüzyon için yetersiz zaman ayrılmış bir yapı üretir.



Bir Pb-10 % Sn alaşımının katılaşması, çökeltilmesi ve mikro yapısı. β katı çökeldikçe bir miktar dispersiyon güçlendirmesi meydana gelir.



Bir Pb-15 % Sn alaşımının denge dışı katılaşması ve mikro yapısı. Katılaşma çok hızlıysa, dengede olmayan ötektik bir mikro bileşen oluşabilir.