

7.9 KATI ÇÖZELTİ SERTLEŞMESİ

- Metallerin dayanım ve sertliğini arttırmak için kullanılan bir başka teknik, yer alan veya arayer katı çözültisi yapan empürite atomlarıyla alaşımlama yapmaktır. Bu nedenle **katı çözülti (katı eriyik) sertleşmesi** adını almıştır.

7.10 PEKLEŞME (DEFORMASYON SERTLEŞMESİ)

- Sünek bir metalin plastik deformasyon sırasında sertlik ve dayanımının artması **pekleşme** olarak adlandırılır. Bu olaya, pekleşme yanı sıra *deformasyon sertleşmesi* adı da verilmektedir.
- Pekleşmenin gerçekleşmesi için metallerin, ergime sıcaklıklarının (Kelvin cinsinden) kabaca yarısından daha düşük sıcaklıklarda şekillendirilmesi, yani **soğuk şekillendirilmesi** gerekir.

- Bazı durumlarda plastik deformasyon derecesini ifade etmek için birim şekil değişimi yerine daha kullanışlı olan *yüzde soğuk şekil değişimi* ifadesi kullanılır. A_0 , deformasyon öncesi ilk kesit alanı ve A_d ise deformasyon sonrası kesit alanı olmak üzere soğuk şekil değişimi yüzdesi (% SŞD) ,

Yüzde soğuk şekil değişimi—ilk ve deformasyon sonrası kesit alanıyla olan ilişkisi

olarak tanımlanır.

$$\% \text{ SŞD} = \left(\frac{A_0 - A_d}{A_0} \right) \times 100 \quad (7.8)$$

Toparlanma Yeniden Kristalleşme ve Tane Büyümesi

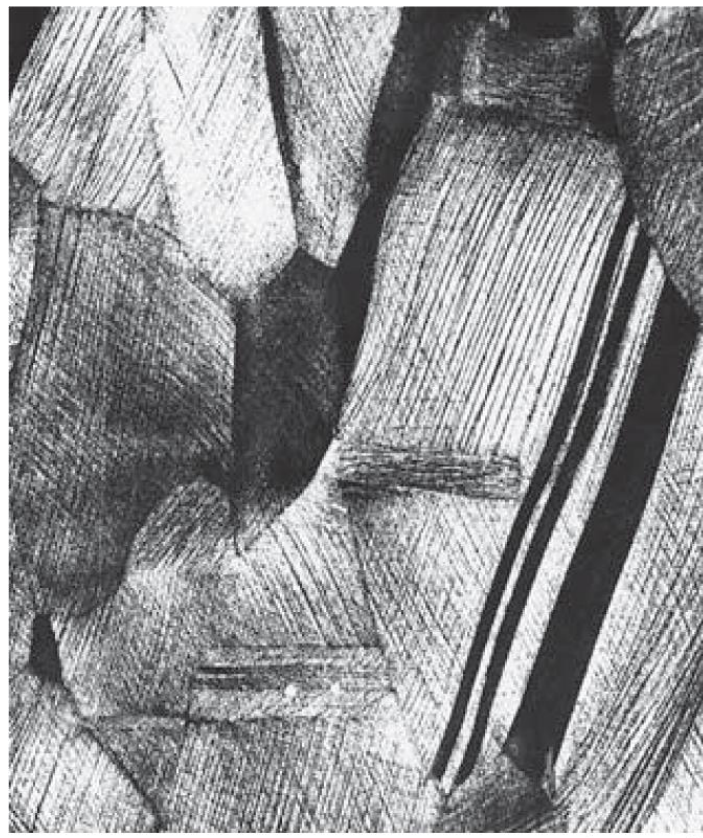
- Metale uygulanacak uygun bir ısı işlemle (*tavlama işlemi* adı verilen), soğuk şekil değişimi öncesi özellikleri ve yapısı geri kazandırılabilir. Bu tür bir yapısal değişiklik, yüksek sıcaklıkta yapılan ve sonrasında *tane büyümesinin* söz konusu olabileceği, *toparlanma* ve *yeniden kristalleştirme* olarak adlandırılan iki farklı işlem ile sağlanabilir.

7.11 TOPARLANMA

- **Toparlanma** sırasında, yüksek sıcaklıktaki artan atomsal yayınma sonucu (gerilme uygulanmaksızın) oluşan dislokasyon hareketi sayesinde depolanan şekil değişimi enerjisi bir miktar azalır.
- Toparlanma neticesinde, metalin elektrik ve ısı iletkenliği gibi fiziksel özellikleri, soğuk şekil değişimi öncesindeki durumlarına geri döner.

7.12 YENİDEN KRİSTALLEŞME

- **Yeniden kristalleşme** sırasında, dislokasyon yoğunluğu düşük ve eş eksenli (bütün doğrultularda yaklaşık olarak aynı boyutlara sahip olan) yeni taneler oluşur. Diğer bir ifadeyle, malzeme soğuk şekillendirme öncesindeki özelliklerini geri kazanır.



(a)

100 μm

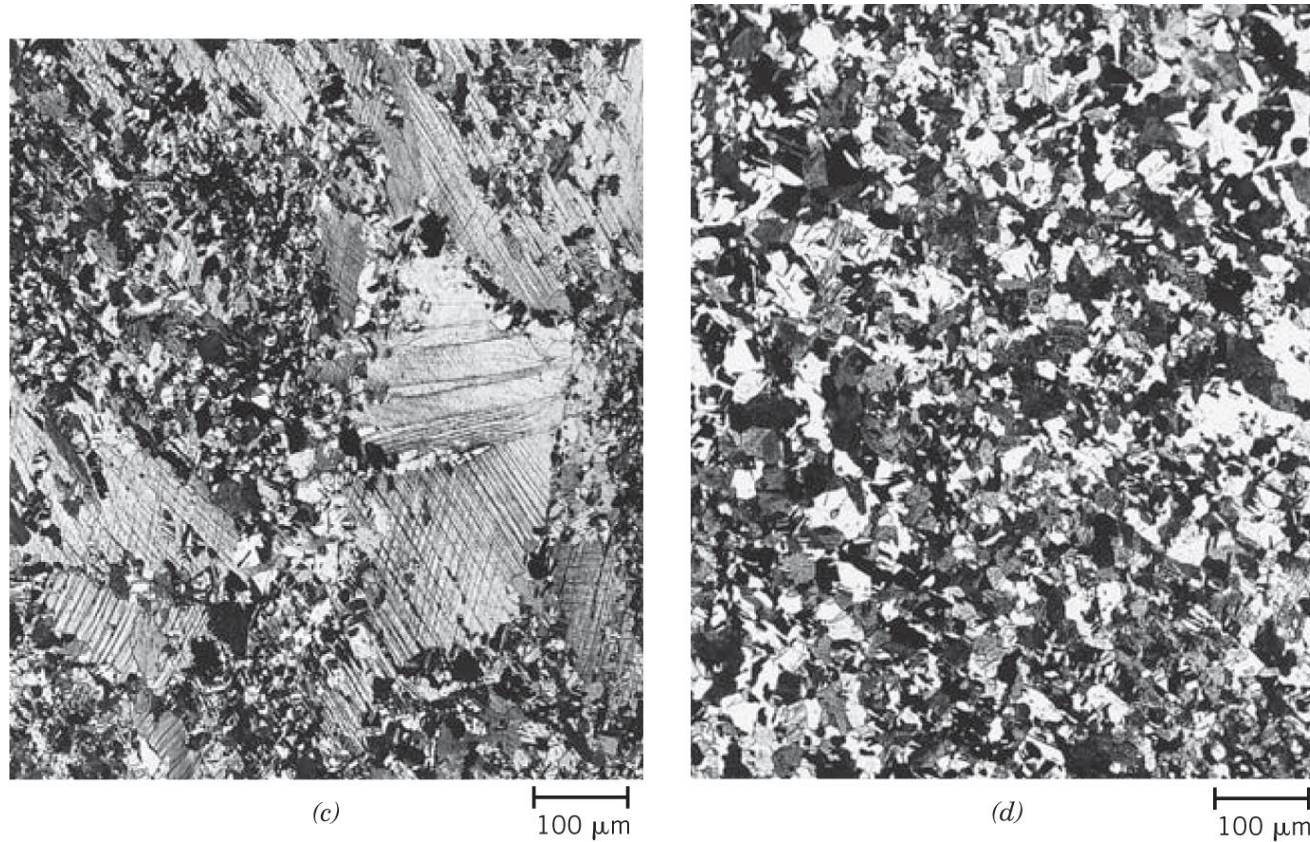


(b)

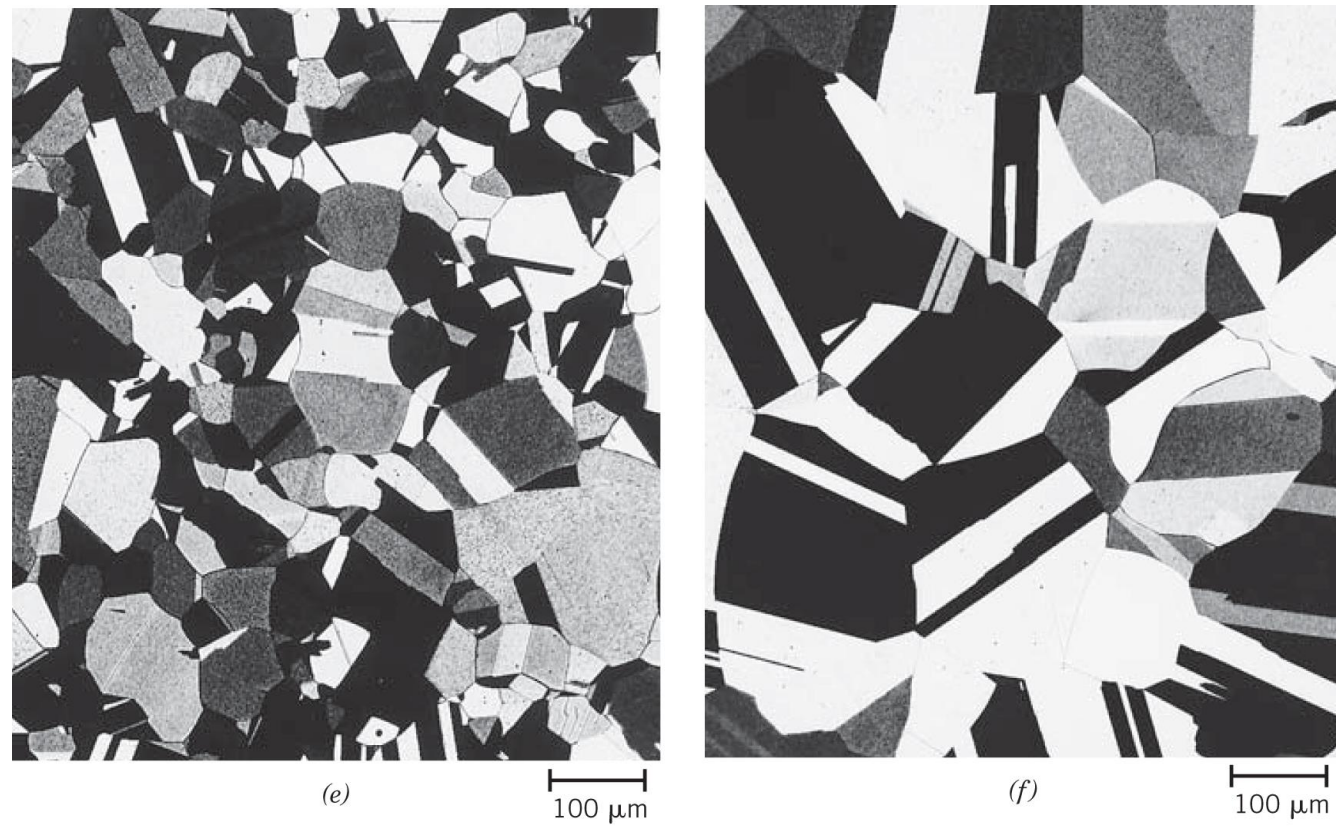
100 μm

Şekil 7.21 Soğuk şekil değiştirmiş bir pirinç alaşımında yeniden kristalleşme ve tane büyümesinin çeşitli safhalarını gösteren mikroyapı fotoğrafları. (a) % 33 Soğuk şekillendirilme işlemi sonrası tane yapısı. (b) Yeniden kristalleşme sürecinin başlangıç safhasını görüntülemek üzere 580°C’de sadece 3 sn ısıtılan yapıda meydana gelen değişiklikler. Plastik deformasyona uğramış yapının içinde yeniden kristalleşme sonucu oluşan çok küçük taneler görülmekte. (c) Soğuk şekillendirilmiş tanelerinin bazı bölgelerinde yeniden kristalleşmiş taneler görülmekte (580°C’de 4 sn) (d) Yeniden kristalleşmenin tamamlanması (580°C’de 8 sn.) (e) 580°C’de 15 dakika tavlama sonucu meydana gelen tane büyümesi (f) 700°C’de 10 dakika tavlama sonucu meydana gelen tane büyümesi. Tüm fotoğraflar için büyütme oranı $\times 75$ ’dir. (Mikro yapı fotoğrafları J. E. Burke, General Electric Company izni ile basılmıştır.)

Şekil 7.21c-d



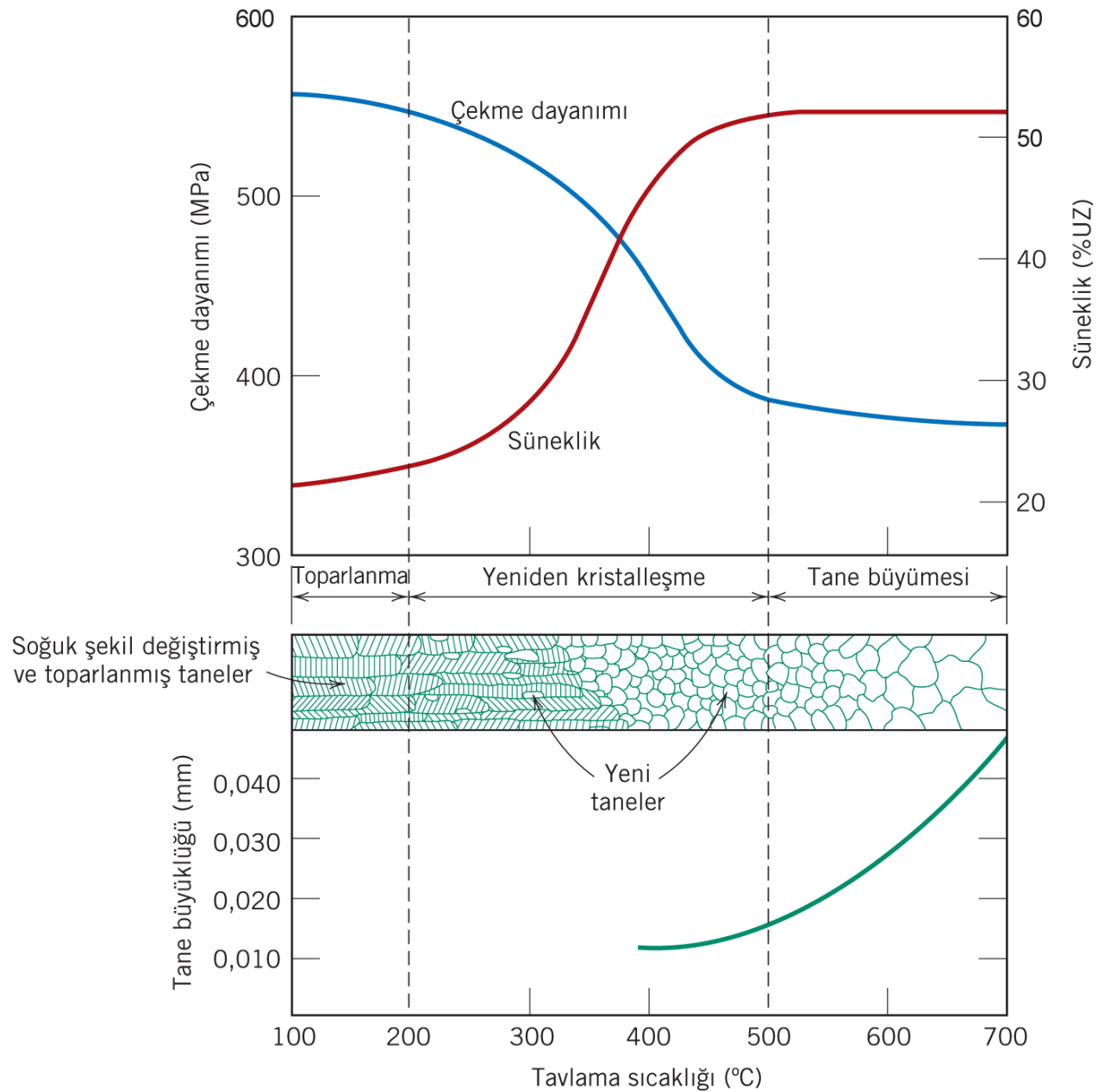
Şekil 7.21 Soğuk şekil değiştirmiş bir pirinç alaşımında yeniden kristalleşme ve tane büyümesinin çeşitli safhalarını gösteren mikroyapı fotoğrafları. (a) % 33 Soğuk şekillendirilme işlemi sonrası tane yapısı. (b) Yeniden kristalleşme sürecinin başlangıç safhasını görüntülemek üzere 580°C’de sadece 3 sn ısıtılan yapıda meydana gelen değişiklikler. Plastik deformasyona uğramış yapının içinde yeniden kristalleşme sonucu oluşan çok küçük taneler görülmekte. (c) Soğuk şekillendirilmiş tanelerinin bazı bölgelerinde yeniden kristalleşmiş taneler görülmekte (580°C’de 4 sn) (d) Yeniden kristalleşmenin tamamlanması (580°C’de 8 sn.) (e) 580°C’de 15 dakika tavlama sonucu meydana gelen tane büyümesi (f) 700°C’de 10 dakika tavlama sonucu meydana gelen tane büyümesi. Tüm fotoğraflar için büyütme oranı $\times 75$ ’dir. (Mikro yapı fotoğrafları J. E. Burke, General Electric Company izni ile basılmıştır.)



Şekil 7.21 (devamı)

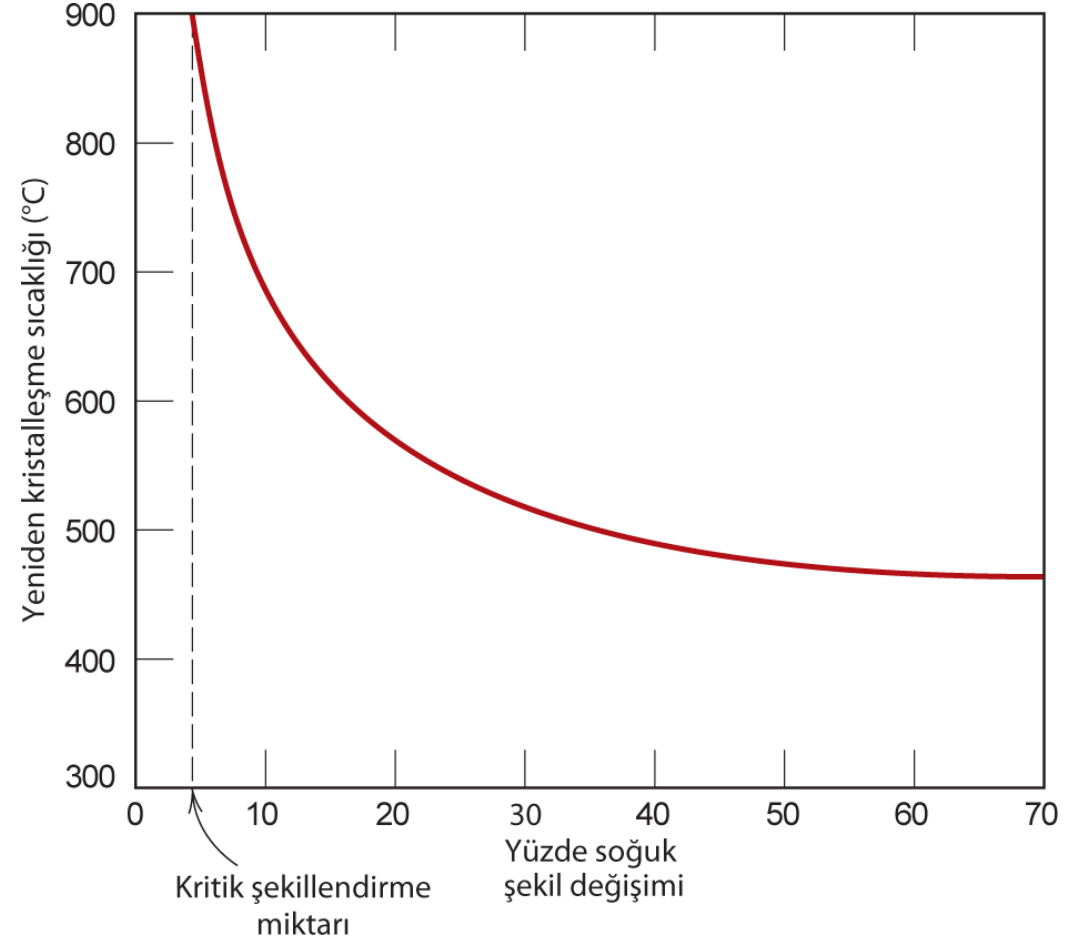
Şekil 7.21 Soğuk şekil değiştirmiş bir pirinç alaşımında yeniden kristalleşme ve tane büyümesinin çeşitli safhalarını gösteren mikroyapı fotoğrafları. (a) % 33 Soğuk şekillendirilme işlemi sonrası tane yapısı. (b) Yeniden kristalleşme sürecinin başlangıç safhasını görüntülemek üzere 580°C’de sadece 3 sn ısıtılan yapıda meydana gelen değişiklikler. Plastik deformasyona uğramış yapının içinde yeniden kristalleşme sonucu oluşan çok küçük taneler görülmekte. (c) Soğuk şekillendirilmiş tanelerinin bazı bölgelerinde yeniden kristalleşmiş taneler görülmekte (580°C’de 4 sn) (d) Yeniden kristalleşmenin tamamlanması (580°C’de 8 sn.) (e) 580°C’de 15 dakika tavlama sonucu meydana gelen tane büyümesi (f) 700°C’de 10 dakika tavlama sonucu meydana gelen tane büyümesi. Tüm fotoğraflar için büyütme oranı $\times 75$ ’dir. (Mikro yapı fotoğrafları J. E. Burke, General Electric Company izni ile basılmıştır.)

Şekil 7.22 Bir pirinç alaşımı için değişik sıcaklıklarda gerçekleştirilen 1 saatlik tavlama işlemlerinden sonra, tavlama sıcaklığının alaşımın çekme dayanımı ve sünekliği üzerine etkisi, tavlama sıcaklığına göre tane büyüklüğünde meydana gelen değişim ve toparlanma, yeniden kristalleşme ve tane büyümesi safhalarındaki tane yapısı şematik olarak gösterilmiştir. (G. Sachs and K. R. Van Horn, *Practical Metallurgy, Applied Metallurgy and the Industrial Processing of Ferrous and Nonferrous Metals and Alloys*, American Society for Metals, 1940, p. 139.)



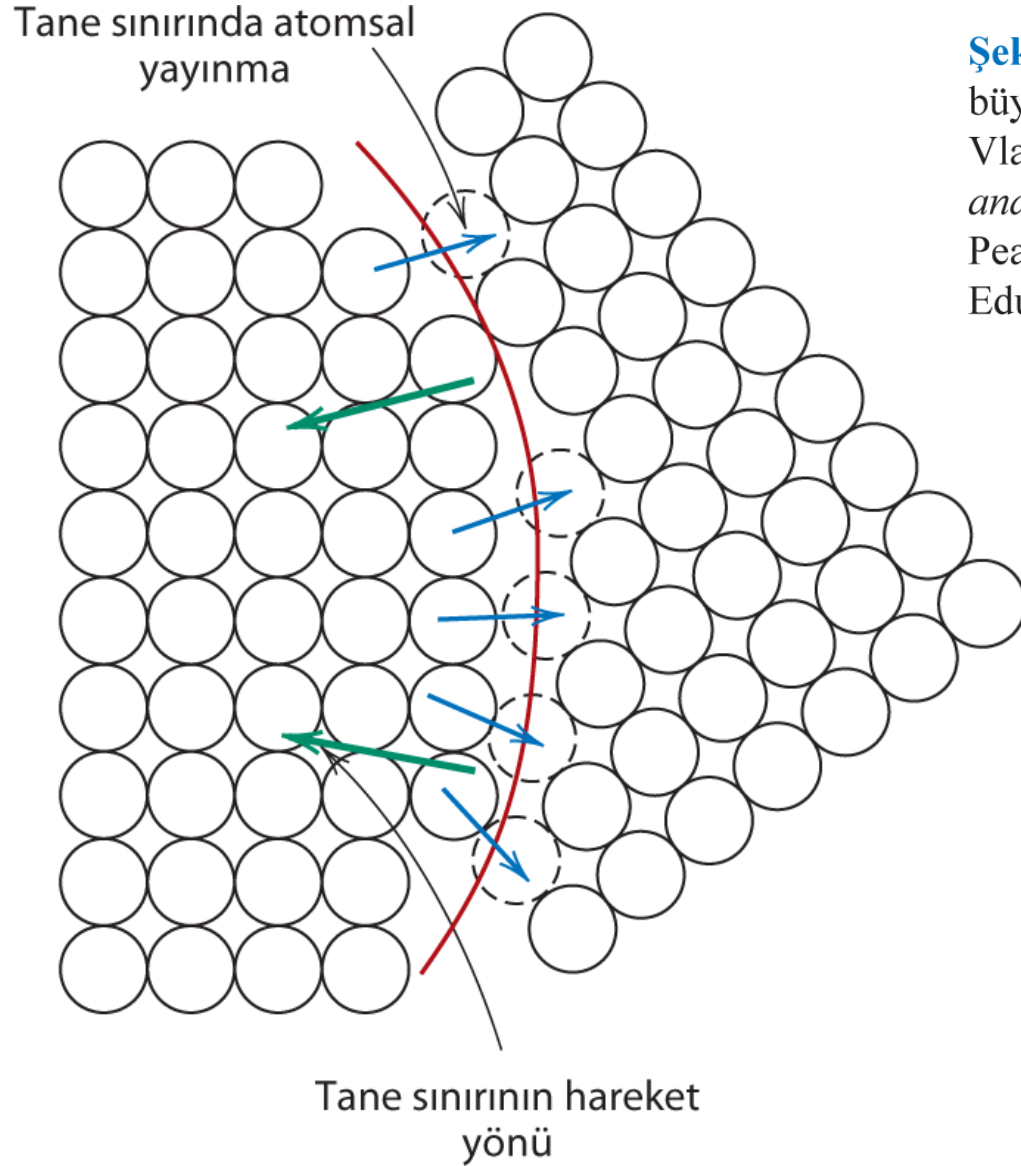
- Belirli bir metal alaşımının yeniden kristalleşme davranışı bazen yeniden kristalleşmenin bir saatte tamamlandığı sıcaklık (**yeniden kristalleşme sıcaklığı**) olarak da belirtilir.

şekil 7.23 Demir için yeniden kristalleşme sıcaklığının soğuk şekil değiştirme miktarına gore değişimi. Kritik (yaklaşık %5) şekillendirme değerinin altında yeniden kristalleşme oluşmayacaktır.



7.13 TANE BÜYÜMESİ

- Metal bir numunede, yeniden kristalleşme tamamlandıktan, yani deformasyon etkileri giderildikten sonra yüksek sıcaklıktaki tavlama işlemine devam edilirse, taneler büyümeye eğilimini sürdürür ([Şekil 7.21d-f](#)); bu olaya **tane büyümesi** adı verilmiştir.



Şekil 7.24 Atomal yayınmayla oluşan tane büyümesinin şematik gösterimi. (Van Vlack, Lawrence H., *Elements of Materials Science and Engineering*, (1989), p. 221. Yayın hakkı Pearson Education Firmasına ait olup, Pearson Education Firmasının izniyle basılmıştır.)

Tane büyümesinde,
tane büyüklüğünün
süreyle olan ilişkisi

$$d^n - d_0^n = Kt. \quad (7.9)$$

- Bu ifade, d_0 , $t = 0$ anında, başlangıçtaki (ilk) tane çapıdır; K ve n ise zamandan bağımsız sabitlerdir. n , genellikle 2'ye eşit veya daha büyük değerler alır.