



11-13 September / Eylül 2014
TÜYAP Fair, Convention & Congress Center, İstanbul

7th International Ankiros Foundry Congress
7. Uluslararası Ankiros Döküm Kongresi



«Termal Analiz ile Döküm Süreçlerinin Kontrolü»
«Controlling the Casting Process With Thermal Analysis»

Dr. Arda Çetin
(Heraeus Electro-Nite Türkiye)

6.Oturum: Süreçler ve Kontrol
6th Session: Process and Control

Oturum Başkanı/Session Chairman: Dr. Önder Orhaner (Akdaş Döküm San. Tic. A.Ş.)



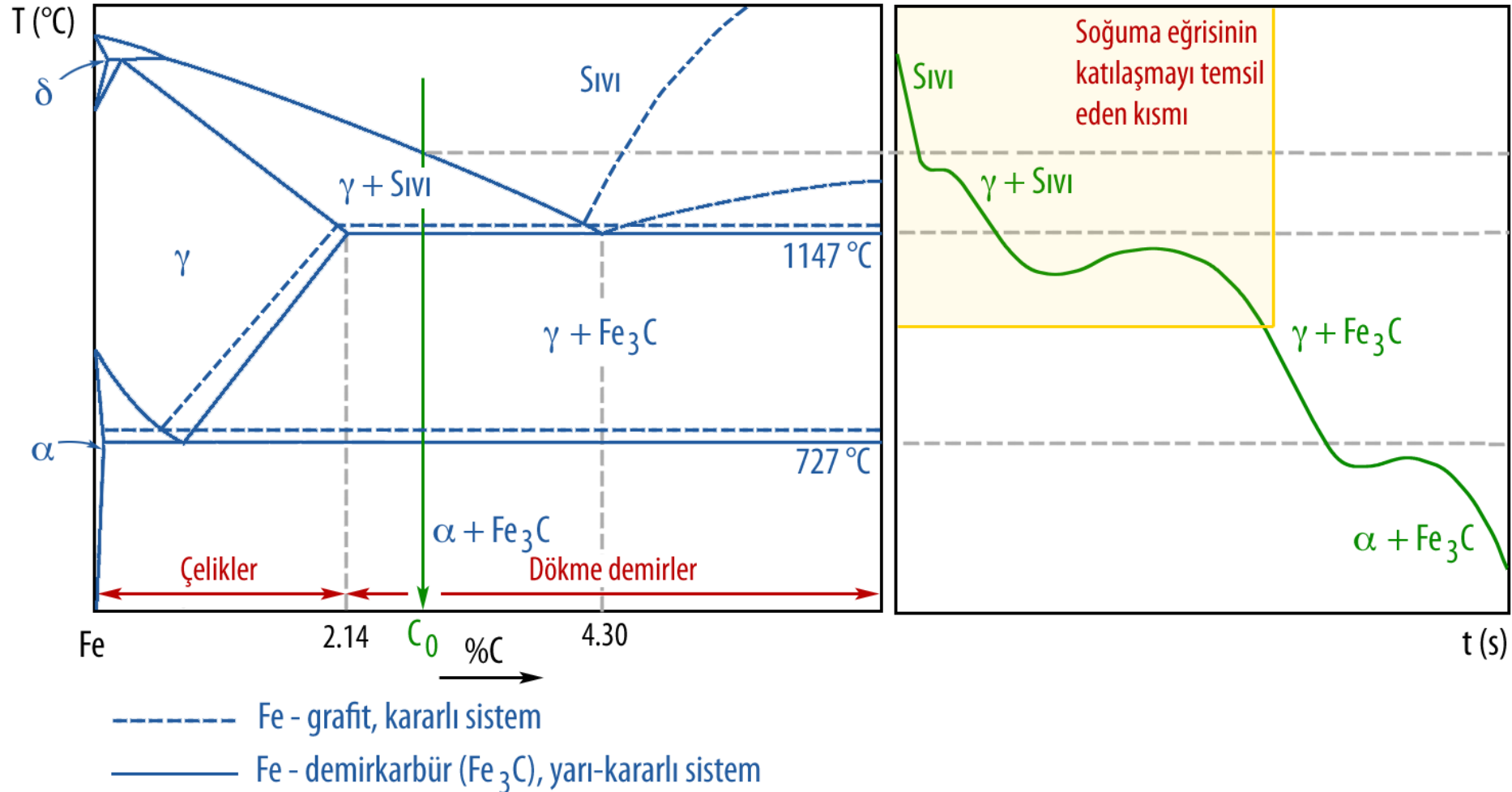
Oturumlarda yer alan sunumlar 15 Eylül 2014 Pazartesi tarihinde kongre web sayfasına (kongre.tudoksad.org.tr) yüklenecektir.



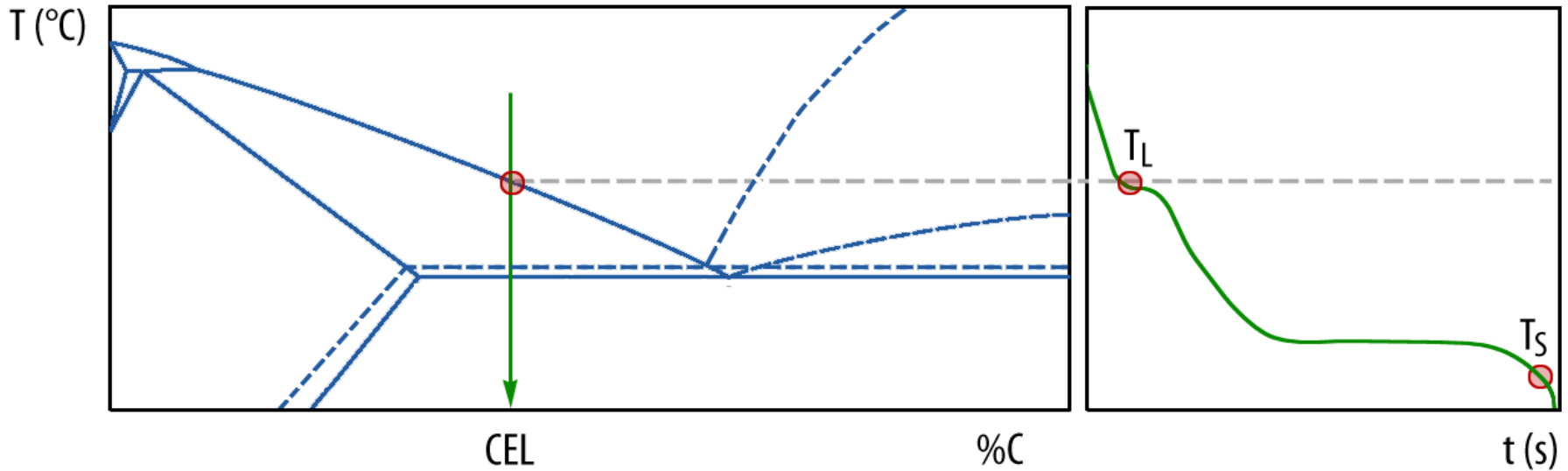
Termal Analiz ile Döküm Süreçlerinin Kontrolü

Dr. Arda Çetin
Heraeus Electro-Nite Türkiye

Fe-C faz diyagramı ve soğuma eğrisi ilişkisi



Soğuma eğrisi ve kompozisyon ilişkisi

**Sıvılaşıma Karbon Eşdeğeri (CEL):**

$$CEL = \%C + \%Si/4 + \%P/2$$

$$T_L (°C) = 1623,60 - 112,36 \times CEL$$

$$\sigma = \pm 0.047, R^2 = 0.987$$

Karbon Eşdeğeri (CEV):

$$CEV = \%C + \%Si/3 + \%P/3$$



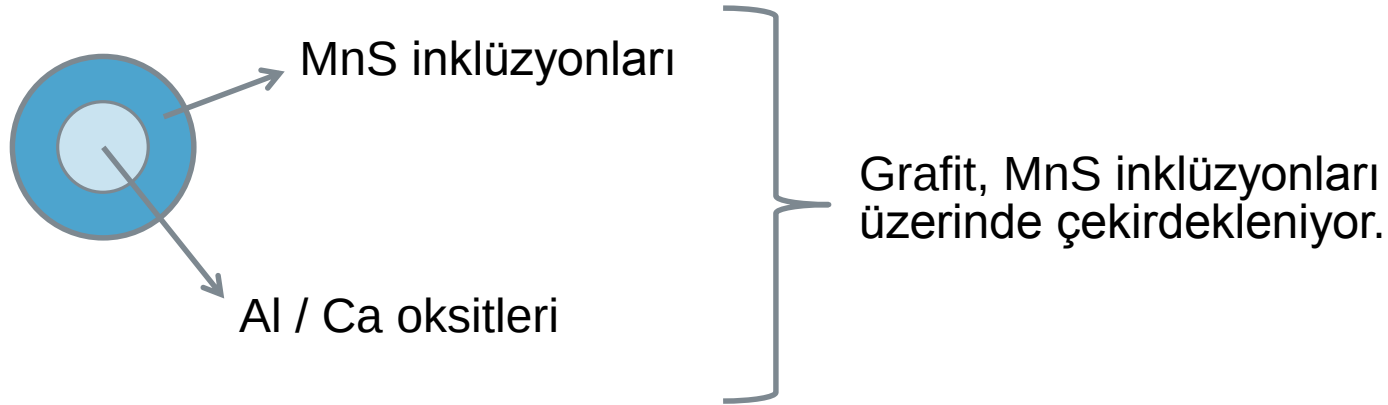
Aşırı Soğuma Ölçümüyle Aşılama Kontrolü

Dökme demirlerin katılaşma sürecinde aşılamanın önemi

Aşılama

Aşı:

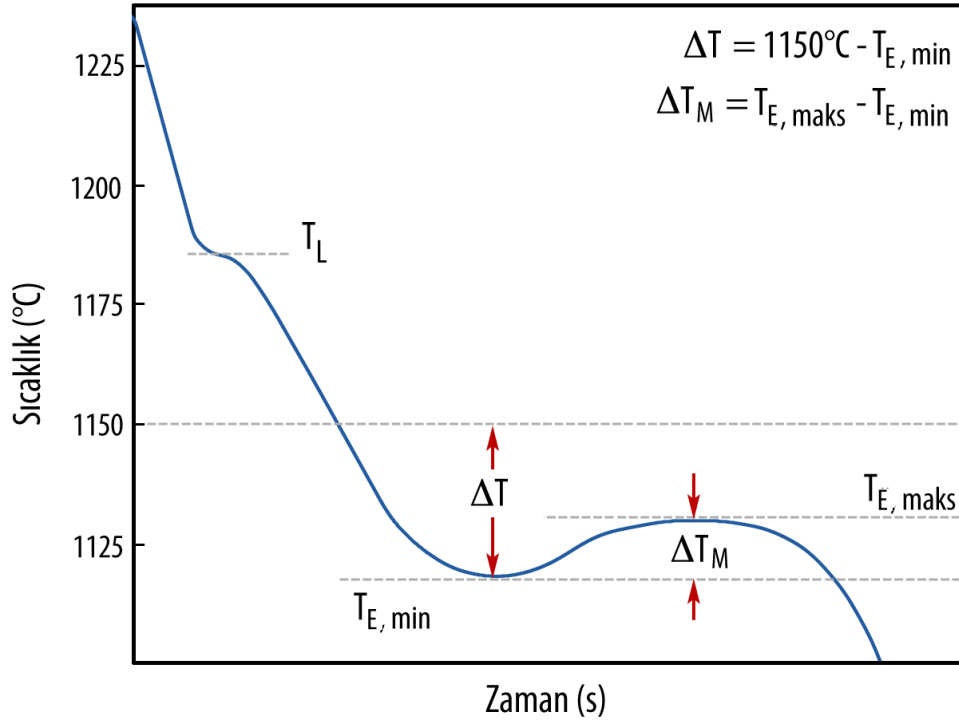
- ✓ FeSi bazlı tozlar,
- ✓ Al, Ca, Ba, Sr, Zr ve nadir toprak elementleri de içerir.



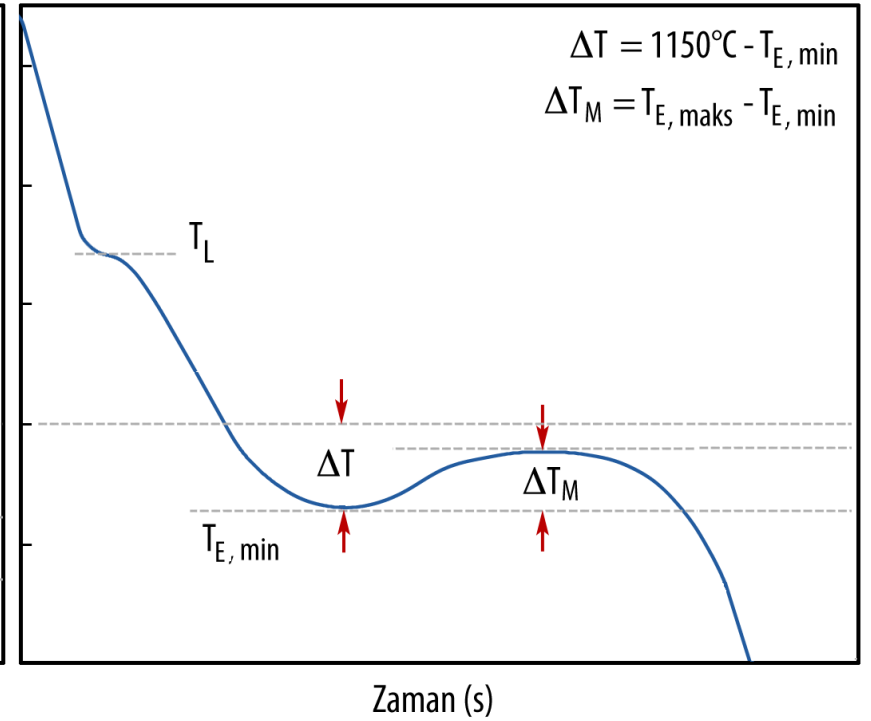
- ✓ Gri dökme demirde $\%S < 0.03$ olduğunda, A Tipi grafit ayrışması zorlaşır!

Aşılamanın soğuma eğrisine etkisi

Katılaşma erken başlıyor $\Rightarrow$ sıvı çok soğumadan erken ısınıyor $\Rightarrow \Delta T$ azalıyor.

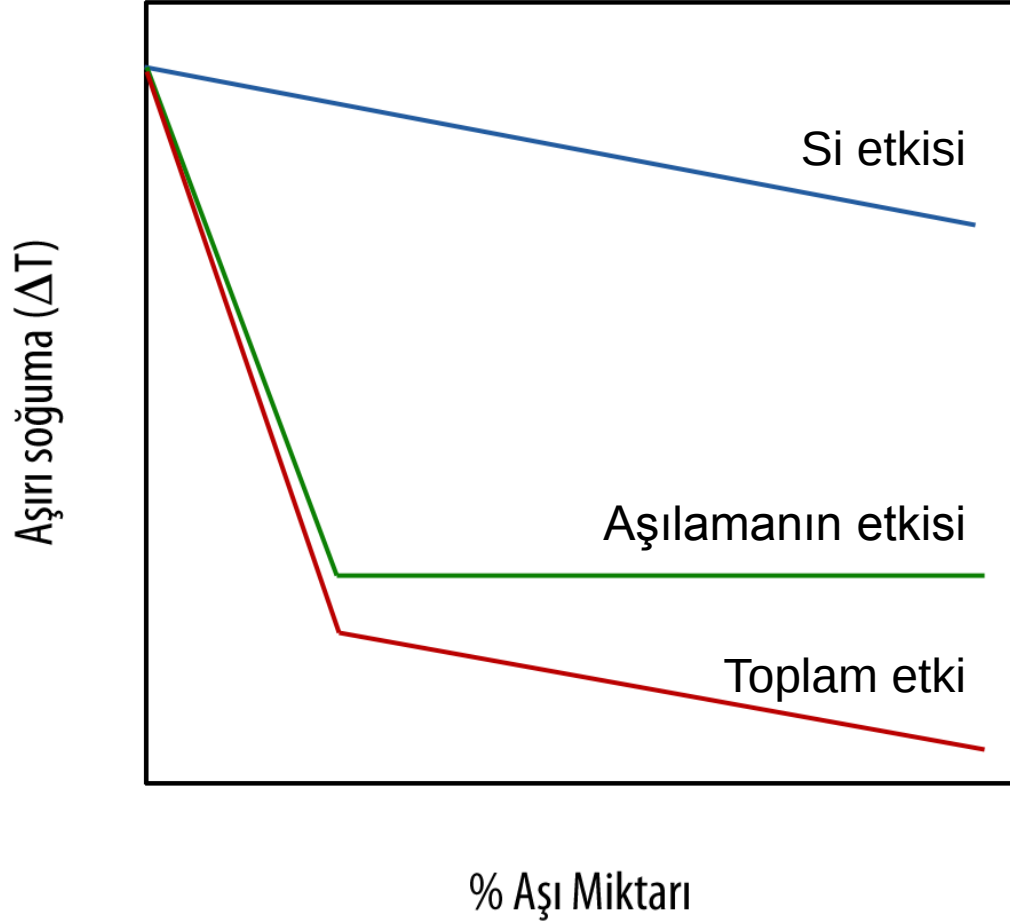


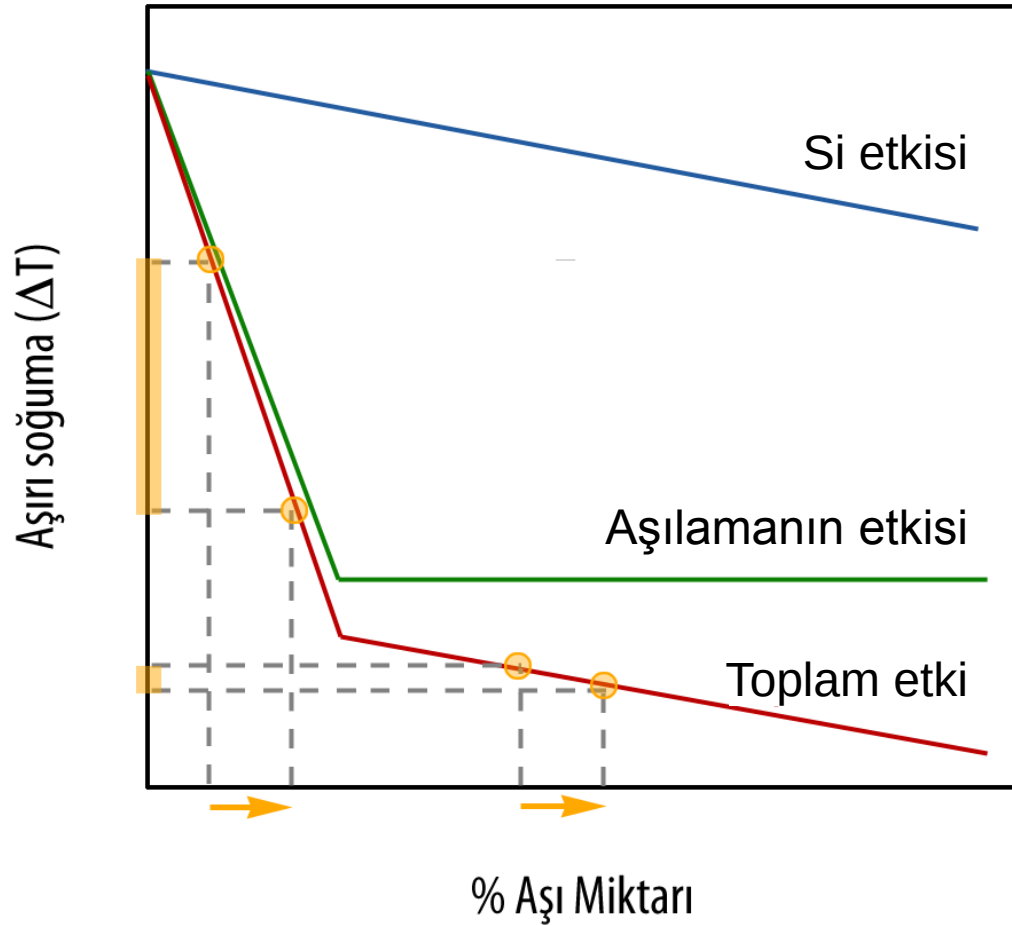
(a)



(b)

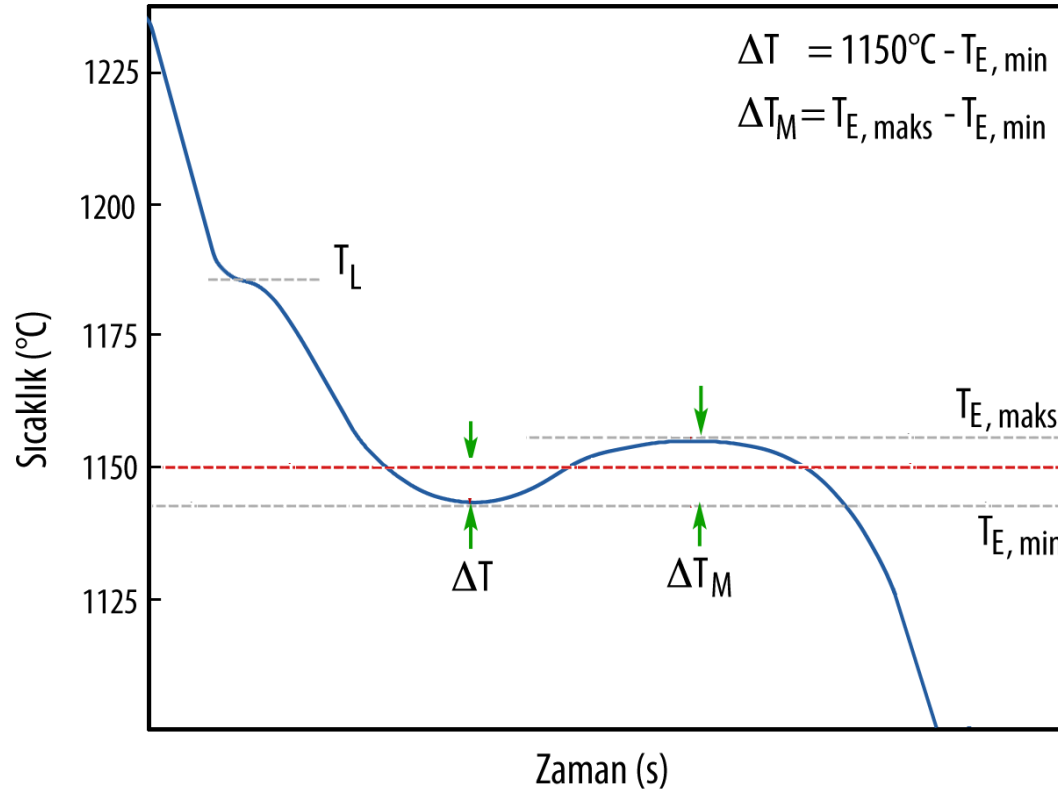
Aşılama ve Si miktarının aşırı soğuma miktarına (ΔT) etkisi



Aşılama ve Si miktarının aşırı soğuma miktarına (ΔT) etkisi

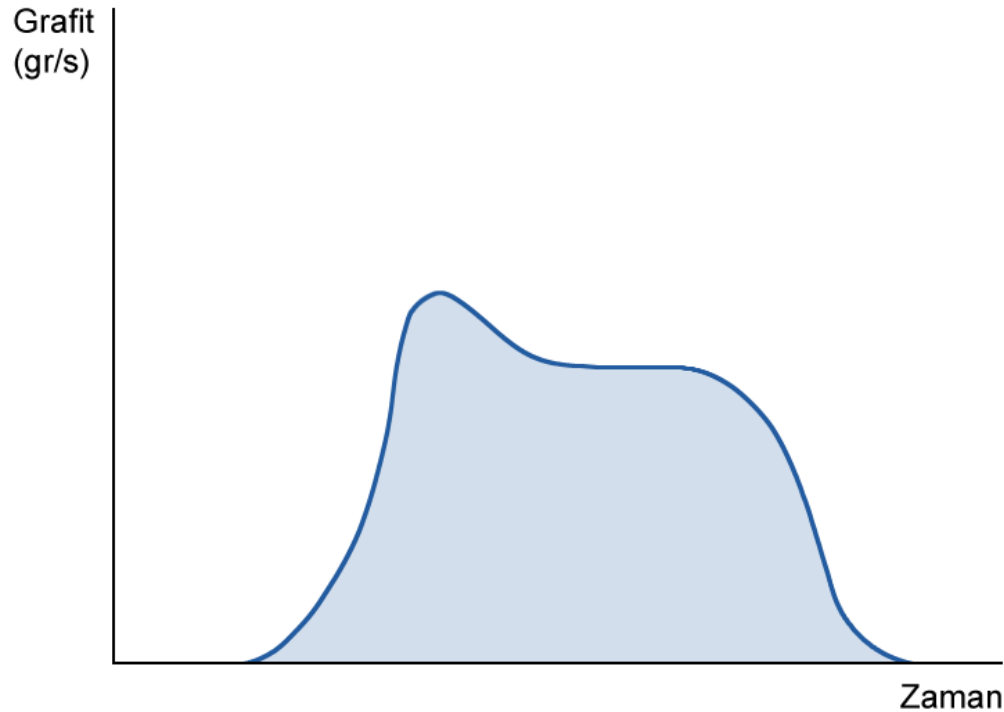
Yeniden ısınmanın çekintiyle ilişkisi

■ Yeniden ısınma (*recalescence*), çekinti riski hakkında bilgi verebilir.



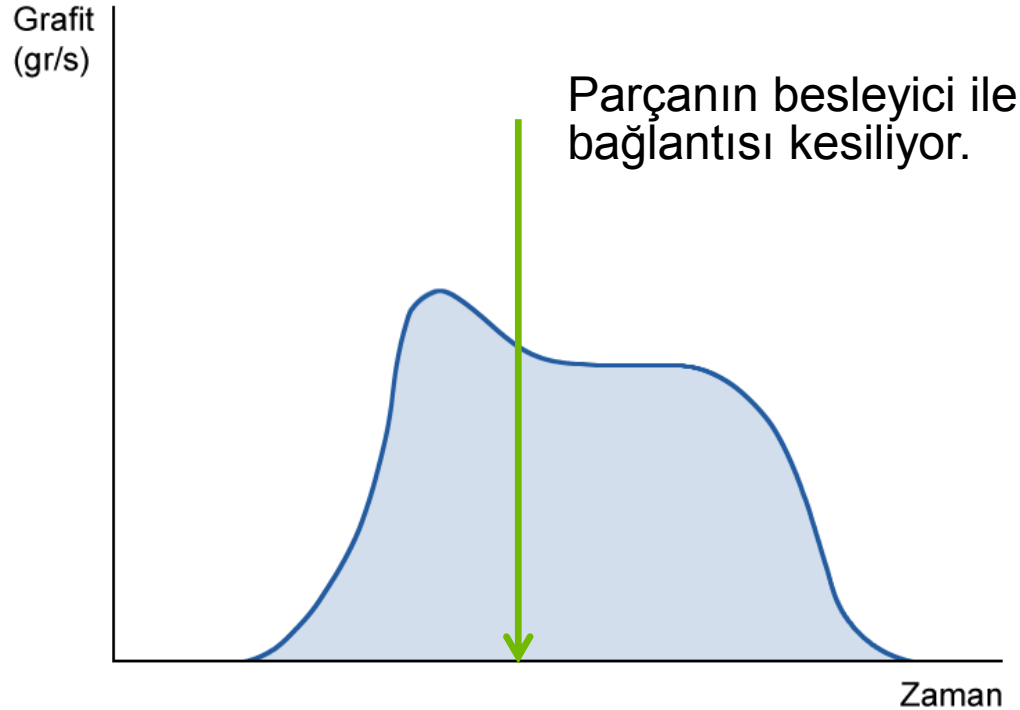
Grafitin çökeltme süreci

- Çekinti ile karşılaşmamak için, grafitin ötektik katılaşma boyunca düzenli bir şekilde çökeltmesi istenir.



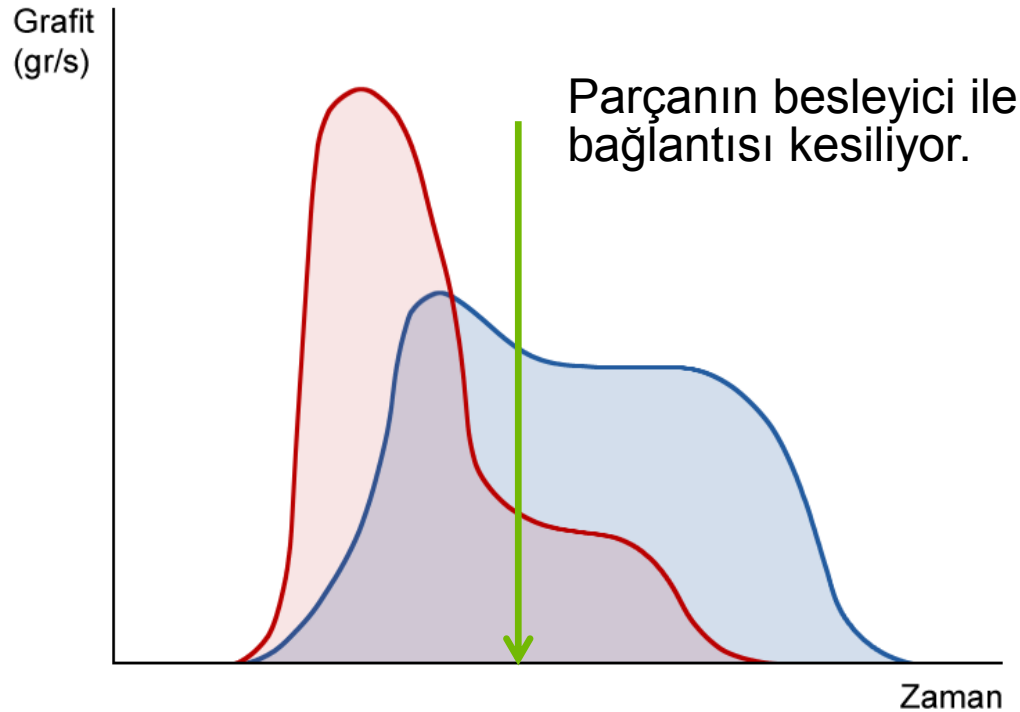
Grafitin çökeltme süreci

- Çekinti ile karşılaşmamak için, grafitin ötektik katılaşma boyunca düzenli bir şekilde çökeltmesi istenir.



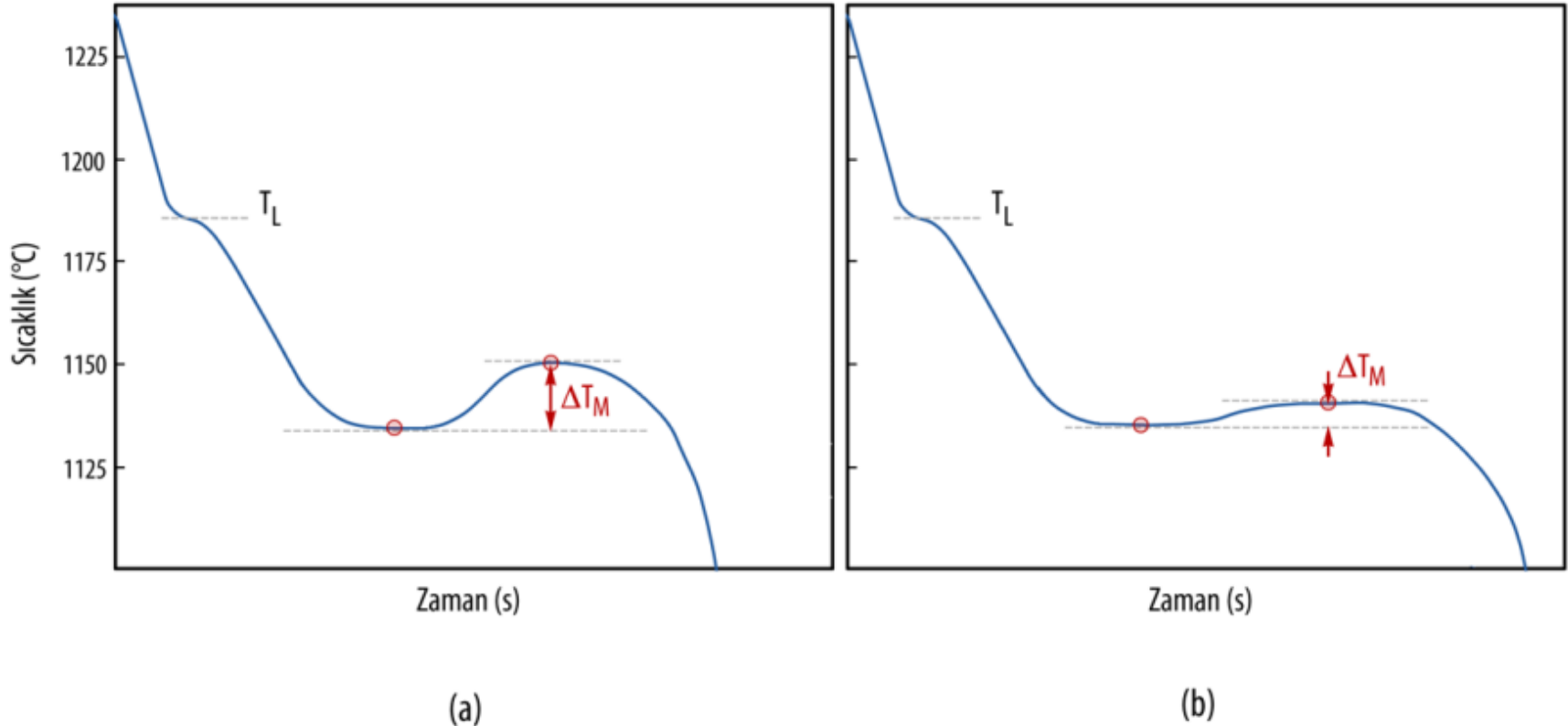
Grafitin çökeltme süreci

- Çekinti ile karşılaşmamak için, grafitin ötektik katılaşma boyunca düzenli bir şekilde çökeltmesi istenir.



Aşılamanın soğuma eğrisine etkisi

- Yeniden ısınmanın yüksek olması, yüksek çekinti eğilimine işaret eder.



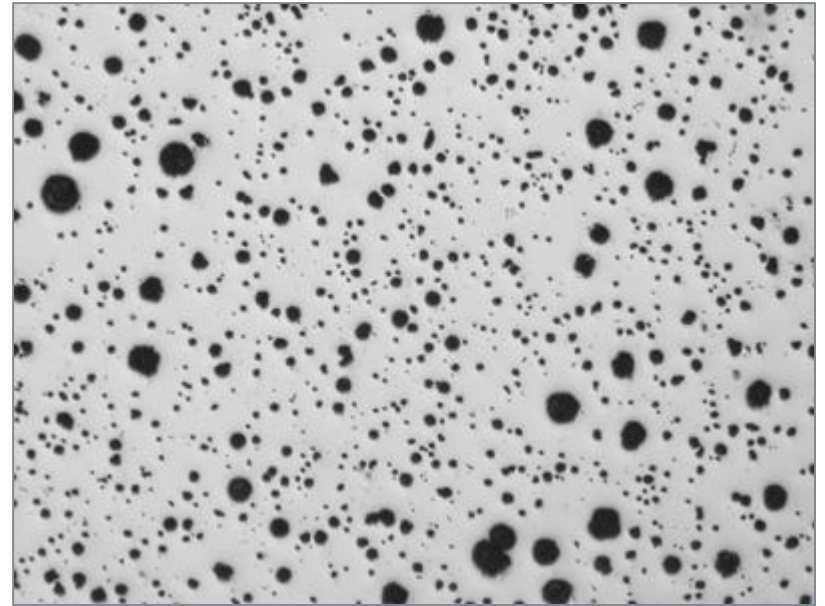


Grafit şeklinin kontrolü

Magnezyum işlemi ile grafitin küreselleştirilmesi ve termal analizin sınırları

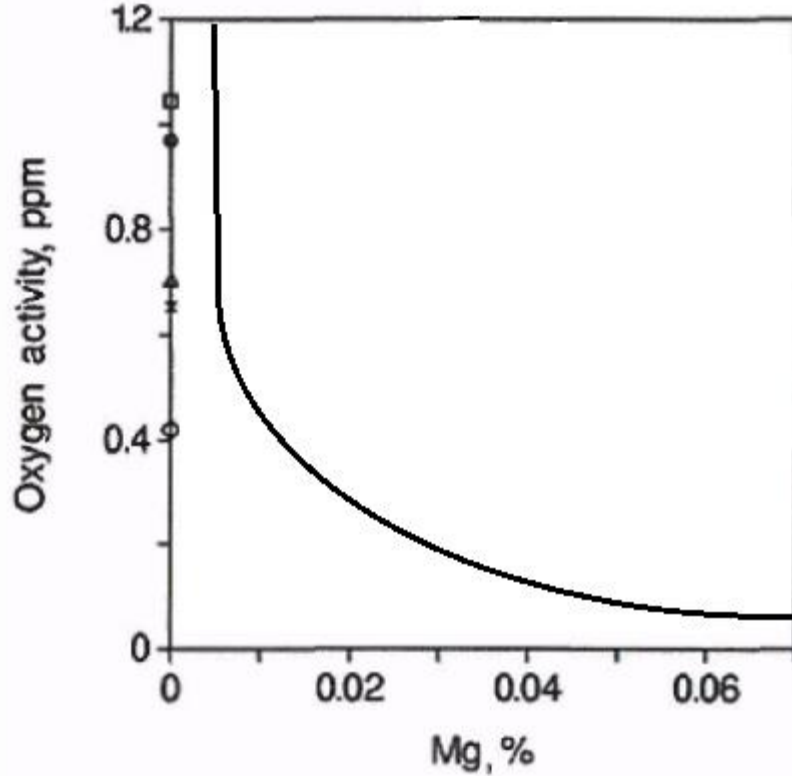
Grafitin küreselleştirilmesi

- Yapraksı grafitin küresel yapıya dönüşebilmesi için, sıvıdaki sülfür ve oksijen seviyelerinin düşürülmesi gerekiyor.

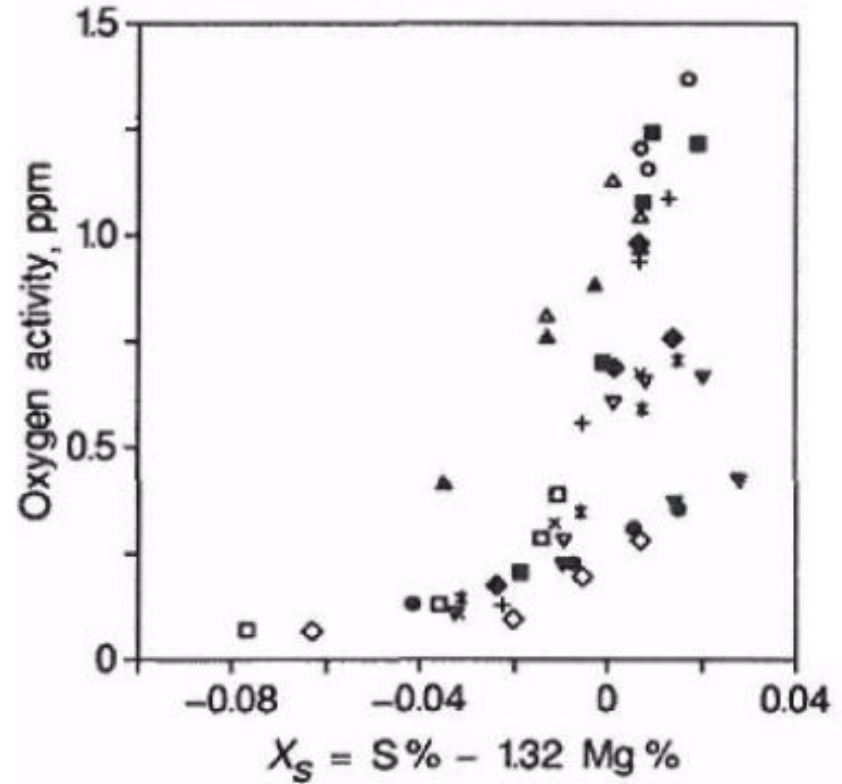
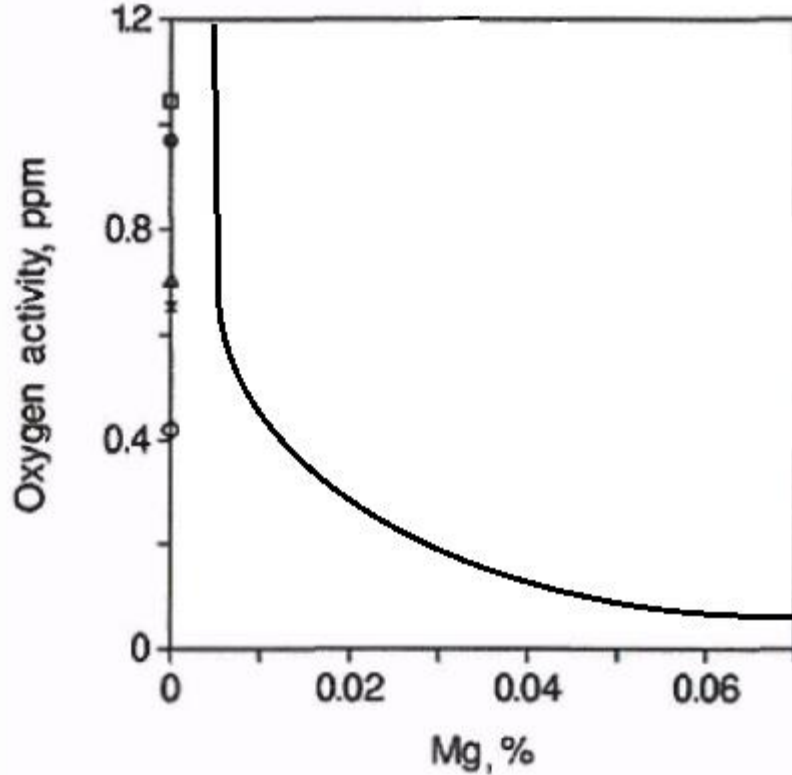


- Potada yapılan Mg işleminin amacı, sıvı dökme demir içindeki sülfür ve oksijen miktarını azaltmaktır.

%Mg neden güvenilir bir parametre değil?



%Mg neden güvenilir bir parametre değil?



1420°C'de X_s 'e bağlı değişen
oksijen aktivitesi değerleri

F. Mampaey *et al.* International Foundry Research (2007)

%Mg neden güvenilir bir parametre değil?

Sıvıdaki oksijen aktivitesi:



- ✓ Şarj malzemeleri
- ✓ Sıvı metal sıcaklığı
- ✓ Bekletme süresi

Tretman sırasında:



- ✓ İlk olarak sıvıdaki oksitler indirgenir (FeO , MnO , SiO_2)
- ✓ $a\text{O} < 120 \text{ ppb} \Rightarrow \text{Mg'nin etkisi yavaşlıyor}$

Tretman sonlandığında:



- ✓ **Mg:** $\sim\%0,06 = 600 \text{ ppm} = \mathbf{600.000 \text{ ppb}}$
- ✓ **aO:** $0,072 \text{ ppm} = \mathbf{72 \text{ ppb}}$



Durum alışması

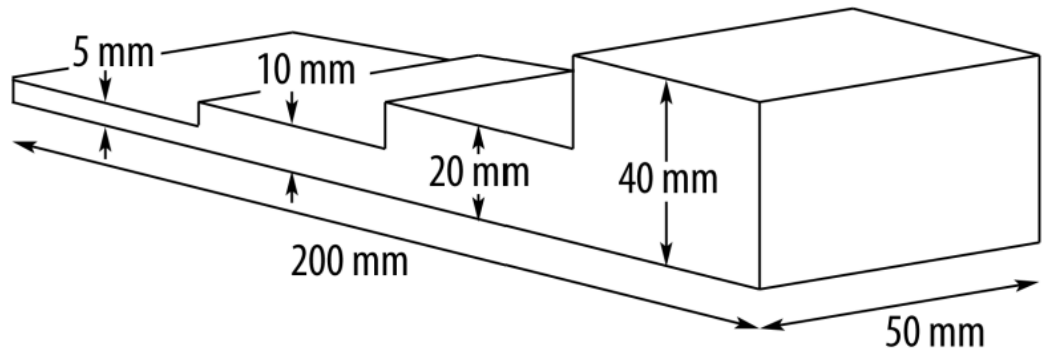
Termal analiz ile gri dökme demirde aşılama kontrolü

Durum çalışması: Termal analiz ile aşılama kontrolü

- Gri dökme demir:
 - %C: 3,26
 - %Si: 1,72
 - %P: 0,037
- Aşısız, %0,10 aşı, %0,20 aşı (Aşı: IM 75 – B)

Her aşı yüzdesi için:

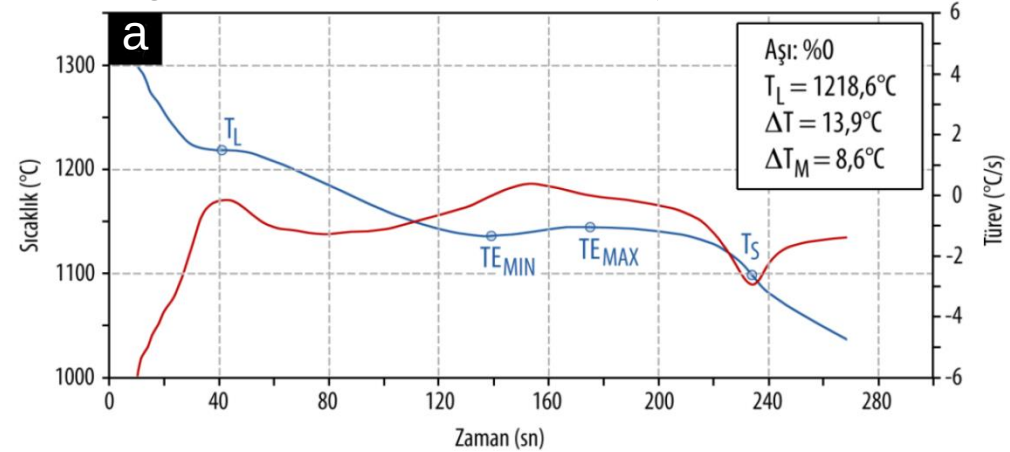
- Soğuma eğrisi
- Spektrometre analizi
- Merdiven numune



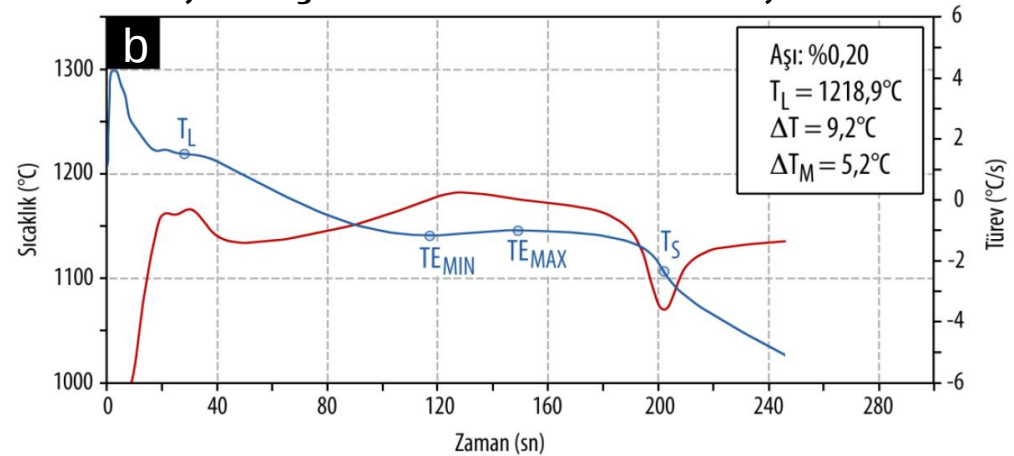
Durum çalışması: Termal analiz ile aşılama kontrolü

- Gri dökme demir:
 - %C: %3,26
 - %Si: %1,72
 - %P: %0,037
- Aşısız, %0,10 aşı, %0,20

Aşısız numune: CEL = 3,60



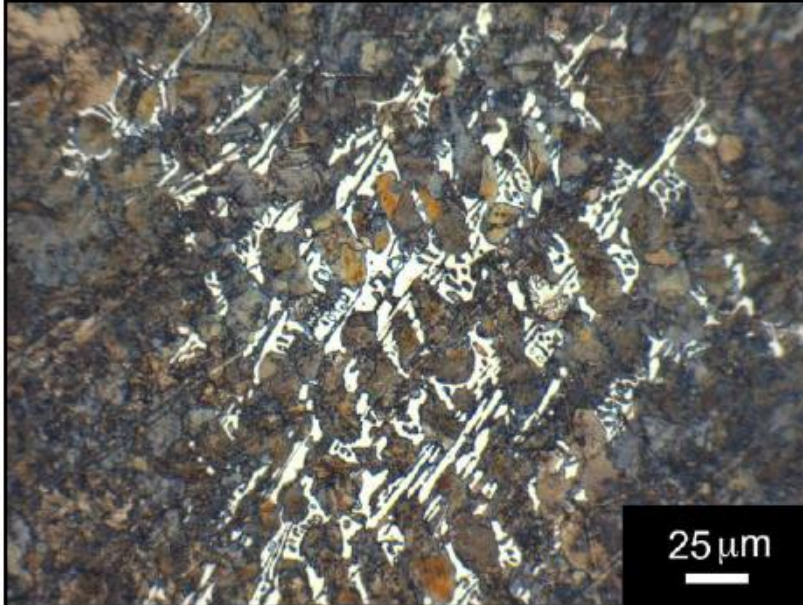
%0,20 aşılı numune: CEL = 3,60



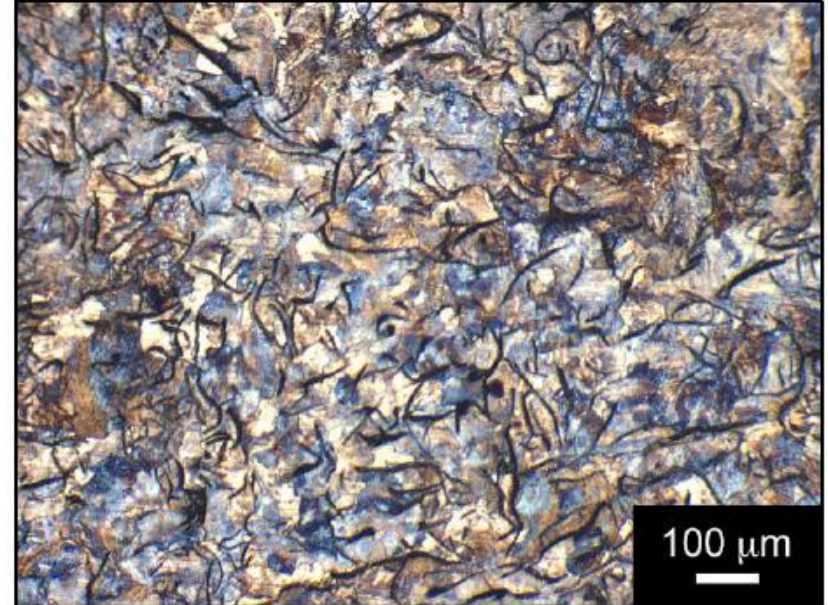
Aşılamayla birlikte:

- Aşırı soğuma (ΔT) azaldı
- Yeniden ısınma (ΔT_M) azaldı

Durum çalışması: Termal analiz ile aşılama kontrolü



Aşısız numunenin en ince ($t = 5 \text{ mm}$) kesitinde görülen masif sementit (beyaz) ve perlit fazları



%0,20 aşılı numunenin en kalın kesitinde ($t = 40 \text{ mm}$) gözlemlenen perlit matris ve A-tipi grafit

Sonuçlar

✓ **Kompozisyon kontrolü:**

Soğuma eğrileri kompozisyonun ocak başında hassas bir şekilde kontrol edilebilmesini sağlar.

✓ **Aşılama kontrolü:**

A-tipi grafit için eklenmesi gereken optimum aşı miktarı soğuma eğrileri yardımıyla belirlenebilir.

✓ **Çekinti riski:**

Çekinti oluşma riski, soğuma eğrileri yardımıyla döküm öncesinde tayin edilebilir.

Teşekkür

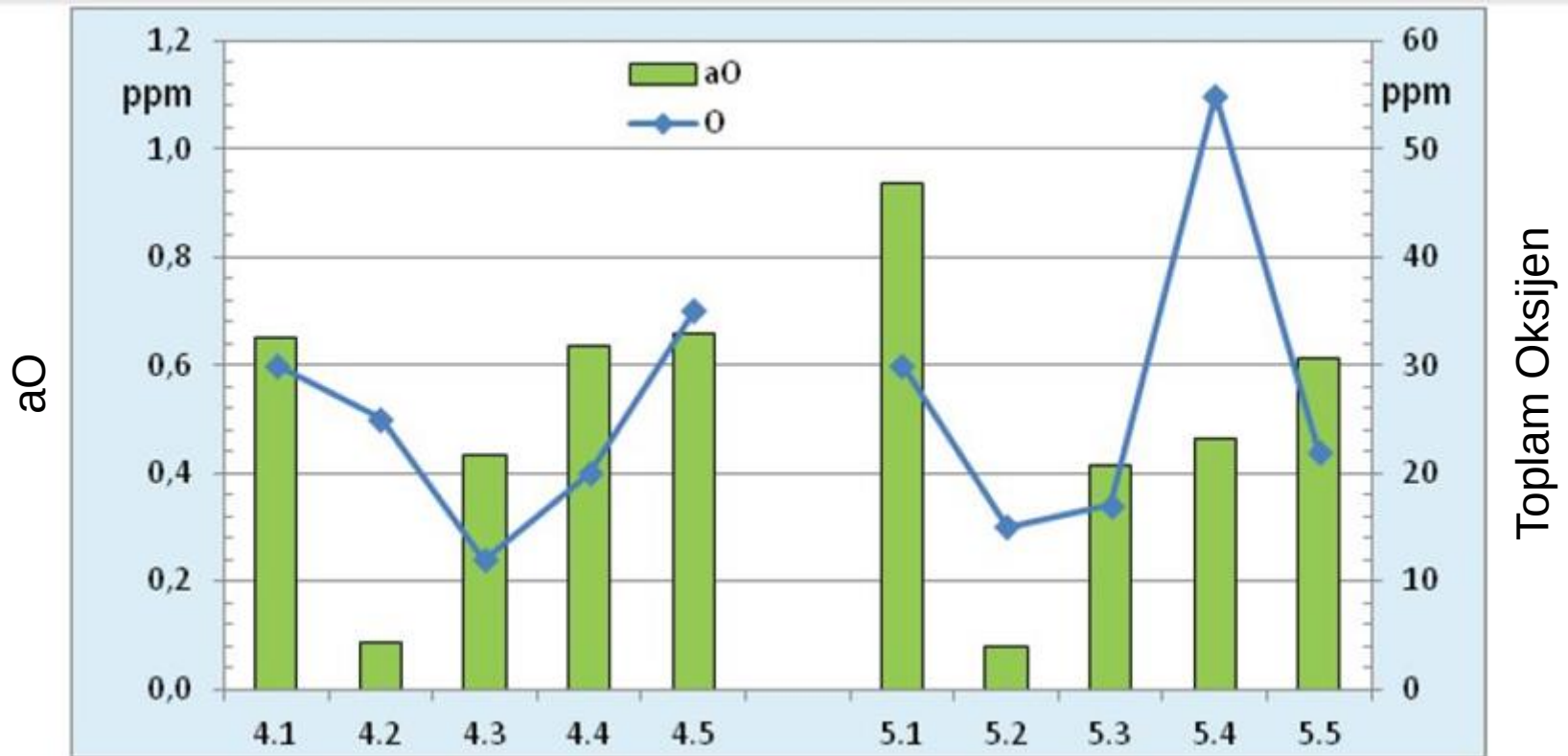
Bu çalışmada sunulan durum çalışmasının dökümleri
Ay Döküm'de gerçekleştirilmiştir.

Sayın Rıdvan Erdil ve Sayın Orhan Aral başta olmak üzere, çalışmada emeği
geçen tüm Ay Döküm çalışanlarına katkıları için teşekkür ederiz.



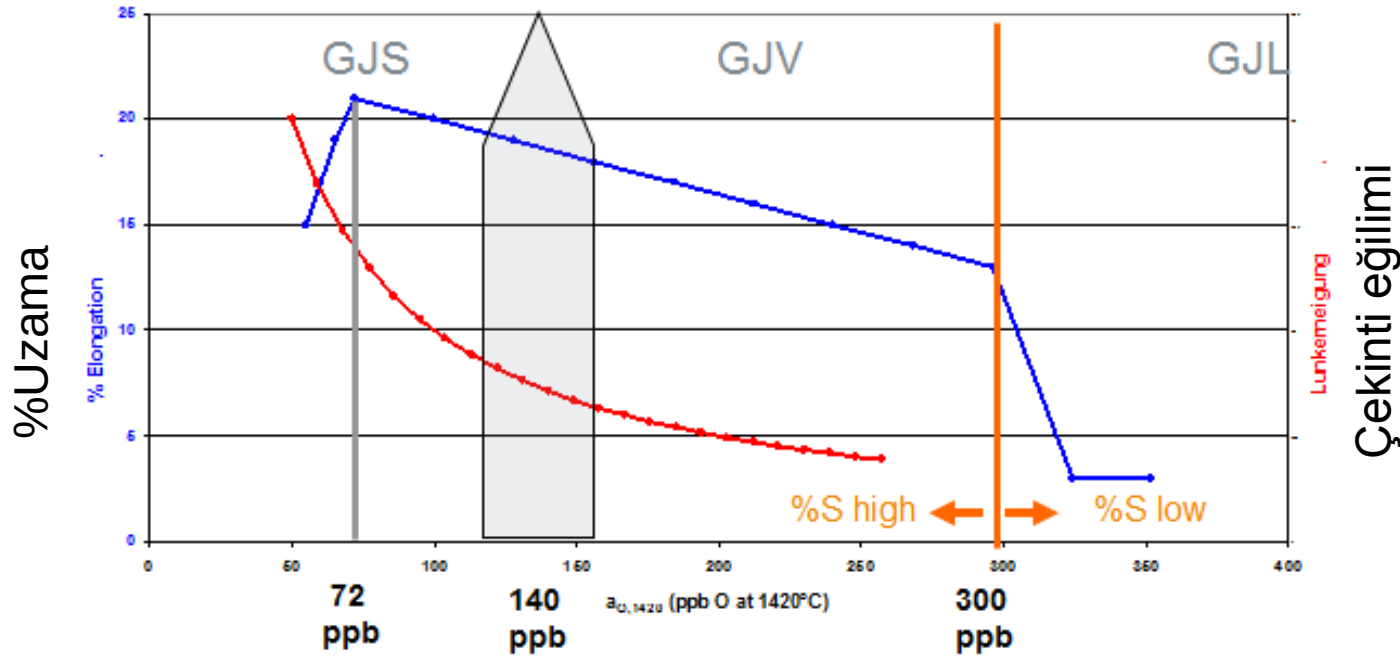
Teşekkürler

Oksijen aktivitesinin kontrolü



Mg tretmanı ve aşılama sonrası toplam oksijen (mavi çizgi) ve oksijen aktivesi (yeşil bloklar) değışimleri.

Oksijen aktivitesinin kontrolü



Küresel GDD için optimum aO = 72 ppb

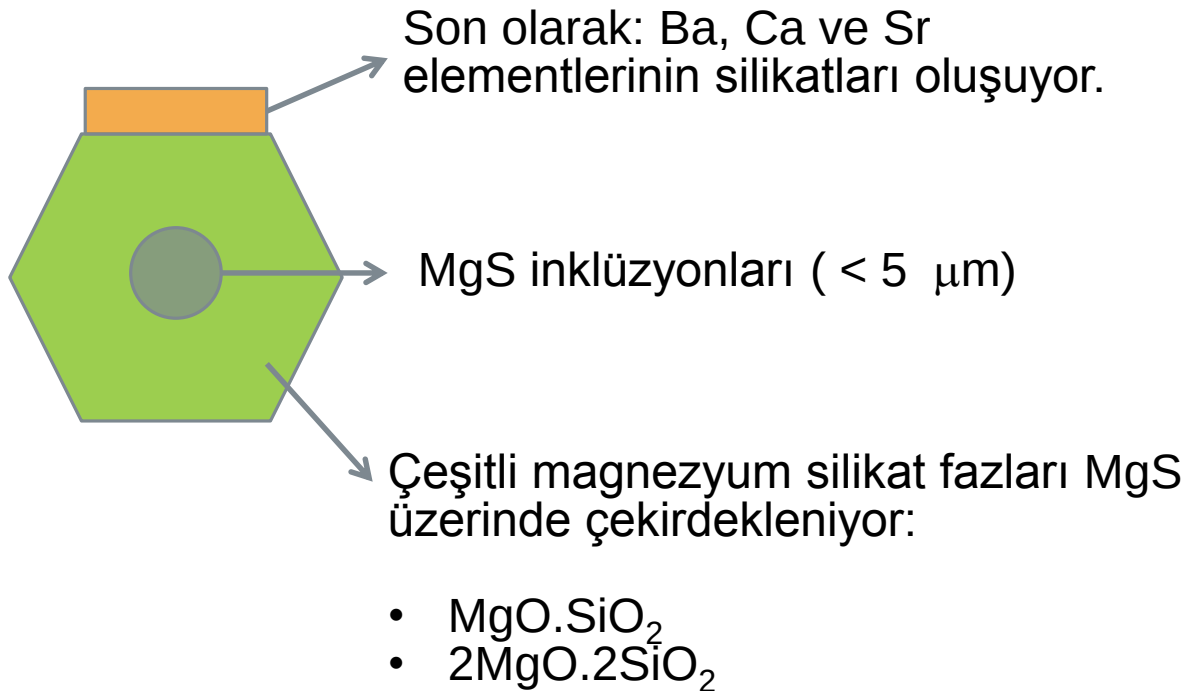
- 25 mm parça kalınlığı
- %0.3 aşı
- Temiz sıvı metal (Sorel)

Mg tretmanını etkileyen diğer parametreler

- Tretman sıcaklığı
- Tretman için kullanılan Mg miktarı
- Sıvıdaki kükürt miktarı

Küresel grafitin çekirdeklenme süreci

- Küresel grafitli dökme demirin çekirdeklenme süreci, gri dökme demire kıyasla bazı farklar içeriyor.



Magnezyum, Sülfür ve Oksijen dengesi

Magnezyum: Dökme demirdeki sülfür ve oksijeni temizliyor.

$Mg \text{ (final)} = \%0.04 - \%0.06$ (Tek başına %Mg anlamlı değil)

- Yüksek Mg: Sülfür ve oksijen azalır → Aşılamanın verimi düşük olur. Küre sayısı ↓.
Döküm parçada çok fazla inklüzyon ve dross bulunabilir.
Viskozite artacağı için çekinti görülebilir.
Çok yüksek Mg grafit şeklini bozabilir, küresellik ↓.
- Yetersiz Mg: Küreselleşme sağlanamaz.

Sülfür: Çekirdeklenme için gerekli, fazlası küreselleşmeyi bozuyor.

$\%S \text{ (baz metal)} = \%0.010 - 0.015$ optimum ($\%0.025$ üst limit)

$\%S \text{ (final)} = \%0.005 - 0.007$

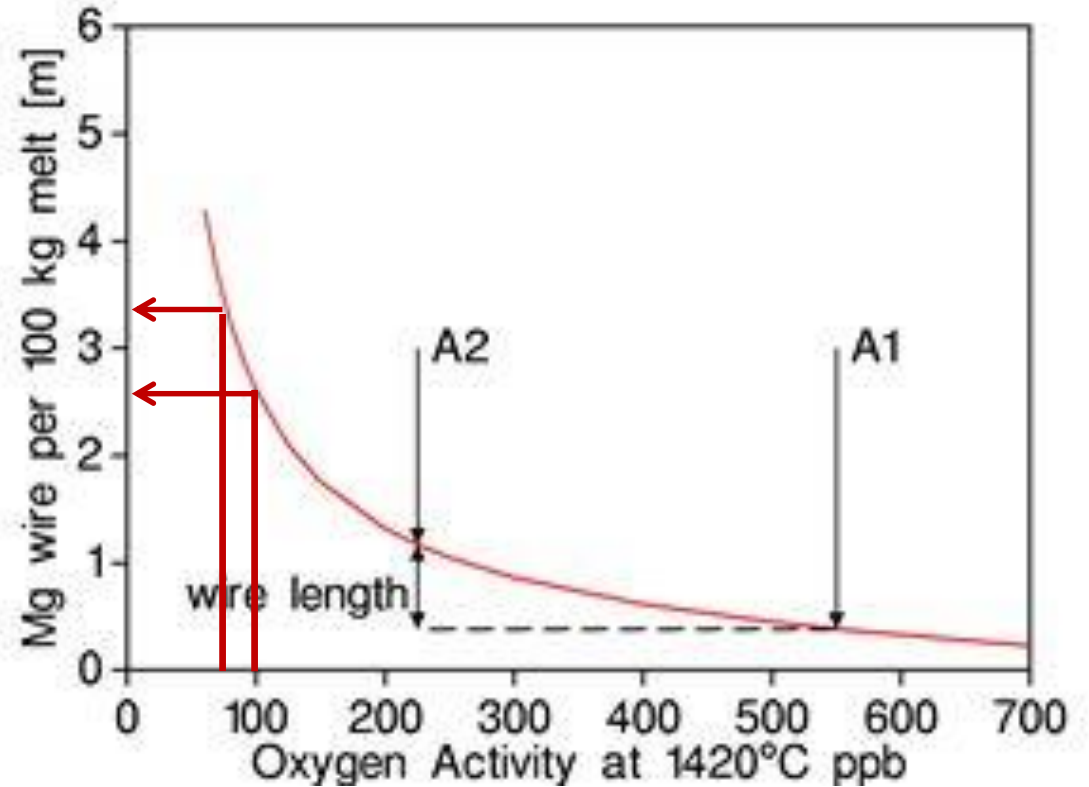
Oksijen: Çekirdeklenme için gerekli, fazlası küreselleşmeyi bozuyor.

$a_O = 0.072$ ppm (72 ppb: 25 mm kalınlık ve $\%0,3$ aş için)

Oksijeni gidermek için gereken Mg miktarı

3 Tonluk bir potada:

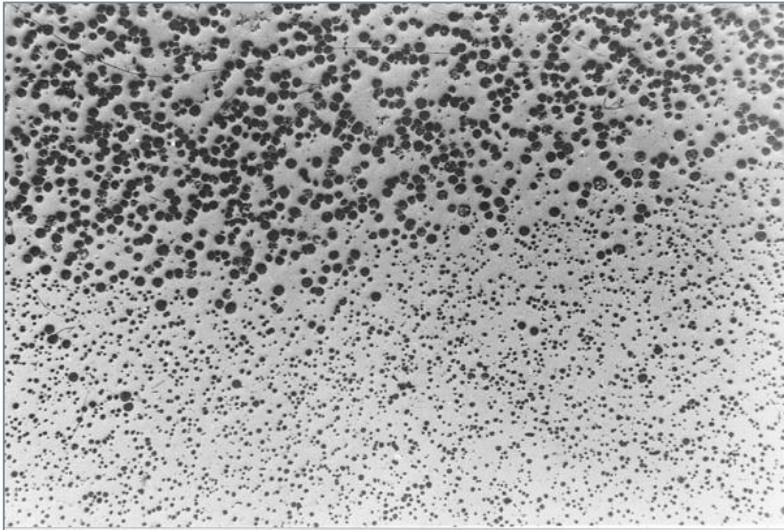
- **aO:** 100 → 80 ppb
(0.1 → 0.08 ppm)
- **Tel:** 80 → 100 metre
(20 metre fark)



**Veri: Halberg-Guss Saarbürcken
(Almanya)**

Karbon yüzmesi

- Ötektik üstü alaşımlarda, erken grafit çökmesi nedeniyle karbon yüzmesi sorunu ortaya çıkabilir.



- Grafitin yoğunluğu sıvı demirden düşük olduğu için yüzeye çıkma eğilimi taşır.
- Erken çekirdeklenen küreler büyümek için daha uzun bir süreye sahiptir. Bu nedenle mikroyapıda daha büyük yapıda oldukları gözlenir.

Nedenleri:

- Yüksek karbon eşdeğeri (CE)
- Yavaş soğuma
- Verimsiz aşılama
- Yüksek döküm sıcaklığı

Soğuma eğrisinin sağladığı veriler

- Aşılama yeterli mi? Karbür oluşma riski var mı?
- Çekinti oluşma riski var mı?
- Karbon yüzmesi oluşma riski var mı?
- Küresel grafitlerin boyut dağılımı nasıl?
- Karbon eşdeğeri istenen değerlerde mi?
- Mekanik özellikler istenen aralıklarda mı?

Kompozisyon kontrolü: Doygunluk derecesi (Sc)

Tıpkı karbon eşdeğeri gibi (CEV), dökme demirin kompozisyonunu değerlendirmek için kullanılan bir ifadedir.

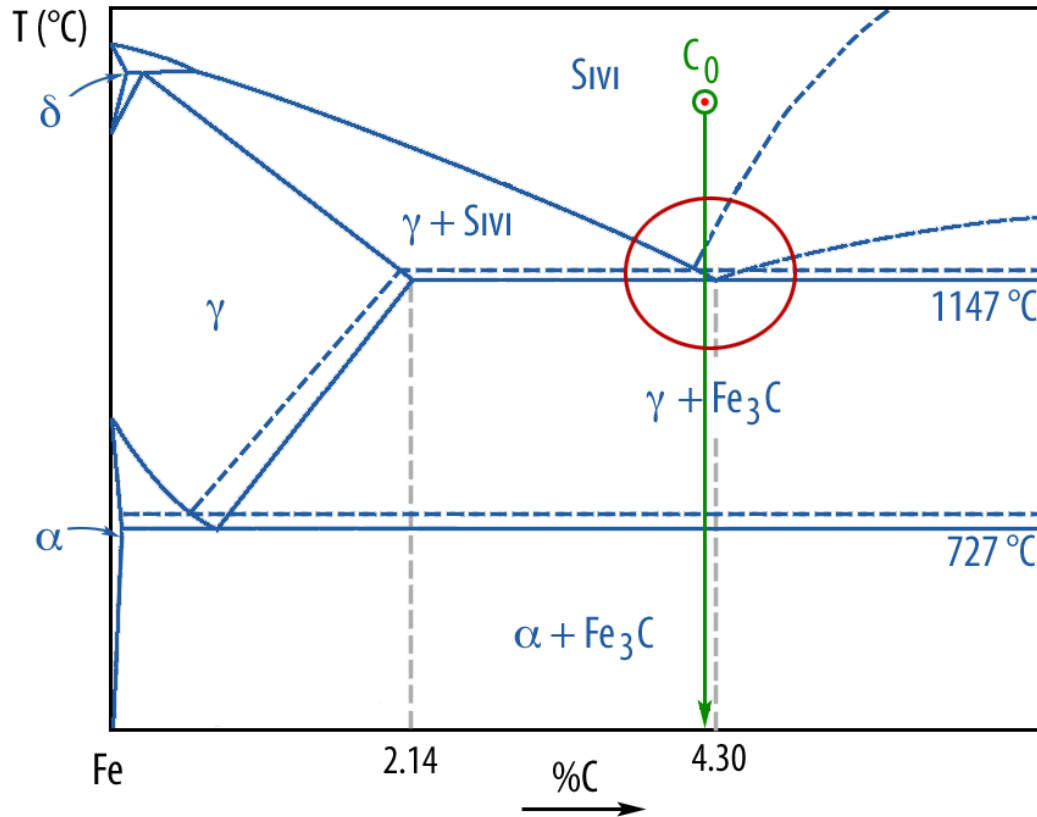
Eşitlikler:

$$Sc = \%C / (4,3 - (\%Si + \%P) / 3)$$

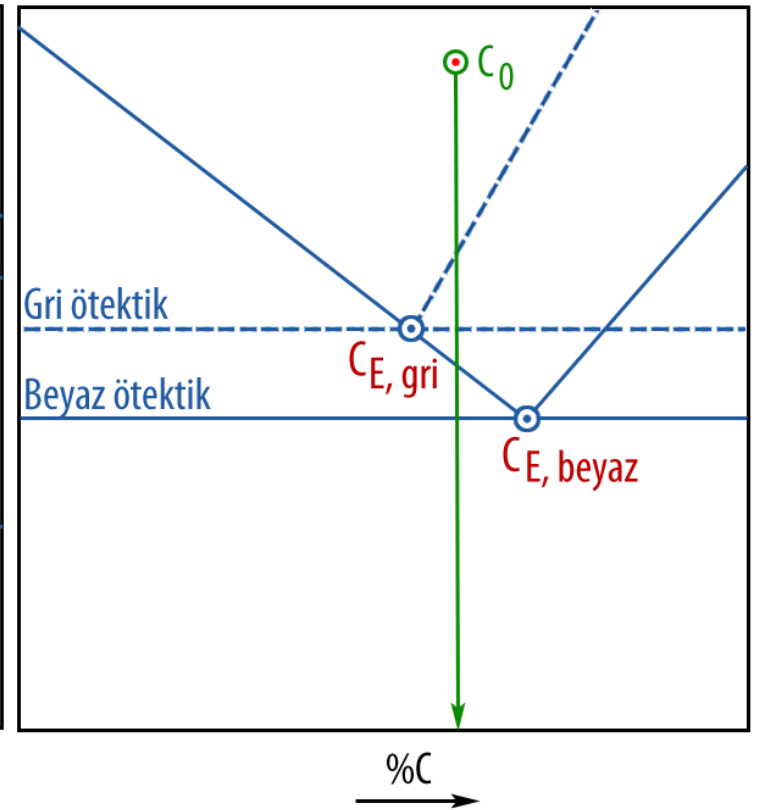
- Bu ifade, bir dökme demirin kompozisyonunun ötektik kompozisyondan ne kadar farklı olduğunu gösterir.
- $Sc < 1$: ötektik altı dökme demir
- $Sc = 1$: ötektik dökme demir
- $Sc > 1$: ötektik üstü dökme demir

CEL'in sınırları

Telleryumlu kap sayesinde, ötektiğe yakın kompozisyonlarda da CEL hesaplanabilir.



(a)



(b)