



Tüdöksad Akademi 2. Ulusal Döküm Kongresi / 2nd National Foundry Congress by Tudoksad Academy

«Alüminyum Alaşımlarında Yenilikçi Gaz Giderme ve Tane İnceltme Uygulamaları»

Melih Evirgen
(Foseco TR)

5.Oturum

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Ali Kalkanlı (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)



***Kongre Bildirileri Kitabına kayıt masasındaki karekodlar ve web sayfamız üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz!!**



Alüminyum Alaşımlarında Yeni Nesil Gaz Giderme Teknolojileri

30.11.2019 – 01.12.2019 / İzmir

2. Ulusal Döküm Kongresi

Melih Evirgen (Demir-Dışı Uygulama Mühendisi)

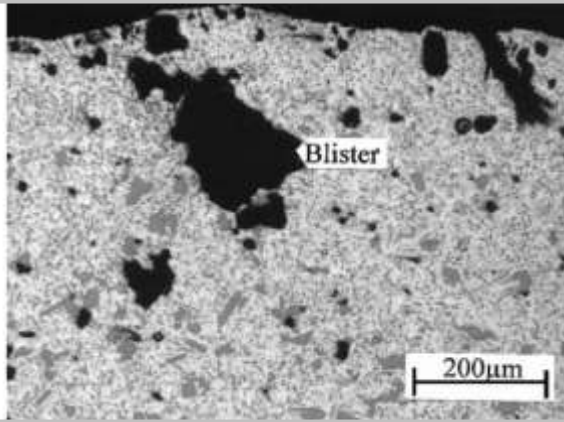
Ronny Simon (Avrupa Teknoloji Müdürü)



- Giriş
 - Hidrojen çözünürlüğü
 - Hidrojen çözünürlüğüne etki eden faktörler
 - Hidrojen giderme prensipleri
 - Oksit giderme prensipleri
- Gaz giderme simülasyonu
- Yeni Nesil Gaz Giderme
- Özet ve Genel Bakış

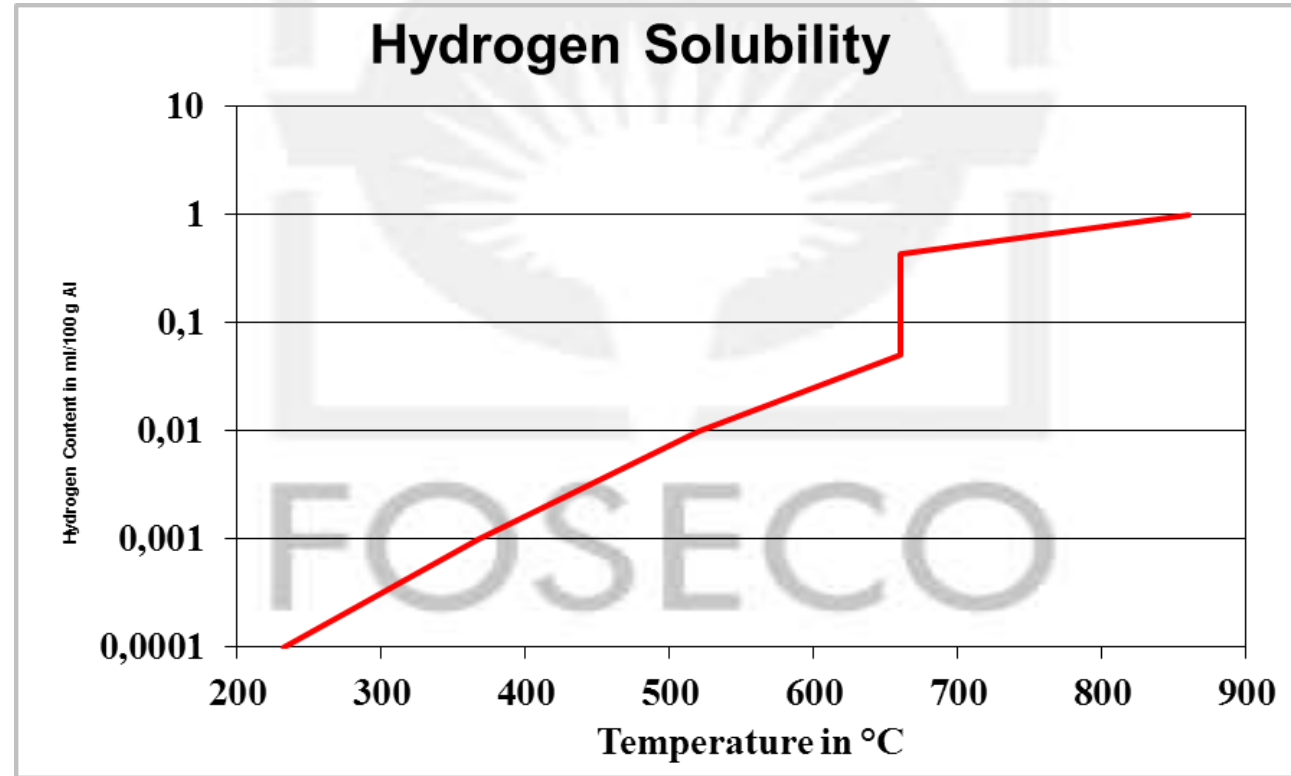
FOSECO

- Alüminyumda gaz porozitesi uzun yıllardır bilinen bir olgudur.
 - Kabul edilemez yüzey kalitesi
 - Isıl işlem sonrası yüzey pürüzlülüğü
 - Sızma problemi
 - Mekanik özelliklerinin azalması



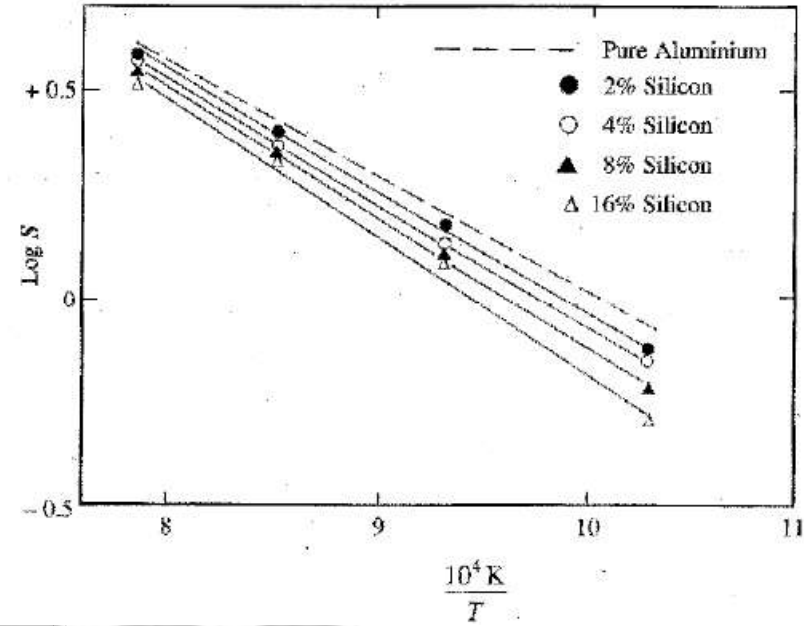
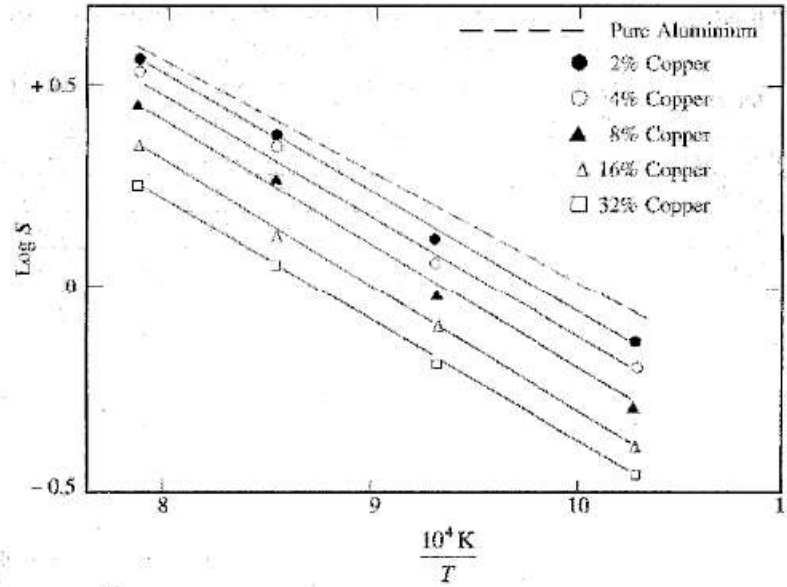
HİDROJEN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

- Alüminyumda hidrojen çözünürlüğü
 - Sıcaklık (sıvı – katı)



HİDROJEN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

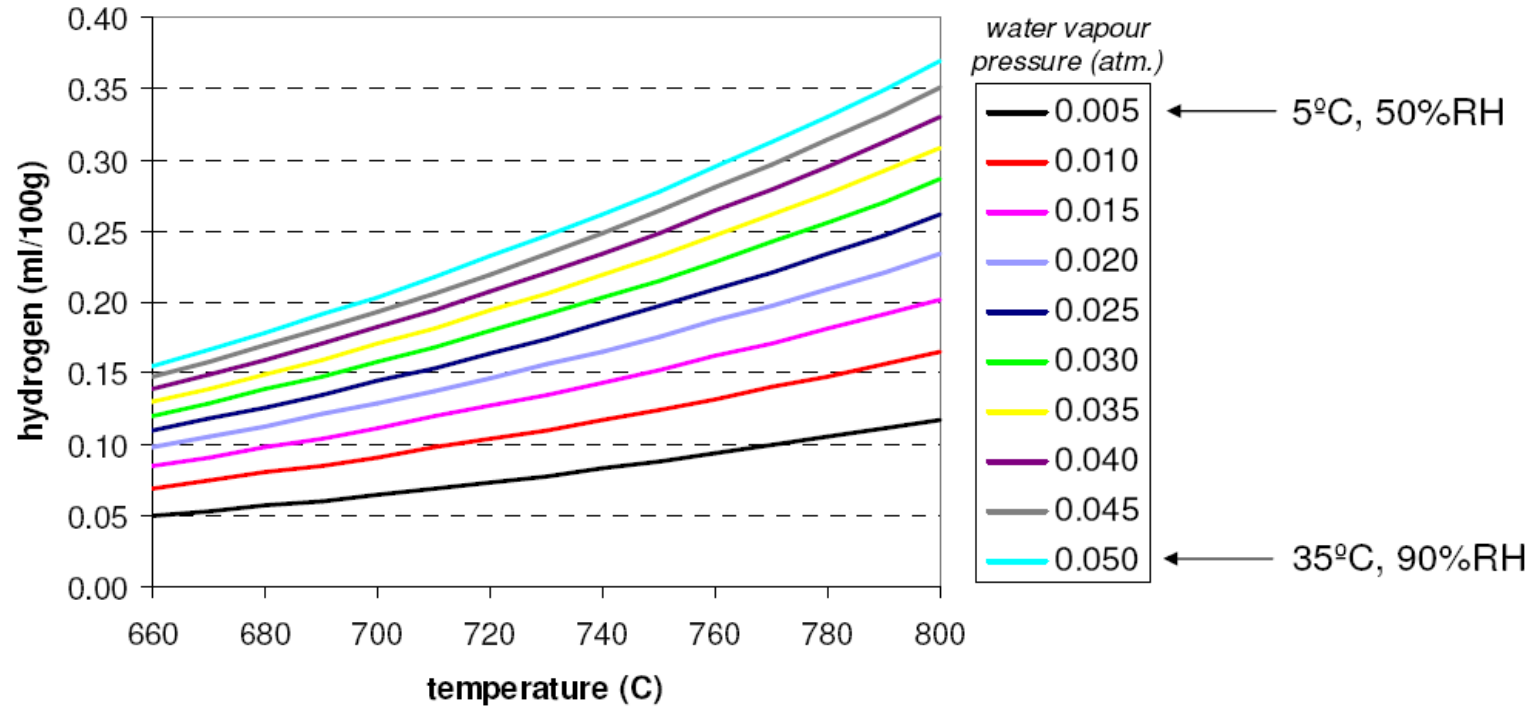
- Alüminyumda hidrojen çözünürlüğü
 - Sıcaklık (sıvı – katı)
 - Alaşım kompozisyonu



- Magnezyum Hidrojen çözünürlüğünü artırır.
- Bakır, Silikon, ve Çinko Hidrojen çözünürlüğünü azaltır.

HİDROJEN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

- Alüminyumda hidrojen çözünürlüğü
 - Sıcaklık (sıvı – katı)
 - Alaşım kompozisyonu
 - Ortam koşulları



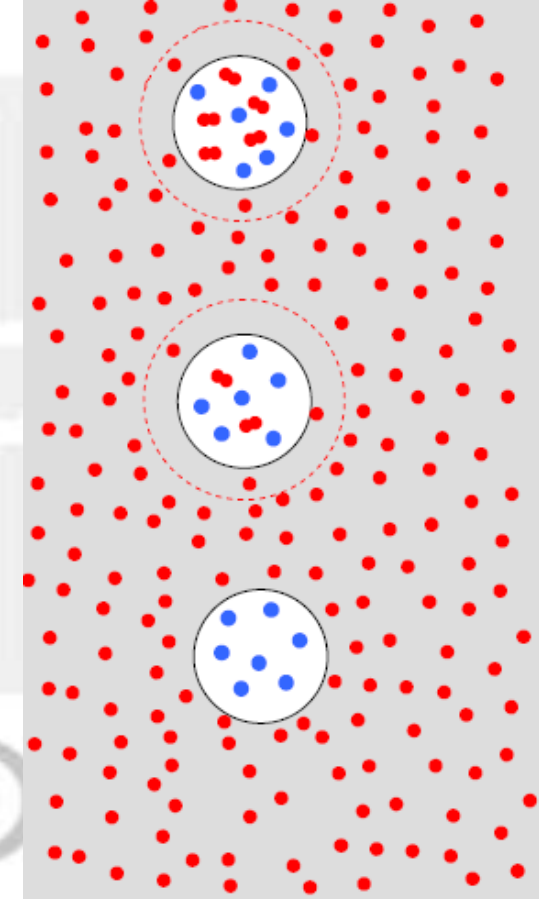
HİDROJEN GİDERME PRENSİPLERİ



Al_2O_3 ve H_2 tarafında eşitlik



- Kuru bir inert gaz kabarcığıyla başlar
- Arasında yerel bir denge kurmak :
 - Difüzyon tabakasında hidrojen konsantrasyonu
 - İnert gaz kabarcıklarındaki kısmi hidrojen basıncı
- Sınır tabaka üzerinde atomik H'nin yeniden kombinasyonu, Moleküler H_2 'nin inert gaz kabarcıklarına yayılması
- İnert gaz kabarcıklarındaki H_2 konsantrasyonu artar.

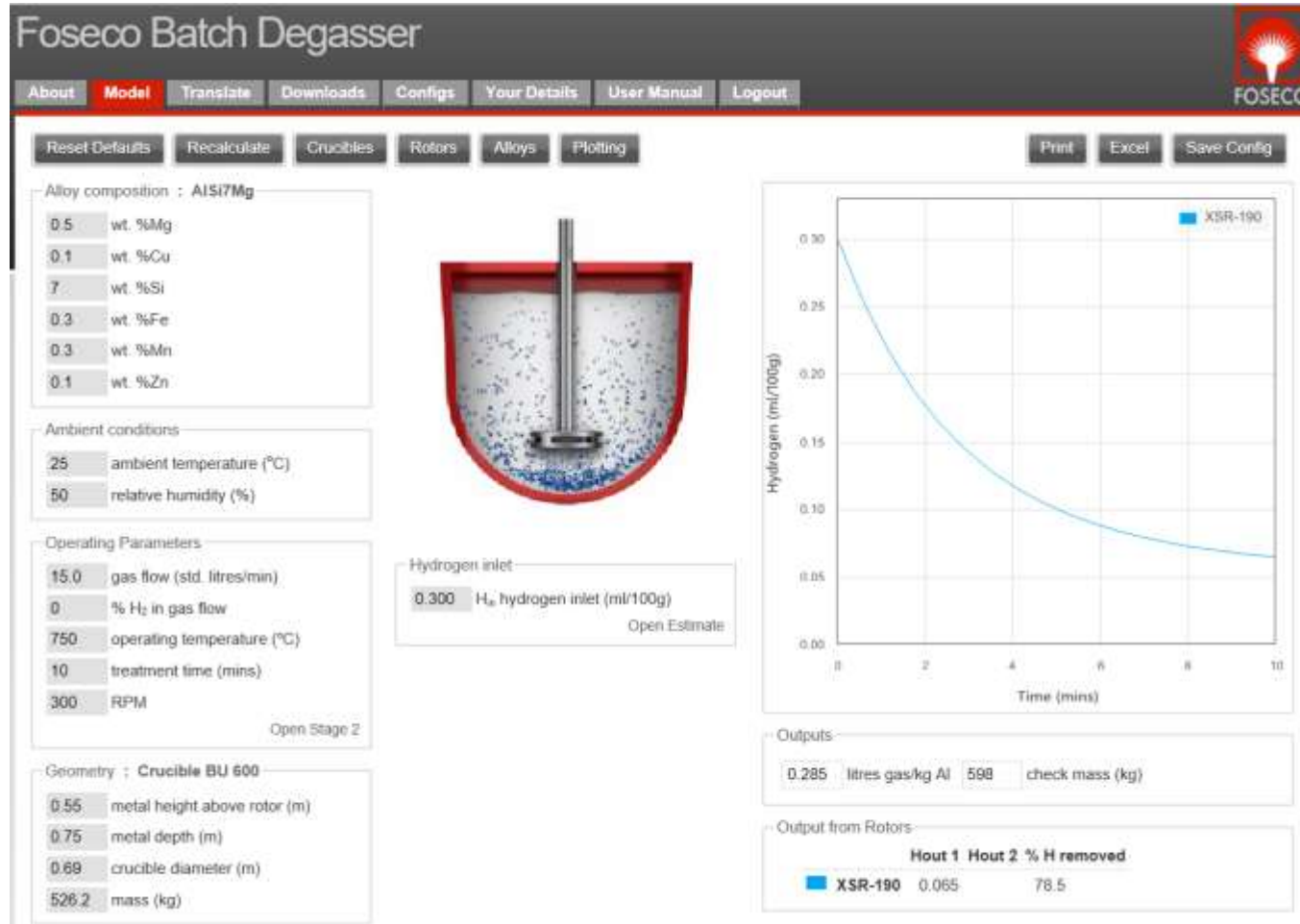


- H atom dissolved in melt
- H_2 molecule in inert gas bubble
- Inert gas
- --- Boundary layer of diffusion

- Giriş
- Gaz Giderme Simülasyonu
 - Fonksiyon ve Parametre tanımları
 - Gaz Giderme Simülasyon sonuçları
 - Farklı Parametrelerin karşılaştırılması
- Yeni Nesil Gaz Giderme
- Özet ve Genel Bakış

FOSECO

GAZ GİDERME SİMULASYONU



- Kapsamlı laboratuvar çalışmaları, Foseco'nun akıllı bir sistemin temelini oluşturabilecek bir matematiksel model geliştirmesini sağladı.

GAZ GİDERME SİMULASYONU – PARAMETRE AYARLAMASI

Foseco Batch Degasser

[About](#)[Model](#)[Translate](#)[Downloads](#)[Configs](#)[Your Details](#)[User Manual](#)[Logout](#)

[Reset Defaults](#)[Recalculate](#)[Crucibles](#)[Rotors](#)[Alloys](#)[Plotting](#)

Alloy composition : **AlSi7Mg**

0.5	wt. %Mg
0.1	wt. %Cu
7	wt. %Si
0.3	wt. %Fe
0.3	wt. %Mn
0.1	wt. %Zn

Ambient conditions

25	ambient temperature (°C)
50	relative humidity (%)

Operating Parameters

15.0	gas flow (std. litres/min)
0	% H ₂ in gas flow
750	operating temperature (°C)
10	treatment time (mins)
300	RPM

Open Stage 2

Geometry : **Crucible BU 600**

0.55	metal height above rotor (m)
0.75	metal depth (m)
0.69	crucible diameter (m)
526.2	mass (kg)



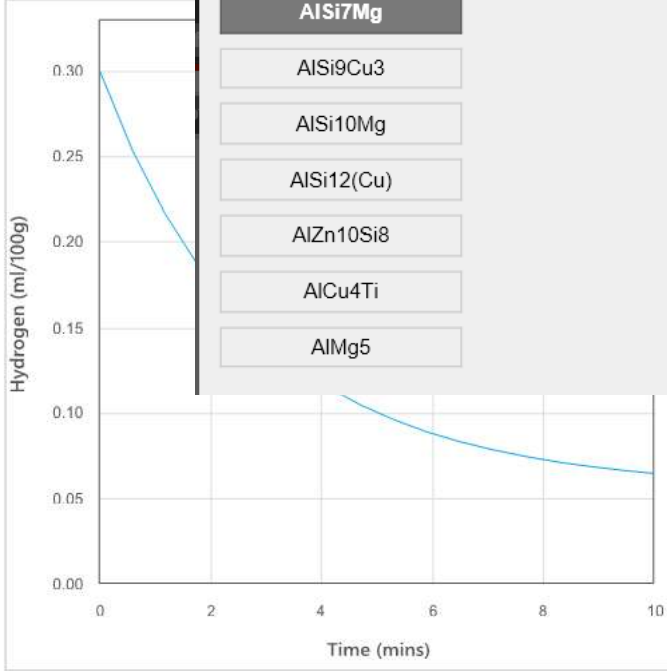
Hydrogen inlet

0.300	H _{in} hydrogen inlet (ml/100g)
-------	--

Open Estimate

Alloys

AlSi7Mg
AlSi9Cu3
AlSi10Mg
AlSi12(Cu)
AlZn10Si8
AlCu4Ti
AlMg5



Outputs

0.285	litres gas/kg Al	598	check mass (kg)
-------	------------------	-----	-----------------

Output from Rotors

	Hout 1	Hout 2	% H removed
XSR-190	0.065		78.5

GAZ GİDERME SİMULASYONU – PARAMETRE AYARLAMASI

Foseco Batch Degasser

[About](#)[Model](#)[Translate](#)[Downloads](#)[Configs](#)[Your Details](#)[User Manual](#)[Logout](#)

[Reset Defaults](#)[Recalculate](#)[Crucibles](#)[Rotors](#)[Alloys](#)[Plotting](#)[Print](#)[Excel](#)[Save Config](#)

Alloy composition : **AlSi7Mg**

0.5	wt. %Mg
0.1	wt. %Cu
7	wt. %Si
0.3	wt. %Fe
0.3	wt. %Mn
0.1	wt. %Zn

Ambient conditions

25	ambient temperature (°C)
50	relative humidity (%)

Operating Parameters

15.0	gas flow (std. litres/min)
0	% H ₂ in gas flow
750	operating temperature (°C)
10	treatment time (mins)
300	RPM

Open Stage 2

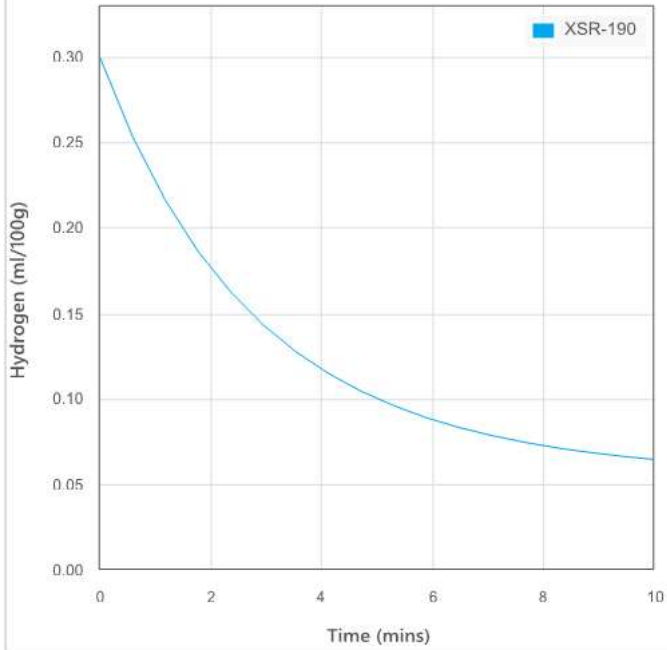
Geometry : **Crucible BU 600**

0.55	metal height above rotor (m)
0.75	metal depth (m)
0.69	crucible diameter (m)
526.2	mass (kg)



Hydrogen inlet

0.300	H _{in} hydrogen inlet (ml/100g)
Open Estimate	



Outputs

0.285	litres gas/kg Al	598	check mass (kg)
-------	------------------	-----	-----------------

Output from Rotors

	Hout 1	Hout 2	% H removed
XSR-190	0.065		78.5



12

GAZ GİDERME SİMULASYONU – PARAMETRE AYARLAMASI

Foseco Batch Degasser

[About](#)[Model](#)[Translate](#)[Downloads](#)[Configs](#)[Your Details](#)[User Manual](#)[Logout](#)

[Reset Defaults](#)[Recalculate](#)[Crucibles](#)[Rotors](#)[Alloys](#)[Plotting](#)

Alloy composition : **AISI7Mg**

0.5 wt. %Mg

0.1 wt. %Cu

7 wt. %Si

0.3 wt. %Fe

0.3 wt. %Mn

0.1 wt. %Zn

Ambient conditions

25 ambient temperature (°C)

50 relative humidity (%)

Operating Parameters

15.0 gas flow (std. litres/min)

0 % H₂ in gas flow

750 operating temperature (°C)

10 treatment time (mins)

300 RPM

Open Stage 2

Geometry : **Crucible BU 600**

0.55 metal height above rotor (m)

0.75 metal depth (m)

0.69 crucible diameter (m)

526.2 mass (kg)

Hydrogen inlet

0.300 H_{in} hydrogen inlet (ml/100g)

Open

Crucibles - Metric Units

Transfer Ladle ATL 100	Crucible BU 250
Transfer Ladle ATL 110	Crucible BU 300
Transfer Ladle ATL 140	Crucible BU 350
Transfer Ladle ATL 200	Crucible BU 400
Transfer Ladle ATL 201	Crucible BU 500
Transfer Ladle ATL 300	Crucible BU 600
Transfer Ladle ATL 400	Crucible BU 700
Transfer Ladle ATL 401	Crucible BU 800
Transfer Ladle ATL 500	Crucible BU 900
Transfer Ladle ATL 600	Crucible BU 1000
Transfer Ladle ATL 800	Crucible BU 1100
Transfer Ladle ATL 1000	Crucible BU 1200
Transfer Ladle ATL 1300	
Transfer Ladle ATL 1400	

Crucible BU 600

The recommended rotor diameter is **190 mm** and the recommended shaft length is **900 mm**

[Select Crucible](#)

Setting a crucible will set the appropriate crucible and melt geometries, but will not automatically change the diameter of the rotor.

Output from Rotors

	Hout 1	Hout 2	% H removed
XSR-190	0.065		78.5

GAZ GİDERME SİMULASYONU – PARAMETRE AYARLAMASI

Foseco Batch Degasser

[About](#)[Model](#)[Translate](#)[Downloads](#)[Configs](#)[Your Details](#)[User Manual](#)[Logout](#)

[Reset Defaults](#)[Recalculate](#)[Crucibles](#)[Rotors](#)[Alloys](#)[Plotting](#)[Print](#)[Excel](#)[Save Config](#)

List of Rotors

FDR

FDDR

SPR

TDR

XDR

XSR

☐ XSR-140

☐ XSR-175

☒ XSR-190

☐ XSR-220

☐ XSR-250



XSR

* XSR-190

Select Rotor

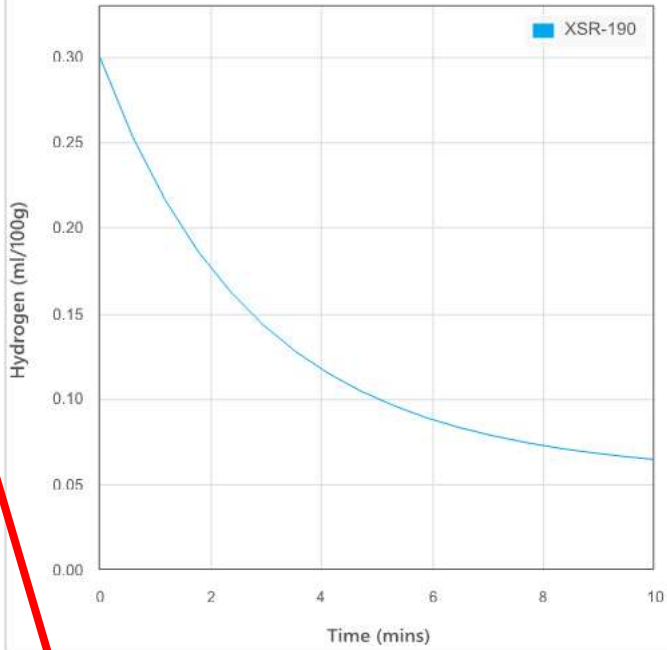
0.55 metal height above rotor (m)

0.75 metal depth (m)

0.69 crucible diameter (m)

526.2 mass (kg)

Hydrogen (ml/100g)



Time (mins)

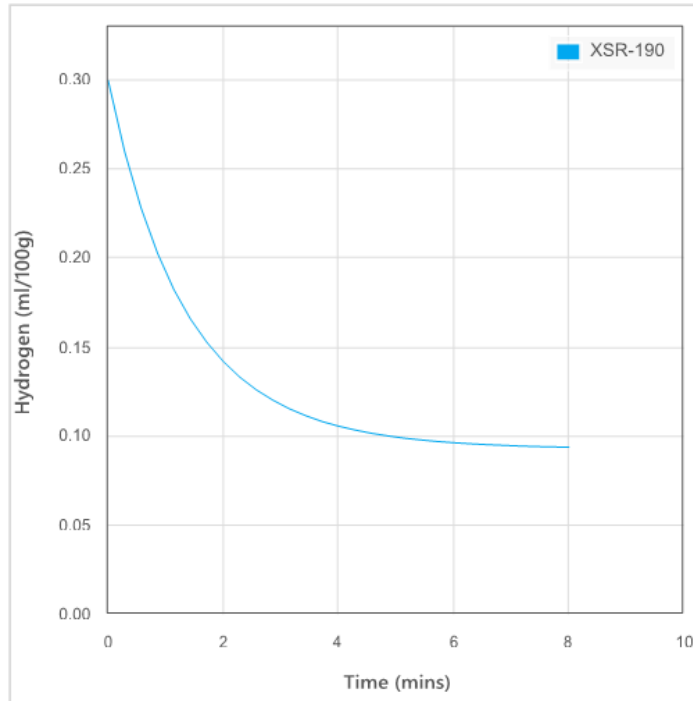
Outputs

0.285 litres gas/kg Al 598 check mass (kg)

Output from Rotors

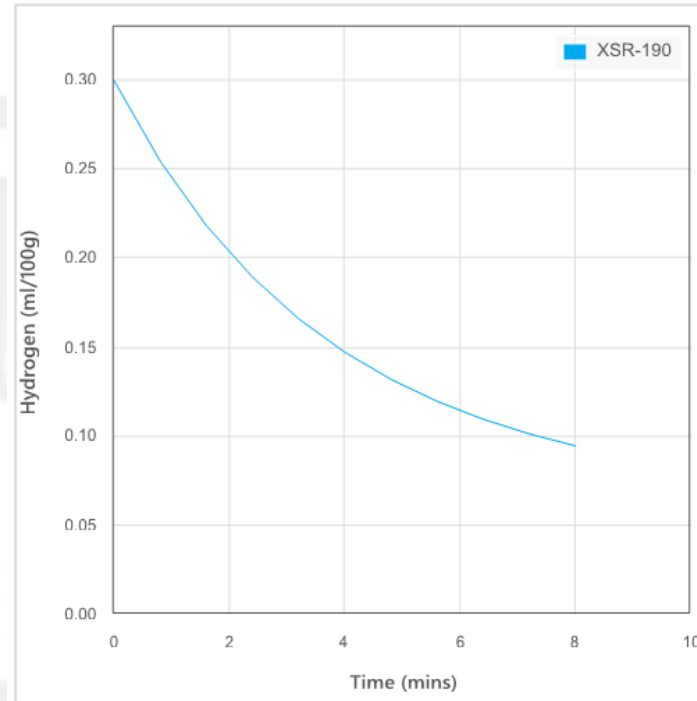
	Hout 1	Hout 2	% H removed
XSR-190	0.065		78.5

PARAMETRE KARŞILAŞTIRMA – DÜŞÜK ROTOR HIZI



Operating Parameters

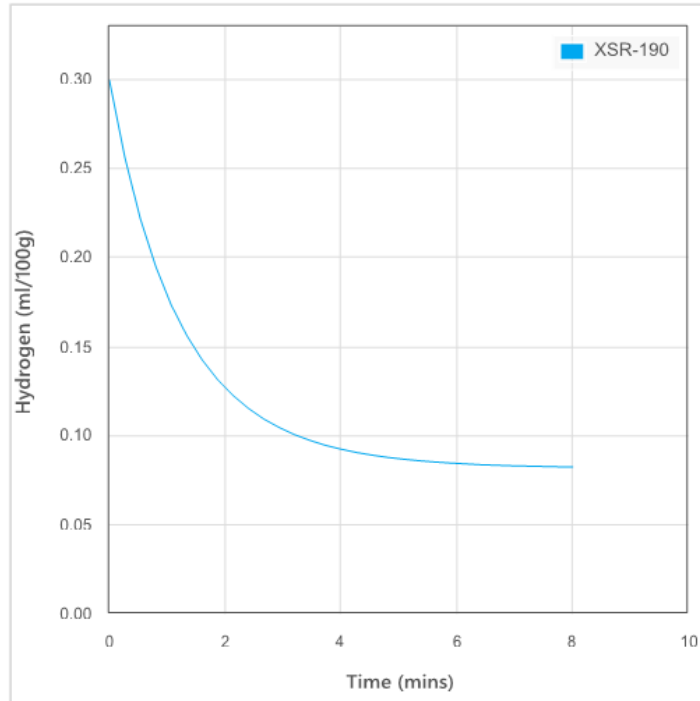
15 gas flow (std. litres/min)
0 % H₂ in gas flow
750 operating temperature (°C)
8 treatment time (mins)
450 RPM



Operating Parameters

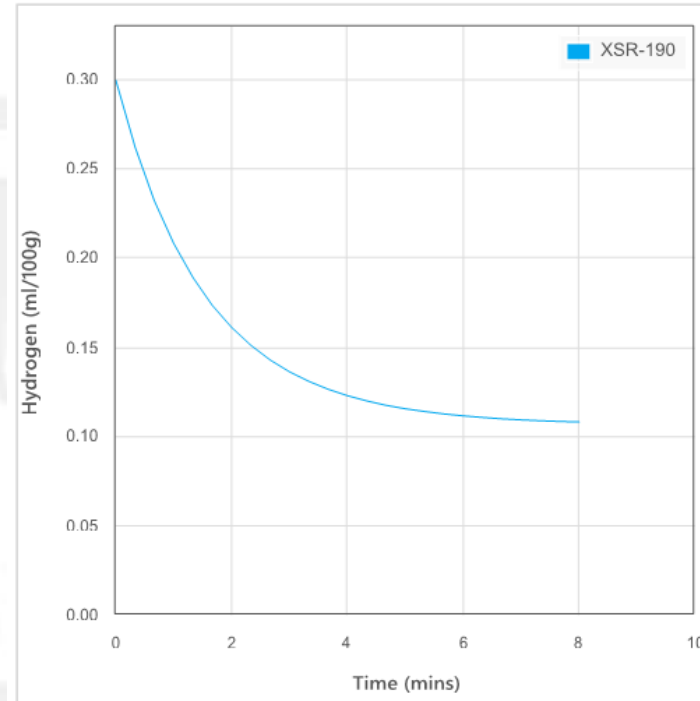
15 gas flow (std. litres/min)
0 % H₂ in gas flow
750 operating temperature (°C)
8 treatment time (mins)
200 RPM

PARAMETRE KARŞILAŞTIRMA – DÜŞÜK INERT GAZ AKIŞI



Operating Parameters

20 gas flow (std. litres/min)
0 % H₂ in gas flow
750 operating temperature (°C)
8 treatment time (mins)
450 RPM



Operating Parameters

10 gas flow (std. litres/min)
0 % H₂ in gas flow
750 operating temperature (°C)
8 treatment time (mins)
450 RPM

- Giriş
- Gaz Giderme Simülasyonu
- Yeni Nesil Gaz Giderme
 - SMARTT nedir?
 - SMARTT ana fonksiyonları
 - Örnekler ve Sonuçlar
- Özet ve Genel Bakış

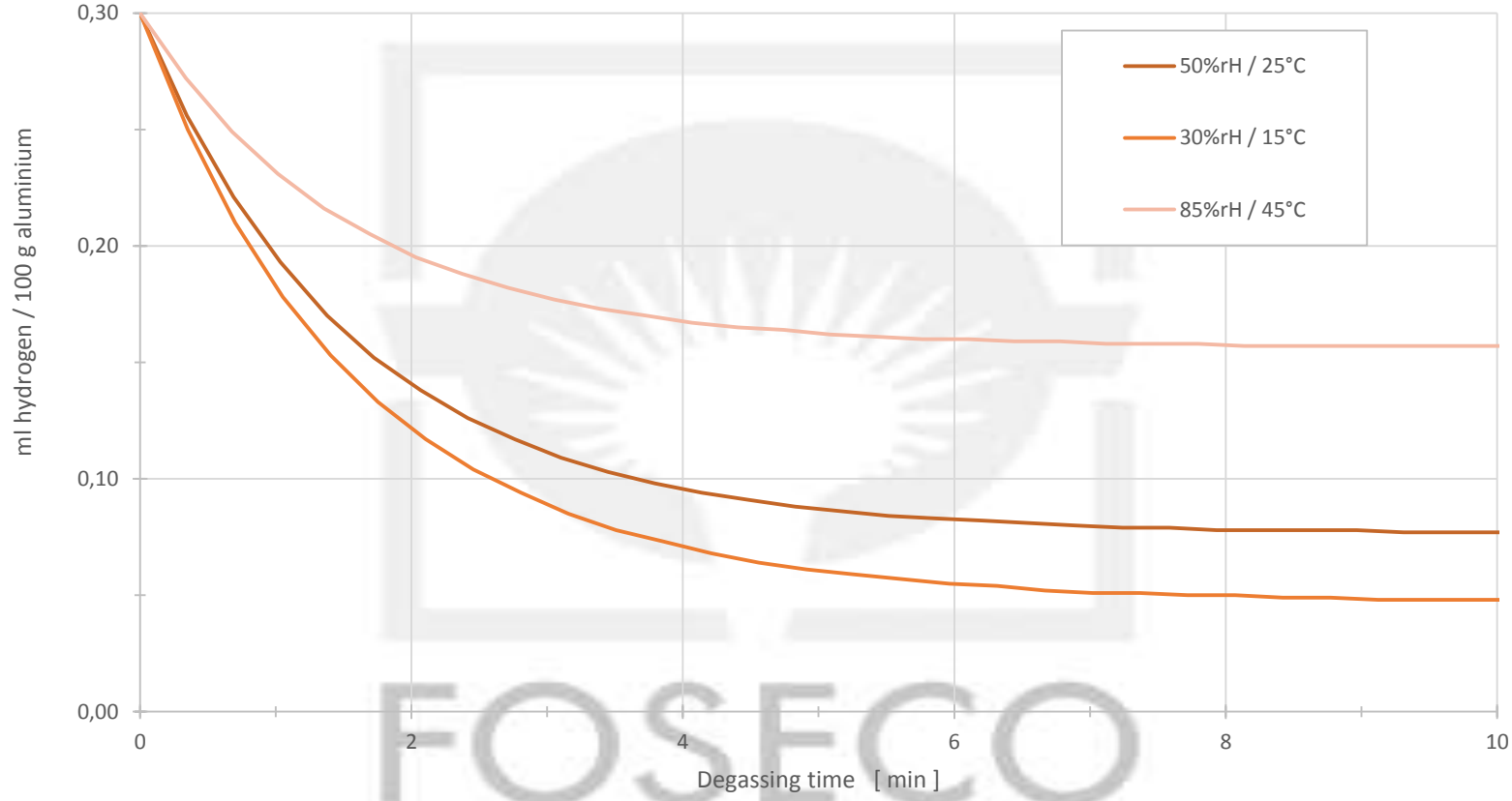


GAZ GİDERME PROSESLERİNDE MEVCUT DURUM



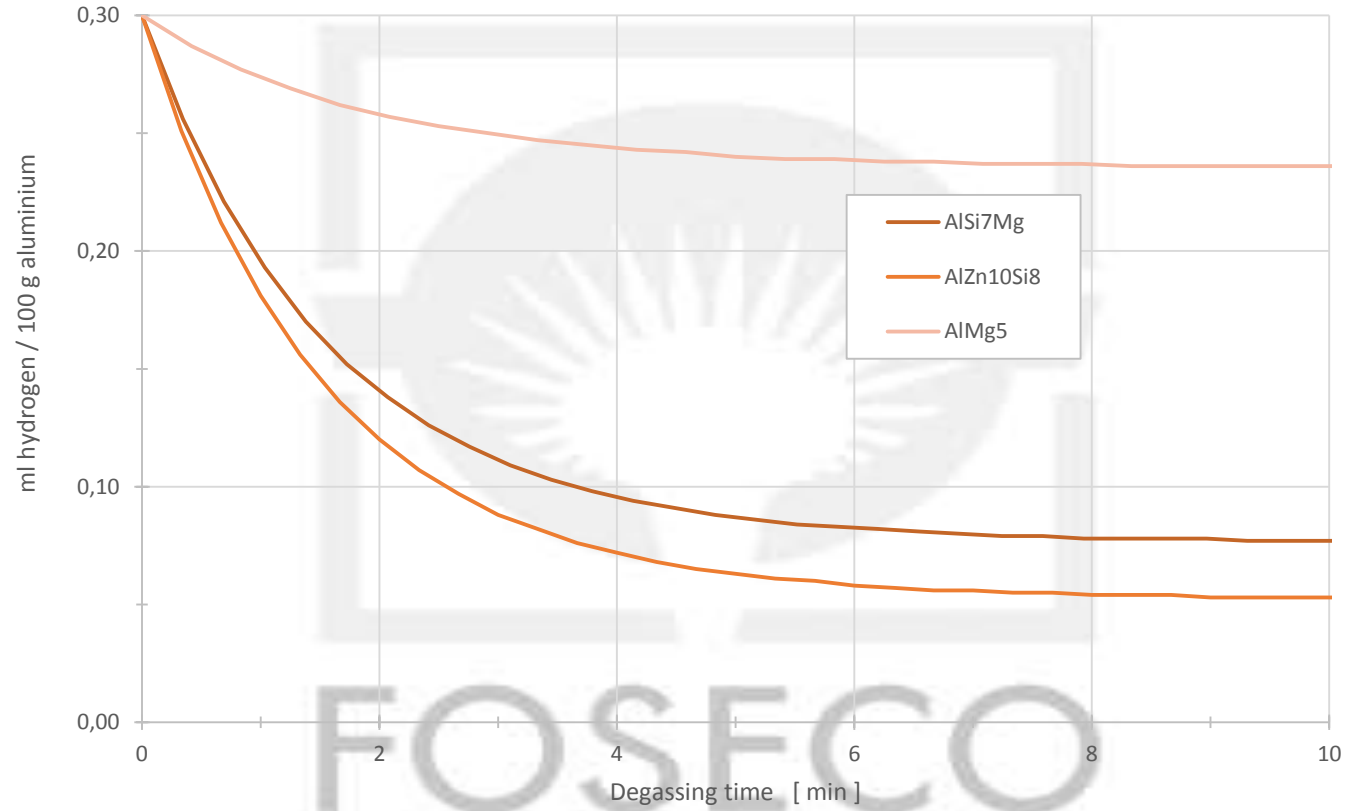
- Ortam koşulları ve tretman parametreleri arasında bağlantı yok.
- Sabit gaz giderme parametreleri değişkenliklerini kompanse edemiyor.
- Standart gaz giderme, üretimin «hurda» oranını yükseltiyor.

GAZ GİDERME PROSESLERİNDE ORTAM KOŞULLARI



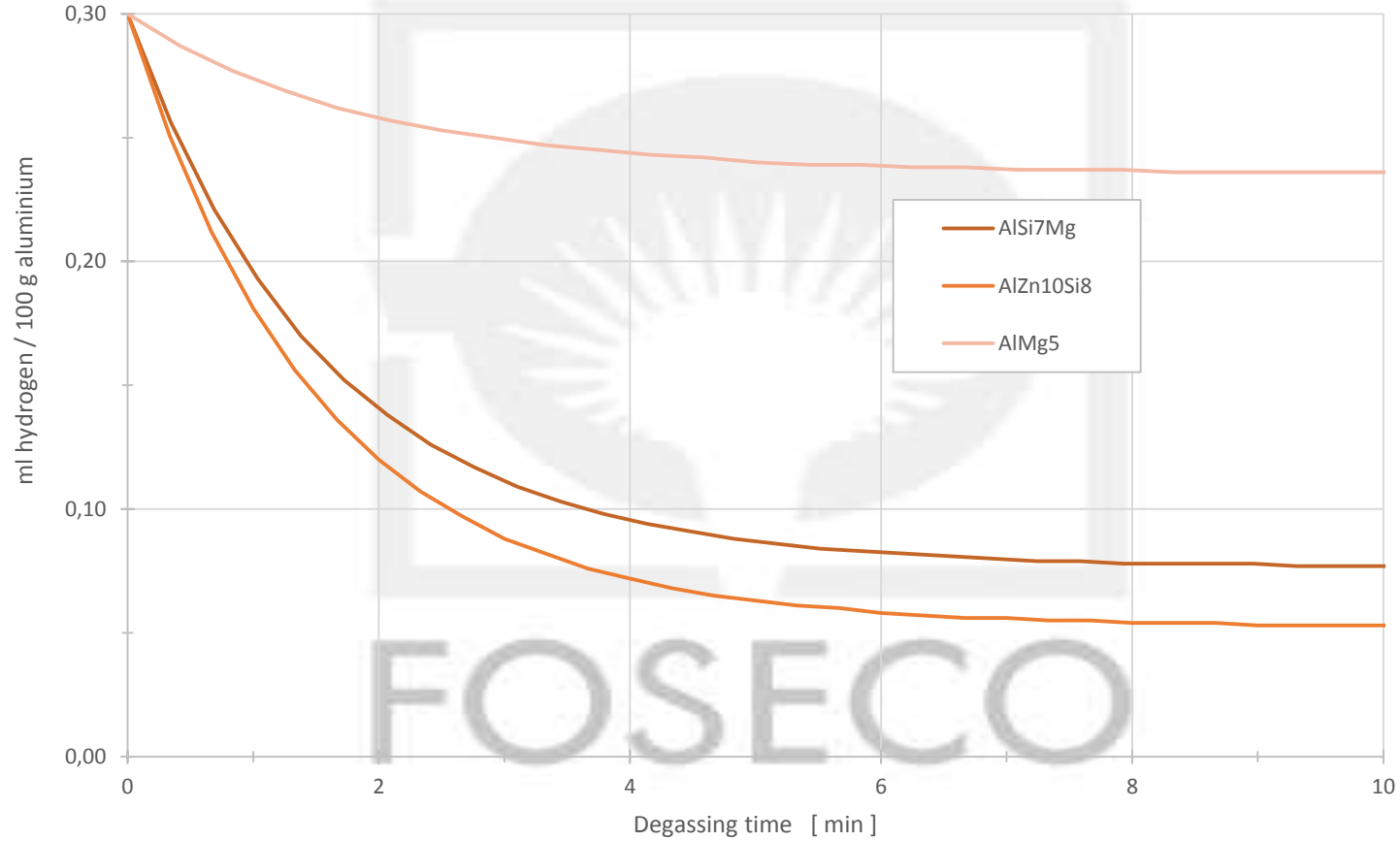
- Nem – ortam sıcaklığı değişkenliğine göre gaz giderme süreleri ve hidrojen çözünürlüğü grafiği

GAZ GİDERME PROSESLERİNDE ORTAM KOŞULLARI

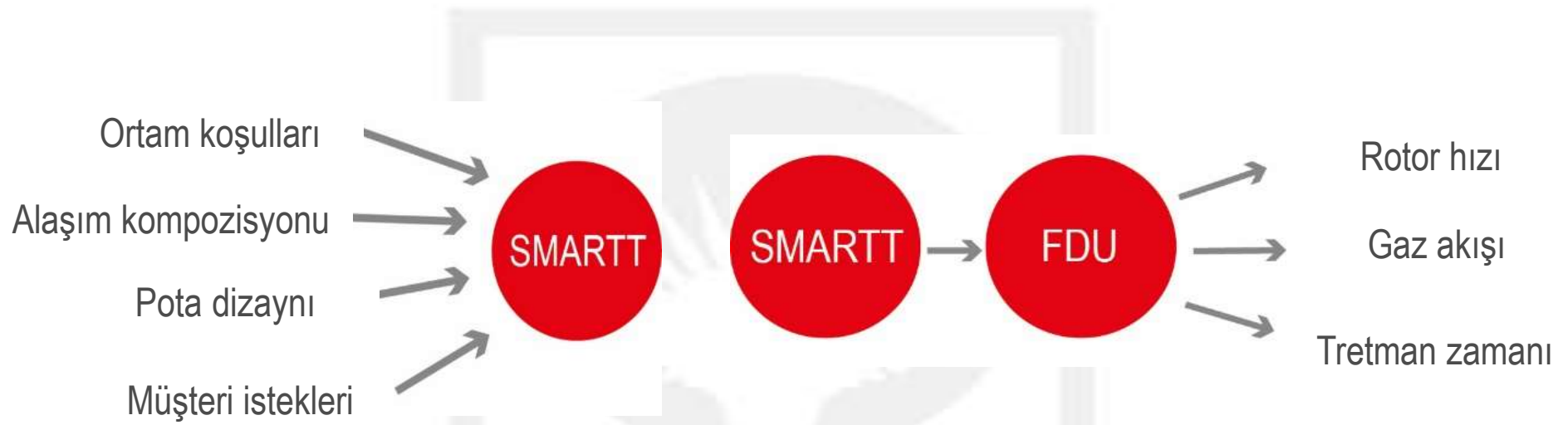


- Alaşım tipine göre gaz giderme süreleri ve hidrojen çözünürlüğü grafiği

GAZ GİDERME PROSESLERİNDE ORTAM KOŞULLARI



- Sıcaklık değişkenliğine göre gaz giderme süreleri ve hidrojen çözünürlüğü grafiği



- Ortam koşullarındaki değişkenlikler SMARTT tarafından optimize edilir.
 - Rotor hızı
 - Gaz akışı
 - Tretman zamanı

SMARTT FONKSİYONLARI



- Windows Panel-PC
- 17" dokunmatik ekran
- 20 programlı Operator menüsü
- Tam erişimli Administrator menüsü
- FOSECO kütüphanesindeki ilgili tüm teknik veriler
- Rapor oluşturma
- USB ve LAN arayüzü

SMARTT – FARKLI ORTAM KOŞULLARINDA GAZ GİDERME

- AlSi8Cu3
- BU 600
- 750 °C
- XSR 190
- 0,06 ml H₂/100g Al hedefi
- Minimum süre 240 s
- Maksimum süre 500 s
- Standart Optimizasyonu

20 °C / 25 % rH

Rotor Speed (RPM)	433		433
Gas Flow (std. l/m)	23		23
Process Time (s)	240		240

30 °C / 45 % rH

Rotor Speed (RPM)	455		455
Gas Flow (std. l/m)	28		28
Process Time (s)	240		240

40 °C / 65 % rH

Rotor Speed (RPM)	400		400
Gas Flow (std. l/m)	30		30
Process Time (s)	340		340

SMARTT – FARKLI ORTAM KOŞULLARINDA GAZ GİDERME

- AlSi8Cu3
- BU 600
- 750 °C
- XSR 190
- 0,06 ml H₂/100g Al hedef
- Minimum süre 300 s
- Maksimum süre 500 s
- 30 °C / 45 % rH

Düşük gaz

Rotor Speed (RPM)	500		500
Gas Flow (std. l/m)	21		21
Process Time (s)	300		300

Standart

Rotor Speed (RPM)	426		426
Gas Flow (std. l/m)	24		24
Process Time (s)	300		300

Uzun Ömür

Rotor Speed (RPM)	352		352
Gas Flow (std. l/m)	27		27
Process Time (s)	300		300

SMARTT – YENİ NESİL GAZ GİDERME



- Tüm verilerin akıllı bağlantısı
- Hidrojen oranına göre tretman hedefi
- Stabil sonuçlar
- Proses izlenebilirliği



Alüminyum Alaşımlarında Tane İnceltme pratiği ve teorileri

30.11.2019 – 01.12.2019 / İzmir

2. Ulusal Döküm Kongresi

Melih Evirgen (Demir-Dışı Uygulama Mühendisi)

Pascaline Careil (Avrupa Ürün Müdürü)

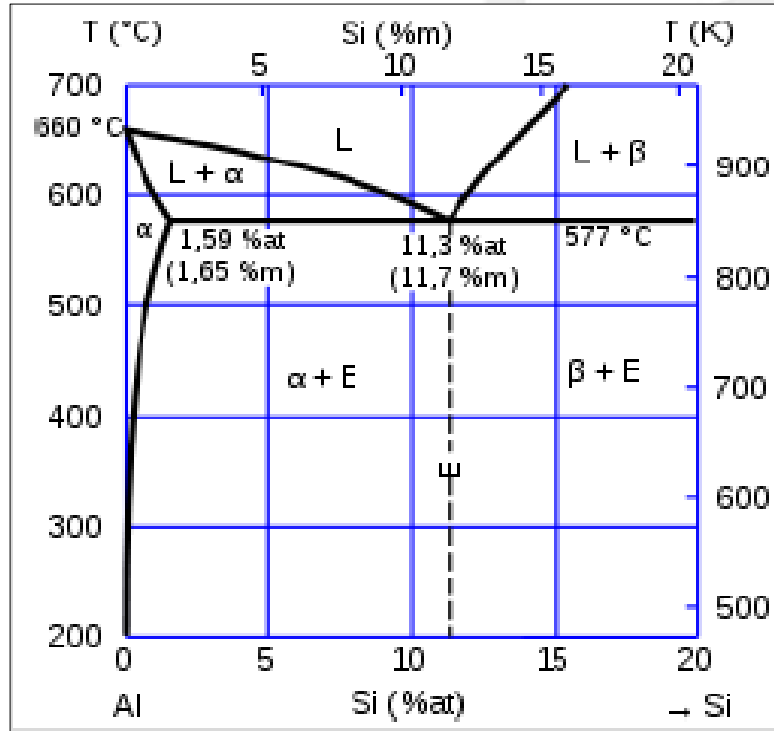
GÜNDEM

- Giriş
 - Alüminyum alaşımlarında tane inceltme mekanizması
 - Master alaşımlar ve Kimyasal ürünlerin karşılaştırılması
- Yeni Nesil Tane İnceltme
- Özet ve Genel Bakış

FOSECO

ALÜMİNYUM ALAŞIMLARINDA TANE İNCELTME MEKANİZMASI

- Metal ergitme tretmanlarının hedeflerinden biri de malzemelerin mekanik özelliklerini geliştirmektir.



- Al-Si Faz Diagramı

- Tane inceltmenin α -mixed crystals etkisi
- Metal Sıcaklığı azaldıkça, α -mixed crystals büyür.
- Tane boyutu – soğuma hızı ile ilişkilidir.
- Çekirdeklenme noktası arttıkça, katılaşma hızı artar ve tane boyutu küçülür.

- Tane inceltmede kullanılan master alaşımlar:
 - AlTi5B1, AlTi3B1, AlTi5B0,2, AlB3
 - TiB2 Al matris içinde preformed halde bulunur
 - Çubuklarda yer alan oksit ve impüriteler malzemenin mekanik özellikleri için risk teşkil eder.
- Kimyasal tane inceltme ürünleri:
 - Metalik Titanyum ve Boron tuzları
 - TiB2 sıvı eriyik içinde in-situ formed olarak bulunmaktadır. Yüksek yüzey enerjisi ve düşük kontak açısı (θ) vardır
 - İmpürite yoktur. Ayrıca oksit temizleme etkisi vardır.

ÇEKİRDEKLENME NOKTALARI KONTAK AÇILARI

Ceramic	Angle
TiB ₂	60°
ZrB ₂	106°
HfB ₂	134°
TaB ₂	125°
TiC	118°
ZrC	150°
SiC	135°
HfC	148°
NbC	136°
TaC	145°
TiN	135°
ZrN	167°
NbN	156°
AlN	138°

- Çekirdeklenme de iyi ıslatabilirlik özelliği önemlidir.

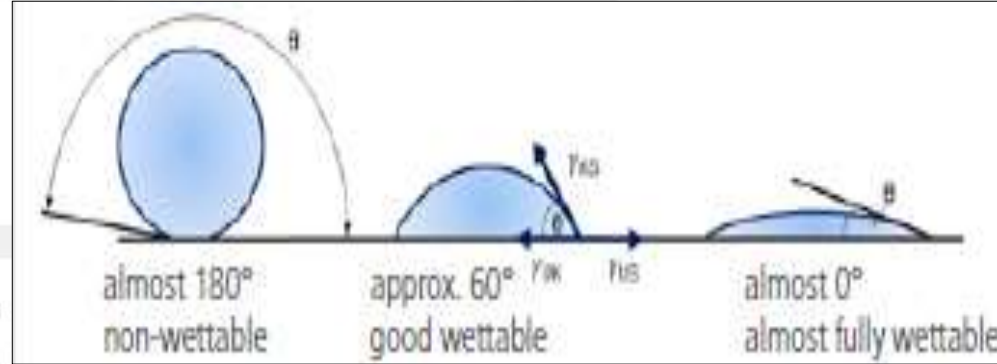


$$\sigma_{\alpha\beta} = \sigma_{\beta\gamma} + \sigma_{\alpha\beta} \cos(\theta)$$

$\sigma_{\alpha\beta}$ = melt surface energy

$\sigma_{\beta\gamma}$ = surface energy of nuclei

$\sigma_{\alpha\beta}$ = interface energy between nuclei and melt



- Farklı seramik malzemelerin kontak (θ) açıları
- Heterojen çekirdeklenme de ıslatma açısının fonksiyonelliği

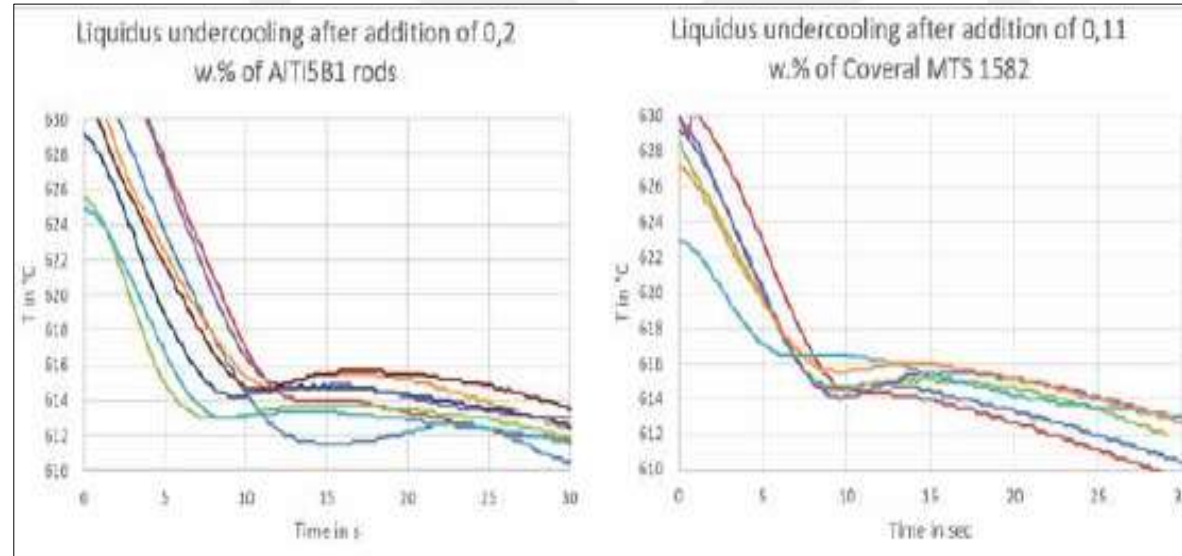
KİMYASAL ÜRÜNLER, TANE İNCELTMEDE NEDEN DAHA İYİDİR?

- Kimyasal ürünlerin daha iyi mekanik mukavemet sağladıkları ile ilgili başlıca unsurlar şunlardır:
 - Kimyasal ürünler ve master alaşımlar çekirdek kontak açılarını farklı şekilde etkiler.
 - $\theta - \text{TiB}_2$: 60° ideal çekirdeklenme açısıdır.
 - $\theta > \text{TiB}_2$ yüzey enerjisinin düşük olması nedeniyle master alaşımlar için oldukça yüksektir.
 - $\theta = \text{TiB}_2$ kimyasal ürünlerde – temizleme flaksı etkisine rağmen 60° ‘ ye yakındır.

FOSECO

TANE İNCELTME VERİMLİLİĞİNİN KONTROLÜ

- Tane inceltmenin verimliliğini değerlendirmek üzere yaygın olarak kullanılan yöntemler vardır. Bunlar:
 - Spektral element analizi
 - Termal Analiz
 - Mikroyapı değerlendirme
- Termal Analiz değerlendirmesinde liquidus eğrisine göre yorum yapılmaktadır.

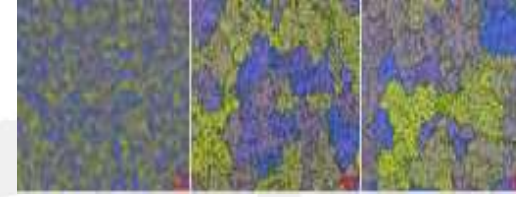


TANE İNCELTME VERİMLİLİĞİNİN KONTROLÜ

- Mikroyapı değerlendirmelerinin temelinde de Barker Test ile yapılan ölçümler vardır.
- Barker test; mikroyapı analizinde tane boyutlarının ölçümünü yapan test yöntemidir.



Tretman öncesi tane boyutu [μm] = 984

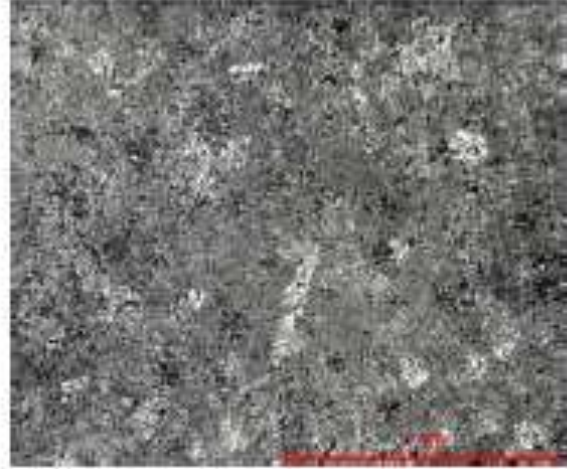


Tretman öncesi tane boyutu [μm] = 206



TiB rods – MTS 1582 karşılaştırması

Before
Grain = 3



After
Grain = 9



Döküm Koşulları:

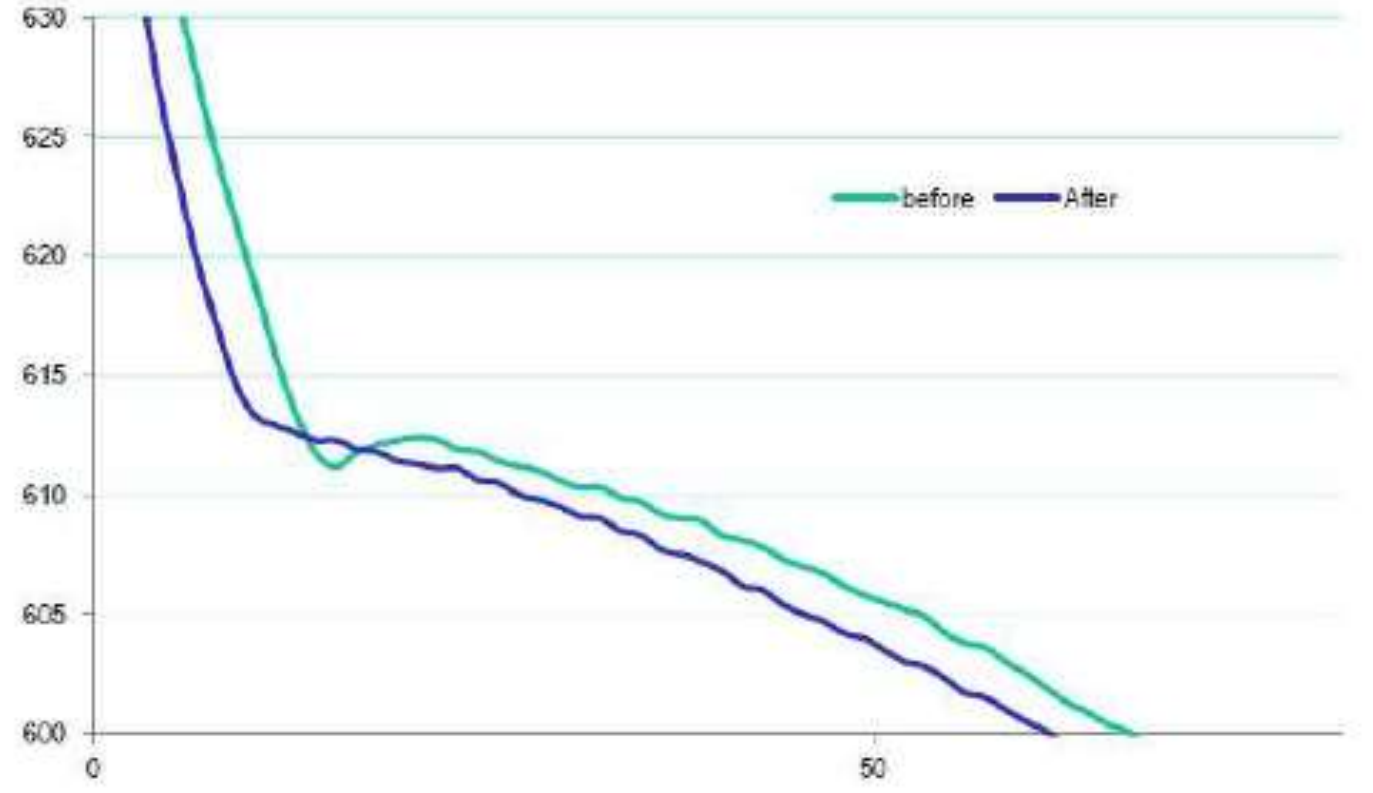
- AlSi7Mg0,3 (LM25-A356)
- Mevcut Ti: 0,11%
- Stronsiyum içeriği: 107 ppm
- Ocak kapasitesi: 750 kg
- İlave oranı COVERAL MTS 1582: 0,07% (550 gr)
- 30 sn vortex zamanı
- 3 dakika min MTS 1500 cycle

Sonuç:

Tane boyutu indeks – öncesi:3

Tane boyutu indeks – sonrası:9

ÖRNEK ÇALIŞMA



Termal Analiz değ erlendirmesi  ncesi/Sonrası

ÇEVRESEL BOYUT

- Mevcut kullanılan cüruf temizleme flaksı ve TiB çubuklar kaldırılarak yerine tek bir ürün kullanılır.



ÖZET – GENEL BAKIŞ

- Ortam koşullarındaki değişkenliklerin kompanse edilmesi konusunda SMARTT oldukça etkili bir teknolojidir.
- Gaz gidermenin bir çıktısı olan yoğunluk ve yoğunluk indeksi ölçüm sonuçları daha stabil çıkmaktadır.
- Tane inceltme malzemenin mekanik özelliklerini iyileştirmede etkilidir.
- TiB2 en uygun çekirdeklenme noktası yaratmaktadır.
- Kimyasal tane inceltmenin malzeme için de in-situ formunda olması verimliliği artırır
- COVERAL MTS 1582 TiB2 ilavesinde en etkin yoldur.
- Bir çok jant üreticisi bunu tercih etmektedir.
- Ayrıca TiB2 ilavesinin operatörden bağımsız yapılması, stabil proses ve sarf malzeme tüketimi açısından oldukça etkilidir.
- Temizleme flaksı ve TiB çubuk yerine tek ürün kullanılmakta. Kuru cüruf elde edilmektedir.