



19-21 September / Eylül 2024

Istanbul Expo Center, **Istanbul - Türkiye**

12. Uluslararası Döküm Kongresi
12th International Foundry Congress



tüdöksad
akademi

«Yüksek Manganlı Östenitik Çeliklerin Korozyon Davranışına Farklı Isıl İşlem Prosedürlerinin Etkisinin İncelenmesi»

«Investigation of the Effect of Different Heat Treatment Procedures on the Corrosion Behavior of High Manganese Austenitic Steels»

Doç. Dr. Uğur Gürol & Engin Kocaman
(Foseco & Zonguldak Üniversitesi)

7.Oturum / 7th Session

Oturum Başkanı / Session Chairman: Erkin KOÇ
(Ay Döküm)



tüdöksad
akademi

Çalışmanın Kapsamı

Literatür Bilgisi

Deneysel Çalışmalar

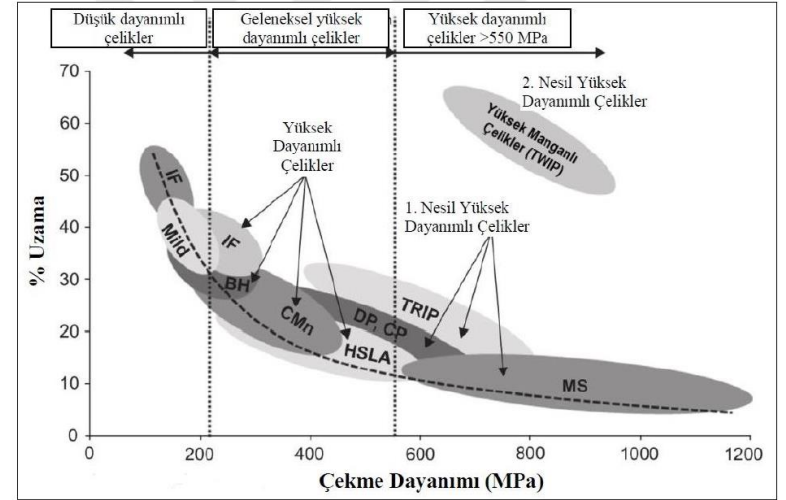
Bulguların Tartışılması

Sonuçların Değerlendirmesi

Yüksek Manganlı Çelikler

Yüksek aşınma ve darbe dayanımı gerektiren uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

- Sir Robert Hadfield tarafından geliştirildi(1882).
- Çoğunlukla $Mn \geq \%12$ ve $Mn/C \% \geq 10$
- Yüksek aşınma direnci ve yüksek mukamevemet
- Darbe veya soğuk işleme sertleşebilme;
fakat çekirdek kısmın sünekliğini koruması



Şekil 1: Farklı çelik kalitelerinin mukavemet ve uzama değerlerinin kıyaslanması

[REF]: Uğur Gürol , Doktora Tezi

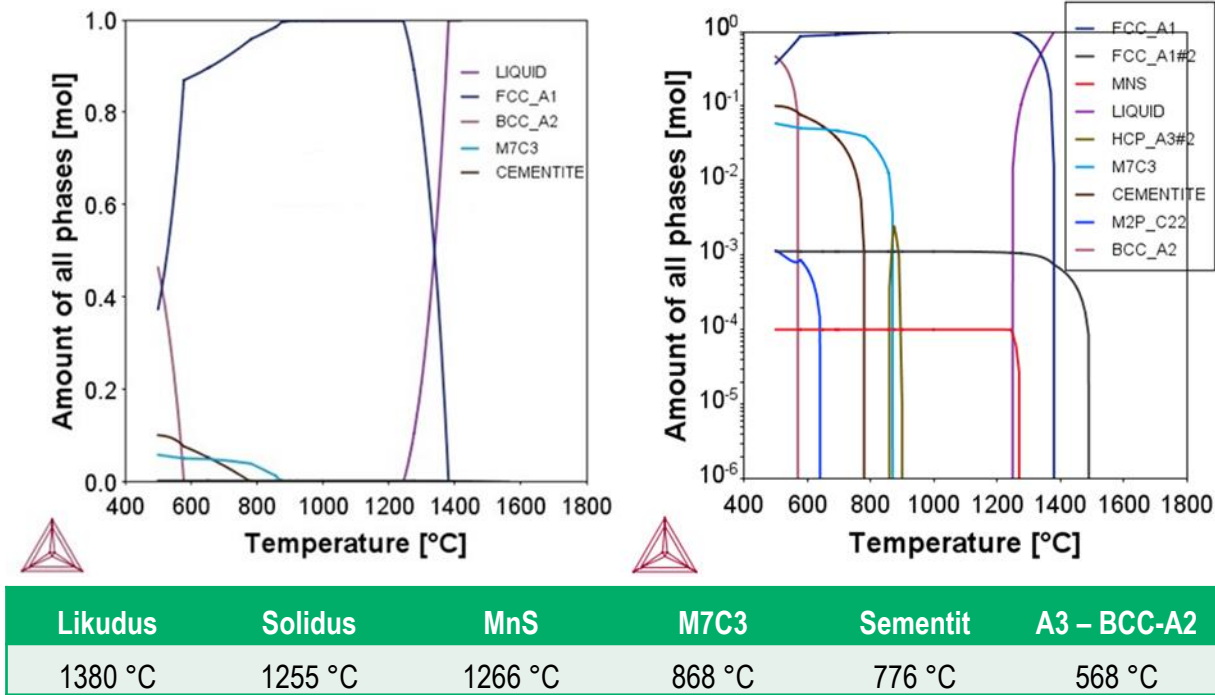
Kullanım Alanları

- **Madencilik Sektörü:**
Kırıcı Çeneleri, Zincir Baklaları, Kazı Makinaları ve Kepçeler
- **Çimento ve Beton Santralleri:**
Kırıcı Makinaları, Öğütme Değirmenleri
- **Ağır Sanayi ve İnşaat Makineleri:**
Demir Yolu Rayları, Ekskavatör Parçaları, Beton Kırıcılar
- **Enerji ve Petrokimya Endüstrisi:**
Taşıyıcı Konveyörler, Öğütme Makinaları



Şekil 2: Çelik döküm uygulamalarından örnekler

Faz Oluşumu



Şekil 3: Sıcaklığa bağlı olarak faz dağılımı – ThermoCalc analizi



THINK BEYOND. SHAPE THE FUTURE.



DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

Döküm Analizi

Standart Hadfield Çeliği

REF: ASTM A128-93 (2017) Standard Specification for Steel Castings, Austenitic Manganese

Grade ^A	Composition, %						
	Carbon	Manganese	Chromium	Molybdenum	Nickel	Silicon	Phosphorus
A ^B	1.05–1.35	11.0 min	...	...	...	1.00 max	0.07 max
B-1	0.9 –1.05	11.5–14.0	...	...	...	1.00 max	0.07 max
B-2	1.05–1.2	11.5–14.0	...	...	...	1.00 max	0.07 max
B-3	1.12–1.28	11.5–14.0	...	...	...	1.00 max	0.07 max
B-4	1.2 –1.35	11.5–14.0	...	...	...	1.00 max	0.07 max
C	1.05–1.35	11.5–14.0	1.5–2.5	...	...	1.00 max	0.07 max
D	0.7 –1.3	11.5–14.0	...	...	3.0–4.0	1.00 max	0.07 max
E-1	0.7 –1.3	11.5–14.0	...	0.9–1.2	...	1.00 max	0.07 max
E-2	1.05–1.45	11.5–14.0	...	1.8–2.1	...	1.00 max	0.07 max
F (J91340)	1.05–1.35	6.0–8.0	...	0.9–1.2	...	1.00 max	0.07 max

^A Section size precludes the use of all grades and the producer should be consulted as to grades practically obtainable for a particular design required. Final selection shall be by mutual agreement between manufacturer and purchaser.

^B Unless otherwise specified, Grade A will be supplied.

Geliştirilmiş analiz

Numune	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Ti	Mo	Fe
Döküm	1,02	0,52	17,45	0,042	0,009	0,03	0,06	0,099	1,21	Kalan

Tablo 1 Döküm numunenin kimyasal analiz sonucu (%ağ.)

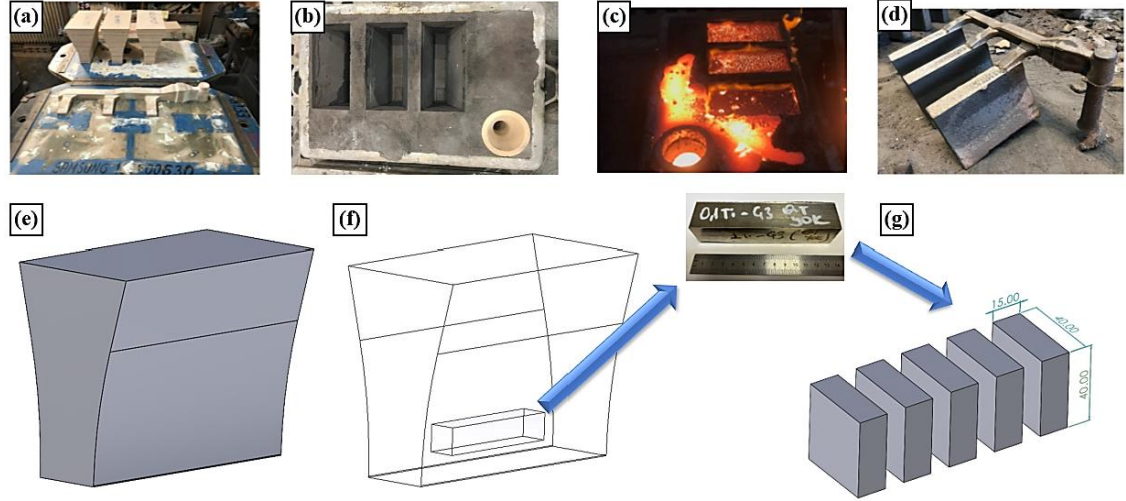


Kalıplama ve Döküm Süreci



Şekil 4: Potada FeTi aşılama

Döküm sıcaklığı : 1450°C



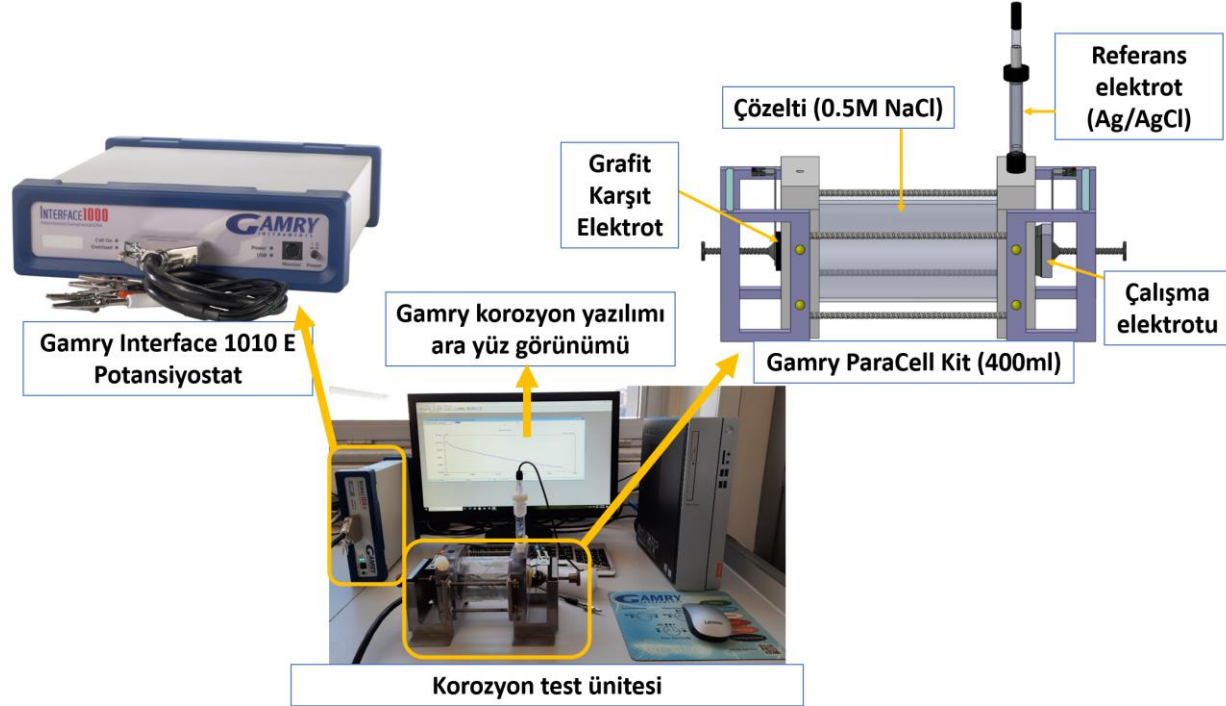
Şekil 5: (a) model görüntüsü, (b) kalıp görüntüsü, (c) döküm sonrası kalıp görüntüsü, (d) nihai ürün, (e-f-g) tes numunelerinin konumu

Tablo 2: Deneysel çalışmalarda kullanılan ısıtma işlem parametreleri

Numune Kodu	Çözeltiyeye Alma Isıtma İşlemi	Soğutma
Ht-0	-	-
Ht-1	1100 °C (2sa)	Suda
Ht-2	1100 °C (2sa)	Suda

Tırmanma Hızı : 100°C/h
Havuz Su Sıcaklığı: 25-30°C

Korozyon Test Düzeneđi



Şekil 6: Korozyon Test Düzeneđi

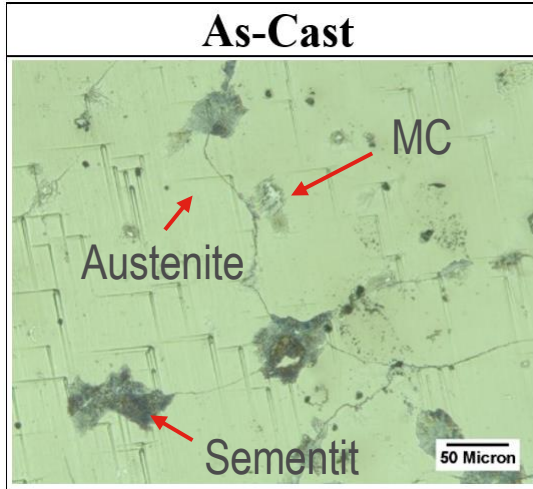
- 0.5 M NaCl
- 1 mV/sn tarama hızı
- -0.5, +1.5V tarama aralığı
- Ag/AgCl referans elektrot
- Grafit karşıt elektrot



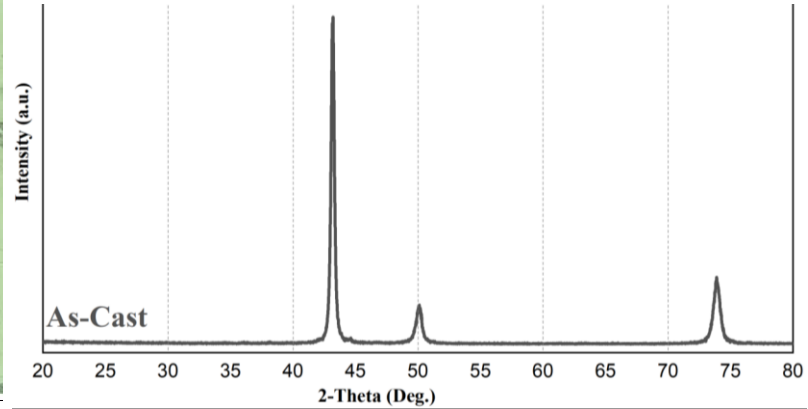
THINK BEYOND. SHAPE THE FUTURE.



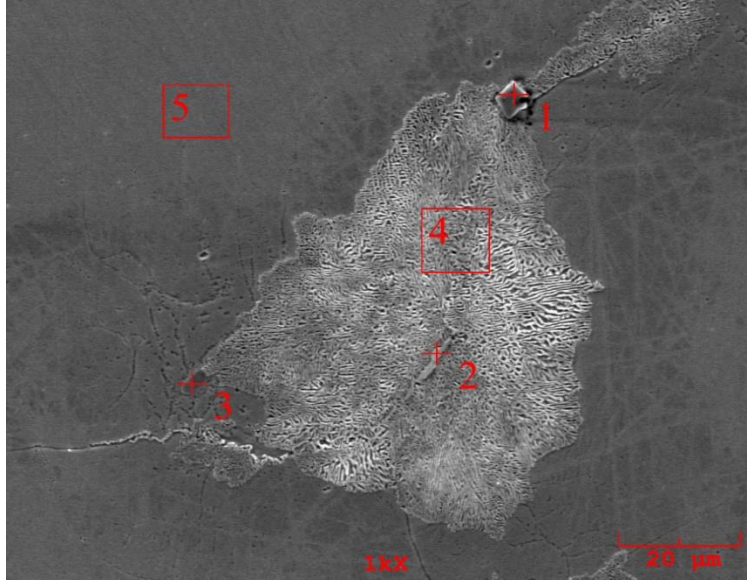
BULGULARARIN TARTIŞILMASI



Östenit pikleri (2θ) : 43.5° , 50° , 74°
(Fe,Mn) $3C$ piki (2θ) : $44.5-45^\circ$



Şekil 7: Döküm sonrası optik mikroskop görüntüsü ve XRD Analizi



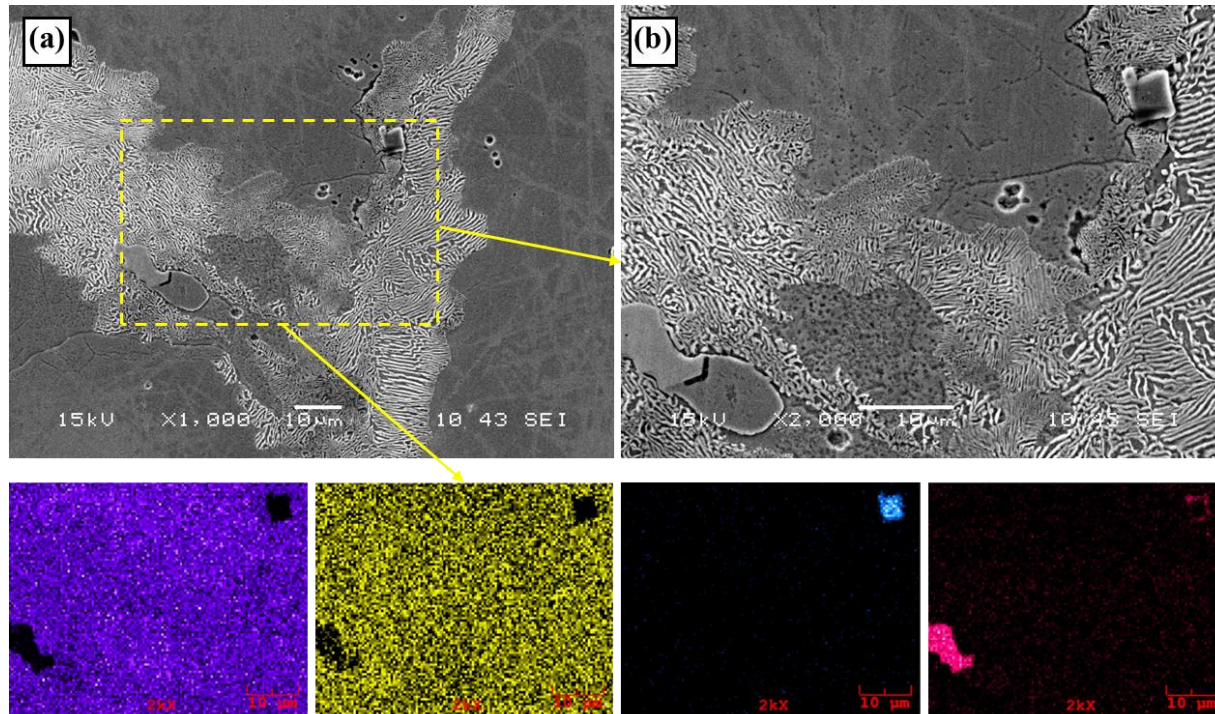
Şekil 8: SEM ve EDS Analizi

Element	1. Nokta	2. Nokta	3. Nokta
C	3.971	6.138	7.202
Si	0.271	0.133	0.092
Ti	91.219	40.478	0.246
Cr	0.335	0.352	0.242
Mn	0.630	1.264	7.970
Fe	2.178	2.604	8.364
Mo	1.396	49.032	75.883

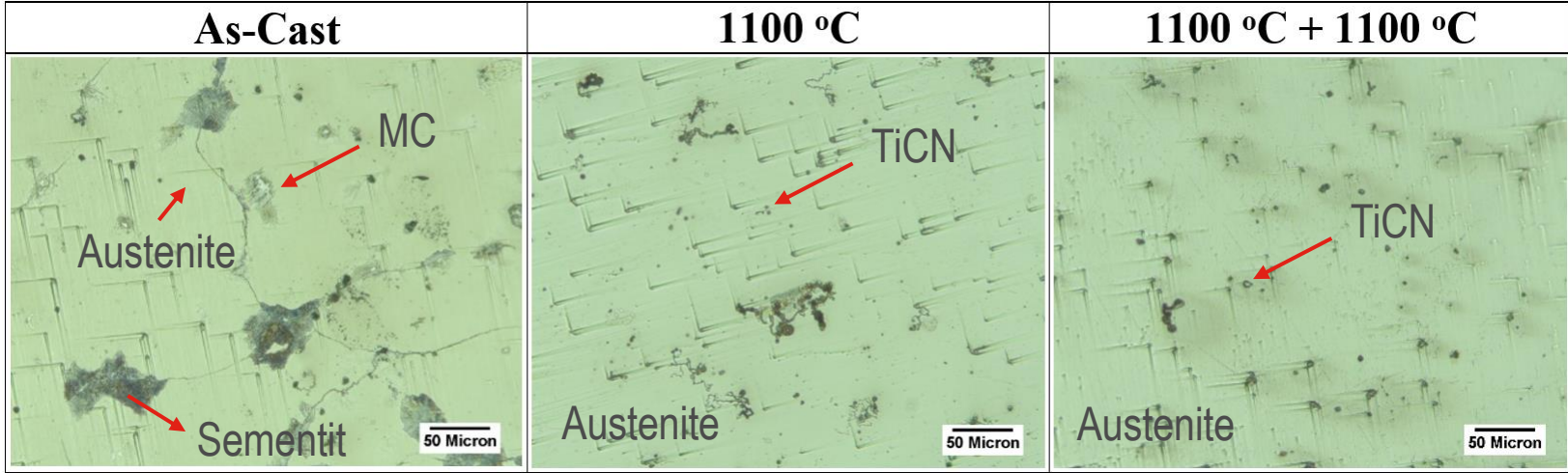
TiCN

Mo'ca zengin MC

Mo ve Ti'ce Zengin MC

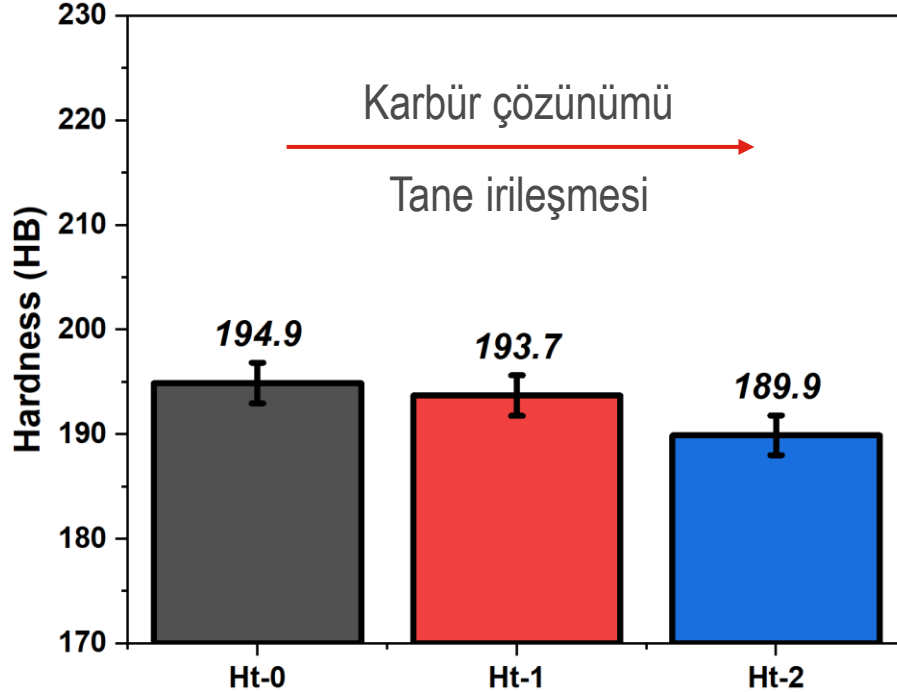


Şekil 9: SEM ve EDS Analizi



Şekil 10: Isıl işlemin mikro yapı üzerine etkisi

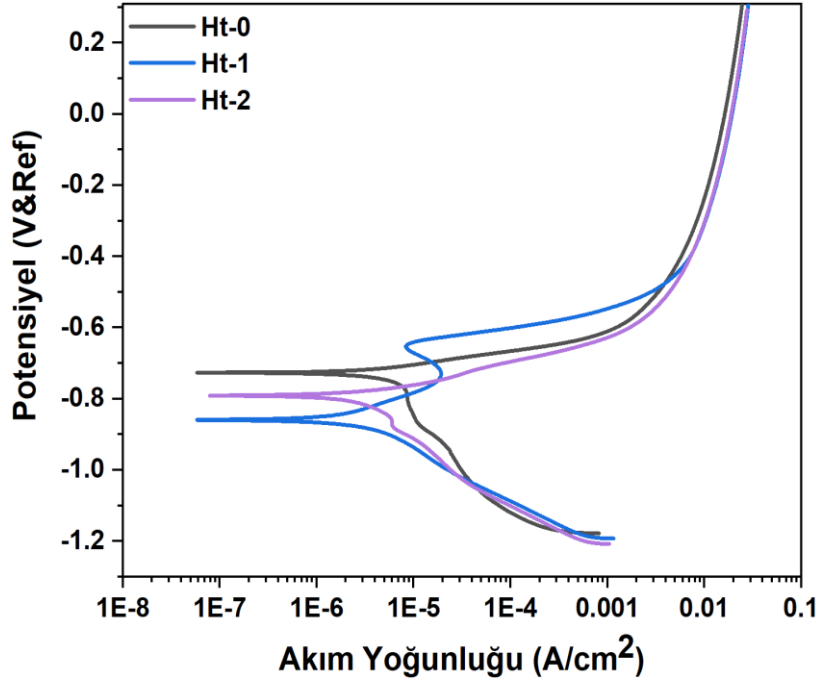
Sertlik Test Sonuçları



Şekil 11: Sertlik Test Sonuçları

Sertlik değerinin 1100 °C'de gerçekleştirilen çözeltiyeye alma ısıl işlemi yaklaşık %1 ve 1100 °C'de tekrarlı yapılan çözeltiyeye alma ısıl işlemi ile yaklaşık %3 azaldığı tespit edilmiştir.

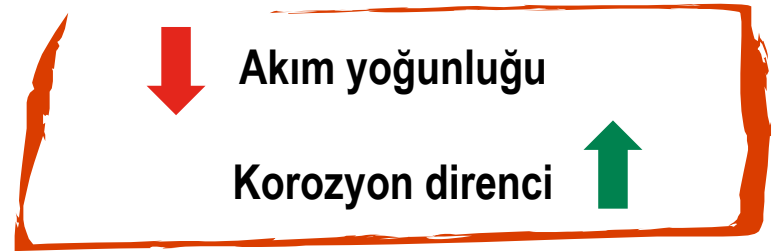
Korozyon Test Sonuçları (Tafel Eğrisi)



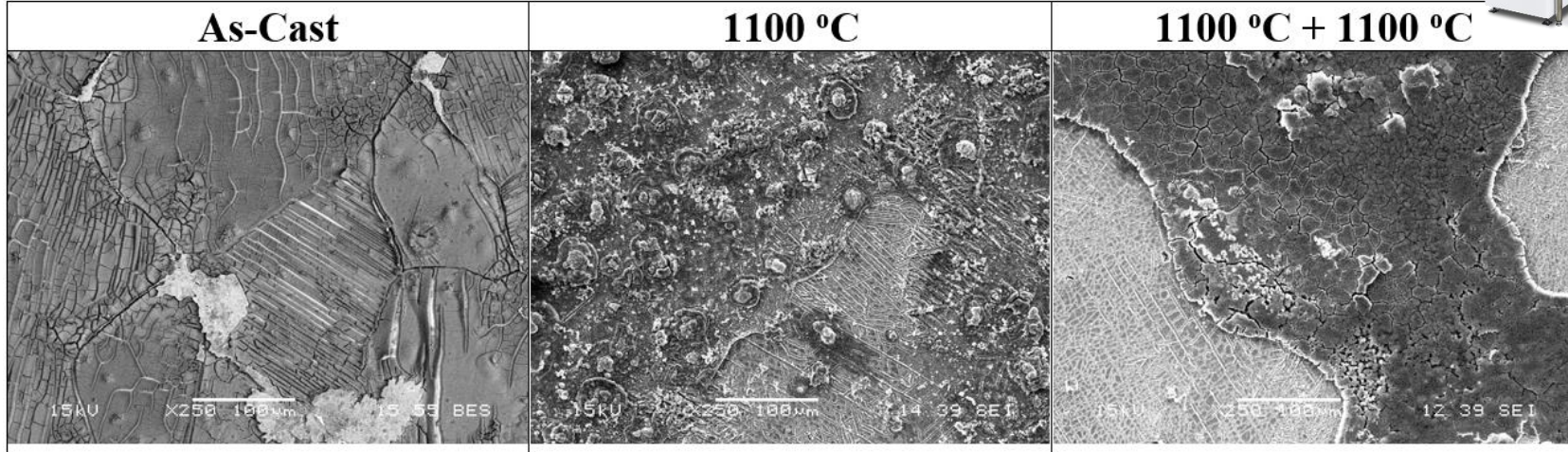
Şekil 12: Tafel Eğrisi

Tablo 3: Korozyon test parametreleri

Numune	E_{kor} (mV)	I_{kor} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Cr (mpy)
Ht-0	-726.508	6.152	3.136
Ht-1	-854.637	3.597	1.834
Ht-2	-787.810	3.143	1.602



Korozyon Sonrası SEM İncelemeleri



Şekil 13: Korozyon sonrası SEM görüntüleri

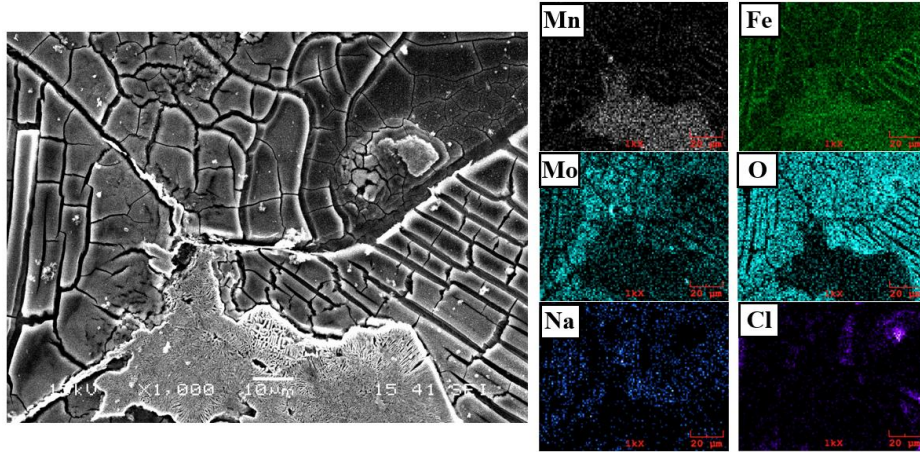
Isıl işlem ile ikincil fazların çözünmesi ile daha homojen yapıda korozyon gerçekleşmiş

Galvanik korozyondan

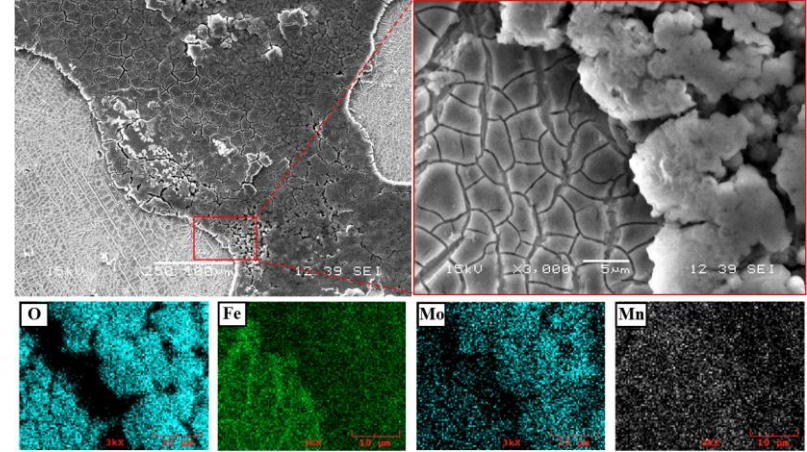


homojen karakterli korozyona geçiş

Korozyon Sonrası SEM İncelemeleri



Şekil 14: Korozyon sonrası SEM görüntüsü ve MAP analizi (Ht-0)



Şekil 15: Korozyon sonrası SEM görüntüsü ve MAP analizi (Ht-2)

Mikroyapı: Çözeltiye alma işlemi sementit ve molibden içerikli karbürleri büyük oranda çözmüş, ancak TiC ve TiCN çökeltileri çözünmemiştir. İkinci kez çözeltiye alma ısıl işlemi ile tanelerde bir miktar irileşme görülmüştür.

Sertlik: 1100°C'de tek ve iki defa çözeltiye alma işlemi, sertlikte eser miktarda bir düşüşe neden olmuştur. Bu durum tane sınırlarındaki karbürlerin çözünmesi ve tane irileşmesi ile ilişkilendirilmiştir.

Korozyon direnci: Isıl işlemin korozyon üzerinde etkili olduğu ve hem tek sefer hem de tekrarlı çözeltiye alma işleminin alaşımın korozyon direncini artırdığı görülmüştür. Tekrarlı çözeltiye alma işlemi en yüksek korozyon direncini sağlamıştır.



THINK BEYOND. SHAPE THE FUTURE.

Dinlediğiniz için teşekkür ederiz.

Doç. Dr. Uğur Gürol

ugur.gurol@vesuvius.com

Doç. Dr. Engin KOCAMAN

enginkocaman@beun.edu.tr

