



20 - 21 Ekim / October 2017 - ESKİŞEHİR  
Tüdöksad Akademi 9. Döküm Kongresi / 9th Foundry Congress by TUDOKSAD Academy

## «Yüksek Manganolu Çeliklerde Besleyici Gömlek Uygulamaları»

Haydar Kahraman<sup>1,2</sup>, İbrahim Hayri Keser<sup>1</sup>, Eray Koyuncu<sup>2</sup>, Serkan Çelik<sup>2</sup>, Ümit Cöcen<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üni., <sup>2</sup>Çukurova Kimya)

### 2.Oturum: Kalıp & Maça Teknolojileri

Oturum Başkanı: Teoman Altınok (Entil Endüstri)



Oturumlarda yer alan sunumlar 27 Ekim 2017 Cuma tarihinde akademi web sayfasına ([akademi.tudoksad.org.tr](http://akademi.tudoksad.org.tr)) yüklenecektir.



# ***Yüksek Manganlı Çeliklerde Besleyici Gömlek Uygulamaları***

**Haydar KAHRAMAN<sup>\*\*,\*\*\*</sup>, İbrahim Hayri KESER<sup>\*,\*\*</sup>,  
Eray Koyuncu<sup>\*\*\*</sup>, Serkan Çelik<sup>\*\*\*</sup>, Ümit CÖCEN<sup>\*</sup>**

<sup>\*\*\*</sup> Çukurova Kimya Endüstrisi A.Ş., Manisa

<sup>\*</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İzmir

<sup>\*\*</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir



- Giriş
- Deneysel Çalışmalar
- Karakterizasyon Çalışmaları
- Deneme Dökümleri
- Benzeşim Çalışmaları
- Karakterizasyon, deneme dökümleri ve benzeşim çalışmaları  
Sonuçları
- Genel Sonuçlar ve Tartışma
- Teşekkür
- Kaynaklar

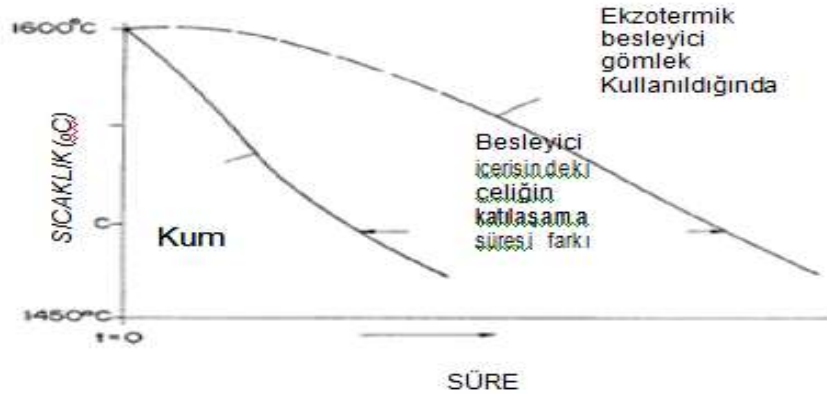
Östenitik mangan çelikleri çok iyi aşınma dirençlerine sahip olup yüksek mukavemet ve süneklik özellikleri gösterirler. Östenitik mangan çelikleri uygun ısıl işlemler ve modifikasyon işlemleri sonrasında yüzeyleri aşınmaya karşı direnç gösterdiklerinden dolayı darbeli aşınma şartlarının olduğu yerlerde; ekskavatörlerde, madencilik uygulamalarında, nükleer santrallerde, taş ocaklarında, petrol sondaj çalışmalarında, demiryolu malzemelerinde, taş kırıcı ve öğütücülerde, otomobil geri dönüşüm sistemlerinde kullanılan parçalayıcı çenelerin üretiminde kullanılmaktadır.

Endüstride yaygın olarak kullanılan östenitik mangan çeliklerin katılma davranışı kontrol edilerek hedeflenen mekanik değerlere ulaşılır. Katılmanın kontrol edilebilmesi için kalıp tasarımı, döküm sıcaklığı, besleyici konumu, besleyici hesaplamalarına dikkat edilmelidir.

Döküm parçasının katılaşması sırasında besleyicinin işlevi kullanılan besleyici şekli, boyutu, konumu bağlı olarak değişmektedir. Ek olarak kalıp tasarımında soğutma elemanı kullanılması, yalıtkan ve ekzotermik bileşiklerin kullanılması, döküm parçasının kesit durumu besleyicinin işlevini değiştirecektir. Besleyici işlevinin değişmesi sonucunda besleyici veriminde değişimler olacaktır. Besleyici verimini arttırmak amacıyla besleyici gömlekler kullanılabilir. Besleyici gömlekler 3 ana özellikleri ile sınıflandırılmaktadır. Bunlar;

- Ekzotermik özellikli besleyici gömlekler
- Yalıtım özellikli besleyici gömlekler
- Hem ekzotermik hem de yalıtım özellikli besleyici gömleklerdir.

Ekzotermik özellikli besleyici gömlelerde ise enerji kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Ekzotermik özellikli gömlelerde enerji kaynağı olarak metalotermik tepkimelerden yararlanılır. Alüminyum ve demir oksit arasında gerçekleşen tepkime metalotermik tepkimeler arasında en çok bilinenidir. Bu nedenle ekzotermik özellikli gömlelerin içeriğinde değişik oranlarda, boyutlarda ve şekillerde alüminyum tozu enerji kaynağı olarak kullanılır.



Şekil 1 : Ekzotermik besleyici gömlek kullanımının sıvı çeliğin soğumasına etkisi [1].

Döküm benzeşim programına besleyici gömleklerin tanıtılması veya mevcut verilerin iyileştirilmesi için özelliklerinin karakterize edilmesi ve uygulamalı olarak irdelenmesi gerekmektedir. Deneme dökümleri için, parça ve besleyici boyutlarının belirlenmesi ile kalıp tasarımı yapılmıştır. Deneme dökümlerinde elde edilen veriler, gömleklerin karakterizasyon verileri ile harmanlanarak benzeşim programı parametreleri iyileştirilmiştir.



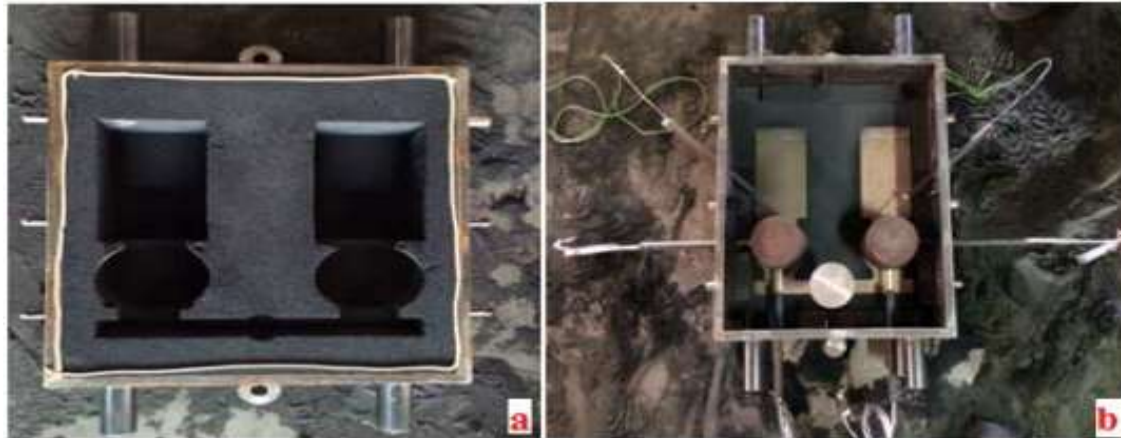


Çukurova Kimya Endüstrisi A.Ş. tarafından ön şekillendirilmiş olarak vakum sistemi yöntemi ile orta ve yüksek ekzotermik özellikli besleyici gömleklerin karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Yalıtım ve ekzotermik özellikli bileşenlerden oluşan besleyici gömleklerin karışımında bulunan malzemelerin yoğunlukları birbirinden farklıdır. Yoğunlukları farklı olan malzemelerin yapı içinde nasıl dağıldığı ve gömleklerin ısıl davranışına etkisi DT-TG eğrileri incelenerek yorumlanabilir. Bu amaçla döküm öncesi besleyici gömlek numuneleri hazırlanmıştır ve 25 °C - 1200 °C arasında azot atmosferi altında dakikada 30 °C artışla tarama yapılarak DT-TG grafikleri incelenmiştir.

# *X Işınları Kırınım Desenleri*

Reaksiyon öncesi ve reaksiyon sonrası ortaya çıkan fazları inceleyerek besleyici gömleklerin ekzotermik karakteristiğini yansıtan alüminotermik reaksiyonun gerçekleşip gerçekleşmediği yorumlamak amacıyla X ışınları kırınım analizi yapılmıştır. Döküm öncesi ve döküm sonrası besleyici gömleklerden numuneler alınmıştır. Alınan numuneler öğütülerek toz haline getirilmiştir. Toz partiküllerin X ışınları kırınım analizi Cu K $\alpha$  ışınması ile Rigaku D Max 2200 cihazı kullanılarak yapılmıştır. Yapılan analizlerde tarama hızı 4 derece/dak olarak belirlenmiştir.

Deneme dökümlerinde östenitik mangan çeliği olarak Amerikan Malzeme ve Testleri Derneği standartına göre A128M-93A ile A128M-93-C alaşımları seçilmiştir. Deneme dökümlerindeki kalıp tasarımı benzeşim programı ile belirlenmiştir. Deneme dökümlerinde kalıplamada silis esaslı kalıp kumu ve bağlayıcı olarak furan esaslı reçine kullanılarak hazırlanmıştır.



Şekil 2: a) Alt derecenin görüntüsü, b) Üst derecenin görüntüsü

Tablo 1: Ocak sıcaklıkları ve döküm süreleri

Döküm Alaşımı	Ocak sıcaklığı (°C)	Ölçülen döküm süresi (s)
A128M-93-A-1 (ÖMÇ-1)	1574	19,36
A128M-93-C (ÖMÇ-2)	1570	38,12

Tablo 2: Döküm potasından alınan numunelerin kimyasal kompozisyonu

Alaşım	% ağırlık									
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Al	Ti	S	P
A128M-93-A-1	1,15	0,35	10,50	0,2	-	0,010	0,020	-	0,010	0,022
A128M-93-C	1,14	0,69	13,2	0,81	-	0,139	0,006	-	0,029	0,031

# Benzeşim Çalışmaları

Benzeşim çalışmalarındaki döküm sıcaklığı deneme dökümlerindeki en yüksek sıcaklık göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Benzeşim çalışmalarında deneme dökümlerine benzer biçimde furan esaslı reçine ve silis kumu seçilmiştir. Besleyici gömlek seçiminde, benzeşim programının veri tabanında bulunan düşük, yüksek, orta ve exokal besleyici gömleklerden uygun olanları seçilmiş ve deneme döküm sonuçları göz önünde bulundurularak çeşitli değişiklikler yapılmıştır. Döküm hızı deneme dökümlerindeki toplam döküm süresi göz önünde bulundurularak programa girilmiştir. Deneme dökümlerinde sıcaklık ölçülen bölgelerden benzeşim programından da sıcaklık verisi alınabilmesi için sensörler tanımlanmıştır.

Material class: Mould materials

Material type: Exothermic

Material: Exothermic - High

Initial temperature, °C: 20.000

Rigidity: 1.000

Gas.p., 10<sup>-6</sup>m<sup>3</sup>/Pa.s: 2.040

Source: 4.000

Burned-out: 4.000

Total emissivity: 0.930

Source: 0.930

Burned-out: 0.930

Ignition temperature, °C: 400.000

Burning heat, kJ/kg: 1230.000

Burning time, s: 100.000

OK Cancel

EXOTHERMIC - EALI KALI

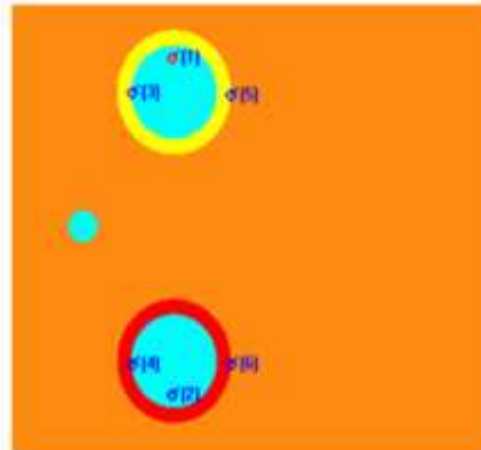
Exothermic - High

Exothermic - High 03

List of data

Source:

N	T, °C	Heat conduction, W/m°C
1	200.000	0.250
2	300.000	0.260
3	400.000	0.290
4	500.000	0.310
5	600.000	0.330
6	700.000	0.370
7	800.000	0.400
8	900.000	0.420
9	1000.000	0.440
10	1100.000	0.460
11	1200.000	0.470
12	1300.000	0.500



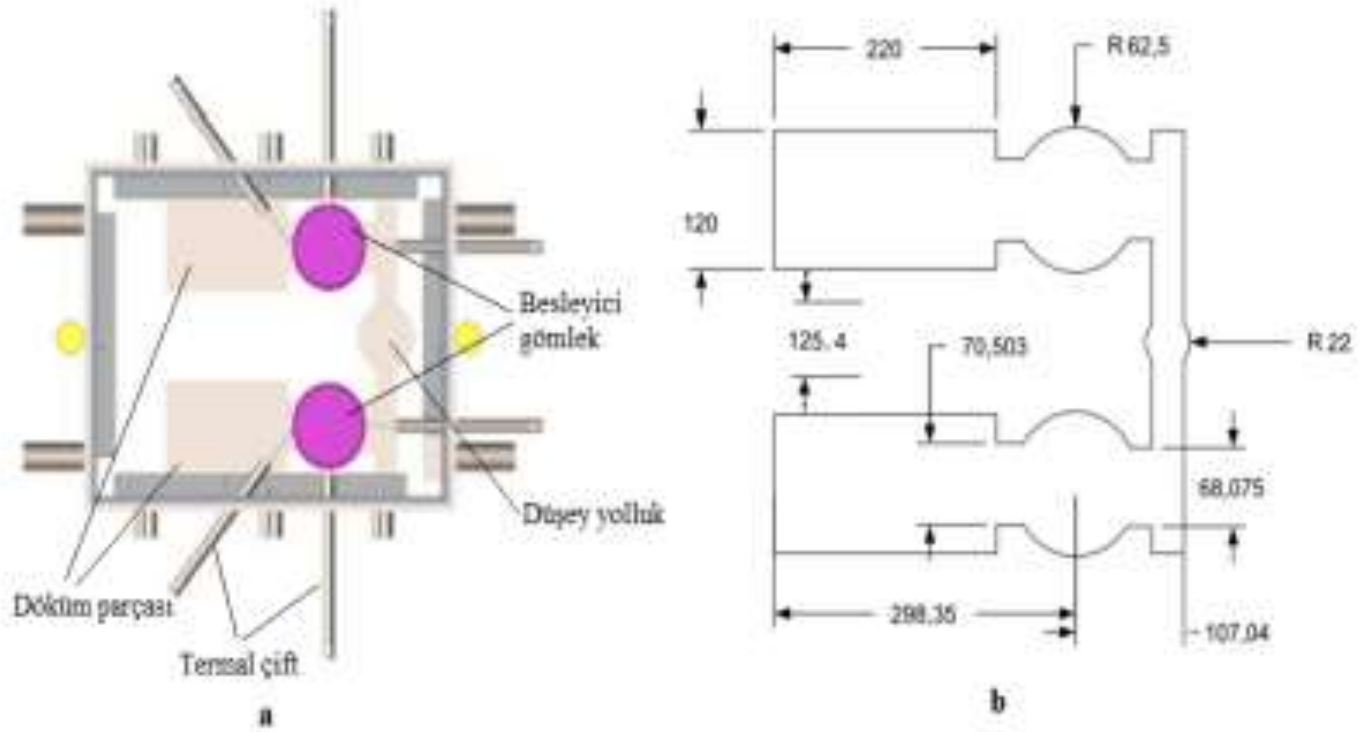
Tablo 3: Benzeşim programının veri tabanında oluşturulan yüksek, orta ve exokal besleyici gömleklerin özellikleri

Besleyici gömleğin adı	Değiştirilen özellik
exokal-0	ateşleme sıcaklığı 400°C.
exokal-1	ateşleme sıcaklığı 400°C arttırıldı.
exokal-2	ateşleme sıcaklığı 900°C arttırıldı.
exokal-3	ateşleme sıcaklığı 200°C arttırıldı.

Tablo 4: Benzeşim programında seçilen parametreler

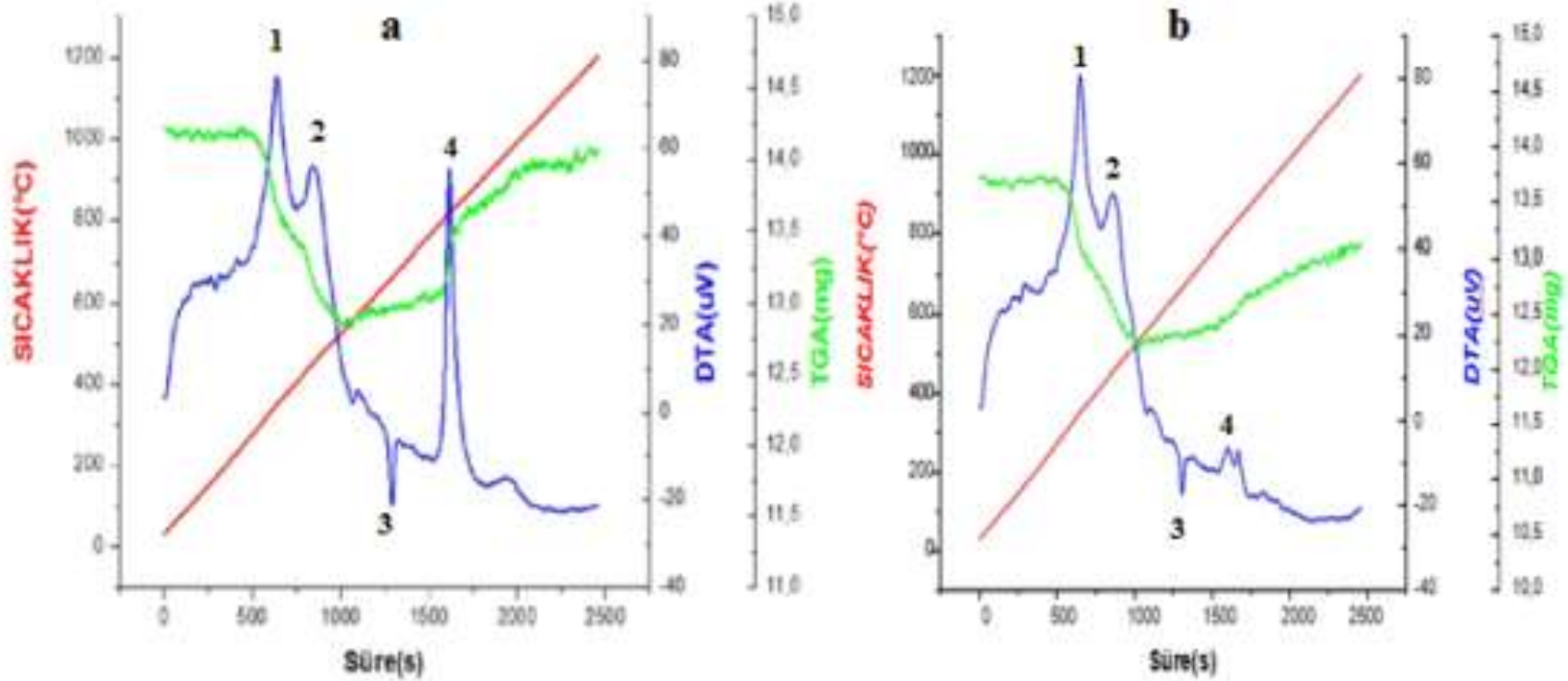
Döküm alaşımı	Mesh boyutu (mm)	Başlangıç sıcaklığı (°C)	Döküm süresi (s)	Metal akış hızı (kg/s)
A128M-93-A	4,851	1459	19,36	2,58





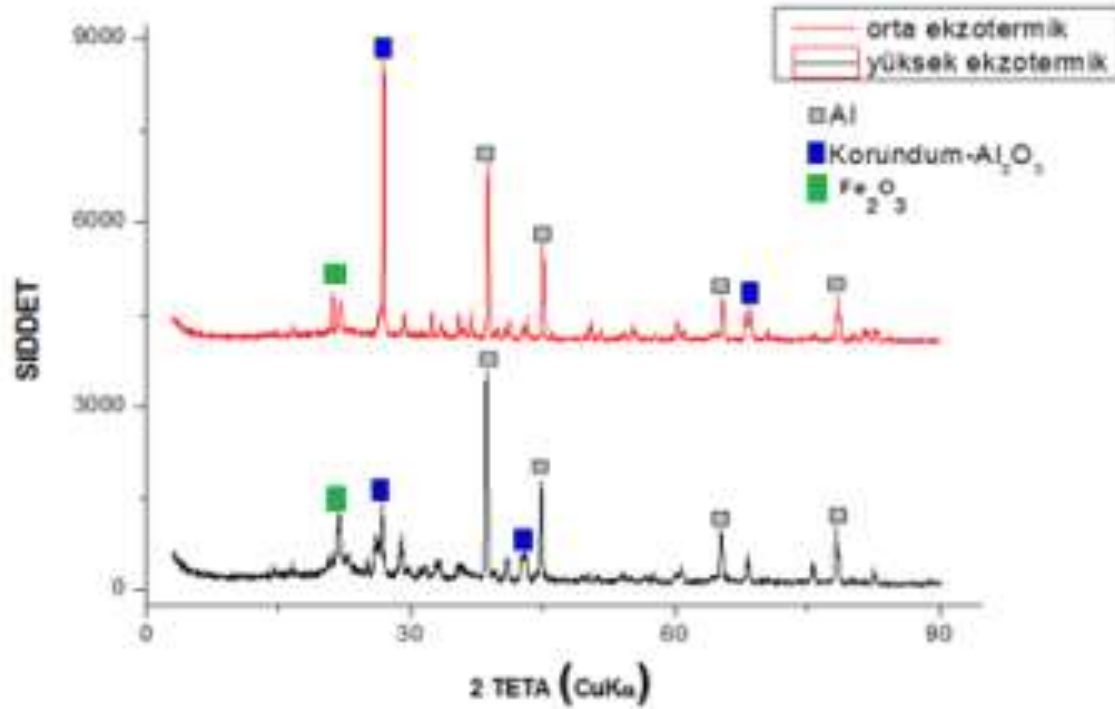
Şekil 3: Deneysel ve benzeşim çalışmalarında kullanılan a) derecenin üstten görünüşü ve b) kalıp tasarımı (mm)



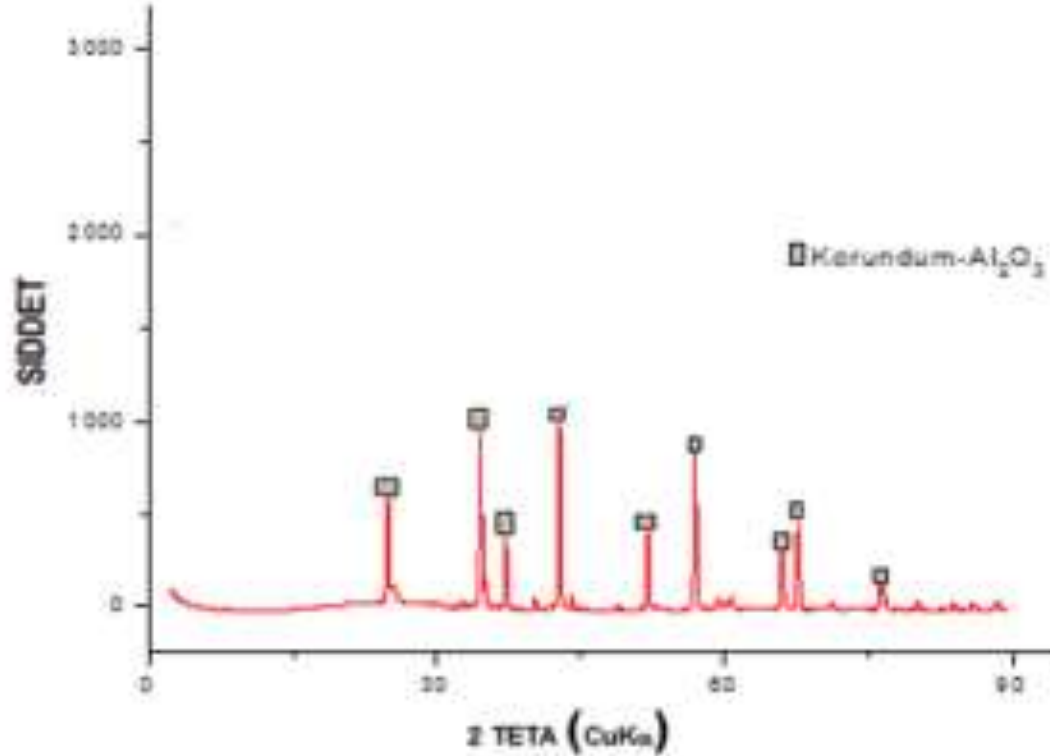


Şekil 4: a) Yüksek ekzotermik, b) Orta ekzotermik besleyici gömleklerin DT-TG grafiği

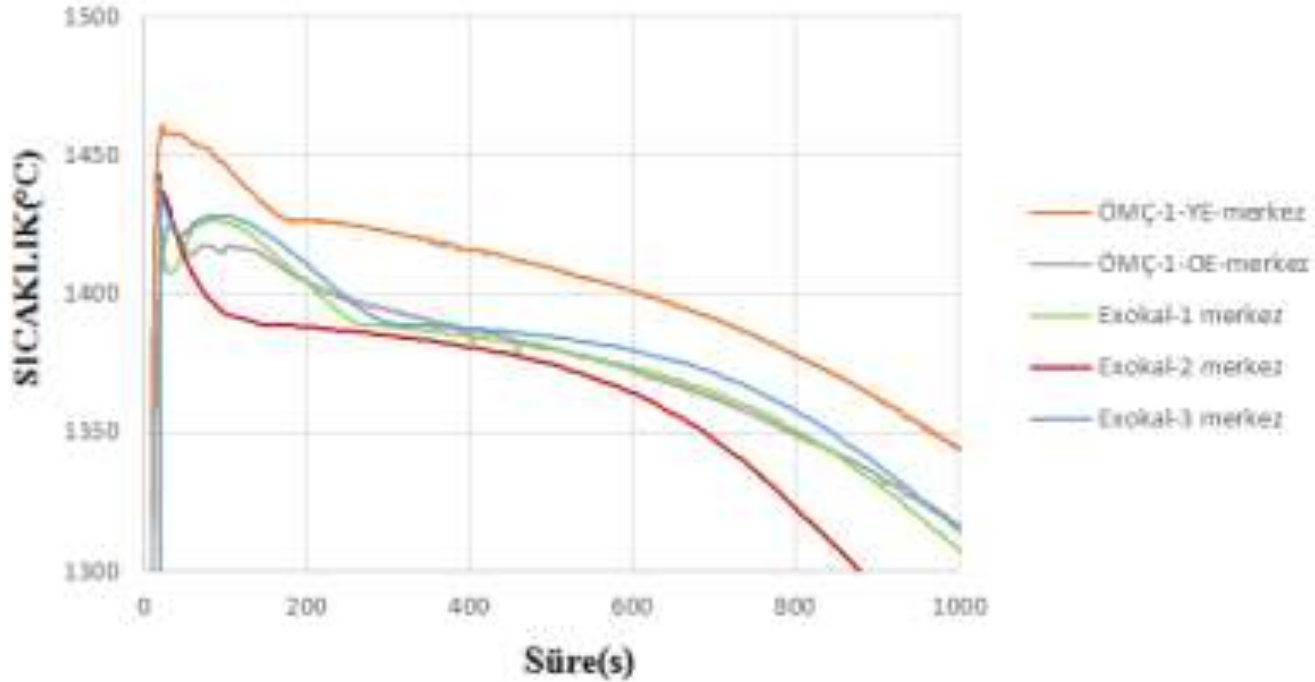
# Karakterizasyon Sonuçları



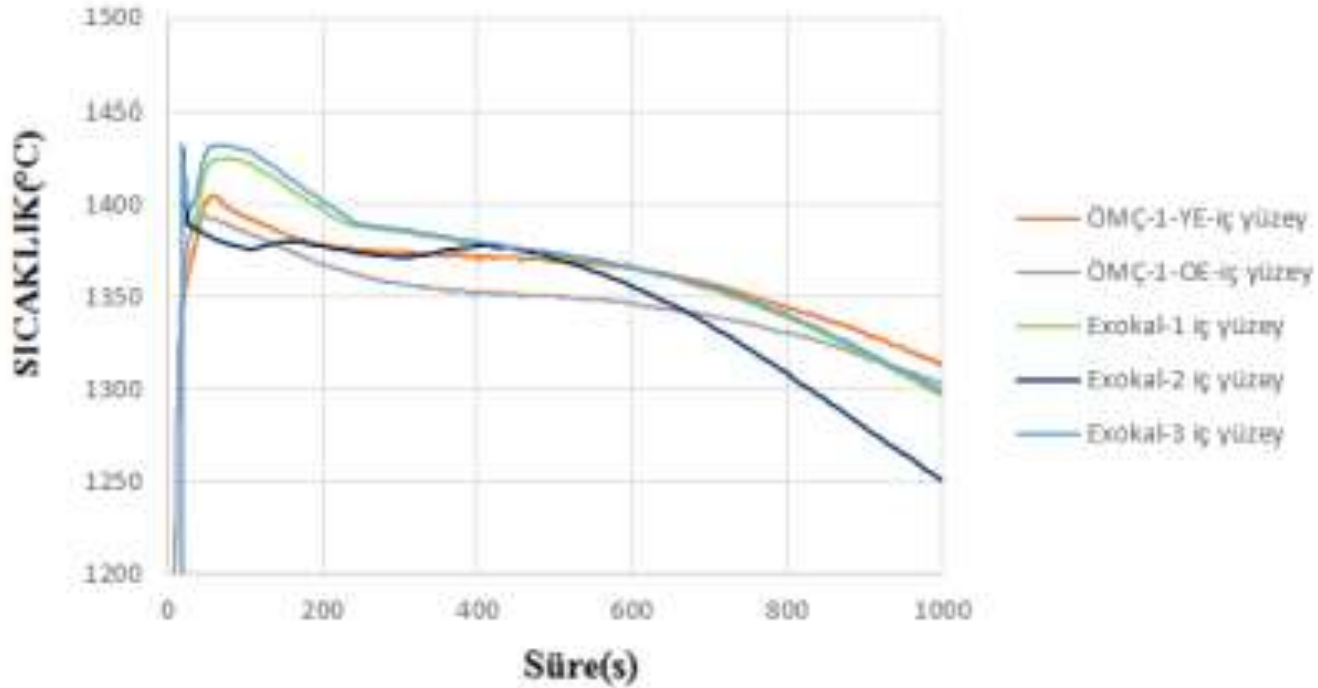
Şekil 5: Döküm öncesi yüksek ve orta ekzotermik besleyici gömleklerin X ışınları kırınım deseni



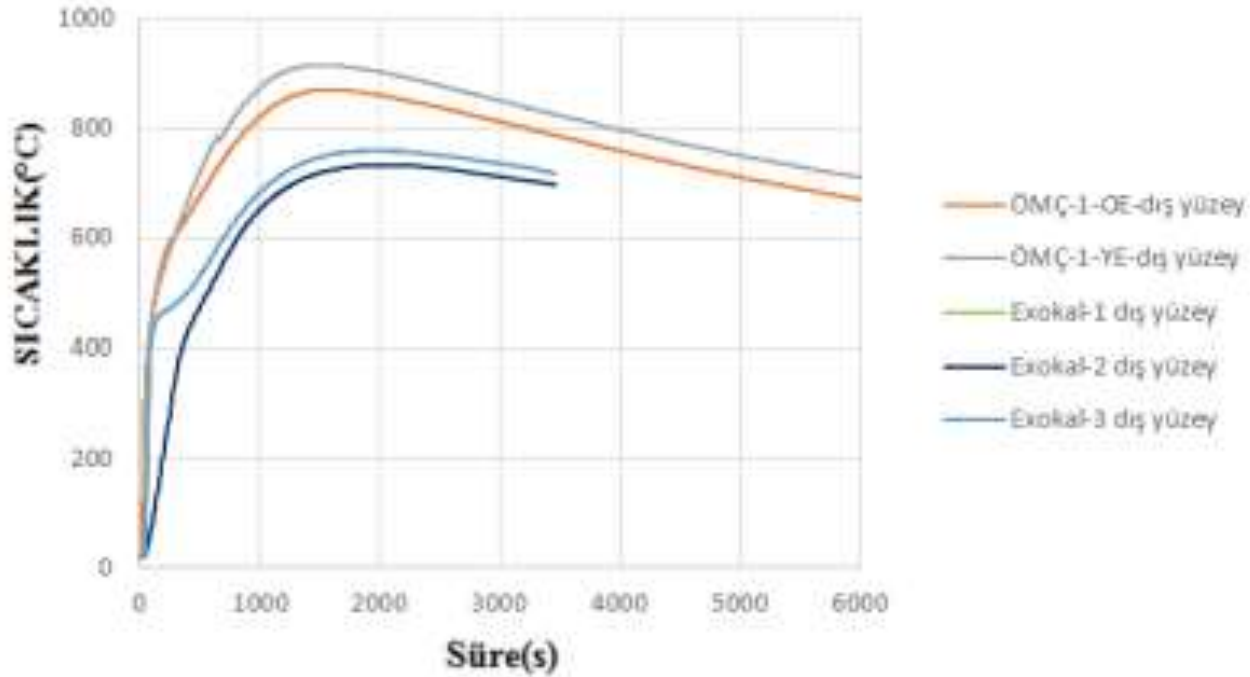
Şekil 6: Döküm sonrası yüksek ve orta ekzotermik özellikli besleyici gömleklerin X ışınları kırınım desenleri



Şekil 7: A128M-93-A alaşımı merkez bölgesi, yüksek ve orta ekzotermik besleyici kullanılan deneme dökümü ve exokal benzeşim çalışmasının sıcaklık-süre grafikleri



Şekil 8: A128M-93-A alaşımı iç yüzey bölgesi, orta ekzotermik besleyici kullanılan deneme dökümü ve exokal benzeşim çalışmasının sıcaklık-süre grafikleri



Şekil 9: A128M-93-A alaşımı dış yüzey bölgesi, yüksek ve orta ekzotermik besleyici kullanılan deneme dökümü ve exokal benzeşim çalışmalarının sıcaklık-süre grafikleri

Tablo 5: Östenitik mangan çeliği alaşımı seçilerek yapılan deneme dökümlerinde ölçülen en yüksek sıcaklık değerleri ve soğuma hızları

Deneme Dökümü	Besleyici	Ölçülen En yüksek sıcaklık (°C)	Sıvı metalin soğuma hızı (°C/s)	Sıvı katı aralığındaki soğuma hızı (°C/s)	Katı metalin soğuma hızı (°C/s)
ÖMÇ-1	YE(merkez)	1459	0,254	0,041	0,214
ÖMÇ-1	YE(iç yüzey)		0,210	0,029	0,215
ÖMÇ-1	OE(merkez)	1425	0,197	0,068	0,204
ÖMÇ-1	OE(iç yüzey)		0,167	0,036	0,196
ÖMÇ-2	YE(merkez)	1387	0,241	0,060	0,172
ÖMÇ-2	YE(iç yüzey)		0,183	0,069	0,155
ÖMÇ-2	OE(merkez)	1369	0,230	0,053	0,186
ÖMÇ-2	OE(iç yüzey)		Belirlenemedi	0,081	0,137



Tablo 6: ASTM-A128M-93-A alaşımı merkez bölgesi, yüksek ve orta ekzotermik besleyici kullanılan deneme dökümü ve exokal benzeşim çalışmaları hesaplamaları

	En yüksek sıcaklık (°C)	En yüksek sıcaklık görülen süre (s)	Sıvı metalin soğuma hızı (°C/s)	Sıvı-katı aralığı soğuma hızı (°C/s)	Liküdüs sıcaklığına ulaşma süresi (s)	Liküdüs sıcaklığı (°C)	Solidüs sıcaklığına ulaşma süresi (s)	Solidüs sıcaklığı (°C)
ÖMÇ-1-YE-merkez	1459	30	0,254	0,041	180	1425	721	1390
ÖMÇ-1-OE-merkez	1425	34	0,197	0,068	244	1398	650	1367
exokal-1 merkez	1440	17	0,234	0,044	265	1389	658	1370
exokal-2 merkez	1440	17	Belirlenemedi					
exokal-3 merkez	1440	17	0,222	0,038	302	1389	723	1370

Tablo 7: ASTM-A128M-93-A alaşımı iç yüzey bölgesi, yüksek ve orta ekzotermik besleyici kullanılan deneme dökümü ve benzeşim çalışmaları hesaplamaları

	En yüksek sıcaklık (°C)	En yüksek sıcaklık görülen süre (s)	Sıvı metalin soğuma hızı (°C/s)	Sıvı-katı aralığı soğuma hızı (°C/s)	Liküdüs sıcaklığına ulaşma süresi (s)	Liküdüs sıcaklığı (°C)	Solidüs sıcaklığına ulaşma süresi (s)	Solidüs sıcaklığı (°C)
ÖMÇ-1-YE-iç yüzey	1410	43	0,210	0,029	200	1368	610	1364
ÖMÇ-1-OE- iç yüzey	1398	30	0,167	0,036	310	1356	687	1340
exokal-1 iç yüzey	1426	17	0,250	0,062	237	1388	499	1373
exokal-2 iç yüzey	1426	17	Belirlenemedi					
exokal-3 iç yüzey	1426	17	0,247	0,056	246	1388	518	1373



- Endüstriyel uygulamalarda kullanılan besleyici gömlemlerin işlevini NovaFlow&Solid döküm benzeşim programı kullanarak optimize etmek amacıyla karakterizasyon çalışmaları, deneme dökümleri ve benzeşim çalışmaları yapılmıştır.
- Yüksek ve orta ekzotermik özellikli besleyici gömlemlerin farklı bölgelerinden alınan numunelerin DT-TGA eğrilerinde benzer reaksiyonlar tespit edilmiştir. Reaksiyon enerjileri arasında fark olduğu görülmüştür.
- Döküm öncesi ve döküm sonrası hazırlanan yüksek ve orta ekzotermik özellikli besleyici gömlek numunelerinin X ışınları kırınım desenlerinde aynı faz bileşenleri görülmüştür. Besleyici gömleğin özelliğine göre görülen fazların pik şiddetlerinde farklılıklar tespit edilmiştir.
- Deneme dökümlerinde yüksek ekzotermik özellikli besleyici gömlemlerin orta ekzotermik özellikli besleyici gömlemlere göre liküdü bölgesinin sonuna kadar daha hızlı soğuma davranışı gösterdikleri belirlenmiştir. Yüksek ve orta ekzotermik özellikli besleyici gömlemlerdeki metallerin sıvı-katı aralığında soğuma hızlarının birbirine yakın olduğu belirlenmiştir.

- NovaFlow&Solid benzeşim programının veri tabanında kayıtlı exokal besleyici gömleğin ateşleme sıcaklığının değiştirilmesi sonucunda östenik mangan çeliği deneme dökümleri sıcaklık eğrileri (merkez ve iç yüzey bölgeleri) ile benzeşim çalışmalarının sıcaklık eğrileri arasındaki farkın azaldığı belirlenmiştir. Yüksek, orta ve exokal isimli besleyici gömlekler ile yapılan benzeşim çalışmalarının sıcaklık-süre grafikleri karşılaştırılması sonucunda yüksek ekzotermik özellikli besleyici gömlek ile yapılan deneme dökümüne en yakın veriler exokal-3, orta ekzotermik özellikli besleyici gömlekler için exokal-1'de elde edilmiştir.
- Benzeşim programında besleyici gömlek özelliklerinin iyileştirilmesine rağmen dış yüzey bölgesinden ölçülen sıcaklık değerlerindeki farklılıklar giderilememiştir. Bu farklılığın giderilebilmesi için dış yüzey sıcaklık ölçümü için kullanılan termal çiftlerin konumları ile benzeşim çalışmalarındaki dış yüzey sensörlerinin aynı konumda olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

# Teşekkür

SANTEZ projesi kapsamında hazırlanmış olan bu çalışmaya vermiş oldukları katkılardan dolayı Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına, döküm benzeşim çalışmalarının yapılmasında tecrübelerini bizimle paylaşan Yük.Met.Müh.Yalçın ÇAY'a, deneme dökümlerinin yapılmasına olanak sağlayan başta Met. ve Malz.Müh. Can DERMAN'a ve tüm Derman Döküm Yedek Parça İmalat Ltd. Şirket çalışanlarına teşekkür ederiz.

- 1)Y. Ramazan, “Fe-Mn-C Yüzey Sertleştirme Alaşımının Mikroyapı ve Aşınma Özellikleri”, Uluslar Arası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 13-15 Mayıs-2009, Karabük, Türkiye.
- 2)A. Chojecki, I. Telejko, “Crack in High-Manganese Cast Steel”, Archives of Foundry Engineering, 2009, 9(4),17-22.
- 3)J. Campbell, “Casting practice”, 2003, Butterworth-Heinemann.
- 4)R. A. Hardin, T. J. Williams ve C. Beckermann, “Riser sleeve properties for steel castings and the effect of sleeve type on casting yield”, Proceedings of the 67th SFSA Technical and Operating Conference, Steel Founders’ Society of America, 2013, paper no:5.2, Chicago.
- 5)B. Lipowska, J. Witek ve K. Stec, “Aluminium dross based insulating and exothermic materials for metallurgical industry”, Archives of Foundry Engineering, 2010, 10(4), 115-118.
- 6)A. C. Midea, M. Burns ve I. Wagner, “Advanced thermo-physical data for casting process simulation–the importance of accurate sleeve properties”, Foundry Research/Giessereiforschung, 2007, 59(1), 34-43.
- 7)M. G. Neu ve M. J. Gough, “Patent No. US 005180759A”, 1993, Birmingham-England.

8)Sorelmetal, “Ductile Iron the essentials of gating and risering system design”, 2000, Montreal: Rio Tinto Iron and Titanium Inc.

9)J. W. Thomas, R. A. Hardin ve C. Beckermann, “Thermophysical properties for ASK chemical and exochem riser sleeves for steel castings”, Proceedings of the 68th SFSA Technical and Operating Conference, Steel Founders' Society of America, 2014, Paper No. 4.6, , Chicago, IL.

10)H. Twardowska ve R. C. Aufderheide, “Patent No. US 006360808B1”, 2002, Dublin Ohio.

11)F. Sola, “Ingot feeding systems: analysis of Fiber’s behaviour before/after casting”,  
2 nd International Conference ICRF.

12)L. Duraes, B. F. Costa, R. Santos, A. Correia, J. Campos ve A. Portugal, “Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/alüminyum Thermite reaction intermediate and final products characterization”, Materials Science and Engineering A, 2007, 199-210.

13)A. Hahma, A. Gany ve K. Palovuori, “Combustion of activated aluminum. Combustion and Flame”, 2006, 464-480.

14)P. J. Haines, “Thermal methods of analysis principles, applications and problems (1. Baskı)”, 1995, London:Chapman & Hall

# DİNLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜRLER

