

YAŞ KALIPLAMA KUMU, ÖZELLİKLERİ, MATEMATİKİ İLİŞKİLER ve KARIŞTIRMA ETKİ DERECESİ

■ Savaş İZGİZ Metalurji Mühendisi

ÖZET

Yaş kalıplama kumu döküm kumu kuvars, bentonit, su ve bazı özellikleri tamalayan az miktarda ilave malzemeleri ihtiva eder. Bugün döküm teknolojisinde kullanılan kalıplama malzemelerinin % 80 i yaş kalıplama malzemesidir. Bunun nedeni sahip olduğu tartışılmaz elverişlikleridir: % 90-95 geri dönüşümü, dünyada zengin ve ucuz bulunuşu, çevreye duyarlılığı ve yüksek kapasitede otomasyona uygunluğudur. Kalıp kumu özellikler, malzeme özellikler yanında, kum sistemine, soğutucunun var olup olmamasına bağlıdır.

Bentonitin kalıplama kumunda bağlayıcı özelliği 45 C nin üzerinde azalır. Mikserden çıkan kum, savurucudan geçtikten sonra kalıplama makinaları silolarına gelinceye kadar rutubet miktarının azalması ile özellikleride farklılıklara sahip olur.

Piston segmanı dökümhanelerinde döküm segmanı işleme payının 0.5-1 mm olması ve dizi döküm yönteminin uygulanması sonucu yüksek eriyik akış hızı ve dolayısı ile kalıp erozyonun kum hatalarına neden olması, kalıp kumu özelliklerinin en üst seviyede olmasını zorunlu kılmaktadır.

Kalıp kumunun kalite seviyesini belirleyen büyüklük **Karıştırma Etki Derecesi** olup, kalıp kumu nedenli hatalar karıştırma etki derecesinin artırılması ile azalmaktadır.

Kalıplama Etki Derecesi bir eşitlik içinde daha kolay saptanabilmesi için çoklu regresyon eşitliği olarak yeniden verilmiştir.

Anahtar kelimeler

Bentonit, döküm kumu, dizi döküm, kalıplama kumu, karıştırma etki derecesi, kum özellikleri, matematiki ilişkiler, piston segmanı

1. GİRİŞ

Bentonit bağlayıcı kalıplama kumu yüz yıllardır, dökümcülüğün başlangıcından itibaren yerini korumaktadır.

Kalıplama kumu esas itibari ile döküm kumu, kuvars, bentonit ve su ihtiva eder. Su bentonitin kalıplama kumundaki bağlayıcılık özelliğinin kazanmasını sağlar, böylece kum tanecikler arasında bir bağ oluşur, kalıp mukavemet kazanır.

Kalıplama kumu modeller üzerine sıkıştırılarak ve basınçla odelin şeklini alması sağlanır, böylece metal eriyiğin sıcaklığına ve akışına dayanıklı kalıp elde edilir.

Kalıpların 100 C nin üzerinde kurutulması kullanılmaları durumunda serbest rutubet miktarı buharlaşarak kalıbın basma mukavemeti artar böylece daha büyük eriyik basıncına karşı koyabilme özelliği kazanır. Bu kalıplama yöntemine kuru kalıplama kumu adı verilir ve büyük, ağır parçaların dökümünde kullanılır. Bu kalıpların yüzeyleri genellikle boyanır.

Döküm kumu kuvarsın ve bentonitin yer yüzünde zengin yataklar şeklinde var olmaları bu yöntemin ekonomik, ucuz olmasının başlıca nedenidir.

Kalıplama malzemesi % 90-95 geri dönüşümlü, tekrar kullanılabilir olduğundan sadece kum kaybının ve bentonit yanma kayıplarının karşılanması gerekir. Doğaya duyarlılığı açısından üstünlüğü budur. Bu özellikler nedeni ile yaş kalıplama kumu yöntemi bu gün döküm üretiminde % 80'e varan bir uygulamaya sahiptir.

Dökme demirlerin dökümünde yaş kalıplama kumunun otomasyona ve seri üretime uygunluğu onu rakipsiz kılmaktadır.

2. YAŞ KALIPLAMA KUMU

Yaş kalıplama kumunun yerine getirmesi gerekenler şunlardır;

1. Kalıplama esnasında: Kalıplama kumu modelin iç ve dış konturlarını derinliklerini kolayca doldurması ve her kalıbın homojen sertlikte olması gerekir, bu özelliği onun akışkanlığı, rutubet miktarı, kil miktarı, yığılma ağırlığı ile belirlenir.

1.1. Modelin kum kalıptan sıyrılması, çıkartılmasında kalıplama kumu deformasyon, şekillenebilme özelliğine

sahip olmalıdır, bu özellik yaş çekme ve yaş basma mukavemeti ile kontrol edilir.

1.2. Kalıp yüzeyleri eriyik metalin basıncına karşı koyabilmeli, şekil değiştirmemelidir, bu yüksek yaş basma mukavemeti ve kalıp sertliği ile yerine getirilir.

2. Döküm esnasında; Kalıplama kumu döküm esnasında oluşan gazların kolayca kalıptan dışarı çıkmasını sağlamalıdır, gaz geçirgenliği, tane dağılımı, büyüklüğü, kalıp sertliği, rutubet miktarları bu özelliğin yerine getirilmesinde rol oynarlar.

2.1. Yine döküm esnasında rutubet miktarının kalıp iç yüzeylerde yoğunlaşması sonucu meydana gelen genişleme hatalarının önlenmesi için ıslak çekme mukavemeti yüksek olmalıdır.

2.2. Eriyiğin kalıbı doldurması esnasında kalıp duvarında erozyonun meydana gelmemesi gerekir, bunun içinde kalıp sertliği, yaş basma mukavemeti, kum tane büyüklüğü, kuru basma mukavemeti etkili özelliklerdir.

3. Derecelerin bozulması esnasında; Kalıpların kolay ve kısa zamanda bozulmaları gerekir, buda kil ve rutubet miktarının askari seviyeye indirilmesi ile sağlanır.

2.1. YAŞ KALIPLAMA KUMU KOMPONENTLERİ

Kalıplama kumu komponentleri, oluşturan kısımlar 2 fraksiyon içinde mütalaa edilirler, bunlar:

- -20 µm'altı ve
- +20 µm'in üstü

Aktif bentonit, ölü bentonit, kömür tozu ve külü ile ince taneli döküm kumu ve yanma kaybı -20µm altında kalan kısımdır.

Ölü bentonit kalıbın 550 C üzerindeki kısımlarında bentonitin mullit'e dönüşmesi ile oluşur. Na ve Ca-bentonitler farklı sıcaklıklarda kristal suyunu kaybeder, Na-bentonitlerin dönüşüm sıcaklığı daha yüksektir. Bu reaksiyonun meydana geldiği sıcaklık aralıkları 530-550 C ve 685-700 C olabilir. Yaş basma ve ıslak çekme gibi özelliklerin yarıya düştüğü bentonit dönüşüm sıcaklıkları dönüşüm alt sıcaklığının 100 - 150 C altındadır (1).

+20µm'nin üzerindeki kısmı döküm kumu, kuvars, bu kumu sarmış bir şekilde bulunan ve ölü bentonitin büyük kısmını oluşturan ölü bentonit ve ağırlık kaybı oluşurur.

-20µm'nin altındaki kısma toplam kil adı verilir, toplam ölü bentonit her iki fraksiyondakilerin toplamıdır, toplam ağırlık kaybıda aynı şekildedir.

Döküm kumu, yeni kum kuvarsdır. Dökülen parçanın büyüklüğüne, döküm sıcaklığına, gaz geçirgenliğine, döküm parçasından istenen yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak ortala tane dağılımı farklı olabilir.

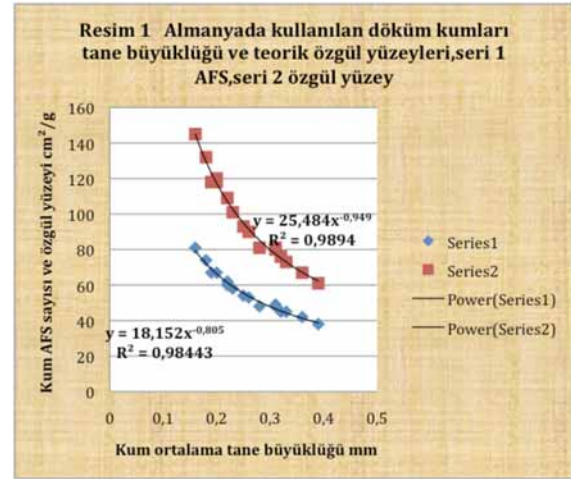
Döküm kumunda istenen diğer bir özellik, benzerlik derecesi olarak adlandırılır. Bu özellik döküm kumu tane dağılımı analizinde x-ekseninde kum tane büyüklüğü logaritmik olarak gösterildiğinde ve y-ekseninde kümülatif elek üstü değerleri taşındığında:

Benzerlik derecesi

% = Kümülatif % tane dağılımı 4/3 ortama tane büyüklüğü
Kümülatif % tane dağılımı 2/3 ortalama tane büyüklüğüdür. (1)

Döküm kumu en az % 10'u elek üstü sayıldığında, en fazla 3 elek üstünde kalmalıdır. Benzerlik derecesi döküm kumu ortalama tane büyüklüğü azaldıkça artar.

Ortalama tane büyüklüğü ile AFS sayısı ve özgül yüzey arasındaki matematiki ilişkileri Resim 1 göstermektedir.



Döküm kumunun köşelik sayısı arttıkça gerçek özgül yüzeyde artar, Alman döküm kumlarında gerçek özgül yüzey teorik özgül yüzeyin % 36'sı kadar büyüktür. Bu oranın Türk döküm kumlarında daha fazla olduğunu söylemek mümkündür.

Döküm kumlarının diğer bir önemli özelliği sinterleşme sıcaklığıdır. Sinterleşme sıcaklığı Şile kumunda 1480 C yine Alman döküm kumlarında ise 1550 C dir. Bunun nedeni SiO₂-miktarının % 99 olmasıdır.

Bentonit momtmorillonit ihtiva eden bir mineral olup dökümhanelerde kullanılan bentonitlerde bu miktar askari % 75 dir.

Döküm bentonitleri 3 gruba ayrılır, bunlar:

- Sodyum, Na, bentonitleri
- Kalsiyum, Ca, bentonitleri ve
- Soda ile aktifleştirilmiş bentonitler

Montmorillonit 3-tabakalı bir kristal yapısına sahiptir. Ortasında bir oktaeder içinde Al-atomları ve 6 köşesinde O-ve OH-iyonları ile bunun her iki tarafında (SiO₄)-4 tetraeder tabakaları bulunur.

Montmorillonitin temel formülü :

(OH)₄Al₄Si₈O₂₀ nH₂O dur.

Al iyonlarının bir kısmının Mg-iyonları ile yer değiştirmesi sonucu katyon adsorbsiyonu kapasitesi yaratılmış olur ve Na, Ca katyonlarını adsorbe eder.

Bu katyonların cinsine göre bentonitin hidrasyon ve diğer özellikleri, şişme, jelleşme gibi değişir. Şişme özelliği Na-bentonitlerde Ca-bentonitlere göre 2 katıdır.

Na ve Ca bentonitlerin döküm kumundaki etkileride farklıdır, Na-bentonitler daha yüksek kuru ve sıcak basma mukavemeti verdiklerinden, ideal karışımlar halinde kullanılırlar, bu önceden hazırlanmış karışımlarda Na-bentonit miktarı % 60 Ca-bentonit miktarı % 40 dır.

3. YAŞ KALIPLAMA KUMU ÖZELLİKLERİ

Kalıplama kumu özelliklerini kullanılan döküm malzemeleri özellikler yanında kum hazırlama sistemini oluşturan kısımlar, mikser, savurucu, soğutucu ve otomatik on line proses kontrolü belirler.

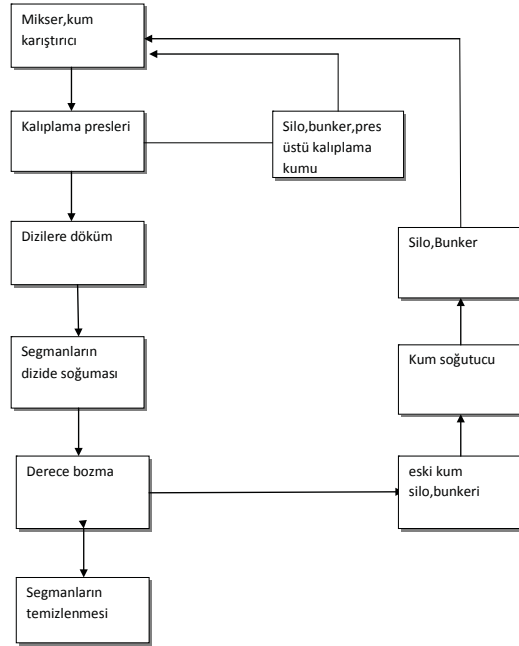
Resim 2 örnek olarak bir piston segmanı dökümhanesi kum hazırlama sistemini göstermekte olup genel olarak benzer bir durum diğer dökümhanelerde mevcuttur.

Piston segmanı dökümü bir özellik arz etmektedir, buda dizi döküm yönteminin uygulanmasıdır. Otomotiv piston segmanları çapları azami 140 mm dir. Resim 3 bir döküm segmanı göstermektedir.

Piston segmanlarının dökümünde dörtgen 335*360 mm alüminyum plaka üzerine yerleştirilmiş ve segman çapına göre değişen adetlerde model segmanı ve yolluk sistemine sahip model plaka kullanılır (Resim 4).

Diziler 35 mm kalınlığında 18 adet kalıplanmış dereceninin üst üste konulması sonucu oluşturulur. Ortalama dizi toplam dizi yüksekliği 69 cm dir. En üst derecenin üzerinde döküm havuzu vardır. Böylece dökülen derece sayısı 17 dir.

Resim 2 Kalıplama kumu hazırlama prosesi akış diyagramı
(Soğutucuya yeni kum ve bentonitin % 80'i verilmektedir)



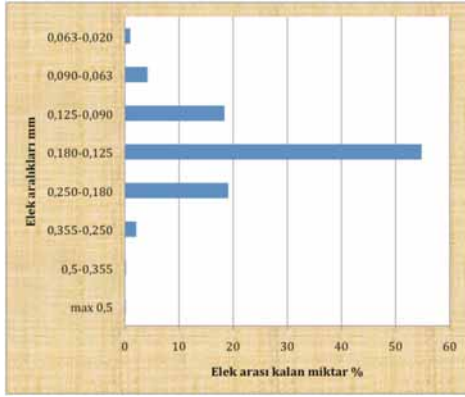
Resim 3: Bir döküm segmanı



Resim 4: Piston segmanı modeli

görülmektedir. Bozulan derecelerin kumları, sarsaklardan gelen eski kum, bir soğutucuya verilmekte ve buraya yeni kum, gereken bentonitinde % 80 verilerek , kumun bağlayıcı özelliği bakımından daha iyi bir konuma gelmesi sağlanmaktadır.

Genel olarak verilen yeni kum miktarı % 2.5 ve bentonit miktarıda % 0.4 dür. Bir piston segmanı dökümhanesinin kalıplama kumu tane dağılımıda Resim 8 de verilmiştir.



Resim 8: Kalıplama kumu tane dağılımı

Piston segmanlarının dizi dökümünde Fe/Kalıplama kumu oranı 8 olup ideal sayılabilir, buna rağmen kum hazırlama sistemine kum soğutusunun dahil edilmesi kalıplama kumu özelliklerinin daha ideal değerlere ulaşmasını sağlamaktadır.

Mikser çıkışı kum özellikleri için saptanılan ilişkiler şunlardır (Tablo 3).

Y	X	R ²	Eşitlik	Eşitlik Nr
Sıkıştırma	Rutubet	0.85	$Y=11.95*X+4.47$	3
Yığma ağırlığı kg/lt	Rutubet	0.78	$Y= -0.347*X+2.04$	4
Akıcılık	Rutubet	0.79	$Y= -38.21*X+191.57$	5
Yaş çekme mukavemeti	Islak çekme mukavemeti	0.38	$Y=7.2*X+0.91$	6
Islak çekme mukavemeti	Rutubet	0.42	$Y= -0.043*X+4.76$	7
Yaş çekme mukavemeti	Rutubet	0.37	$Y=- 0.73*X+4.76$	8
Eski kum sıcaklığı	Mikser çıkış kumu	0.59	$Y=2.05*X-21.52$	9
Islak çekme	MB değeri	0.71	$Y= 0.074*X-0.021$	10
Yaş çekme	MB değeri	0.53	$Y= 0.85*X-0.12$	11
Gaz geçirgenliği	MG değeri	0.62	$Y= -7.73*X+55$	12
Yaş basmas mukavemeti	MB değeri	0.55	$Y= 7.16*X-3.52$	13
Rutubet	MB değeri	0.38	$Y= 0.52*X+1.68$	14
Gaz geçirgenliği	Yığma ağırlığı kg/lt	0.53	$Y= -7.7*X+ 54.90$	15
Yaş basma	Rutubet	0.34	$Y= - 4.96*X+34.69$	16
Standard numune ağırlığı	Kalıplama kumu sıcaklığı	0.22	$Y=0.14*X+138.29$	17

Tablo 3: Saptanılan regresyon eşitlikleri

3.1. YAŞ KALIPLAMA KUMU ÖZELLİKLERİNİN MATEMATİKİ İLİŞKİLERİ

Kalıplama kumu mikser çıkışından sonra savurucudan geçer ve özellikler olumlu bir şekilde değişerek bantlar üzerinden kalıplama preslerinin üzerine gelir. Burada silolar seviye elektrotlarının otomatik ikazı ile sıyrıcılar tarafından dolu tutulur.

Mikserden çıkan kalıplama kumunun özelliklerinin kalıplama preslerine kadar olan değişimi Tablo 2 de verilmiştir. Bu değişimleri bant uzunluğu ve hava sıcaklığı etkilemektedir.

Özellik	Değişim	Etki derecesi %
Yaş basma mukavemeti N/cm ²	artıyor	10
Yaş çekme mukavemeti N/cm ²	artıyor	10
Yaş kesme mukavemeti N/cm ²	artıyor	20
Kuru basma mukavemeti N/cm ²	artıyor	10
Yığma ağırlığı g/lt	artıyor	20
Gaz geçirgenliği	azalıyor	10
Rutubet miktarı %	azalıyor	10
Islak çekme mukavemeti N/cm ²	artıyor	10
Sıkıştırma	azalıyor	5
Akıcılık	artıyor	5

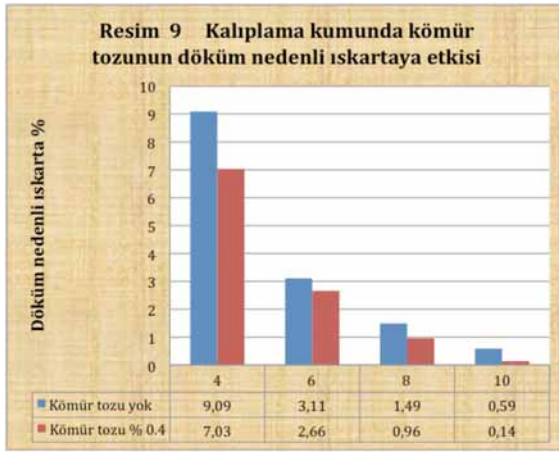
Tablo 2: Mikser çıkışı ve kalıplama presleri kalıplama kumu özellikleri değişimi

Değer sayısı n=50 olduğundan t-test (krit) P= 0.01 için 2.678 ve r² de 0.18 olarak saptanılır, buda ilişkilerin inem derecesinin % 99 üzerinde olduğunu göstermektedir.

Diğer bir değerlendirme oolitik bentonit (ölü bentonit) miktarı ile kil miktarı ve standart numune ağırlığı arasındaki ilişkiyi aşağıdaki şekilde ortaya koymuştur:
Oolitik bentonit % = 147.72+1.20*Kil(%) - 1.07*Standart numune ağırlığı (gr) 18

Piston segmanı dökümhanelerinde kalıplama kumu oolitik bentonit miktarı % 5 dir.

Uzun süreli yapılan çalışmalar kalıplama kumunda % 0.9 miktarda kömür tozunun kum nedenli iskarta miktarını azalttığını ortaya koymuştur (Resim 9).



Kömür tozunun ilavesi ile kalıp kumu yaş basma, yaş çekme, ıslak çekme, yaş çekme mukavemeti özelliklerinde % 3-5 bir azalmanın meydana geldiğini rutubet miktarının ise % 6 arttığını göstermiştir.

3.2. KARIŞTIRICI ETKİ DERESESİ

Bir kalıplama kumunda toplam bağlayıcı miktarı rutubet ihtiyacını oluşturan kısım aktif bentonit, ölü bentonit ve varsa kömür tozundan ibarettir. Toplam mevcut bağlayıcı miktarının tümü ile faydalı kılınması mikserde en üst seviyede bir karışımın meydana gelmesi için gerekli olan ve azami yaş basma mukavemeti değerinde erişilen rutubet miktarı ile erişilir.

Rutubet miktarının yaş basma mukavemetine etkisi bir diyagram üzerinde gösterildiğinde bu değer azami yaşma mukavemetini veren rutubet miktarıdır. Dökümhanelerde mikser karıştırma süreleri 60-120 sn olduklarından azami yaş basma mukavemetinin erişilecek olduğu rutubet

miktarı üzerinde çalışılmaktadır. Böylece etkin olan bağlayıcı miktarı mevcut olan bağlayıcı miktardan az olacaktır.

Genel olarak bu değer mevcut bağlayıcı miktarının % 50-74'ü arasındadır.

Kalıplama kumunun karıştırma etki derecesinin tesbitinde 3 kum özelliği incelenir:

1. Yaş basma mukavemeti N/cm²
2. Sıkıştırma % ve
3. Rutubet miktarı %

Mevcut ve etkin olan bağlayıcı bentonit miktarları aşağıdaki eşitliklerle verilir:

$$1. \text{ Toplam, mevcut bağlayıcı miktarı} \\ \% = (0.105 * \text{Yaş basma}) + (1.316 * \text{Rutubet}) \quad 19$$

$$2. \text{ Etkili bağlayıcı miktarı} \\ \% = (15.29 * \text{yaş basma}) / (132.1 - \text{sıkıştırma}) \quad 20$$

$$\text{ve karıştırma etki derecesinde doğal olarak} \\ = \text{Etkili bağlayıcı miktarı} / \text{mevcut bağlayıcı} \quad 21 \text{ yazılır.}$$

Burada yaş basma psi olarak verilmektedir. Karıştırma etki derecesinin tek bir eşitlikten saptanılmasına imkan veren bir eşitliğin bulunması için çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Bunun için Taguchi'nin L9(3⁴) standart deney planı seçilmiş ve faktörler ile seviyeleri şu şekilde belirlenmiştir (Tablo 4).

Faktörler	Seviyeler		
	1	2	3
A. Yaş basma mukavemeti N/Cm ²	20	20	22
B. Sıkıştırma %	34	36	38
C. Rutubet miktarı %	2.8	3.0	3.2

Tablo 4: Faktörler ve seviyeleri

Karıştırma etki derecesinin faktör seviyeleri için saptarılan değerleri en büyük etkinin yaş basma olduğu bunu rutubet miktarı ve sıkıştırmaı takip ettiğini göstermektedir (Tablo 5).

Faktör	Seviyeler		
	1	2	3
A	61.36	63.36	68.84
B	63.80	65.12	66.57
C	67.73	65.14	67.63

Tablo 5: Faktörlerin etkileri

Karıştırma etki derecesinin saptanılmasına imkan veren eşitlik aşağıda verilmiştir:

Karıştırma etki derecesi

$$\% = 40.33 + 1.87 * \text{Yaş basma mukavemeti} + 0.69 * \text{Sıkıştırma} - 12.25 * \text{Rutubet}$$

Burada yaş basma mukavemeti N/cm², sıkıştırma ve rutubet miktarları % dir.

Piston segmanı üreten üreten dökümhanelerde karıştırma etki derecesi % 53 - 73.4 arasında kalmaktadır. Bu dökümhanelerde yapılan değerlendirmeler döküm nedenli iskartanın karıştırma etki derecesi arttıkça azaldığını ortaya koymuştur.

STD malzeme piston segmanı üzerine yapılan incelemede elde edilen ilişki:

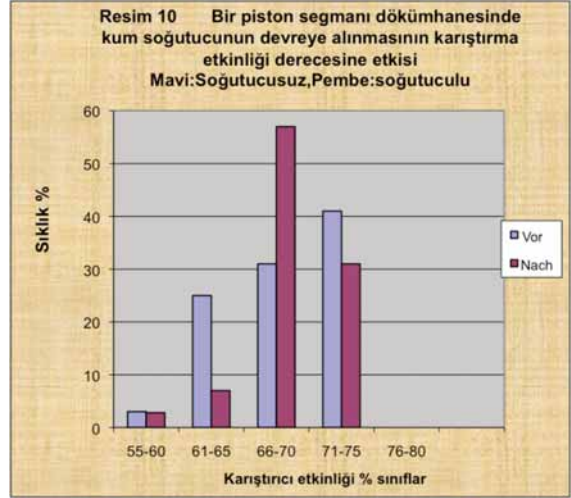
$$\text{Iskarta \%} = 30.75 - 0.348 * \text{Karıştırma Etki Derecesi}$$

$$r_2 = 0.91 \quad 22$$

Diğer dökümhanelerde de, örneğin kam mili, karıştırma etki derecesi ile döküm nedenli iskarta miktarı arasında benzer ilişkiler gözlenmiştir.

Böylece yaş kalıplama kumunun özelliklerinin iyileştirilmesinde baz bir eşitlik mevcut olmaktadır. Döküm nedenli iskartayı azaltıcı iyileştirme çalışmalarında kalıplama kumu özelliklerinin düzeyini belirleyen önemli bir ilişki mevcut olmaktadır.

Karıştırma eki derecesi kum hazırlama sisteminde bir kum soğutucusunun devreye alınması ile artmaktadır (Resim 10).



Resim 10: Karıştırma etkinliği derecesine kum soğutucusunun etkisi

Mikser karıştırma süresinin arttırılmasında karıştırma etki derecesini olumlu kılmaktadır.

Karıştırma süresi bir speed Muller Webac mikserinde 60 san. den 90 san. arttırılması sonucu kalıplama kumu karıştırma etki derecesi % 67 den % 71'e yükselmiştir(2).

KAYNAKLAR

1. Tilch W., C. Grafhorst ve W. Kleiman
Giesserei - Praxis 2/02,S.53-62
2. İzgiz S
Neşredilmemiş incelemeler Federal-Mogul 1982-2000