

KOKLAŞMAYAN AMASRA VE ARMUTÇUK KÖMÜRLERİNİN METALURJİK KOK ÜRETİMİNDE KULLANILMASI İMKÂNLARININ PİLOT FABRİKA ÇAPINDA ARAŞTIRILMASI

Ümit ÖZDEN* ve Zafer GENCER*

ÖZ.— Koklaşmayan Armutçuk ve Amasra kömürlerinin Geliştirilmiş Briket Şarj Yöntemi (Sumi-Coal System) ile metalurjik kok üretiminde kullanılması olanakları pilot çapta araştırılmıştır. Bu yöntemin uygulanması ile demir-çelik sektöründe kullanılmakta olan iyi koklaşabilir Zonguldak kömüründen veya ithal edilen yüksek kaliteli kömürlerden önemli ölçüde tasarruf etmek mümkün olacaktır. Araştırma çalışmasının sonucunda şu neticelere varılmıştır: Armutçuk ve Amasra kömürleri Geliştirilmiş Briket Şarj Yöntemine uygun kömür cinsleridir; (2) Bu yöntemin uygulanmasıyla % 25-30 oranında Armutçuk kömürü ve % 15-20 oranında Amasra kömürü Zonguldak veya ithal kömürlere ilâve edilerek metalurjik kok üretiminde değerlendirilebilir. Elde edilen kokların parça büyüklüğü, mekanik sağlamlığı, yoğunluğu, porozite ve reaktivite değerleri yüksek fırın operasyonunda hiç bir işletme problemine neden olmayacak özelliklerdedir; (3) Bu çalışmada birçok faktörün tam olarak bilinmemesinden dolayı fizibilite çalışması için oldukça basit kabuller yapılmıştır; fakat projenin gerçekleşmesi yönünden önem taşımaktadır. Kullanılan dataların bir kısmı Ereğli Demir ve Çelik Fabrikalarından, diğer bir kısmı da Japonya'daki gerçek operasyon şartlarından alınmıştır. Ereğli Demir ve Çelik Fabrikalarının ham çelik üretimi 2.0 mil. T/y, pik demir üretimi 1.5 mil. T/y ve toplam kok tüketimi 1.1 mil. T/y olarak saptanmıştır. Operasyon kok fırınlarının üzerindeki kömür kulesine bağlı şarj konveyörüne göre zamanlanarak briket bunkerleri yapımından tasarruf edilecektir. Koklaşmayan kömür, mevcut bulunan ana kömür bunkerinden alınacak ve parça büyüklüğü % 80 i - 3.0 mm olacaktır. Bütün mekanik, elektrik ve enstrümental ekipmanın Japonya'dan FOB fiyat üzerinden temini öngörülmüştür. Koklaşabilir Zonguldak kömürü 14 900 TL/t, koklaşmayan Armutçuk 13 200 TL/t, Amasra kömürü 9 200 TL/t ve zift 25 000 TL/t fiyatı üzerinden yapılan fizibilite çalışmalarına göre bu proses Ereğli Demir ve Çelik Fabrikalarında uygulanırsa, kısa bir süre içerisinde kendini karşılayacaktır. Zonguldak kömürüne % 25 oranında Armutçuk katılarak ton kok başına 1.0 US \$, % 20 Amasra kömürü katılarak 3.0 US \$, koklaşan ve koklaşmayan kömürlerin ithal edilmesi halinde ise 6.0 US \$ tasarruf sağlanabilecektir.

GİRİŞ

Dünya mevcut kömür rezervlerinin % 10 unu antrasitler, % 20 sini koklaşan kömürler, % 40 ını koklaşmayan kömürler ve % 30 unu da linyitler teşkil etmektedir. Bunlardan sadece koklaşan kömürler tek başlarına metalurjik kok verebilmektedir. Bu şartlar altında, zayıf koklaşan veya hiç koklaşmayan kömürlerin mümkün olan en fazla oranda metalurjik kok üretiminde kullanılması, bir başka deyimle metalurjik kok üretimine elverişli kömür bazının genişletilmesi amacıyla tüm dünyada araştırma çalışmaları yapılmaktadır. Kömürün bir ön işleme tabi tutulması (Wagener ve Ergün, 1978), precarbon prosesi (Wagener, 1978; Rhode, 1974; Flockenhaus, 1974) sıkıştırılmış şarj tekniği (Wagener, 1978; Zielinski, 1972), geliştirilmiş briket şarj yöntemi (Nacamura ve diğerleri, 1977; Sumi-Coal System, 1977) ve formed-coke prosesleri (Wagener ve Ergün, 1978; Zielinski, 1972; Nacamura ve diğerleri, 1977; Sumi-Coal System, 1977; Wagener ve diğerleri 1977; Ahland ve diğerleri, 1976), yeni geliştirilen teknolojilere örnek olarak verilebilir.

Türkiye'nin yegâne koklaşan kömür kaynağı Zonguldak'ta olup, çıkarılabilecek toplam rezerv 800 milyon ton civarındadır. Normal üretim kayıplarının % 30 ve Lavvar veriminin % 60 olduğu kabul edilirse, değerlendirilebilecek miktar 336 milyon ton olarak hesaplanabilir. Yıllık ortalama

* Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Teknoloji Dairesi, Ankara.

üretim miktarının 4.5 milyon ton olması halinde havzanın ömrü 75 yıl olarak tahmin edilebilir. Çizelge 1 de Türkiye'nin koklaşan kömür arz ve talep durumu özetlenmiştir. Görüldüğü gibi, kok kömürü açığı planlanan demir-çelik kapasitesindeki artışa paralel olarak artmaktadır. Toplam Zonguldak üretiminin % 60 ının demir-çelik tesislerine verilmesi halinde, Türkiye koklaşan kömür ithalatına 1982 yılında 205.8 milyon dolar, 1986 yılında ise 1.485 milyar dolar ayırmak zorunda kalacaktır.

Çizelge 1 - Türkiye'nin koklaşan kömür arz ve talep durumu

Koklaşan kömür ihtiyacı (x 10 ⁶ ton)	1982	1986
ERDEMİR	18	38
İSDEMİR	20	60
KARABÜK	10	10
TOPLAM	48	108
Optimal Zonguldak kömürü üretimi (x10 ⁶ ton)	45	45
Zonguldak kömürü üretiminin %60 oranında Demir - Çelik Endüstrisine tahsisi halinde (x10 ⁶ ton)	27	27
İthal edilmesi gereken kömür miktarı (x10 ⁶ ton)	21	99
Tahmini koklaşan kömür fiyatı (\$/ton)	98	150
Koklaşan kömür ithali (\$)	205.8x10 ⁶	1485x10 ⁶

Bu durumda alınması gereken önlemler iki grupta toplanabilir:

a. Kısa vadede: Geliştirilmiş Briket Şarj Yönteminin (Sumi-Coal System) uygulanmasıyla iyi

koklaşan kömürlerden (Zonguldak veya ithal kömürü) % 25-30 oranında tasarruf edilebilir;

b. Uzun vadede: Yeni kurulacak demir ve çelik fabrikaları % 70 e kadar zayıf koklaşan veya koklaşmayan kömürlerin metalurjik kok üretiminde kullanılması imkânını veren formed-coke (yapay kok) proseslerine dayanacak şekilde planlanmalıdır.

Türk Demir ve Çelik Endüstrisinin metalurjik kok temini probleminin çözümüne katkıda bulunmak gayesiyle yapılan bu çalışmada, koklaşmayan Armutçuk ve Amasra kömürlerinin veya koklaşabilen kömürlere göre çok daha ucuza ithal edilebilecek aynı kalitedeki yabancı kömürlerin, metalurjik kok üretiminde en yüksek oranda kullanılmasına imkân vermesi bakımından Sumi-Coal Prosesi seçilmiştir.

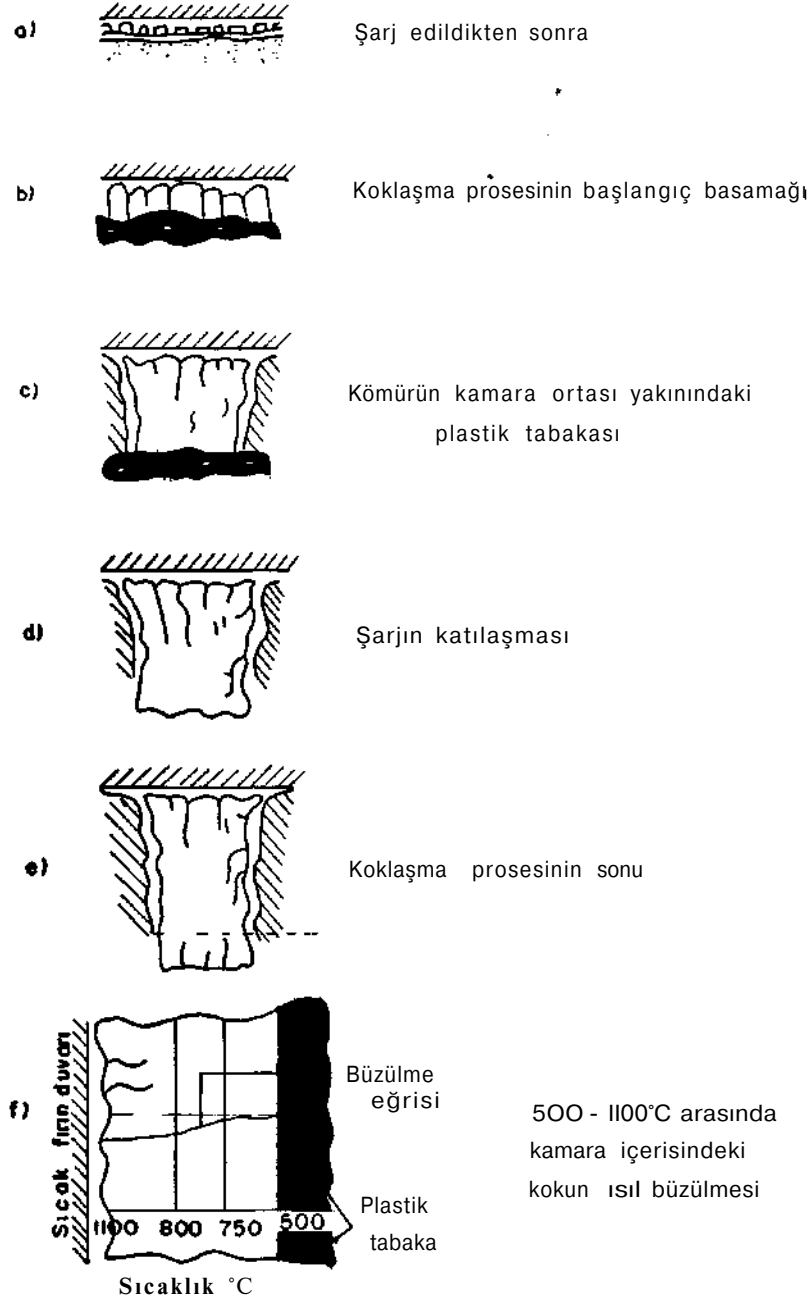
Mevcut kok fabrikalarında bir değişiklik yapılmadan bu yöntemin uygulanabilmesi de, proses seçiminde önemli bir etken olmuştur.

Çalışmada kullanılan Zonguldak, Armutçuk, Amasra kömürleri ve bağlayıcı olarak kullanılan zift, TKİ Kurumu tarafından temin edilmiştir. Kömürlerin kırma hazırlama işlemi Maden Tetkik ve Arama Enstitüsünde yapıldıktan sonra, değişik karışım oranlarında, Armutçuk, Amasra ve Zonguldak kömürlerinden altı tip briket (her karışımdan 1.5 ton olmak üzere) TKİ-Ankara Briket Fabrikasında üretilmiştir. Karbonizasyon denemelerinde, Ereğli Demir ve Çelik Fabrikalarındaki 400 kg kapasitede ve endüstriyel kok kamarası genişliğine sahip, kok gazı ile ısıtılan pilot çaptaki koklaşma test fırını kullanılmıştır.

KOK ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Metalurjik kok, kırılmış kömürün havasız ortamda 14-19 saat süreyle dar koklaştırma kamara-larında ısıtılmasıyla elde edilmektedir. Isıtma sırasında, öncelikle kömür yumuşamakta, eriyerek aynı zamanda hidrokarbonlar bozunmakta ve tekrar katılaşarak, poröz, sert, katı kok oluşmaktadır. Karbonizasyon prosesi geniş bir sıcaklık aralığında olmakta ve kömürün farklı komponentleri değişik sıcaklıklarda karmaşık fiziko-kimyasal reaksiyonlar vermektedir. Dolayısıyla karbonizasyon esnasında kömürün geçirdiği değişiklikleri, içerdiği farklı komponentlere ve sıcaklığa bağlı olarak açıklamak mümkündür.

Kömür, başlıca reaktif ve inert bileşiklerden oluşmaktadır. Karbonizasyon sırasında reaktif ve inert komponentler, reaktif vitrinoid, semi-fusinoid, eksinoid ve resinoid olup, inert komponentler ise inert vitrinoid, inert semi-fusinoid, mikrinoid ve mineral maddelerden oluşmaktadır. Reaktif komponentler inert komponentlere oranla ışığı daha fazla yansıtmakta olup, ısıtıldığı zaman yumuşamakta, eriyerek oldukça akışkan bir hale gelmektedir. Karbonizasyon esnasında eriyen reaktif komponentler, inert komponentleri bağlayarak sağlam bir kütle oluşturmaktadır. Ancak iyi kalitede kok üretimi için reaktif ve inert komponentlerin kömür içerisinde uygun oranda bulunması gerekmektedir. İntert komponent miktarındaki yetersizlik kok mukavemetini azaltmaktadır. Çünkü koklaşma esnasında gaz çıkışı nedeniyle kömür bünyesinde büyük boşluklar oluşmakta, eğer yeteri kadar inert komponent bulunmuyorsa meydana gelen çok gözenekli yapı kok sağlamlığını düşürmektedir. İntert komponentlerin çok fazla olması halinde de aynı durum ortaya çıkmakta, inert komponentleri saracak yeterli reaktif komponent olmaması nedeniyle elde edilen kokun mukavemeti düşük olmaktadır. Bu nedenle maksimum kok mukavemeti elde etmek için inert maseral miktarıyla reaktif maseral miktarı arasında optimal bir oran vardır (Schapiro ve diğerleri, 1961). Karbonizasyon işleminin geçirdiği değişiklikler Şekil 1 de görülmektedir.



Şek. 1 - Kamara içerisinde koklaşma basamakları.

Koklaştırma prosesinin 300°C ye kadar olan ilk basamağında kömürdeki oksijen, karbondioksit ve suya dönüşerek gaz halinde uzaklaşmaktadır. Bu nedenle karbonizasyonun bu ilk basamağını kömürün kömürleşme sürecinin bir devamı olarak düşünmek mümkündür. 300°C ile 400°C sıcaklık aralığında kömürdeki reaktif komponentler yumuşamakta ve gaz çıkışı başlamaktadır. Kömür içindeki hidrokarbonlar ve bazı gruplar bozunarak, düşük molekül ağırlıklı bileşiklere dönüşmekte ve ortamdan gaz halinde uzaklaşmaktadır. 450°C civarında gaz çıkışı nedeniyle oluşan kabarcıklar büyüyerek eri-

memiş inert bileşikleri iterek birbirlerine yaklaştırmaktadır. Bu sıcaklıkta akışkan halde bulunan reaktif komponentler inert maddelerin üzerinde sıvı bir film oluşturarak, erimemiş partiküllerin içinde dağıldığı erimiş bir kütle oluşmaktadır. Yumuşama ve erime basamağında plastik tabakanın genişliği ve sıcaklık aralığı kritik olup, bu basamak bozunmayı ve bozunma sonunda oluşan uçucu maddelerin yoğunlaşmasını, dolayısıyla inert bileşiklerin birbirleriyle bağlanmasını kontrol etmektedir. Kömürün yeterli miktarda yumuşama ve erime göstermediği durumlarda uçucu maddeler yoğunlaşarak çatlakların oluşmasına ve dolayısıyla zayıf kok üretimine neden olmaktadır.

Erimiş plastik kütle 500-600°C arasında katılaşarak poröz-katı semikok vermektedir. Kokun yapısındaki gözenek ve çatlaklar, eriyerek semikok halinde katılaşmış kütle 1000°C ye kadar ısıtılması esnasında meydana gelen büzülmeden kaynaklanmaktadır. Kokta çatlakların oluşmasına neden olan bir diğer etken de koklaşma süresidir. Hızlı ısıtma ile çok sayıda küçük çatlaklar oluşmakta ve elde edilen kokun mekanik sağlamlığı düşük olmaktadır.

Kokun yüksek fırın operasyonundaki fonksiyonları

Yüksek fırın prosesi; demir cevherinin, aşağıdan yukarıya doğru hareket eden gazlarla ısıtılması ve fırın boyunca aşağıya doğru hareket ederken indirgenmesi şeklinde düşünülebilir. Bu karmaşık prosese, kokun yüksek fırın içerisindeki esas fonksiyonları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- a. Üflenmiş sıcak hava içindeki oksijen ile reaksiyona girerek demir cevheri ve cürufun eritilmesi ve demir cevherinin indirgenmesi için gerekli ısının bir kısmını sağlar (kalorifik fonksiyonu);
- b. Oksijen ve karbondioksit ile reaksiyona girerek proses için gerekli indirgeyici gazları üretir (kimyasal fonksiyonu);
- c. Erimiş metal ve cürufun fırın içinde aşağıya hareketini önlemeyecek, aynı zamanda indirgeyici sıcak gazların yüksek fırın içerisinde homojen dağılmasına imkân tanıyacak, sağlam, poröz ve geçirgen bir yatak oluşturur (mekanik fonksiyonu) (Nacamura ve diğerleri, 1977; Dartnell, 1977; Hatano, 1976; Wilkinson, 1964; Nixon ve Brooks, 1969; Giedroyc ve Mathieson, 1969; Elliot, 1969).

Belirtilen rollerden çıkarak, ideal bir yüksek fırın kokunun maksimum oranda karbon içermesi, düşük küllü ve kükürtlü olması, karbondioksit ve subuharına karşı reaktivitenin belli sınırlar içinde kalması, uygun porozitede, dar bir parça dağılımında ve özellikle mekanik olarak sağlam olması arzu edilir. Yüksek fırın teknolojisindeki son gelişmelerle tüyerlerden yüksek sıcaklıkta hava üflenerek ve yakıt enjeksiyonu yapılarak ilk iki fonksiyonun önemi azaltılmıştır. Bir ton pik demir için 440 kg kok sarfiyatı ve 1300°C üfleme sıcaklığıyla işletilen modern bir yüksek fırında gerekli olan ısının % 40'ından fazlası kızgın hava üflenerek sağlanmaktadır. Birtakım hidrokarbonların enjeksiyonu ile de indirgeyici gaz miktarı artırılmaktadır. Böylece kokun kalorifik ve kimyasal fonksiyonlarının yüksek fırın operasyonundaki rolü azaltılmaktadır.

Modern yüksek fırın teknolojisindeki eğilim, kokun mekanik fonksiyonlarının diğer fonksiyonlarına göre daha fazla önem kazanması doğrultusundadır. Fiziko-mekanik özellikleri yetersiz olan bir kokun yaratacağı problemler şunlardır:

- a. Yüksek fırın gazında toz miktarının artması;
- b. Yumuşama ve erime tabakalarının düzensiz bir şekilde dağılması ve geçirgenliğin azalması;
- c. Kırılmış ve ufalanmış kok parçalarının artması, erimiş demir ve cürufun süzülerek akmasına engel olacağı için fırın duvarlarında ısı birikmesine neden olması;
- d. Merkezî kok kolonunda çok zayıf bir ısı dağılımı olacağından, fırının alt kısmında sıcaklık düşmelerinin meydana gelmesi.

Konvansiyonel kok üretimi

Mevcut demir-çelik tesislerinde kok üretimi, % 80-85 i 3 mm tane boyunun altına kırılan koklaşabilir kömürler veya bu kömürlere en fazla % 5-10 oranında koklaşmayan kömürlerin ilâvesiyle hazırlanan karışımın kok kamaralarında karbonize edilmesi ile yapılmaktadır.

Konvansiyonel yatay kok fırınları karbonizasyon gazlarının yakılmasıyla indirekt ısıtılan, dik açılı kamaralardan oluşmaktadır. Bu kamaraların genişliği 38-50 cm dir. Yan duvarlardan ısıtılan kamaraların her iki tarafında kapılar olup, kömür üstteki deliklerden şarj edilmektedir. Koklaşma süresi sonunda ön ve arka kapılar açılmakta, kok fırınından söndürme arabasına itilmekte ve üzerine su püskürtülerek söndürülmektedir.

Kömür karışımlarının hazırlanmasında en önemli nokta karışım kompozisyonunun saptanmasıdır. Elde edilecek kokun yapısı ve özellikleri esas olarak kömür harmanının kompozisyonuna bağlıdır. Karışımı oluşturan kömürler arasındaki yaş farkı ne kadar fazla olursa, kok yapısı da o ölçüde heterojen olmaktadır. Basit harmanlama yönteminde; harmanlanacak kömür sayısı, karışımın ortalama uçucu madde miktarı, kömürlerin tane irilikleri, karışımındaki nem miktarı ve diğer katkı maddeleri elde edilecek kokun sağlamlığını etkileyecek değişkenlerdir.

Geliştirilmiş Briket Şarj Yöntemi (Sumi-Coal System)

Bu proseste koklaşan ve koklaşmayan kömürler gerekli tane boyuna kırılır ve bağlayıcı (katran ve zift) ile birlikte karıştırılır. Yoğurucuda, buhar enjeksiyonu ile yumuşayan bağlayıcı, kömür tane-ciklerinin arasına girerek etraflarını sarar. Bu karışım roll-preslerde briketlendikten sonra toplam şarj içerisinde % 30-35 briket, % 65-70 ince kırılmış kömürle karıştırılarak klasik kok kamaralarına verilir. Genel olarak, konvansiyonel kok fırınları itici makine (süngü) ile boşaltılmaktadırlar. Konvansiyonel bir fırına % 100 briketlenmiş kömürün verilmesi halinde, fırın duvarlarını parçalamadan kokun boşaltılması mümkün olmamaktadır. Bu sebeple klasik kok fırınlarına toplam şarjın % 35-40'ından fazla briket vermek mümkün değildir.

Sumi-Coal Systeminin uygulanmasıyla % 20-30 oranında az koklaşan veya koklaşmayan kömürler kullanılmakta ve iyi kalitede ürün elde edilmektedir. Bu sistemle elde edilen koklar 5000 m³ lük en büyük yüksek fırınlarda dahi, başarıyla kullanılmaktadır. Prosesin akım şeması Şekil 2 de görülmektedir.

Kömürün briketlenerek karbonize edilmesinin kok kalitesiyle ilişkisi

Briket karışım yöntemiyle kok sağlamlığı birçok sebeplerden dolayı artmaktadır. Briketlerin içinde kömür parçacıklarının birbirlerine yakınlığı, basit harmanlamaya göre daha fazla olması nedeniyle briketleşmiş kömürün koklaşma özelliği artmaktadır. Çünkü, koklaşma sırasında kömürün büzülmesi azalmakta, kömür parçacıkları arasındaki kekleşme olayı daha yoğun bir şekilde olmakta ve piroliz sıcaklıklarının yükselmesiyle kekleşen komponent miktarı artmaktadır. Bunların yanında briketleme yöntemi ile şarjın yığın yoğunluğu yükselmekte ve buna bağlı olarak da kok sağlamlığı artmaktadır.

Kömürün kekleşmesi ile genleşme ve şişme karakteri birbiriyle yakından ilgilidir. İnce kırılmış kömür arasında bulunan briketler 300°C den sonra hızla şişmekte ve en fazla genleşme 400°C civarında olmaktadır. Diğer taraftan, briket içinde yumuşama-erime bölgesindeki gaz basıncı, karıştırıldığı kırılmış kömüre göre üç kat daha fazladır. Bunlara bağlı olarak, briket ince kömür karışımı kok kamarasında karbonize edildiğinde, briketler yumuşama ve erime sırasında belirgin bir gaz çıkışıyla genleş-

c. Dilatometre testi (UN Publication-Nr; 1956 I.E.4)

d. Elek analizi (ASTM standardı kullanılmıştır)

Deney sonuçları Çizelge 2 de görülmektedir.

Çizelge 2 - Briketlemede kullanılan Zonguldak, Armutçuk ve Amasra kömürlerinin özellikleri

		ZONGULDAK (Havada kuru)	ARMUTÇUK (Havada kuru)	AMASRA (Havada kuru)
KISA ANALİZ	Su %	1.20	2.00	4.80
	Kül %	16.22	14.86	12.74
	Uçucu Madde %	26.40	29.47	33.45
	Sabit Karbon %	56.18	53.67	49.01
	Toplam Kükürt %	0.36	0.52	0.81
	Serbest kabarma indeksi	7.0	2.5	1.5
DILATOMETRE	Yumuşama noktası °C	380	377	380
	Dilatasyon başlama temp °C	414	-	-
	Maksimum dilatasyon temp °C	470	-	-
	Büzülme %	31.29	20.94	8.13
	Genleşme %	64.14	-	-
	Toplam genleşme %	95.43	-	-
	Uluslararası Sınıflandırma Ng	534	711	711
ELEK ANALİZİ	+ 5.6mm. %	1.11	1.70	0.51
	- 5.6mm. + 4.0mm. %	2.26	5.96	2.04
	- 4.0mm. + 2.8mm. %	3.50	46.61	4.50
	- 2.8mm. + 1.0mm. %	49.12	38.78	52.66
	- 1.0mm. + 0.5mm. %	24.85	2.37	25.70
	- 0.5mm. + 0.212mm. %	12.74	3.06	12.59
	- 0.212mm. %	6.12	1.29	1.65

Deney şartları

Sonuçların irdelenebilmesi için Geliştirilmiş Briket Şarj Yönteminin yanında, klasik basit harmanlama yöntemiyle de çalışmalar yapılmıştır.

Basit harmanlama deneyleri. — Basit harmanlama deneyleri için Zonguldak ve Armutçuk kömürleri % 85 i 2,8 mm lik elekten geçecek şekilde kırılmış ve bütün deneylerde tane iriliği sabit tutulmuştur. Şarj nem miktarı ise % 11 olarak alınmıştır.

Kömür karışımı, yığın yoğunluğu ölçümü yapıldıktan sonra şarj arabasına yerleştirilmiştir.

Şarj yığın yoğunluğu basit harmanlama denemelerinde 920 kg/m^3 tür.

Geliştirilmiş briket şarj deneyleri. — a. Armutçuk, Amasra ve Zonguldak kömürlerinin bağlayıcıyla briketlenmesi: Bağlayıcı olarak kullanılan ve kömür katranının damıtma ürünü olan zift, Ankara Briket Fabrikasından temin edilmiştir. Kullanılan ziftin özellikleri: Nem % 6,0, kül %2,8, kükürt % 0,87, uçucu madde % 57,32, sabit karbon % 33,88, yumuşama noktası 79°C , benzende çözünmeyen % 21,5.

Bu proste kullanılan briketlerin sağlamlıklarının çok fazla olması gerekmediğinden, her çeşit bitümlü madde (kömür katranı, zift, petrol zifti vb.) kullanılabilir.

Kırılan Armutçuk, Amasra, Zonguldak kömürleri ve zift gerekli oranlarda karıştırılmıştır. Briketleme işlemi TKİ-Ankara Briket Fabrikasında yapılmıştır. Kömür-bağlayıcı karışımı yaklaşık 80°C de yoğrularak roll-preste briketlenmiştir. Briketlerdeki bağlayıcı miktarı % 10 olarak sabit tutulmuştur. Üretilen briketlerin karışım oranları Çizelge 3 te görülmektedir.

b. Şarj hazırlanması: Hesaplanan miktarlarda Zonguldak kömürü briketlerle karıştırılmış ve % 11 lik sabit şarj nemini elde edebilmek için gerekli su ilâve edilmiştir. Bu deneylerde ortalama yığın yoğunluğu 995 kg/m^3 olarak saptanmıştır.

Karbonizasyon işlemi. — Karbonizasyon işlemi, duvarları 1200°C ye kadar ısıtılabilen 400 kg lık pilot çapta bir test fırınında yapılmıştır. Fırının kamara genişliği 43,2 cm, derinliği 121 cm ve yüksekliği 91,4 cm dir. Fırın, karbonizasyon gazlarıyla ısıtılmaktadır. Karbonizasyon şartları bütün deneylerde sabit tutulmaya çalışılmış ve duvar sıcaklığı 1150°C de korunmuştur.

Kömür-briket karışımı şarj arabasına yüklenerek üstteki delikten fırına dökülmüş ve şarj seviyesi ayarlanmıştır. Karbonizasyon süresi geliştirilmiş briket şarj denemelerinde 18 saat, basit harmanlama denemelerinde 17 saat olarak ayarlanmıştır. Bu sürenin sonunda fırının boşaltma kapısı açılarak kok arabalarla dışarı alınmış ve üzerine su sıkılmak suretiyle söndürülmüştür.

Üretilen koklarda kalite tayini

Etüvde kurutulduktan sonra kokların ASTM standartlarına göre elek analizleri, tambur ve shatter testleri yapılmıştır. Ayrıca görünür ve gerçek yoğunlukları, Poroziteleri, reaktiviteleri, kimyasal analizleri ile toplam kükürtleri ISO standartlarına göre tayin edilmiştir. Yapılan testlerin ve analizlerin sonuçları Çizelge 3 te verilmiştir.

DENEYLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Şarj hazırlanması

Geliştirilmiş Briket Şarj Yönteminin endüstriyel uygulamalarında, % 30 oranında briket ilâvesinin şarj yığın yoğunluğunu % 8-9 artırdığı bilinmektedir. Yapılan çalışmada basit harmanlama denemelerine göre, briket karışımı şarjların yığın yoğunluğunun hemen hemen aynı oranda arttığı görülmüştür.

Çizelge 3 - Kok numunelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Deneş No	Biriket (%)	Kırımsız Komur (%)	Biriket içindeki komur ve bağlayıcı karışım oranları (Original nemde %)				Sarı Kompozisyon (Kuru bazda %)				Sarı UM (Güç) Miktar (skd %)	Kok yeri (%)	UM (Üçü) (%)	Göbüt Karbon (%)	KMI (%)	Kükürt (%)	KOK ÖZELLİKLERİ				% aktifite	
			Zonguldak	Amnük	Amstro	Bağlayıcı	Zonguldak	Amnük	Amstro	Bağlayıcı							Tambur Testi	T ₂₅	T ₆	T ₂₅		T ₆
1	21.44	78.56	20	70	10	82.88	15	2	12	33.25	72.7	0.86	80.14	19.00	0.56	49.1	70.6	53.1	75.6	1.02	49.3	33.96
2	28.58	71.42	20	70	10	77.18	20	2	82	33.18	80.8	0.81	81.89	17.29	0.62	47.8	70.8	51.8	75.8	0.98	51.4	37.13
3	31.24	68.76	10	80	10	71.91	25	3	09	33.65	83.9	0.62	82.69	16.69	0.61	46.9	65.5	50.9	70.9	0.97	51.6	39.03
4	37.49	62.51	10	80	10	66.29	30	3	70	34.60	78.5	0.80	80.35	18.85	0.60	44.1	64.1	48.1	69.1	1.00	49.8	44.93
5	-	100	-	-	-	95	15	-	-	32.66	77.8	0.85	79.31	19.85	0.56	46.7	62.7	50.7	67.7	0.97	52.6	38.14
6	-	100	-	-	-	80	20	-	-	32.52	75.6	1.01	79.99	19.01	0.52	45.3	59.7	49.3	64.7	0.98	51.5	44.20
7	-	100	-	-	-	75	25	-	-	32.43	75.6	0.80	79.40	19.80	0.57	42.2	54.4	46.2	59.1	1.05	48.7	45.05
8	25.33	74.67	30	60	10	82.45	-	15	2.55	33.16	74.9	0.61	80.05	19.35	0.60	45.6	56.0	49.6	63.0	1.07	47.4	35.18
9	33.77	66.23	30	60	10	76.61	-	20	3.39	33.84	78.15	1.02	80.60	18.39	0.71	45.8	61.8	49.8	66.8	0.97	51.7	40.10
10	36.04	63.96	20	70	10	71.37	-	25	3.63	34.55	77.5	1.13	80.08	18.79	0.50	43.8	56.0	47.8	63.0	0.95	52.1	43.20

Önemli bir karbonizasyon parametresi olan toplam şarj nemi, işletme şartları göz önüne alınarak % 11 olarak tutulmuştur. Bu çok yüksek olan nem miktarı kok kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Şarj nem miktarının % 3-6 olması halinde, yığın yoğunluğunun kokun fiziko-mekanik özelliklerine olan etkisinin daha belirgin olduğu, şarj neminin % 9 u aşması halinde ise kok kalitesinin nem

miktardan daha çok etkilendiği bilinmektedir. Bu sebeple deneylerde kullanılan % 11 lik şarj nem miktarı, Geliştirilmiş Briket Şarj Yönteminin yığın yoğunluğunda artış sağlayarak, şarjın koklaşma özelliklerini geliştirme etkisini önemli ölçüde azaltmıştır.

Briketleme işlemi

Briketleme işlemi, normal olarak kok tozunu ziftle briketleyerek ev yakıtı üreten Ankara Briket Fabrikasında yapılmıştır. Metalurjik kok üretiminde kullanılacak kalitede briket üretimine uygun olmayan bu fabrikada iyi bir karıştırıcı bulunmaması, briket boyutlarının büyük olması gibi olumsuz faktörlerle karşılaşmıştır. En önemlisi de, yoğurucu işletme sıcaklığının en fazla 80°C ye çıkarılabilmesi sebebiyle yumuşama noktası 79°C olan bağlayıcının yeterli miktarda eriyip, kömür parçalarını saramaması olmuştur. Yoğurucu sıcaklığının, bağlayıcının yumuşama sıcaklığından 15°-25°C yüksek olması gereklidir.

Briket boyutlarının büyük olması (yaklaşık 55 gr) şarj içinde homojen olarak dağılımlarını önleyen bir diğer faktördür. Aynı zamanda büyük briketler daha büyük çatlakların oluşmasına neden olmaktadır. Yöntemin endüstriyel uygulamasında 20-30 gr lık yarı büyüklükte briketler kullanılmaktadır.

Fırın operasyonu ve karbonizasyon işlemi

Yığın yoğunluğunu hesaplayabilme imkânlarının yetersiz olması nedeniyle koklaşma süreleri tahminî olarak basit harmanlanmış deneylerinde 17 saat, Geliştirilmiş Briket Şarj Deneylerinde 18 saat olarak alınmıştır. Ayrıca fırın ve kok merkez sıcaklıklarının ölçülememesi, gerçek karbonizasyon şartlarının belirlenmesini kısmen engellemiştir.

Fırın duvarlarından birinin yeterli derecede ısınmaması, şarjın bir taraftan diğer tarafa kıyasla daha hızlı ısınmasına ve kok merkez çizgisinin kaymasına neden olmuştur (Foto 1,2).

Buna bağlı olarak fırının değişik bölgelerinden alınan kokların mekanik sağlamlıkları farklı olup, kok kalitesi gerekli ölçüde homojen olmamıştır.

Kok parça büyüklüğü

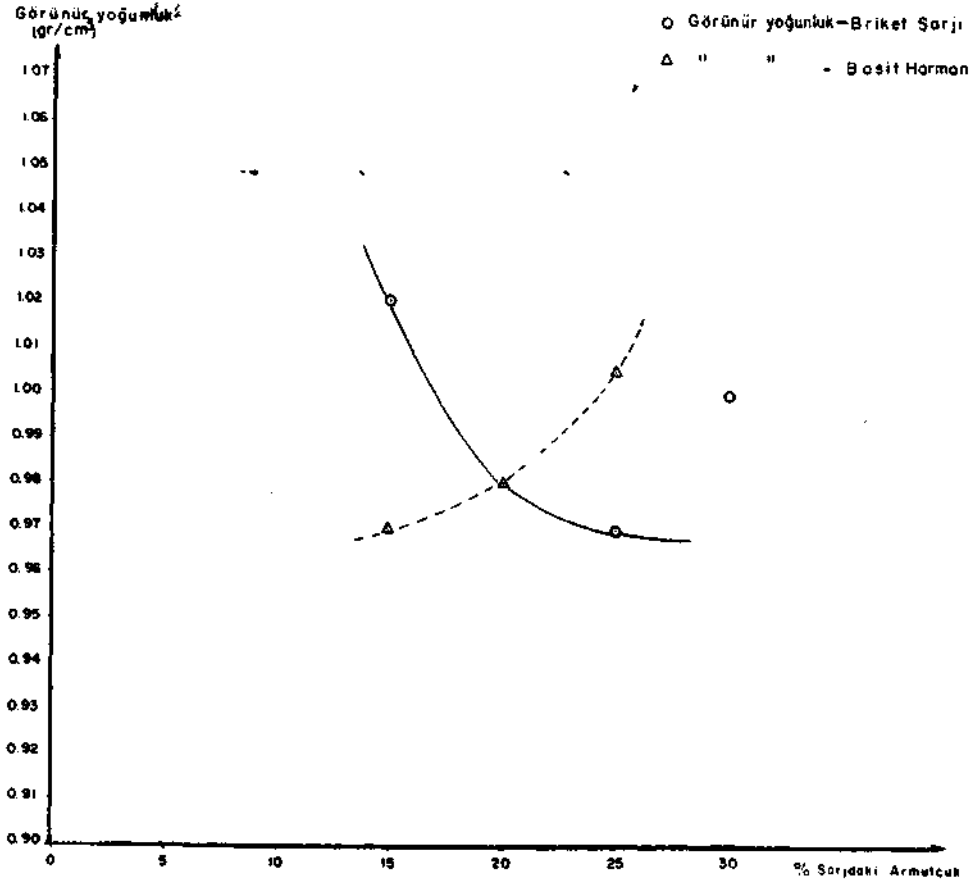
Karbonizasyon süresi kok parça büyüklüğünü etkileyen en önemli faktördür. Normal koklaşma işleminde, merkez çizgisi orta pozisyonda ve en büyük kok parçası da fırın genişliğinin yarısı kadar olmalıdır. Ancak, yapılan deneylerde düzgün olmayan ısıtma nedeniyle kok parça büyüklüğü dağılımında sarpmalar olmuştur.

Kok görünür ve gerçek yoğunluğu

Görünür ve gerçek yoğunluk ölçümlerini etkileyen en önemli faktör, numunenin alınma işlemidir. Şekil 3 ve 4 ten görüleceği gibi, Geliştirilmiş Briket Şarj Deneylerinde, görünür yoğunluk değerleri artan Armutçuk ve Amasra miktarıyla ters orantılı olarak azalmaktadır. Basit harmanlama deneylerinde ise beklenen sonucun tersi gözlenmiştir.

Porozite

Şekil 4 ve 5 ten görüleceği gibi yüksek uçuculu Amasra ve Armutçuk kömürlerinin karışım içerisindeki miktarlarının artmasına paralel olarak, elde edilen kokların Poroziteleri de artmaktadır (Şek. 6). Basit harmanlama deneylerinde kok porozitesinin artan Armutçuk ve Amasra miktarıyla azalması beklenmeyen bir davranıştır.



Şek. 3 - Şarjdaki Armutçuk kömürü yüzdesinin kokun görünür yoğunluğuna etkisi.

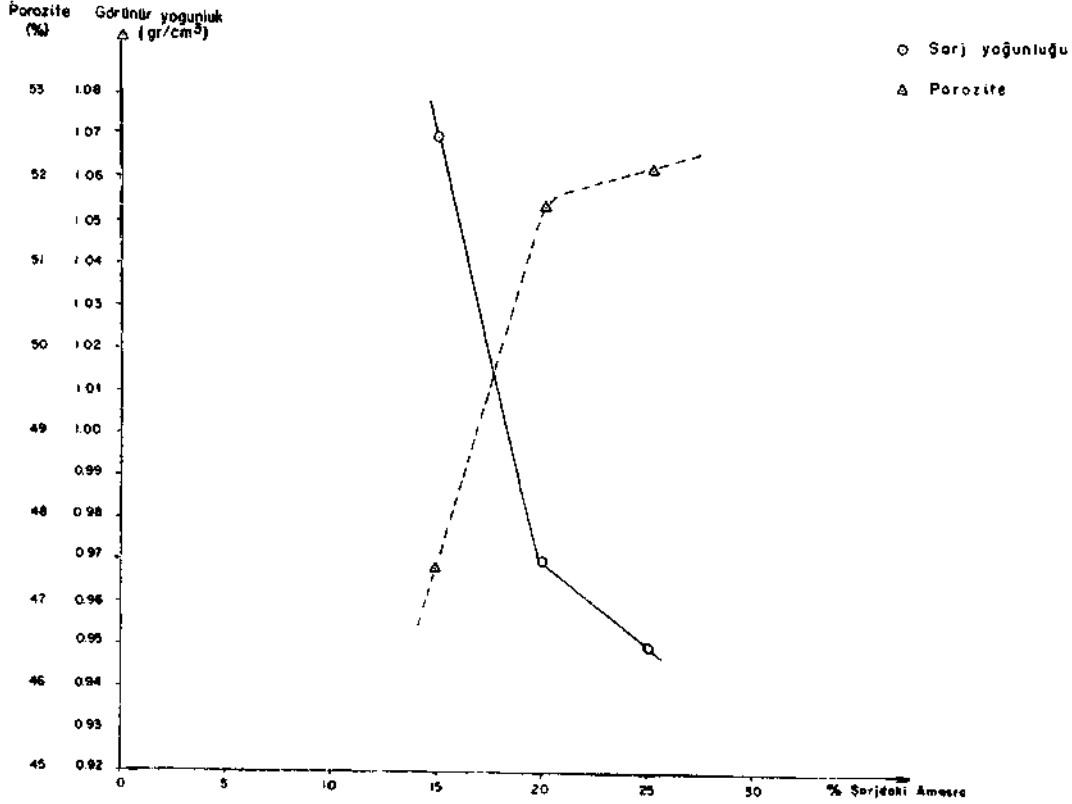
Bir yüksek fırın kokunda istenen porozite % 42-52 olmalıdır (Graham, 1969). Bu nedenle geliştirilmiş Briket Şarj Yöntemine göre % 25-30 Armutçuk ilâvesiyle elde edilen % 51.6, % 49.8 ve % 15-20 Amasra kömürü ilâvesiyle elde edilen % 47.4, % 51.7 lik kok porozite değerleri kabul edilen sınırlar içerisinde.

Kok numunelerinin kimyasal analizi

a. *Nem.* — Kok nemi yüksek fırın operasyonunda çok önemli bir parametredir. Nemdeki % 3 lük bir artış, ton pik başına kok sarfiyatını aynı tutmak için üflenen hava sıcaklığında 100°C lik bir artış gerektirmektedir (Nixon ve Brooks, 1969). Kottaki yüksek nem fırın içerisinde anî olarak ayrılırken kokun parçalanmasına neden olmaktadır (TSE 363, 1966). Normal olarak nem miktarının % 3 ü aşmaması gerekmektedir (Graham, 1969).

Yapılan deneylerden elde edilen kokların nem miktarları konvensiyonel koklara oranla daha fazla olmuştur. Bu durum uygulanan söndürme yöntemine bağlanabilir.

b. *Kül.* — İnert olan kül kottaki karbon miktarını düşürdüğü ve asidik yapısı dolayısıyla eritilebilmesi için fazla miktarda kireçtaşı gerektirdiğinden istenilmektedir. Fazla küllü kokla çalışılması yüksek cüruf hacimleri yaratacak (Nixon ve Brooks, 1969) ve verimi düşürecektir. Kottaki kül miktarı % 8 i aşmamalıdır.



Şek. 4 - Şarjdaki Amasra kömürü miktarının kokun görünür yoğunluğuna etkisi.

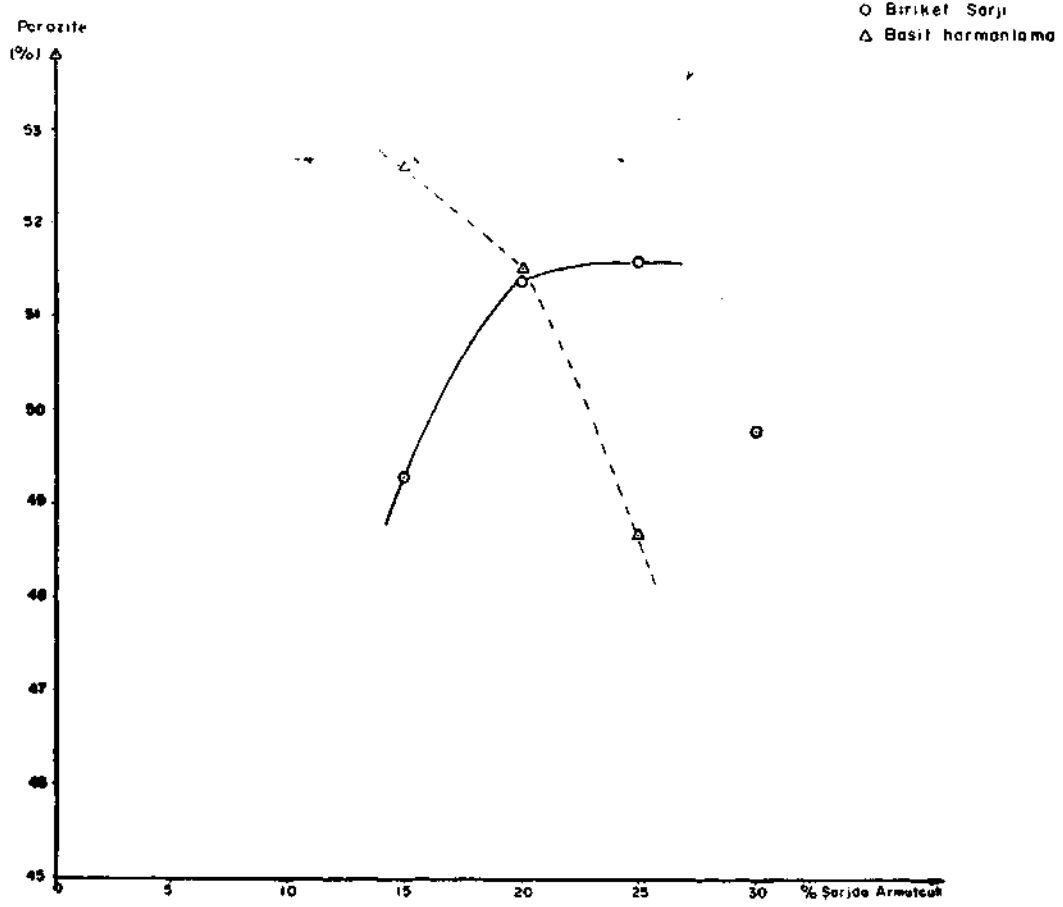
Türkiye Demir ve Çelik Fabrikalarında genel olarak yüksek küllü koklar (% 15-19) kullanılmaktadır. Çizelge 3 te görüleceği gibi kül miktarı açısından Zonguldak kömürüne Armutçuk ve Amasra kömürlerinin belli oranlarda katılması bir problem yaratmamaktadır.

c. *Uçucu madde.* — Kokedeki uçucu madde miktarının artışı yüksek fırında kok sarfiyatını artıran dolayısıyla istenmeyen bir etkidir. Kokedeki uçucu madde miktarı karbonizasyon süresine ve sıcaklığa bağlıdır. Normal olarak endüstriyel fırınlarda elde edilen karbonizasyon süresi ve sıcaklığı test fırınlarına göre daha yüksek olmaktadır. Testler sonucunda elde edilen kokların uçucu madde miktarları (Graham, 1969) kabul edilen % 0.75-2 sınırı içindedir.

d. *Sabit karbon.* — Yüksek fırın kok standartlarına göre (Graham, 1969), sabit karbon miktarı % 85-90 civarında olmalıdır. Yapılan test çalışmalarında elde edilen kokların karbon miktarları Ereğli Demir-Çelik Fabrikası numunelerinde olduğu gibidir (% 80 civarında).

e. *Toplam kükürt.* — Yüksek fırında kullanılacak kok içerisindeki toplam kükürt miktarı % 0.6 yi geçmemelidir (Graham, 1969). Çünkü kokedeki kükürt elde edilecek demir ve çeliğin kırılabilirliğini artırarak kalitesini düşürmektedir.

Yapılan çalışmada Zonguldak kömürüne kıyasla daha fazla kükürt içeren genç Armutçuk ve Amasra kömürlerinin ilâvesi, Çizelge 3 ten de görüleceği gibi kok kükürt miktarında önemli bir artışa sebep olmamaktadır.



Şek. 5 - Şarjdaki Armutçuk kömürü miktarının kokun porozitesine etkisi.

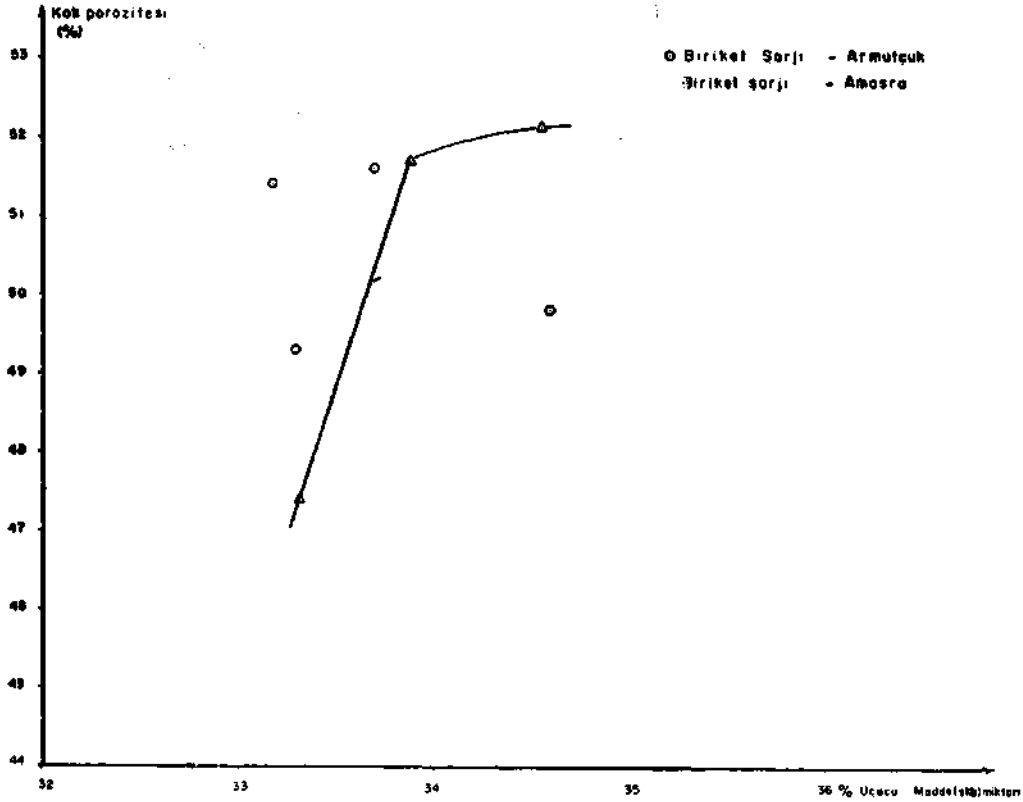
Kokun mekanik sağlamlığı

Yapılan çalışmada şarj içinde Armutçuk ve Amasra yüzdeleri belli bir limitin üzerine çıktığında kok yapısı heterojenleşmekte ve üretilen kok, yüksek fırın operasyonundaki fonksiyonlarını tam olarak yerine getiremeyecek kalitede olmaktadır.

Koktaki Armutçuk-Zonguldak veya Amasra-Zonguldak kısımları yüksek fırında 1400°-1600°C gibi karbonizasyon sırasında çıkılan son sıcaklığın oldukça üzerinde sıcaklıklara maruz kalmakta, farklı miktarlarda büzülerek kokta çatlaklar oluşmaktadır.

Bu sebeple, normal şartlarda aşınma ve kırılmalara olan dayanıklılık, kok kalitesinin belirlenmesinde en önemli ölçü olmalıdır. T_{25} indeksi kokun dayanıklılığının, T_6 indeksi ise aşınma sağlamlığının bir ölçüsü olmaktadır.

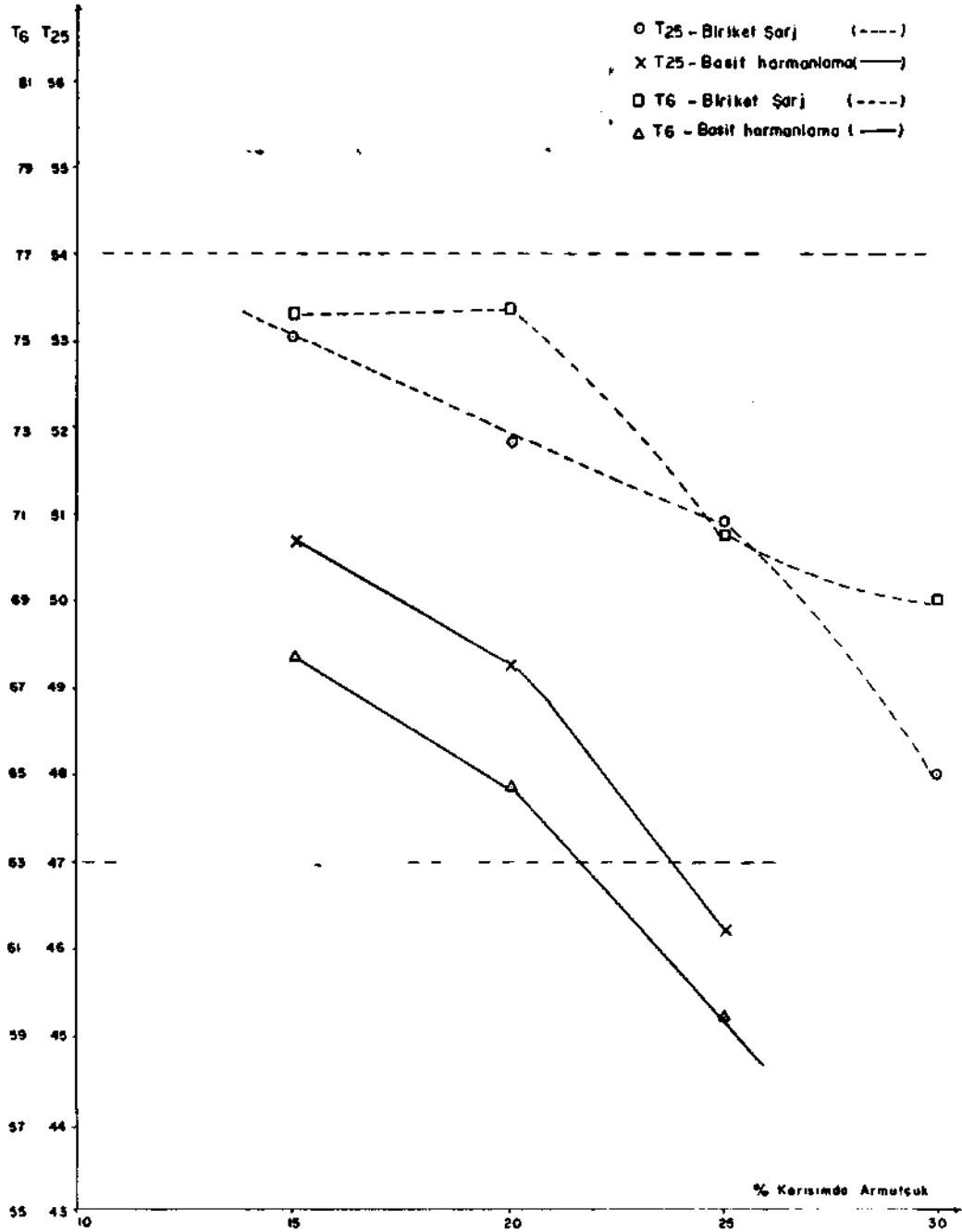
Şekil 7 nin incelenmesinden görüleceği gibi T_{25} ve T_6 indekslerindeki düşme oranı ve miktarı basit harmanlamada, geliştirilmiş briket şarj uygulamasına kıyasla çok daha fazla olmaktadır. Ereğli Kok Fabrikası yetkililerinin tecrübelerine dayanarak T_{25} indeksine 4 değer, T_6 indeksine de 5 değer ilâve edilmiştir. Çünkü endüstriyel kok bataryalarındaki şartlar, küçük çaptaki test fırınlarına göre daha



Şek. 6 - Şarjın uçucu madde miktarının (susuz, külsüz) kokun porozitesine etkisi.

iyidir. Şekil 7 de minimum kabul edilebilecek T_{25} değeri 50.5 olarak alınır ve bu noktadan başlayan x-eksenine paralel bir doğru çizilerek iki T_{25} eğrisi de kestirilirse, basit harmanlama yöntemiyle % 16 civarında, Geliştirilmiş Briket Şarj Yöntemiyle de % 26 civarında Armutçuk kömürünün metalurjik kok üretiminde kullanılabilmesi mümkün görülmektedir.

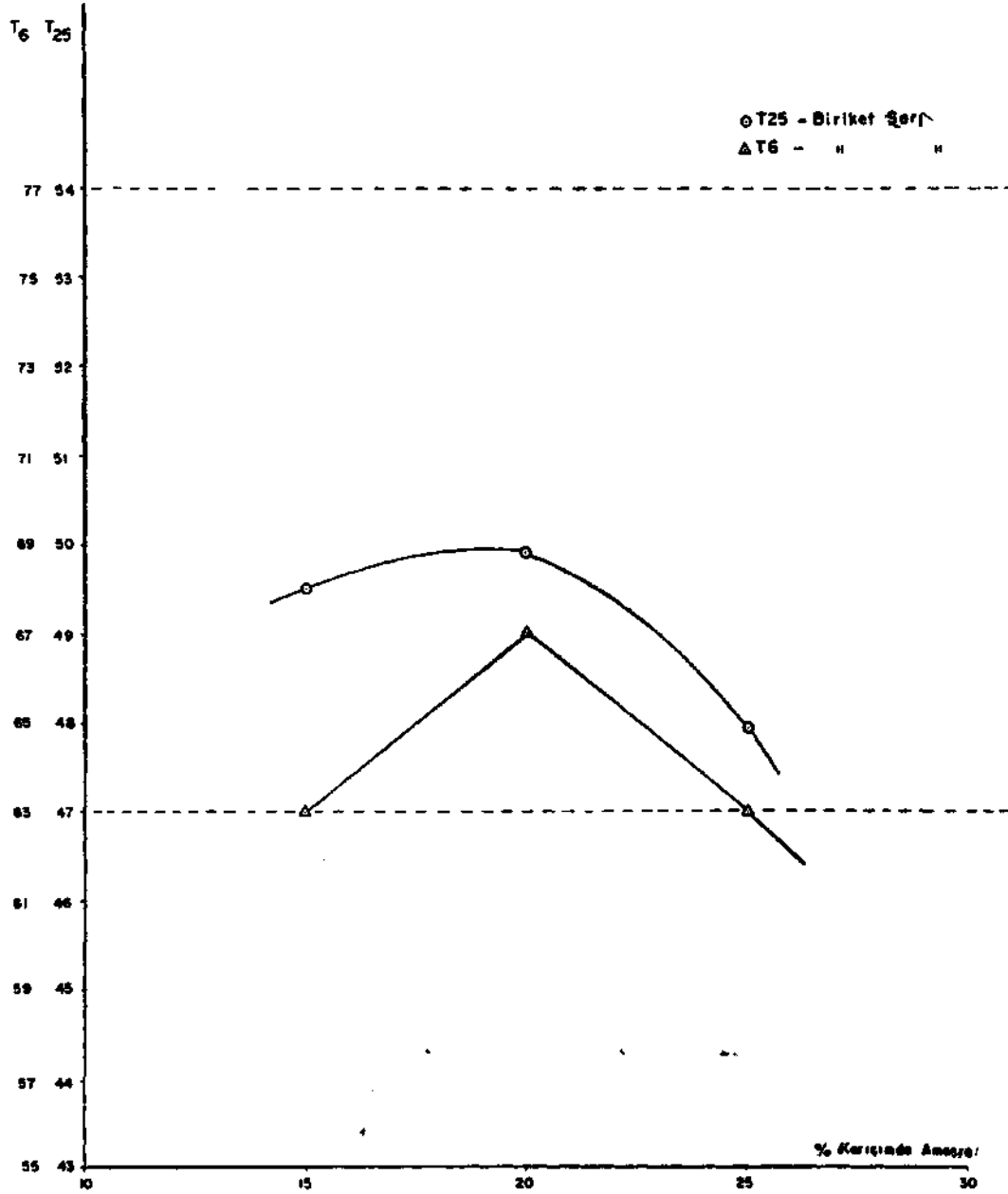
Yapılan çalışmada kullanılan fırın kapasitesinin küçük olması basit harmanlama deneylerinde homojen bir kömür karışımı elde edilme şansını artırmakta ve dolayısıyla de karbonizasyon sonunda elde edilen kokun özellikleri, belirli bir limit aşılmadıkça çok kötü olmamaktadır. Fakat endüstriyel çapta konvensiyonel kok fırınlarında yapılan basit harmanlama uygulamalarında şarj içindeki koklaşmayan kömür yüzdesi arttıkça kok kalitesinde büyük ölçüde düşmeler olmaktadır. 250-400 kg kapasitedeki test fırınlarında basit harmanlama uygulaması ile tatmin edici sonuçlar veren karışımlardan endüstriyel kamaralar kullanıldığında olumlu sonuç alınamaması mümkündür. Bu durum Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları için de geçerli olup, basit harmanlama ile hazırlanan % 15 Armutçuk-% 85 Zonguldak karışımının 400 kg lık fırından elde edilen kokunun T_{25} değeri 50.7 iken, endüstriyel kok kamaralarında 45.6 değerine kadar düşmektedir. Bu nedenle basit harmanlama uygulaması ile kok kalitesini belirli limitin altına düşürmeden şarja % 16 oranında Armutçuk kömürü katılması, diğer bir deyimle şarjdaki Armutçuk miktarının % 10 u geçebilmesi mümkün görülmemektedir. Geliştirilmiş Briket Şarj Yönteminin uygulanması halinde ise küçük test fırınlarında elde edilen sonuçlarla endüstriyel sonuçlar arasında bu kadar fark olmamaktadır. Şekil 8 in incelenmesinden Geliştirilmiş Briket Şarj Yönteminin uygulanması halinde, Amasra kömürünün % 15-20 oranında metalurjik kok üretiminde kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.



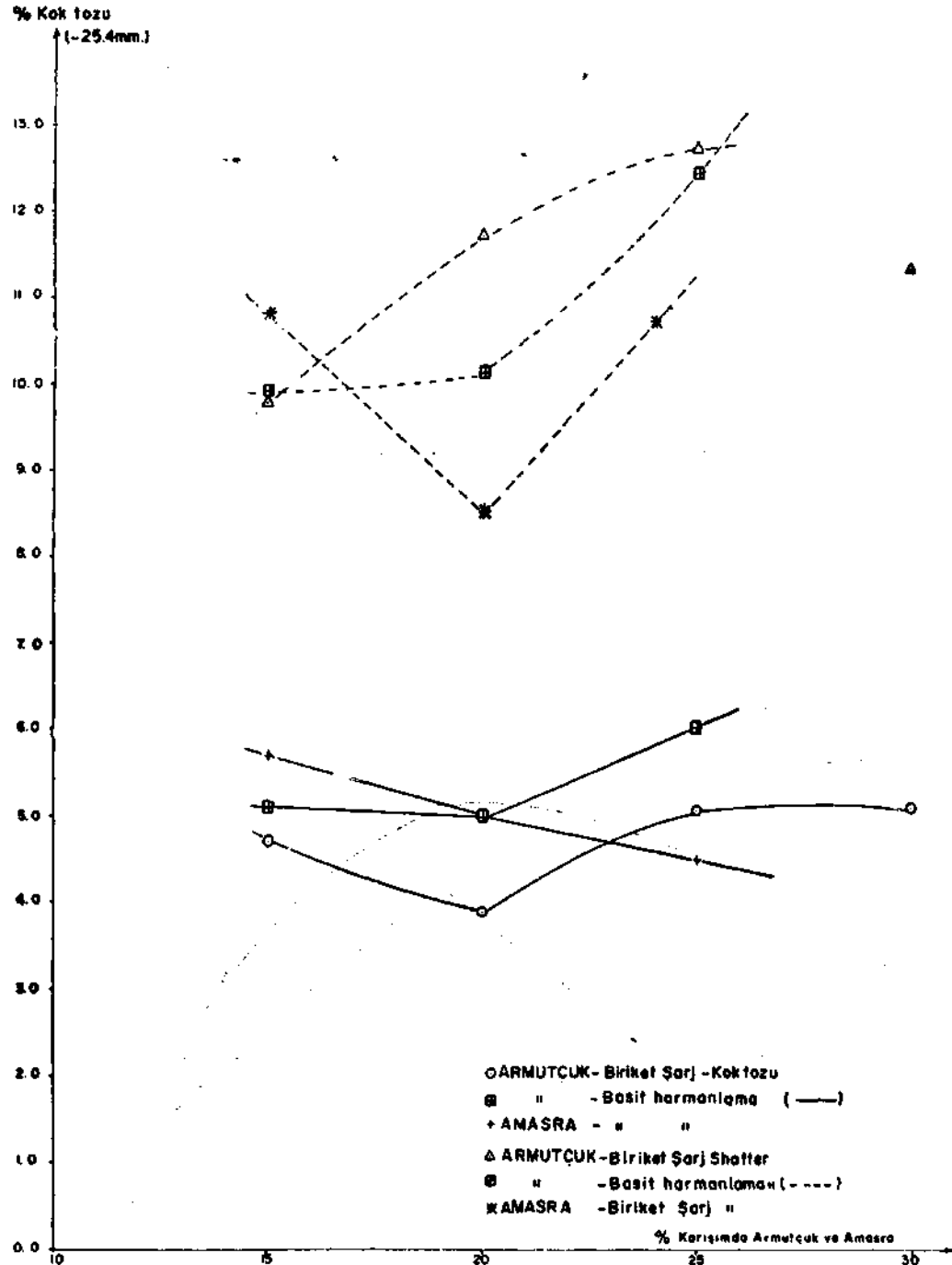
Şek. 7 - Basit harmanlama ve Briket Şarj Denemelerinde numunelerin T₂₅ ve T₆ değerlerine karşındaki Armutçuk miktarının etkisi.

Şekil 9 da karışma basit harmanlama yöntemiyle ilâve edilen Armutçuk kömürü miktarındaki artışın, Geliştirilmiş Briket Şarj Yöntemine kıyasla kok tozu miktarında daha fazla bir artışa sebep olduğu görülmektedir. Basit harmanlama yönteminin uygulanmasında elde edilen kok tozu miktarı, kokun

fırından boşaltılması sırasında mekanik bir şoka maruz kalması halinde çok daha artacaktır. Şarja % 20 oranında Armutçuk kömürünün basit harmanlama yöntemiyle ilâvesi halinde elde edilen % 5 lik kok tozu (-25.4 mm) miktarı, aynı Armutçuk oranının Geliştirilmiş Briket Şarj Yöntemiyle ilâvesi halinde % 22 lik bir azalmayla % 3.9 a düşmektedir, % 25 Armutçuk kömürü ilâvesi halinde de bu azalma % 15 tir.



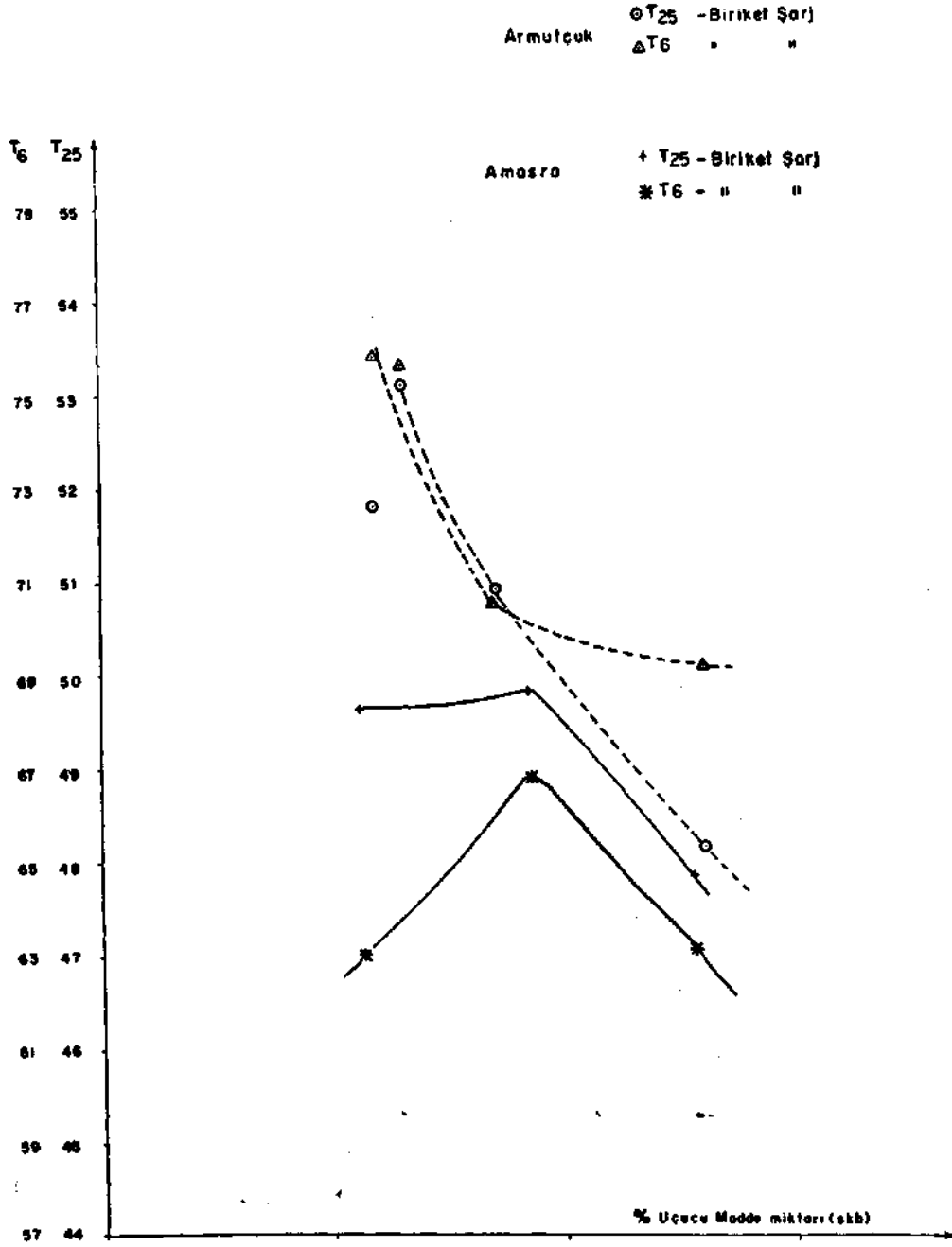
Şek. 8 - Briket Şarj Denemelerinde numunelerin T_{25} ve T_6 değerlerine karışımdaki Amasra miktarının etkisi.



Şek. 9 - Shatter testine tabi tutulan kokun toz miktarının Armutçuk ve Amasra kömürü oranına göre değişimi.

Kuru külsüz bazda hesaplanan şarj uçucu madde miktarının (Çizelge 3) kokun T_{25} ve T_6 indekslerine olan etkisi Şekil 10 da verilmiştir. Bu şeklin incelenmesinden, kuru külsüz bazda hesap-

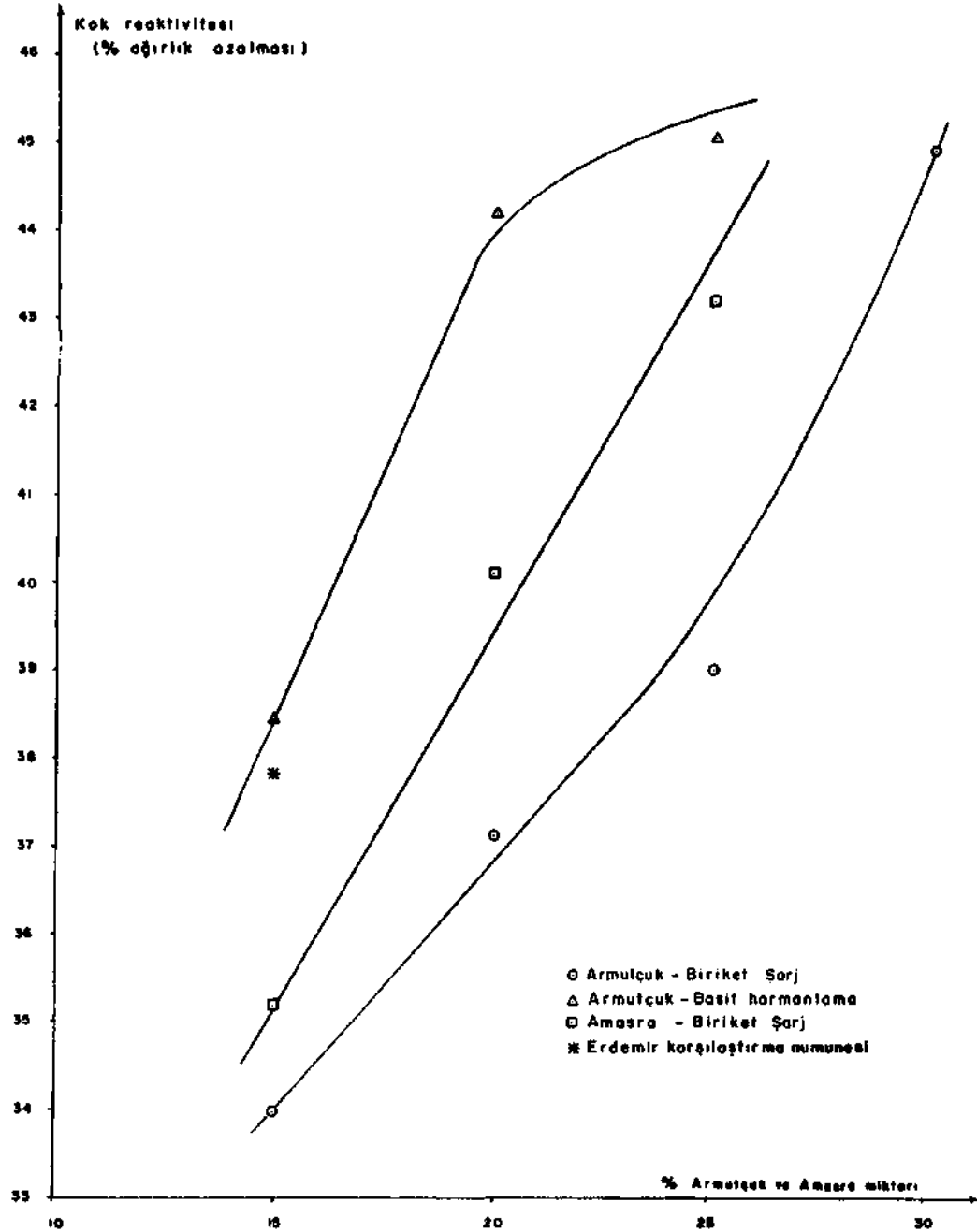
lanan şarj uçucu madde miktarındaki artışın kok özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini ve T_{25} , T_6 indekslerini hızla düşürdüğünü, bu ters etkinin Geliştirilmiş Briket Şarj Yönteminin uygulanmasıyla azaltılabileceği sonucuna varılmıştır.



Şek. 10 - Kok numunelerinin T_{25} ve T_6 değerlerine karışımın uçucu madde miktarının (susuz, külsüz bazda) tesiri.

Kok reaktivitesi

Armutçuk ve Amasra kömürlerinin karışım içerisindeki miktarlarına paralel olarak reaktivite değerleri artmaktadır (Şek. 11). Basit harmanlama yöntemiyle elde edilen kokların reaktiviteleri, Geliştirilmiş Briket Şarj Yöntemiyle üretilen koklara göre daha yüksek olmaktadır. Bir yüksek fırın kokunun reaktivitesi normal olarak % 25-35 olup, kabul edilebilir miktar en fazla % 40-42 dir. Bu limit, Geliştirilmiş Briket Şarj Yönteminin uygulanması ile şarja en fazla % 27-28 oranında Armutçuk kömürü ve % 23 oranında Amasra kömürü ilâvesinin mümkün olabileceğini göstermektedir.



Şek. 11 - Şarjdaki Armutçuk ve Amasra miktarının kokun reaktivitesine etkisi.

SONUÇLAR

a. Armutçuk ve Amasra kömürleri Geliştirilmiş Briket Şarj Yöntemine (Sumi-Coal System) uygun kömür cinsleridir.

b. Bu yöntemin uygulanmasıyla % 25-30 oranında Armutçuk kömürü ve % 15-20 oranında Amasra kömürü Zonguldak veya ithal kömürlerine ilâve edilerek metalurjik kok üretiminde değerlendirilebilir. Elde edilen kokların parça büyüklüğü, mekanik sağlamlığı, yoğunluğu, porozite ve reaktivite değerleri ve kimyasal analiz değerleri yüksek fırın operasyonunda hiç bir işletme problemine neden olmayacak özelliklerdedir.

c. Yapılan fizibilite çalışmalarına göre, bu proses Ereğli Demir ve Çelik Fabrikalarında uygulanırsa kısa bir süre içerisinde kendisini karşılayacaktır. Zonguldak kömürüne % 25 oranında Armutçuk katılarak 1 US \$, % 20 Amasra kömürü katılarak 3 US \$ veya koklaşan ve koklaşmayan kömürlerin ithal edilmesi halinde ise 6 US \$ ton kok başına tasarruf sağlanabilecektir.

Yayına verildiği tarih, 18 Ağustos 1983

DEĞİNİLEN BELGELER

- Ahlend, E.; Lehmann, J.; Peters, W. ve Lahghoff, J., 1976, The Manufacture of Metalurgical Formed-Coke According to the BFL-Hot Briquetting Process.
- Dartnell, J., 1977, Cokein the Blast-Furnace: Conference on Coal, Coke and the Blast-Furnace, Held by the Metals Society, Middlesbrough.
- Elliott, D.R., 1969, Blast-Furnace Irregularities Caused by Coke-Quality Variations: Conference on Coke in Ironmaking, The Iron and Steel Institute and the Institute of Fuel, London.
- Flockenhaus, C.; Rhode, W. ve Habermehl, D., 1974 Mayıs, Increased Productivity in Carbonization and better Coke Quality by the Precarbon Process: 33 rd. Ironmaking Conferens of AIME.
- Giedroyc, V. ve Mathieson, I.M., 1969, influence of the Physical Quality of Coke on Blast-Furnace Performance: Conference on Coke in Ironmaking, The Iron and Steel Institute and the Institute of Fuel, London.
- Graham, J.P., 1969, Specification of the Properties of Coke for Ironmaking: UK Blast-Furnace Coke Specifications, Conference on Coke in Ironmaking, The Iron and Steel Institute and the Institute of Fuel, London.
- Hatano, M., 1976, The Effect of Coke Properties on the Blast-Furnace Operation: The Sumitomo Search.
- International Organization for Standardizations (ISO) Technical Comittee 27-Solid Mineral Fuels, United Nations Publication-No: 1956 II. E.4.
- Nacamura, N.; Togino, Y. ve Adachi, T., 1977, Phylosophy of Blending Coals and Coke-Making Tecnology in Japan: Conference on Coal, Coke and the Blast-Furnace, Held by the Metals Society, Middlesbrough.
- ; ——— ve Tateoka, M., 1977, Behaviour of Coke in Large Blast-Furnace?': Conference on Coal, Coke and the Blast-Furnace, Held by the Metals Society, Middlesbrough.
- Nixon, E.W. ve Brooks, S.H., 1969, Effec» of Chemical and Physical Properties of Coke on Blast-Furnace Performance: Conference on Coke in Ironmaking, The Iron and Steel Institute and the Institute of Fuel, London.
- Rhode, W.; Beck, K.G. ve Wagener, D., 1974, Precarbon: An Alternative to Stamp Charging for the Production of Blast-Furnace Coke: Bergbauforschung and Didier Engineering.

- Schapiro, N.; Gray, R.J. ve Eusner, G.R., 1961, Recent Developments in Coal Petrography: Blast Furnace, Coke Oven and Raw Materials Conference, Proceeding, vol. 20 Philadelphia Meeting, 89-112.
- Sumi-Coal System, 1977, Sumitomo Shoji Kaisha Ltd., Osaka.
- TSE 690, Ocak 1969, Taşkömüründe toplam rutubet tayini.
- TSE 711, Mart 1969, Taşkömüründe ve kokta uçucu madde tayini.
- TSE 330, Ocak 1966, Maden kömüründe Kil tayini.
- TSE 363, Mart 1966, Eschka metodu ile maden kömüründe toplam kükürt tayini.
- Wagener, D.; Ergün, H.; Sugasavva, K.; Hirao, E. ve Sakai, T., 1977, DKS Formed-Coke Process, Operation Results and Recent Developments: 36 th. Ironmaking Conference of the Iron and Steel Society of AIME, Pittsburgh, Pann. USA.
- ve———, 1978, Modern Industrial ways of Coke Making: Symposium on Raw Materials, Feed and Energy Sources for Iron and Steel industry, Philippines.
- Wilkinson, H.C., 1964, The Measurement of Some Physical Properties of Coke and their Possible Significance in Terms of Blast-Furnace Performance: Journal of the Institute of Fuel.
- Zielinski, H., 1972, Present Methods of Coke Manufacture: Foreign Scientific Publications Department of the National Center for Scientific. Technical and Economic information, Warsaw, Poland.

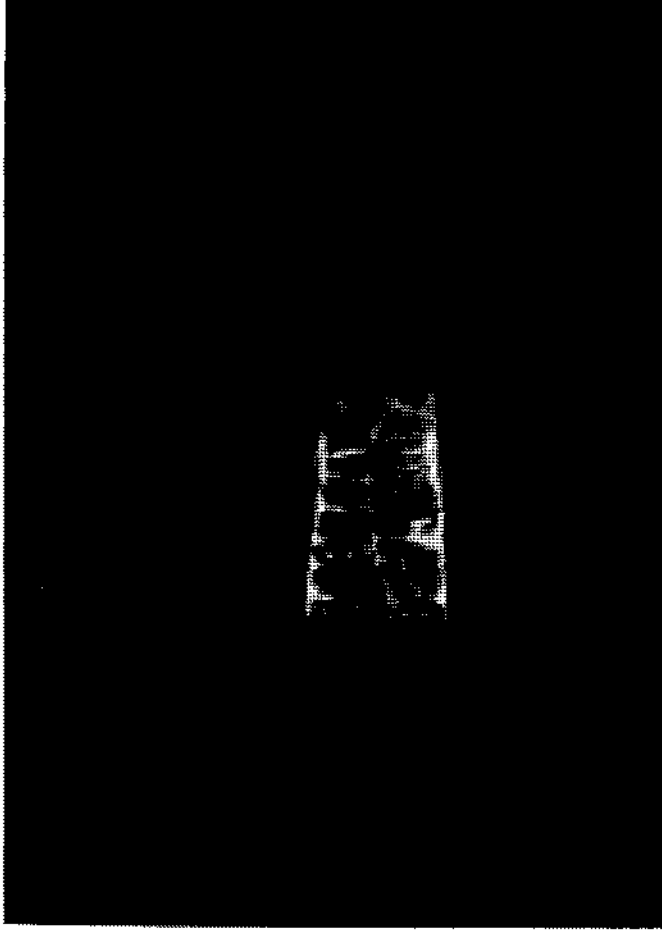


Foto1- Koklaşmışkarışımınfırından alınması

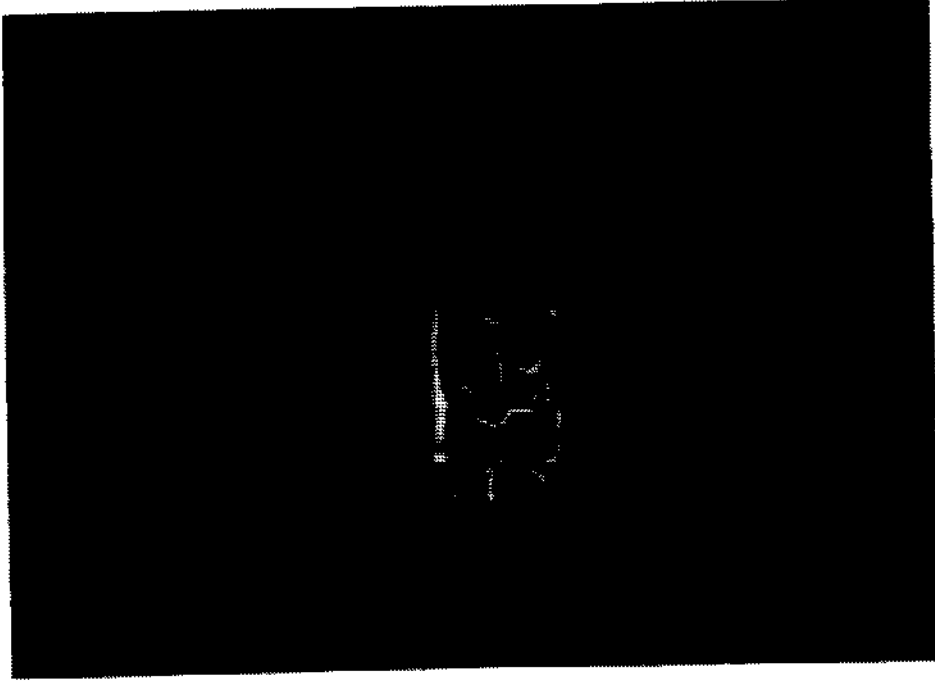


Foto2- Fırın içerisindeki kokun merkez çizgisinde meydana gelen kayma