5.METALURJİK YAKITLAR

Yakıtların Sınıflandırılması

I. Katı Yakıtlar

A. Tabii

Odun

Linyit kömürü

Taş kömür

Antrasit

B. Suni

Pulverize kömür

Biriket kömürü

Karbonize yakıtlar

Odun kömürü

Kok kömürü

II. Sıvı Yakıtlar

A. Tabii

a) Ham petrol

B. Suni

Destilasyon ürünleri

(Benzin, motorin fuel-oil)

Kömür katranı

Artık yağları

III. Gaz Yakıtlar

Tabii

a) Doğal gaz

B. Suni

Kok gazları

Yüksek fırın gazı

Yakıtların Sınıflandırılması

- **Oksitlenmesi sonucu endüstriyel işlemler için gerekli ısıyı verebilen ve havanın oksijeni ile hızla yanabilen her çeşit malzemeye *yakıt* denir.**
- ***"Tam yanmama"*, yakıt yandıktan sonra arta kalan cürufta bir miktar karbon kalması,**
- ***"Yetersiz yanma"*, karbonun tamamının CO_2 oluşturmayıp bir kısmının CO yapması**
- ***"Yakıtın alev alma sıcaklığı",* yanmaya başladığı sıcaklıktır. Ateş alma sıcaklığı sabit bir değer olmayıp, yakıtın fiziksel yapısına ve atmosfer basıncına bağlıdır.**
- ***"Kül"* katı yakıtın bünyesinde olup, yakıtın yanmayan kısmını oluşturur.**
- ***"Cüruf",* yakıt yakıldıktan sonra, geride kalan katı kitledir.**

- **Metalürjik işlemlerde ısı veren elementler,**
- **C, H, S, Si, Mn, Al** ve **P**
- Metalin kendisi de bazen yakıt olarak kullanılır.
- Buna örnek olarak Bessemer metodunda manganın okside olması sonucu ısı elde edilmesidir.

- **Bir yakıtın birim miktarının tam olarak yanması sonucu açığa çıkan ısı miktarına** "***yakıtın kalorifik değeri"*** ya da ***"yanma ısısı"*** denir.

- **Katı ve sıvı yakıtlar için kalorifik değer genellikle "kg" başına, "Kcal",**

- Gazlar için ise "m^3" başına "Kcal" olarak verilir.

- Kalorifik güç, kalorimetrelerle ölçülür.

- **Metalurjik Yakıtların Seçilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar**;
- a) ***Ekonomikliği***
- b) ***Temin edilebilme kolaylığı***
- ***Metalurjik yakıtlar, mineral yakıtları veya mineral yakıtlardan elde edilen suni yakıtlardır*** (kok,jenaratör gazı vb.)
- Mesela demir yüksek fırınları çoğunlukla uygun özellikte kok temin edilebilecek yerlere yakın bölgelere kurulmaktadır.

- ***c) Temizliği ve işleme uygunluğu***
- Yakıt mümkün olduğunca **kül, kükürt ve fosforu** az miktarda içermelidir.
- Kok içindeki kükürt ve fosfor demir cevherlerinin ergitilmesinde zararlı empüriteler olarak bilinirler.
- ***d) Kalorifik Gücü***
- ***e) Alev sıcaklığı***

❑Kalorifik Güç (Isı gücü)

❑ **Bir ünite (ağırlık veya hacim olarak) yakıt tamamen yakıldığında vermiş olduğu ısı miktarına, o yakıtın kalorifik gücü denir.**

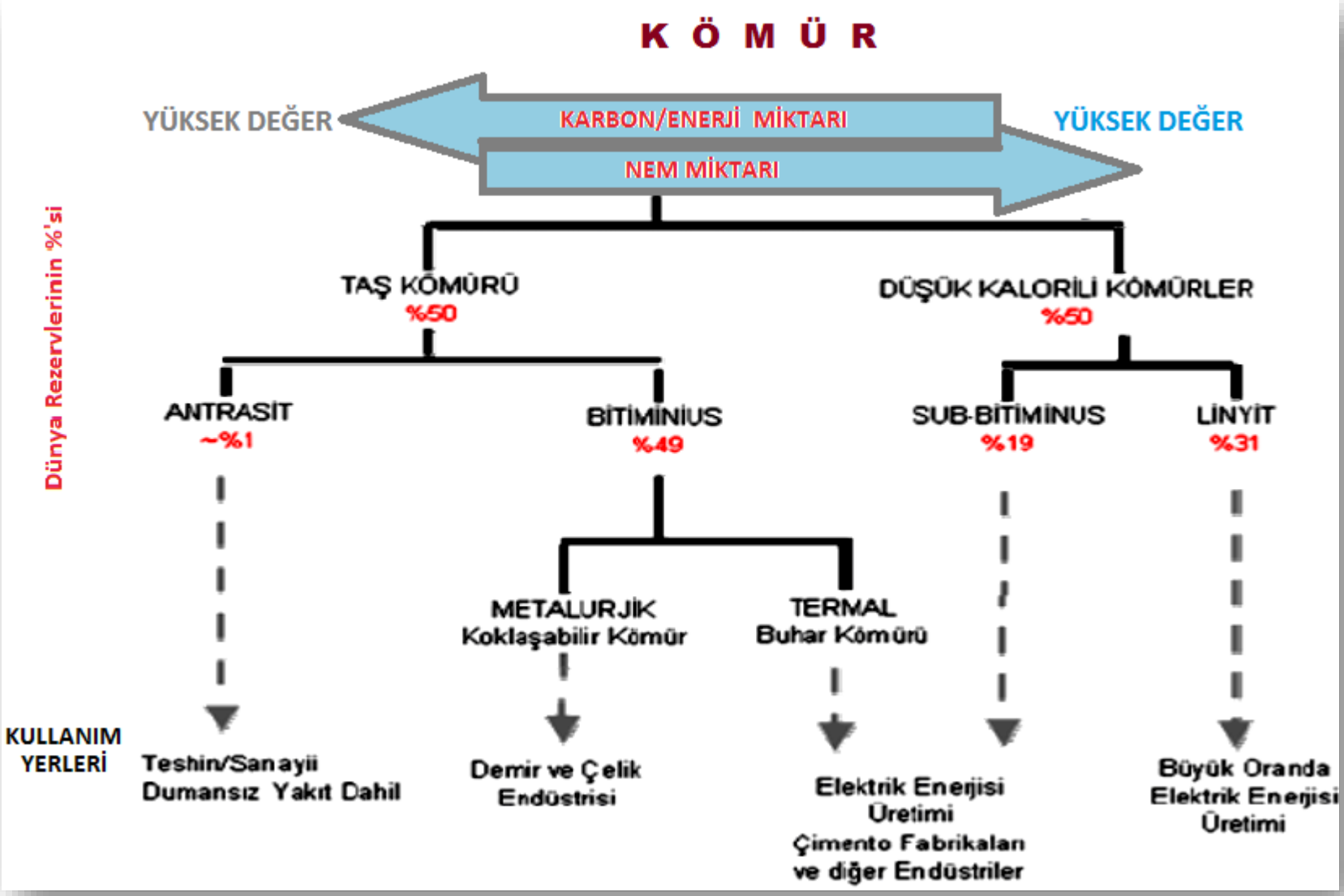
❑Elementlerin veya bileşimlerinin kalorifik güçleri yanma reaksiyonu sonucu elde edilen ısılar bilinmekle hesap edilebilir.

❑**Örnek,**

❑**$C + O_2$ ----------> CO_2 $\Delta H = -97200$ Cal.**

❑**97200 / 12 = 8100 cal/gr = (8100 kcal/kg)** Karbon için bulunan ısı gücü

- **4.1. K a t ı Y a k ı t l a r**
- **4.1.1. Doğal Katı Yakıtlar**
- **- O d u n**
- Metalurjik yakıt olarak odunun önemi çok azdır. Odun yandığında **2700-3800 kcal/kg** ısı verir.
- **- K ö m ü r**
- Bitkiler öldükten sonra, bakteriler etkisiyle değişime uğrar. Eğer su altında kalarak değişime uğrarsa, C (karbon) miktarı artarak kömürleşme başlar.
- ***C miktarı % 60 ise turba,***
- ***C miktarı % 70 ise linyit,***
- ***C miktarı % 80 – 90 ise taş kömürü,***
- ***C miktarı % 94 ise antrasit*** adını alır.


K Ö M Ü R
YÜKSEK DEĞER
KARBON/ENERJİ MİKTARI
NEM MİKTARI
YÜKSEK DEĞER
Dünya Rezervlerinin %'si
TAŞ KÖMÜRÜ
%50
DÜŞÜK KALORİLİ KÖMÜRLER
%50
ANTRASİT
~%1
BİTİMİNİUS
%49
SUB-BİTİMİNUS
%19
LİNYİT
%31
METALURJİK
Koklaşabilir Kömür
TERMAL
Buhar Kömürü
KULLANIM YERLERİ
Teshin/Sanayii
Dumansız Yakıt Dahil
Demir ve Çelik
Endüstrisi
Elektrik Enerjisi
Üretimi
Çimento Fabrikaları
ve diğer Endüstriler
Büyük Oranda
Elektrik Enerjisi
Üretimi

- Kömürden elde edilen başlıca ürünler arasında tar (asfalt), kimyasallar, gazlar, hafif yağlar ve kok sayılabilir.

- Kömür enerji üretiminde hala baskın olarak fosil enerji kaynaklarına bağlı ülkemizin en önemli yerli enerji kaynağı niteliğindedir.

- **-Linyit**

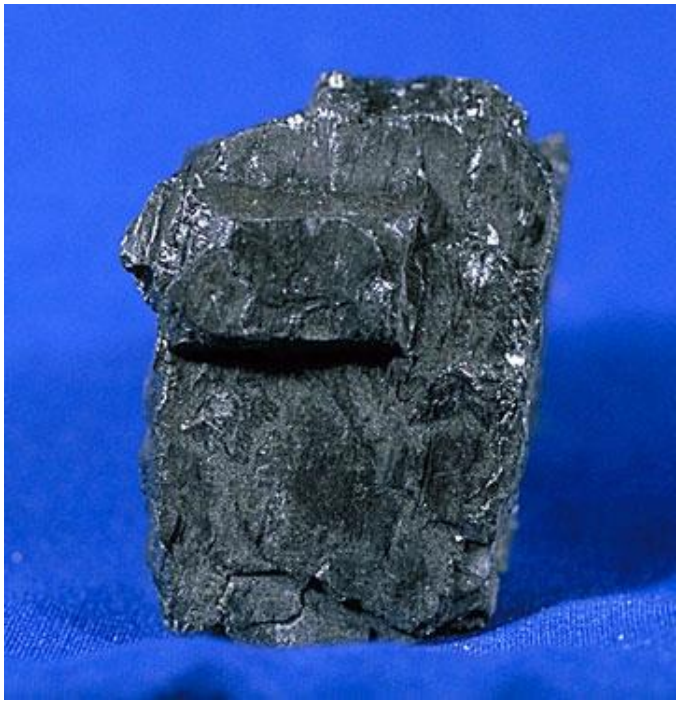
- Kahverengi kömürde denilen ve **tamamına yakını termik santrallerde** yakıt olarak kullanılan, **kömür sıralamasında en alt sırada yer alan bir kömür çeşididir.**
- Isıl değeri düşük, barındırdığı kül ve nem oranı fazladır.

- **-Antrasit**
- **Sert ve ağır kömürlerdir. Kısa ve mavi alevle yanarlar.**
- Metalurjik önemi fazla yoktur.
- Küçük boyuttaki antrasit bazı enerji santrali kazanlarında yakıt olarak kullanılırlar.
- **En sert kömür türü olup yandığında diğerlerinden daha fazla ısı verir.**

- **Bitümlü Kömürler**
- **En önemli metalurjik katı yakıtları oluştururlar.**
- **NOT:**Bitümlü maddeler siyah renkli ve recine karekterinde organik maddelerden meydana gelir.
- Bu organik maddelerin molekülleri zincir seklinde dizilmis karbonlu hidrojen monomerlerinden meydana gelmistir.İrilerine asfaltenler, ufaklarına reçineler adı verilir.
- Bunlar asfaltik bir yag içinde bulunurlar.Molekülleri bu sekilde olması dolayısıyla bitümlü maddelerin belirli bir ergime dereceleri yoktur. Isıtıldıkları zaman katı halden sıvı hale geçis yavas ve yumusama yoluyla olur. Katı haldede belirli bir plastiklige sahiptirler

- **Bitümlü Kömürler ,** kok, jeneratör gazı ve pulverize kömür üretiminin ana hammaddesini oluştururlar.
- Oldukça fazla miktarda uçucu madde içerdiklerinden sarımtırak renkte alevle yanarlar.
- **Bu kömürlerin büyük kısmı metalurjik kok üretiminde kullanılırlar.**
- Metalurjik kokun öneminden dolayı bitümlü kömürler **"koklaşabilen" ve "koklaşamayan" diye iki gruba ayrılırlar.**

- **Taş kömürü**
- Taş kömürü; bitkilerin jeolojik dönemler boyunca dönüşüme uğraması ile oluşmuş, yüksek ısı gücü olan bir enerji kaynağıdır.
- Kalori değerinin çok yüksek olması ve bol miktarda bulunması nedeniyle taş kömürünün enerji üretiminde vazgeçilmez bir yeri vardır.



- Bu kömür elektrik santrallerinde, sanayide ve kok kömürü yapımında kullanılır.
- Türkiye, taş kömürü yatakları bakımından zengin sayılmaz. En zengin yataklar Batı Karadeniz'deki Ereğli -Zonguldak kömür havzasındadır.
- **Yıllık üretim, Türkiye'nin ihtiyacını karşılayamadığı için, yurt dışından taş kömürü ithal edilmektedir.**

- **5.1.2. Suni Katı Yakıtlar**
- **- <u>Pulverize Kömür</u>**
- Maden kömürünün pudra şeklinde öğütülmesiyle elde edilen kömüre denir.
- Öğütülmüş kömürün %80'i -200 meshin (-75 mikron) altında olması istenir.
- İri kömüre oranla daha mükemmel ve tam olarak yanabilir.
- Hemen hemen teorik olarak gerekli havayla yanmaktadırlar.
- Böylece daha az hava fırına verilmiş olmaktadır.
- Dolayısıyla yakıtın maksimum kalorifik gücü ve alev sıcaklığı elde edilmiş olmaktadır.

- **Kömür ocaklarından çıkan kömürün inceleri ve düşük kalite kömürler bu yoldan faydalanılarak değerlendirilebilir.**
- **Pulverize kömür elde etmek için orijinal kömürde aranan özellikler çok önemli değildir.**
- **Her çeşit maden kömüründen pulverize kömür yapılabilir.**
- **Pulverize kömür, 48 saatten fazla bir süre stoklanmamalıdır. Aksi halde yanma başlar.**
- Bu nedenle pulverize kömürün üretilmesi, stoklanması ve kullanılma şekli çok önemlidir.

- Pülverize kömür esas olarak iki amaç için kullanılır.

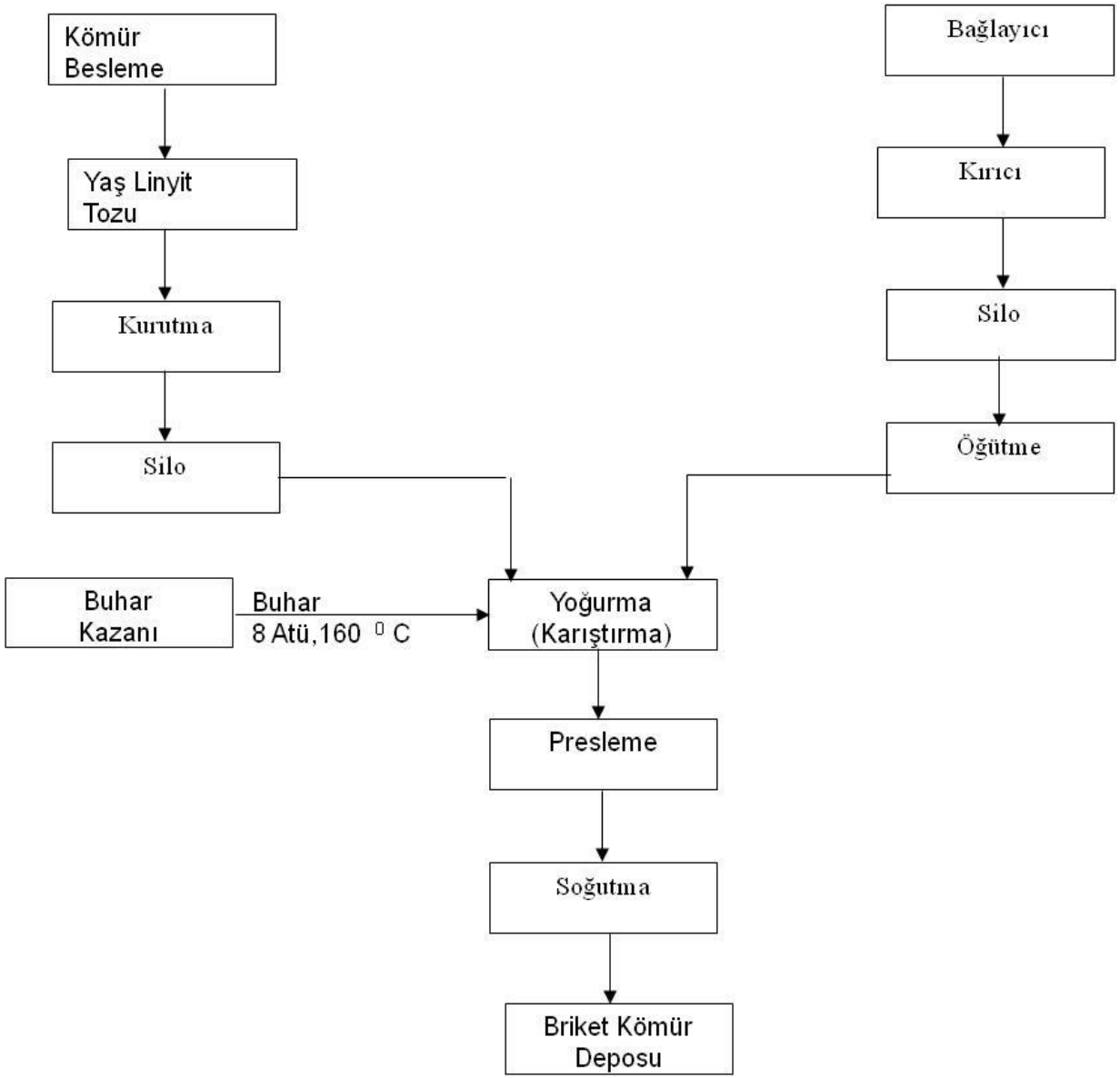
- -İri kömüre nazaran daha mükemmel ve tam olarak yanar

- -Kömür ocaklarından çıkan kömürün inceleri ve düşük kalite kömürler bu şekilde değerlendirilebilir.

- **Yakılmak istendiğinde basınçlı hava ile fırının cehennemliğine püskürtülmekte ve orada gaz özelliğinde yanabilmektedir.**

- ***Pulverize kömürün Avantajları***
- **Uzun alevle yanar,**
- **Yüksek yanma verimine sahip,**
- **Düşük kaliteli kömür ve kömür tozlarının değerlendirilmesini sağlar,**
- **Jeneratör gazından daha ucuza mal olur.**
- ***Pulverize kömürün dezavantajları***
- **Hava ve pulverize kömür karışımı patlayıcıdır,**
- **Uzun süre depo edilemez,**
- **Genellikle kül yüzdesi yüksek olduğundan bu kül şarjın üzerini izolant bir tabaka ile örter**

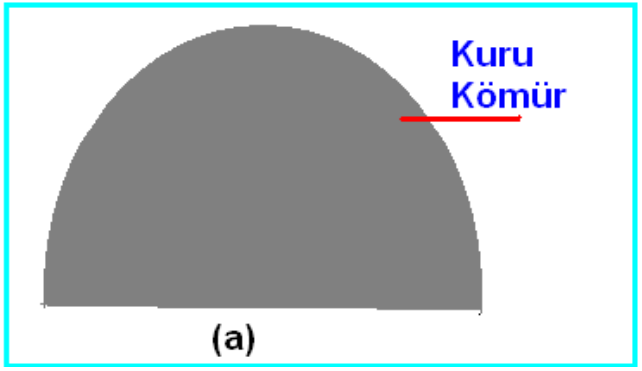
- **Briket Kömürü**
- Briketler, organik ve inorganik bağlayıcılarla ve bağlayıcısız olarak üretilebilir.
- Kömür katranı ve zifti, petrol bitümü ve asfaltı, sentetik ve doğal reçine, selüloz bileşikleri ve zamk gibi katkı maddeleri kömür briketlemede bağlayıcı olarak kullanılabilirler.


Kömür Besleme
Yaş Linyit Tozu
Kurutma
Silo
Bağlayıcı
Kırıcı
Silo
Öğütme
Buhar Kazanı
Buhar
8 Atü,160 ⁰ C
Yoğurma (Karıştırma)
Presleme
Soğutma
Briket Kömür Deposu

- **-Metalurjik kok**
- **Demir ve demir dışı metallerin üretilmesinde kullanılan yakıt koktur.**
- Kok kömürü taş kömüründen destilasyon işlemi sonucu elde edilir.
- *Destilasyon sonucu kömür yumuşar kısmen erir ve poröz bir yapı oluşturursa o kömür koklaşmaya elverişlidir.*
- *Destilasyon sonucu arta kalan kısım kum yapılı ve dağılıyorsa, koklaşmaya uygun olmadığı anlaşılır.*
- ***Bitümlü kömürde sabit karbonun uçucu maddelere oranı 3/1 civarındadır.***
- Katı yakıtlar için önemli bir kriter olan "ateş alma sıcaklığı" kömürlerde 225-400°C arasında, sentetik yakıt olan kokun ise 400-650°C arasındadır.

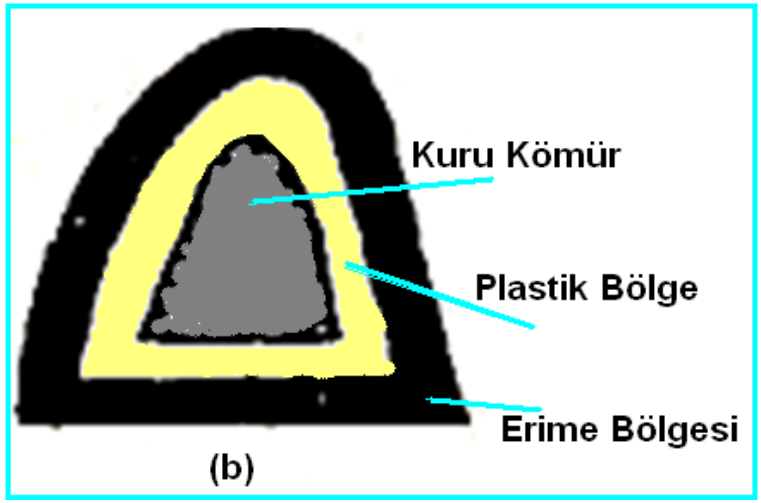
- **Kok ve Koklaştırma**
- **Kömürün havasız bir ortamda ısıtılarak uçucu maddelerini kaybetmesiyle birlikte geriye sert ve iyi pişmiş katı bir ürün bırakması olayına *"Koklaşma"* denir.**
- **Uçucu maddelerin kömür bünyesinden çıktıktan sonra kalan sert, gözenekli sünger yapılı ve karbon yüzdesi çok yüksek olan ürüne de *"kok"* adı verilir.**
- 700°C ve bunun altında yapılan koklaşmalar genel olarak düşük sıcaklık koklaşması olarak nitelendirilmekte ve bu yöntemle elde edilen ürüne yarı kok denilmektedir.
- **Metalurjik kok, yüksek sıcaklık karbonizasyonu sonunda üretilmektedir.**

Koklaşma ile İlgili İşlemin Şematik Gösterimi

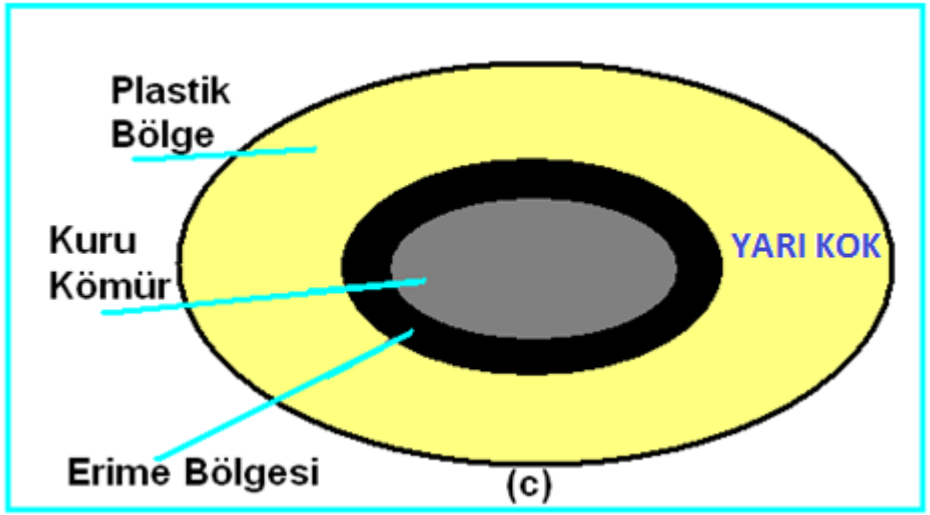


- a) 350°C (kritik sıcaklık) kömürde yumuşama başlar ve yüzeyde bir ergime bölgesi görülür.

- b) Yumuşama ve ergimenin başlamasıyla kömürde hacim küçülmesi olur.



- Oluşan ergime bölgesi kömür içine doğru ilerlerken, bunun dışında plastik bir kömür tabakası oluşur.



- **c) Ergime bölgesinde bozunmaya uğrayan kömür, katran ve uçucularını vermeye başlar.**

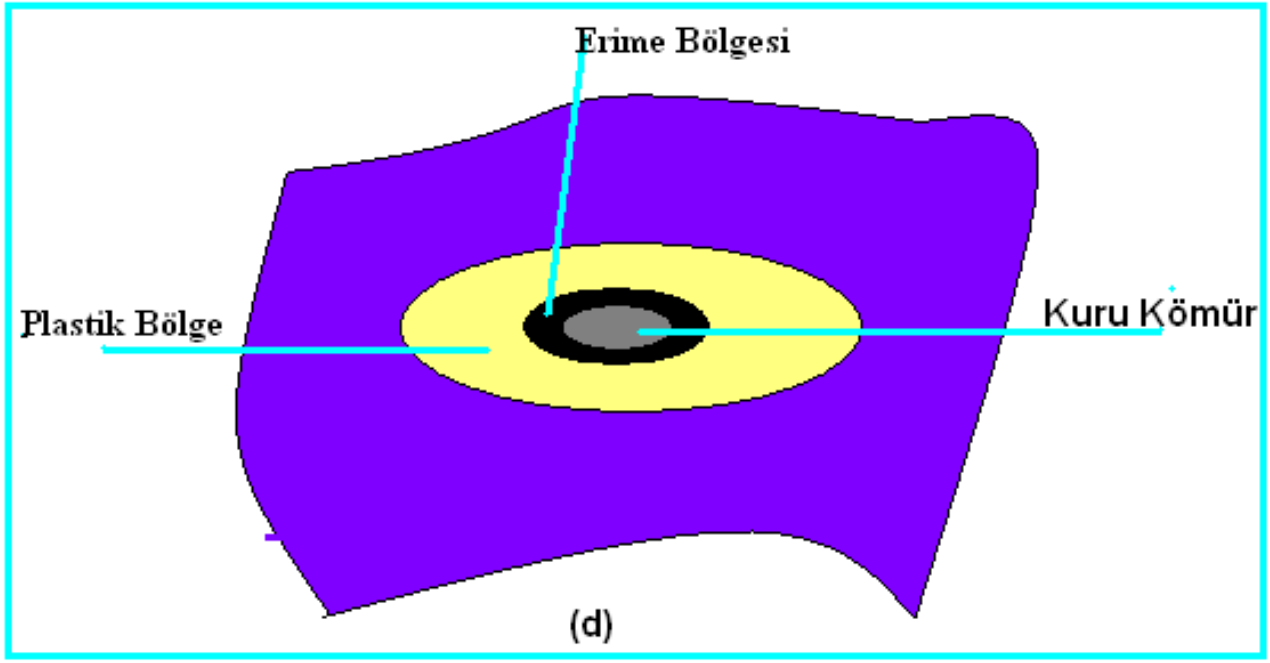
- **450-550°C arasında:** Yumuşamadan dolayı gözenekliliğini kaybetmiş olan plastik bölge bozunma ürünü gazlara bir direnç gösterir ve kömür şişmeye başlar.

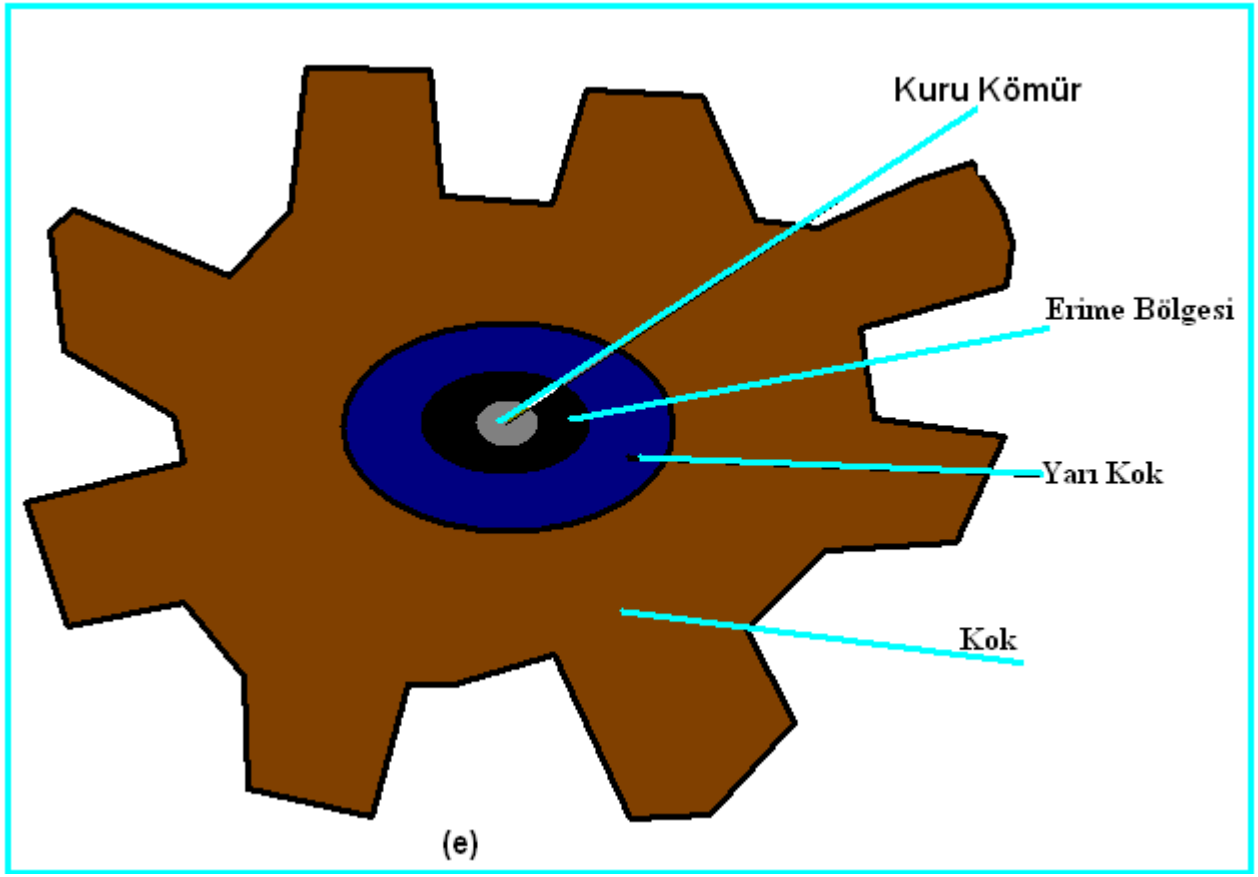
- Plastik bölge tekrar sertleşir ve büzülmeye başlar.

- Sertleşen bu kütle yarı kok olarak tanımlanır.

- d)Sıcaklık biraz daha arttığında, hidrojen ve CO gazları çıkışıyla yarı kok bozulması ve 800°C' ın üzerinde grafitleşme başlar.

- Artan sıcaklıkla grafitleşme hızlanarak 900°C üzerinde çatlaklı bir kok elde edilir.





- e)Koklaşmanın son aşamasında (900-1200°C) arası **içten dışa doğru olmak üzere ;**
- **kuru kömür,**
- **ergime,**
- **yarı kok ve**
- **kok**
- bölgelerini içeren kok malzemesi elde edilmiş olur.

- Kok görünüş yönünden gözenekli bir yapıya sahiptir.
- Bileşimi ve fiziksel özellikleri yapıldığı kömüre ve koklaşma sıcaklığına bağlıdır.
- İdeal bir Metalurjik kok, *"harmanlanmış bitümlü kömürlerin yüksek sıcaklıklarda homojen ısıtılmaları suretiyle elde edilir."*
- Yüksek fırınlarda kullanılacak kok nakliye sırasında parçalanmayacak ve yüksek fırının ağır şarjı altında ezilmeyecek şekilde sağlam olmalıdır.
- İnce partiküller şeklinde ya da toz halinde olmamalı, arzu edilen yanma hızıyla yanabilmesi için de çok büyük olmamalıdır.
- Poroziteye sahip olmalı.

- **Kömürün koklaştırılması prosesi**
- Kok üretiminde “kovan metodu" ve "yan ürün metodu" olmak üzere iki metot kullanılır.
- ***Kovan metodunda,***
- **Kömür kubbeli bir fırın içinde 450-500 ^{o}C’ de 2-3 gün süre ile yetersiz bir havayla yakılmaktadır.**
- **Uçucu bileşenlerden faydalanılamadığı gibi elde edilen kok, yan ürün kokuna göre daha düşük kalitelidir**

- **Yan ürün metodu**
- Bu metotta kömürün uçucu bileşenleri de (kok gazı, katran, amonyak v.s.) değerlendirilir.

- **İçinde CO, CO_2, H_2O, H_2 ,N_2,CH_4, H_2S,S ve NH_3 maddeleri bulunan kok gazı kimya sanayinin önemli hammaddelerindendir.**

- **Kok yüksek fırına şarj maddeleriyle karışık olarak yüklendiğinden dolayı, şu özelliklere sahip olması istenilir.**
- 1. Şarj sırasında fırın gazlarının yukarı doğru yükselebilmesi için poröz olmalıdır.
- 2. Şarj maddelerinin ağırlıklarını taşıyacak kadar sağlam olmalıdır.

- Yan ürün metoduyla kok eldesinde fırına yüklenen ana kömür dıştan ısıtılır. Sıcaklık 800-1200°C olup, süre 24 saat civarındadır.

- **Endüstride Uygulanan Koklaştırma**
- **Endüstride koklaştırmaya tabi tutulacak Değişik kömür türleri belirli bir boyut altına indirilip harman oluşturulduktan sonra bant konveyörlerle bataryalara gönderilir.**
- **Genellikle metalurjik bir tesiste her biri çok sayıda fırın içeren 2-3 batarya bulunur. Endüstride genellikle bir fırına 20-30 ton arası kömür şarj edilebilmektedir.**
- **Kok fırınlarının sıcaklığı 800-1200 ^{o}C olup, koklaştırma süresi yaklaşık 18-24 saat kadardır.**

- ***Düşük sıcaklık karbonizasyonunda;***

- **gaz halindeki ürün miktarı az, sıvı ürün (ağırlıklı olarak katran) miktarı fazladır.**

- ***Yüksek sıcaklık karbonizasyonunda ise;***

- **gaz ürün fazla, sıvı azdır.**

- **Sıvı ürün : Su, katran, ham hafif yağ**

- **Gaz ürün: hidrojen, metan, etilen, karbonmonoksit, karbondioksit, kükürtlü hidrojen, amonyak, azot**

- ***Sıvı Yakıtlar***
- Petrol, en önemli metalürjik yakıtlardandır.
- Kalorifik gücü, katı yakıtların hepsinden fazla ,
- Çok az veya hiç külü yok,
- Kolaylıkla taşınıp kullanılabilir.
- **Ham petrol yakıt olarak kullanılabildiği gibi, Ham petrolün tasfiyesi sonucu, hafif maddelerden (benzin, motorin) ve ağır maddelerden (yağlama yağları, gresler) ve ara ürünler olarak da fuel oil cinsleri elde edilmektedir**.

- **Akaryakıtlar basınçlı hava ile püskürtülmek suretiyle fırının sıcak olan cehennemliğinde yakılırlar.**
- Akaryakıtın cinsine göre çeşitli brülörler geliştirilip kullanılmaktadır. Asıl amaç ideal bir atomizasyonun ve **akaryakıt zerreleri ile yakma havasının** tam olarak karışmasıdır.
- Viskozitesi yüksek olan fuel oil yakıtları, bir ön ısıtmaya tâbi tutularak (daha kolay atomize olacak şekilde) fırın brülörüne verilirler.
- Akaryakıtlar yaklaşık olarak 10.000 Kcal/Kg. kalorifik güce sahiptirler.

- **G a z Y a k ı t l a r**
- **Depo ve nakliye kolaylığı,**
- **Yanmadaki yüksek veriminden dolayı ideal yakıtları oluştururlar.**
- **Kompozisyonlarında kül yoktur.**
- **En Önemli gaz yakıtlar :**
- a) **Doğal gaz :** Gaz yakıtlar içinde en yüksek kalorifîk güce (6200-10700 Kcal/m^3) sahiptir.
- Bileşimlerinde; **metan (CH_4), etan (C_2H_6), ve az miktarda H_2, CO, O_2, N_2 ve H_2O ihtiva eder**.

- **b) Kok üretme gazı;** Kalorifik güç bakımından doğal gazdan sonra gelen önemli bir gazdır.
- **Kompozisyonunda, yaklaşık olarak % 40 metan (CH_4) ve % 50 hidrojen (H_2) vardır.**
- **c) Petrol gazı;** Kok üretme gazı ayarında olup, ham petrolün tasfiyesi esnasında elde edilmektedir.

- **d) Jeneratör gazı:** Kömürün yetersiz hava ile yakılması veya karbonun su buharını dekompoze etmesiyle elde edilir.
- Karbon yetersiz hava ile yakıldığında;
- **$2C+O_2 \rightarrow 2CO$** elde edilir. (hava gazı) ekzotermik (1)
- Meydana gelen hava ve gaz karışımında yaklaşık olarak, % 30 CO, % 60 N_2 vardır. Bu gazın kalorifik gücü düşüktür.
- **e) Yüksek fırın gazı;** Demir yüksek fırınından elde edilen gazlarda yüksek miktarda (CO) gazı bulunduğu için, bir çeşit yakıt gazı olarak kullanılırlar.
- Aşağıdaki Tablo, çeşitli gaz yakıtların kimyasal kompozisyonlarını ve kalorifik güçlerini vermektedir.

Çeşitli gaz yakıtların kimyasal kompozisyonları ve kalorifik güçleri

Gaz Yakıtın Cinsi	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_2H_4	CO	CO_2	H_2	O_2	N_2	Kalorifik Güç Kcal / m^3
Kok Gazı	28,5	-	-	2,9	5,1	1,4	5,4	0,5	4,2	8 900
Su Gazı	-	-	-	-	43,4	3,5	51,8	-	1,3	2 540
Rafineri Gazı	27,0	-	-	2,7	10,6	2,8	53,5	-	3,4	4 100
Hava Gazı	2,6	-	-	0,4	22	5,7	10,5	-	58,8	1 050
Yüksek Fırın Gazı	-	-	-	-	26,2	13,0	3,2	-	57,6	850
Doğal Gaz	-	79,4	20	-	-	-	-	-	0,6	15 200
Doğal Gaz	32,3	67,0	-	-	-	-	-	-	0,7	12 100

- **Kükürt**:
- Normal şartlar altında hiçbir zaman kükürt yakıt olarak kullanılmaz.

- Ancak sülfür ve piritli cevherlerin kavrulma ve ergitme işlemlerinde bileşimdeki kükürdün okside olarak **(SO_2)** ve bazen de **(SO_3)** yapması ekzotermik reaksiyonlar olmaları itibariyle ortama ısı verir.
- Böylece şarjdaki kükürt bir çeşit yakıt olarak reaksiyona katılır.

- Yanan kükürdün sisteme verdiği kalori ölçüsünde yakıttan tasarruf sağlanmış olur.