

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ

Kimyasal Metalurji

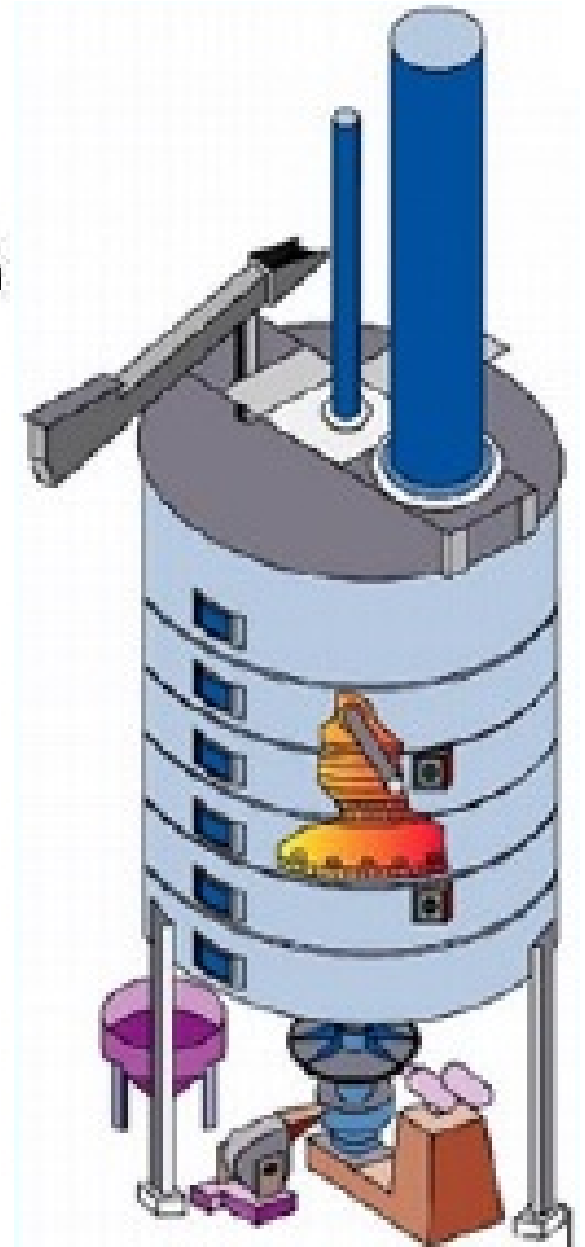
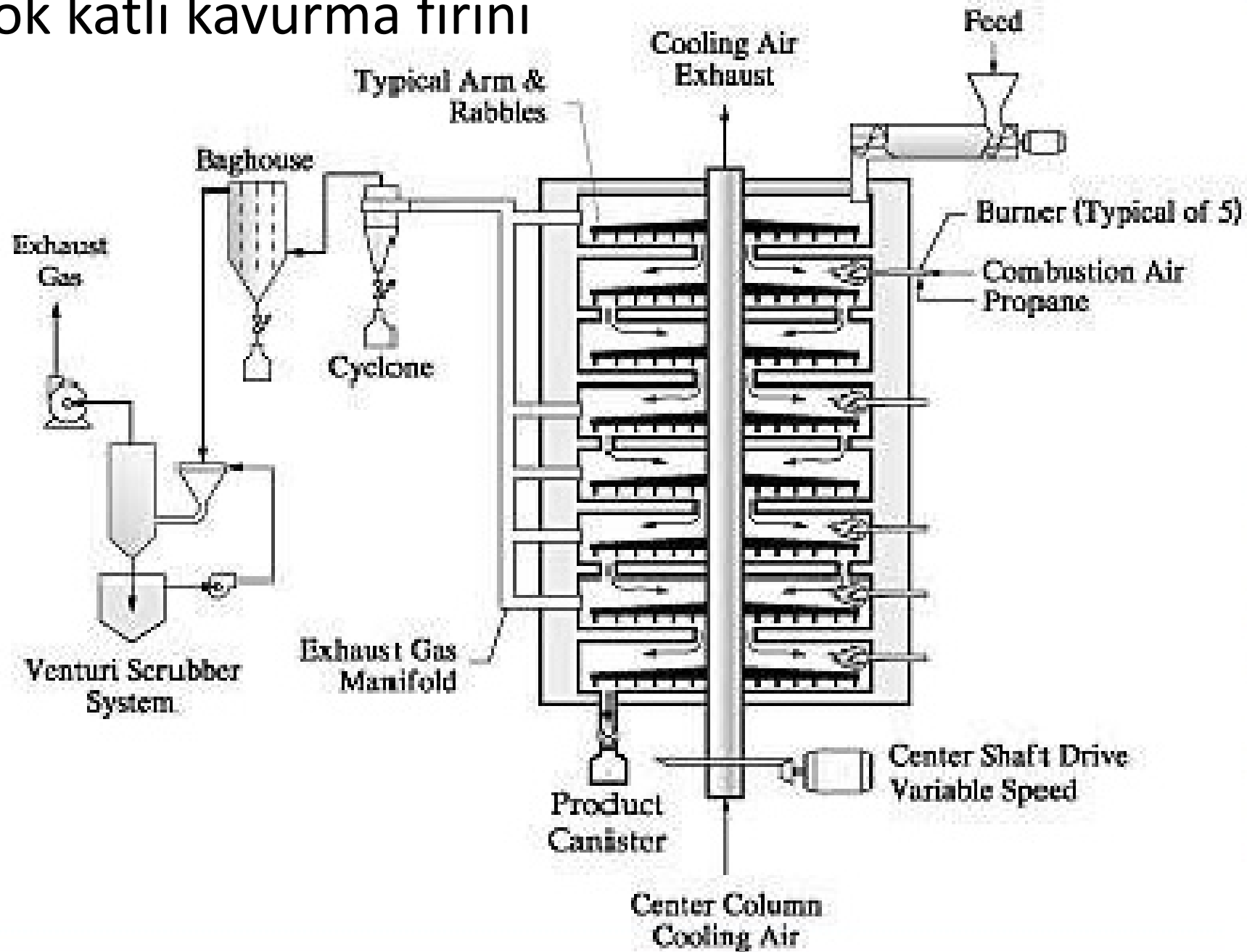
Metalurjik Ön İşlemler

Dr. Raşit SEZER

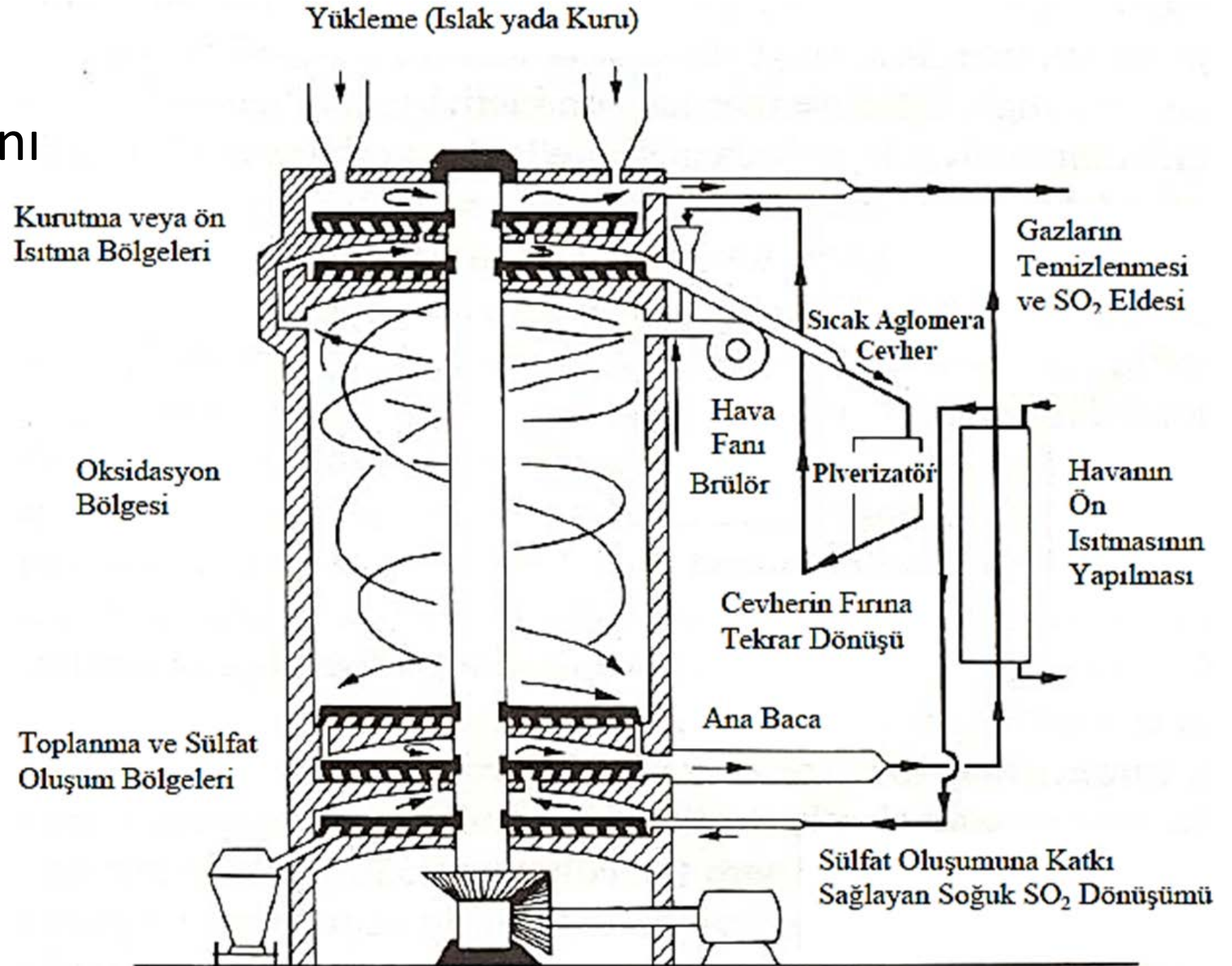
Kavurma sistemleri

1. Çok Katlı Kavurma Fırını
2. Yüksek Basıncılı Kavurma Fırını
(Sinter Makinası)
3. Akışkan Yataklı Kavurma Fırını
4. Püskürtmeli Kavurma Fırını

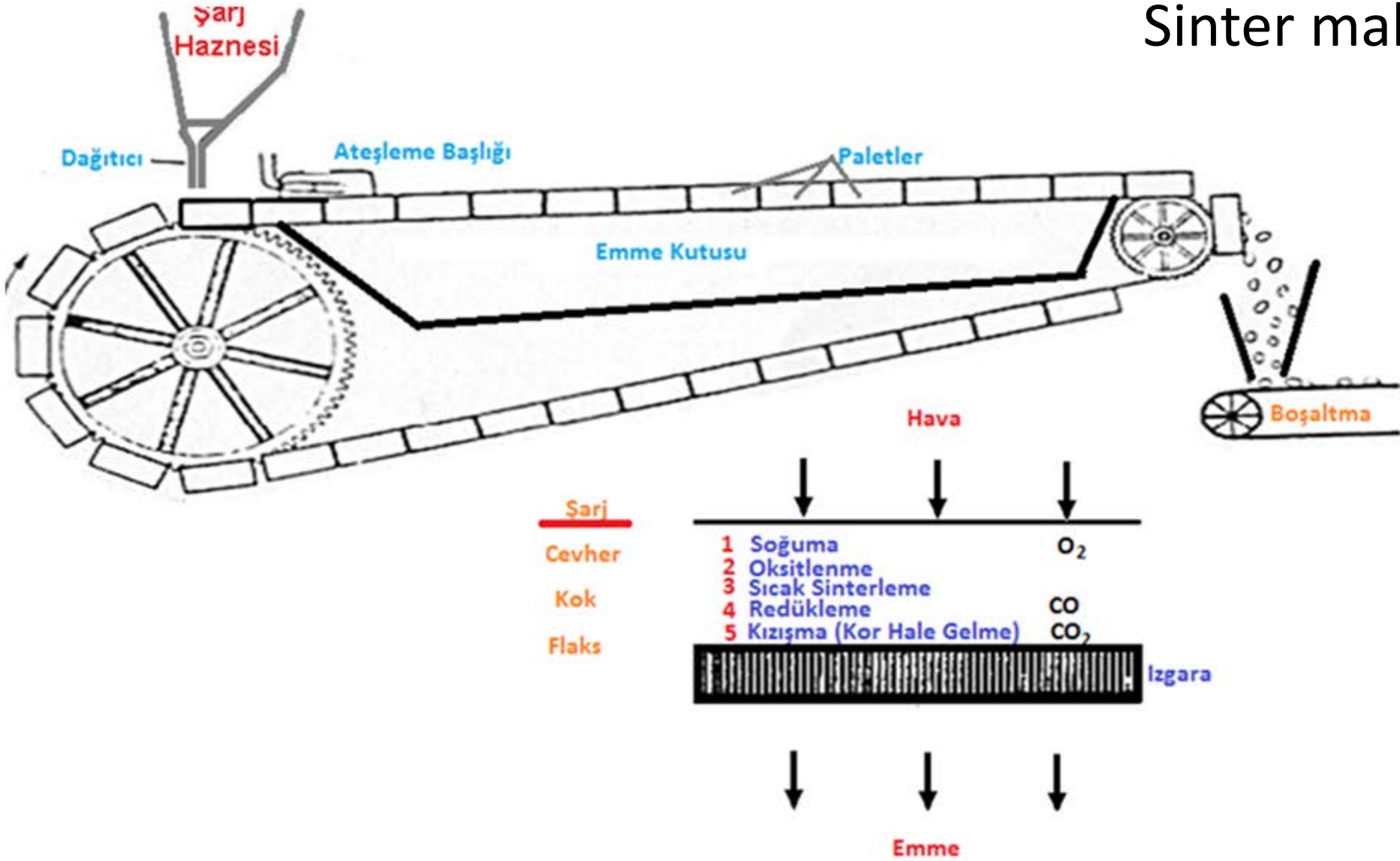
Çok katlı kavurma fırını



Flaş tipi kavurma fırını

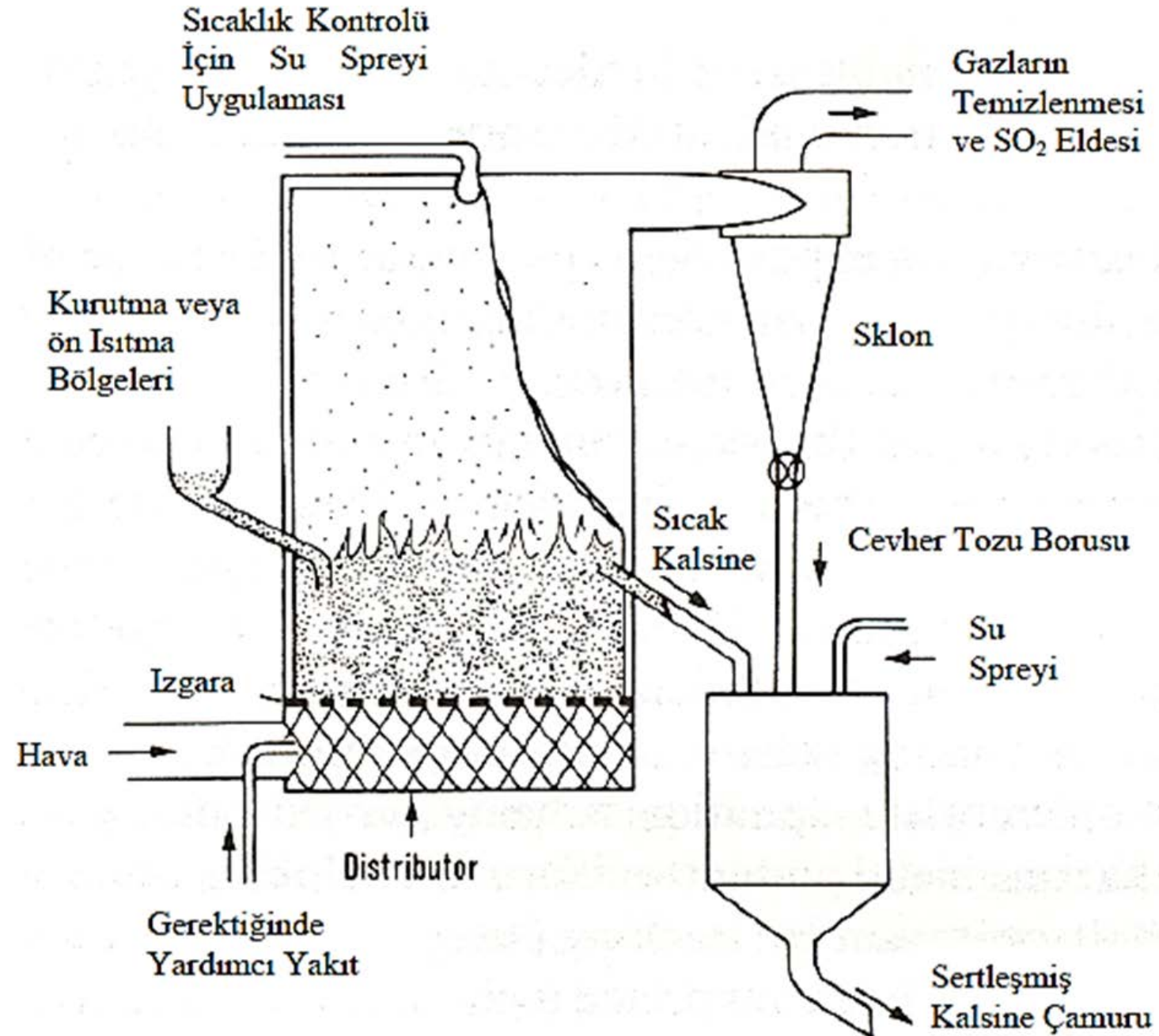


Sinter makinası



Dwight-Lloyd Sinterleme Makinesi

Akışkan yataklı kavurma fırını



Aglomerasyon İşlemleri

Yüksek fırında kullanılacak toz cevherin iri kütleler haline getirilmesi işlemidir.

Aglomerasyon (Topaklaştırma) yöntemleri:

1. **Briketleme**
2. **Nodülleme**
3. **Sinterleme**
4. **Peletleme** olmak üzere dörde ayrılır.

1. Briketleme

Toz cevherin hidrolik pres yardımı ile yüksek basınç altında topaklaştırılmasıdır.

Briketleme,

Partiküller arasındaki temas noktasında ergime oluşması için ya basınç sırasında ya da sonrasında, ısıtma ve bir kalıbın içinde konsantrenin basınçla sıkıştırılması prensibine dayanır.

Sıcak briketleme, soğuk briketleme, katkı maddeli briketleme, katkı maddesiz briketleme şeklinde uygulanır.

Katkı maddesi olarak **zift, bitüm, melas, sülfat likörü, kola, kil, polipropilen, çimento, zamburak, yağlar, kalker tozu** gibi çok sayıda değişik madde vardır.

Genellikle katkı maddesiz ve soğuk briketleme daha ekonomik ve basit olduğu için tercih edilir.

Ancak briketlerin istenen bazı özelliklerini iyileştirmek için katkı maddesi kullanmak gerekir.

Katkı maddesinin homojen karışması gerekir.

2. Nodülleme

Demirli malzemelerin döner bir fırına şarj edilmesi ve ergimeye başladığı noktaya kadar ısıtılmasıyla yapılmaktadır.

Nodüller, şarj fırının içinde karıştırılırken kısmen ergiyen tanelerin sıvılaşmış kısmı ile birbirlerine bağlanmaları sonucu oluşurlar.

Bu işlemin, besleme malının tane boyutu, nodüllerin yüksek gerilimi, ve neme karşı duyarsız olma gibi birkaç avantaja sahip olmasının yanı sıra

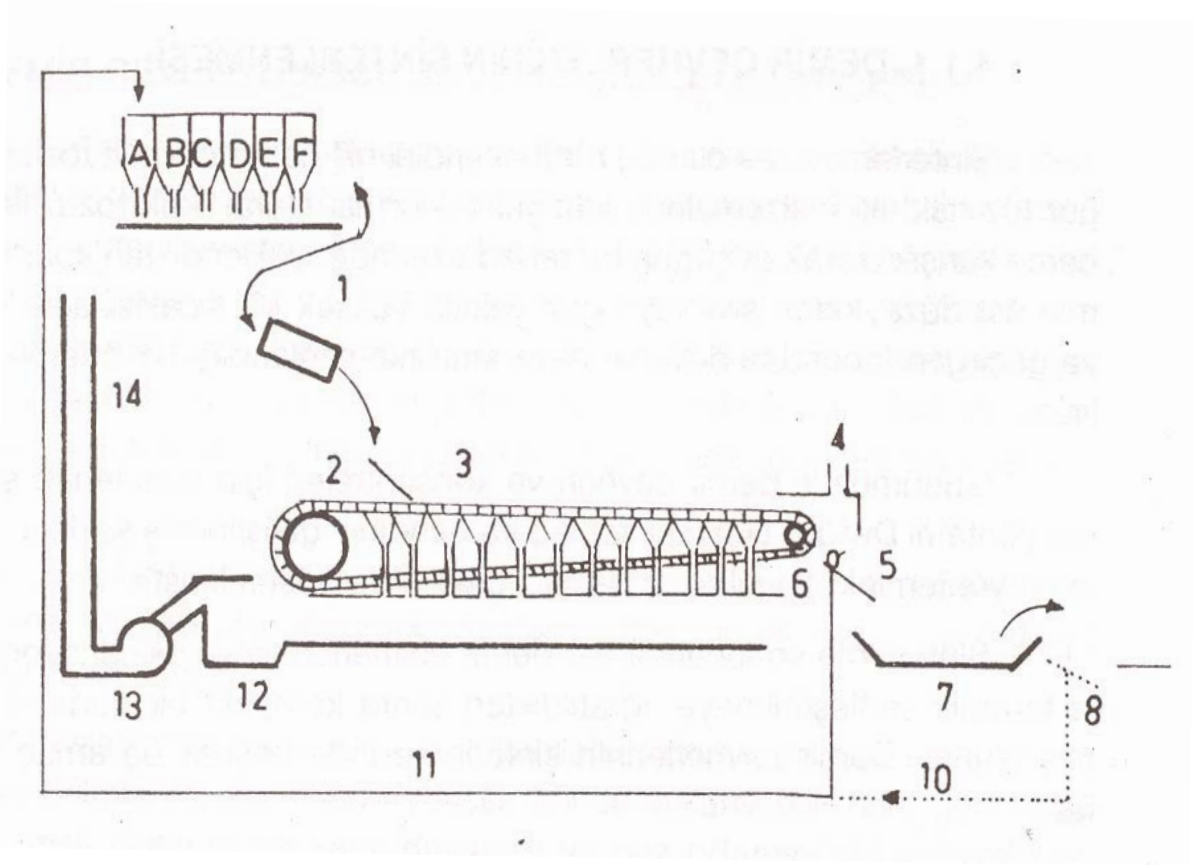
Yüksek yakıt tüketimi, operasyonun kontrolündeki zorluklar üniform olmayan nodül boyutları, ve yüksek fırında zayıf nodül redüklenebilirliği gibi dezavantajlarından dolayı **kullanılmamaktadır.**

3. Sinterleme

Toz cevherlerin aglomerasyon yolu ile yüksek fırın için *istenen parça iriliğine, mukavemete ve gaz geçirgenliğine* sahip duruma getirilmesi işlemidir.

Sinterlemenin amaçlarından biri; sinterleme esnasında cevherin kimyasal yapısında bulunan **zararlı elementleri (empürite, safsızlıklar) bertaraf etmektir.**

Sinterlenme neticesinde elde edilen ürünün yüksek fırına şarj edilmesi halinde yüksek fırın ham demir kapasitesinde artış olur



Max. Sinter sıcaklığı : 1450 °C

Kok-Kireçtaşı boyutu : 0-3 mm

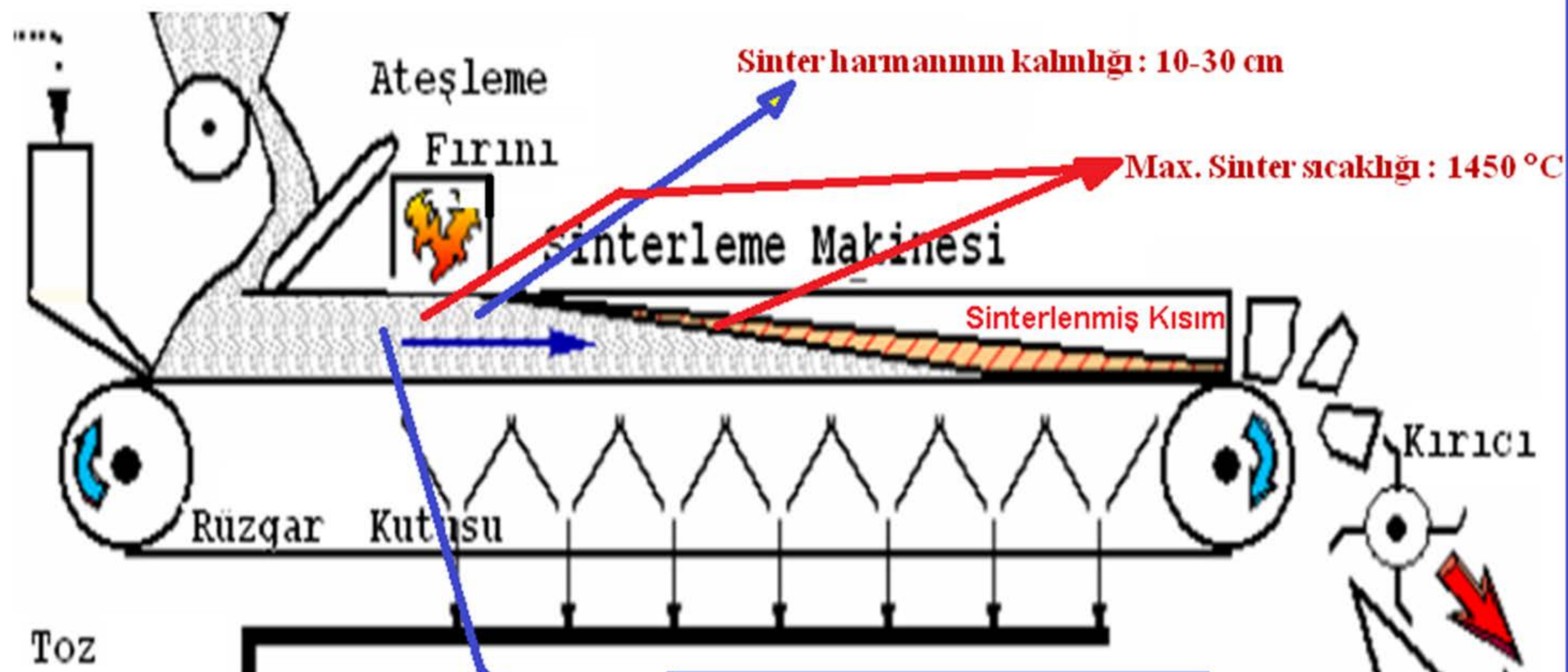
% 65 cevher

% 7,5 kireçtaşı

% 24 geri dönen toz sinter

1- Karıştırma tromeli, 2- Besleyici, 3- Ateşleyici, 4- Toz tutucu, 5- Sinter kırıcı,

10- Elek altı ürün 11- Geri dönen (elek altı)ince sinter toz, 12- Toz Tutucu,13- Fan,14- Baca



Kok-Kireçtaşı boyutu : 0-3 mm
Cevher boyutu 0-10 mm

Sinter harmanı karışımı yaklaşık
% 65 cevher
% 3,5 kok
% 7,5 kireçtaşı
% 24 geri dönen toz sinter

1200 ton/gün kapasiteli (yani **günde 500 – 550 ton çelik üretimi yapan**) bir sinter tesisinin kuruluş maliyeti, verilen rakamlara göre aynı miktarda çeliği üretebilecek yüksek fırın tesisi maliyetinin **% 5'ini oluşturmaktadır.**

Genellikle demir izabe tesislerinde yüksek fırınlarda değerlendirilemeyen üretim ve nakliye sırasında oluşan 0 – 30 mm. boyutlarındaki kok tozu birikmektedir.

Bu toz Ereğli Demir Çelik Tesislerinde 35- 40 bin ton kadardır.

Sinterleme bu kok tozunun değerlendirilmesini de sağlar.

Parça demir cevheri, yüksek fırına belirli bir tane iriliğinde verilir.

Bu nedenle iri parçalar kırılır ve bu kırma işlemi esnasında belirli oranlarda tozlanmalar olur.

Bunun yanı sıra taşıma, doldurma, boşaltma esnasında da sinterlenmesi gerekli ince cevher tozu meydana gelir.

Bu bakımdan hemen hemen her yüksek fırın tesisinde bir de sinterleme tesisi bulunmaktadır.

Demir cevherinin sinterlenmesi

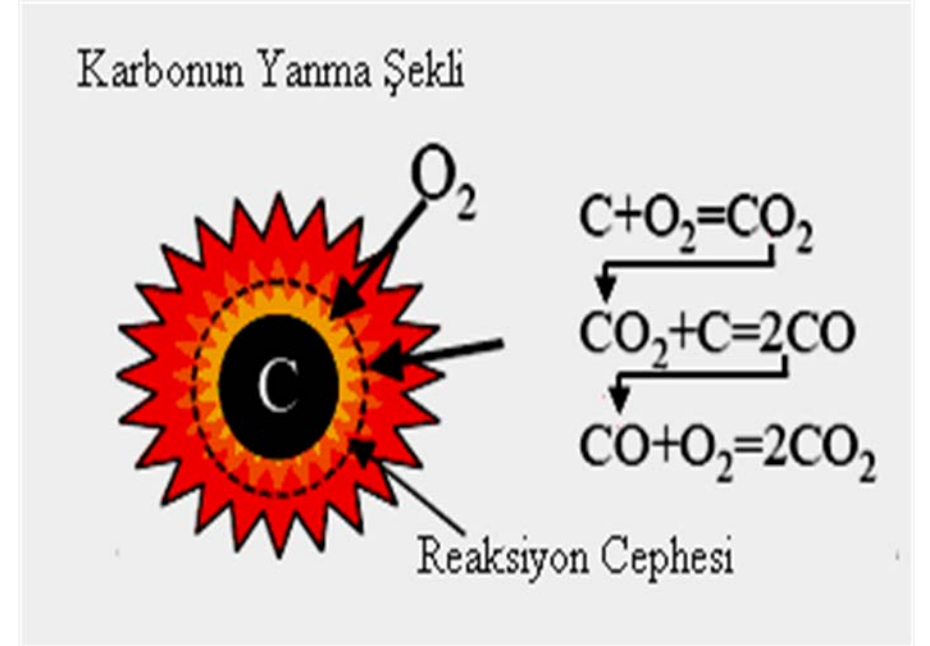
Aglomere edilmiş malzeme paketlenmiş bir yatak içinde tabakalanır.

Yatak, sinterleme işleminin başlaması için ateşlenir.

Ateşleme esnasında kok sobası gazının yanmasıyla üretilen sıcak gazlar tabakanın üst kısmında sıcaklığı yükselterek yatağın iç kısmına doğru çekilir.

Ateşleme bitirilinceye kadar yatağın üst kısmındaki kok partikülleri yanma sıcaklığına erişir.

Sinterleme işlemi için gerekli ısı enerjisini sağlayan kokun yanmasının devam etmesi için hava yatağın içinden aşağı doğru emilir.

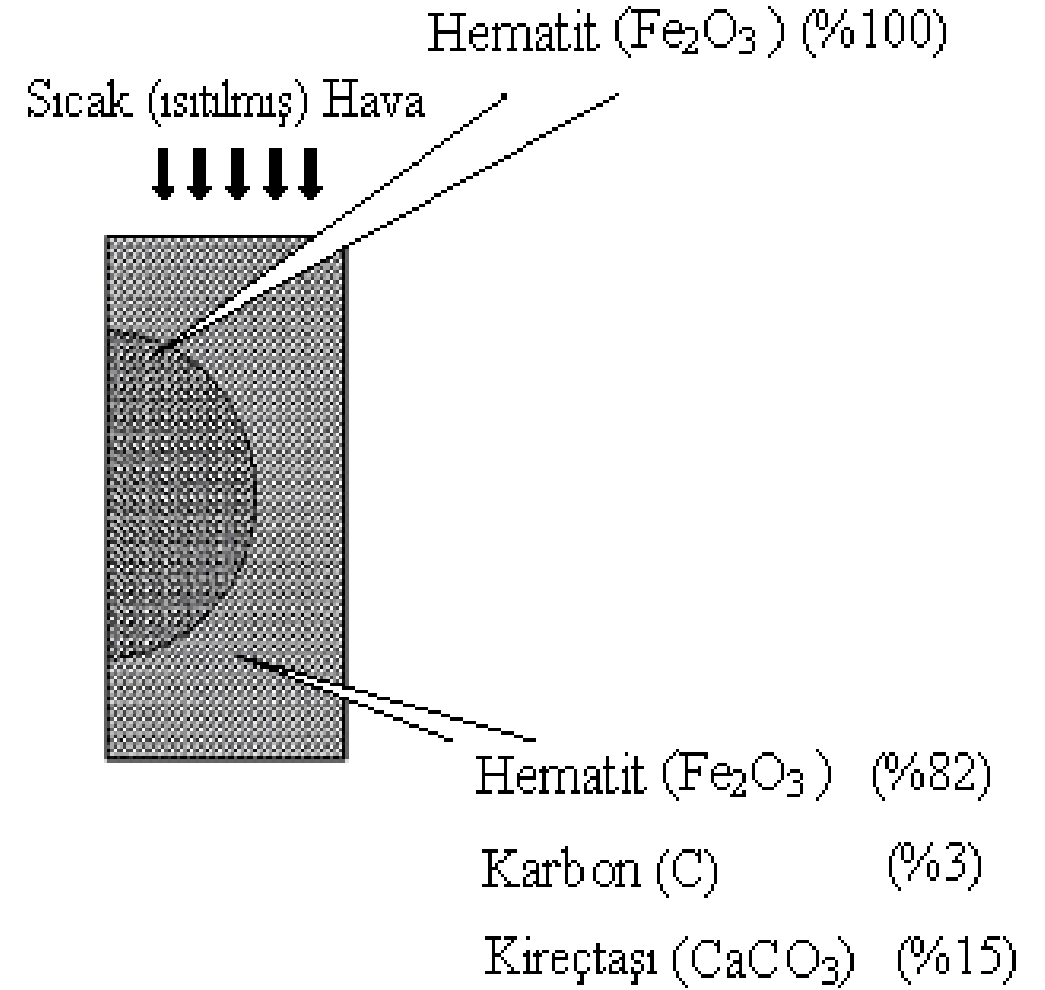


Yatağın içine çekilen hava, ilk olarak yatağın daha üst kısımlarının içinden geçmesiyle ön ısıtmaya uğrar.

Daha sonra sıcak kok tozu partikülleri yanmaya devam eder.

Son olarak yanma bölgesinin hemen altında yataktan su buharlaştırılarak soğutulur. Gazlar yatağı terk eder ve atık gaz olarak çıkar.

Yanma bölgesi sinterlemenin ilerlemesiyle yatağın aşağı kısımlarına hareket eder. İşlem sonunda yakıtın tamamı tüketilir ve yatağın üzerindeki tüm kütle sinterlenmiş olur.



Toz halindeki cevherin yüksek sıcaklık ve basınç altında kısmi ergimeler yardımı ile sinter bandında topaklaştırılması sırasında kavurma reaksiyonları da meydana geldiği için sinterleme işlemine ***sinterleyici kavurma*** da denilmektedir.

Sinterleme olayında aşağıdaki olaylar göz önüne alınmalıdır.

Gaz ve katı arasında ısı alışverişi,

Yatak yüksekliğinin üzerinde gaz basıncının düşmesi,

Suyun buharlaşması ve yoğunlaşması,

Sinter yatağının hem yaş hem de kuru bölgeleri içinde SO_2 'nin absorpsiyonu,

Sinter yatağının içinde emilen gaz ve katı yakıtın karbonu arasındaki ön ateşleme reaksiyonları,

Katıların ergime ve katılaşması

Organik (tioller,sülfidler,disülfidler vb)ve piritik kükürdün yanması,

Kalsinasyon reaksiyonları,

4. Peletleme

Küçük taneli demir cevherinin eğik bir eksen etrafında dönen, bir tabla veya kesik koni yüzeyinde su ve bağlayıcı yardımı ile küresel olarak şekillendirildikten sonra 1200°C - 1300°C da pişirilerek kuru mukavemet kazandırılması işlemidir.

Pelet büyüklüğü, tablanın eğimine, dönme hızına, su miktarına ve suyun tablaya verildiği yere bağlıdır.

Peletin büyümesi basınç ve kılcal boru teorisi ile tıpkı kartopunun büyüme mekanizmasına benzer olarak açıklanmaktadır.

Pelet büyüklüğü 3-40 mm. arasındadır.

Sinter ham karışımının meydana getirilmesinde cevherin 6-8 mm büyüklüğüne kadar kırılması gerekirken,

Cevherin veya konsantrelerin peletlenebilmeleri için tane büyüklüklerinin, % 50 – 80'i 0,045 mm (325 mesh)'in altında olması gerekir.

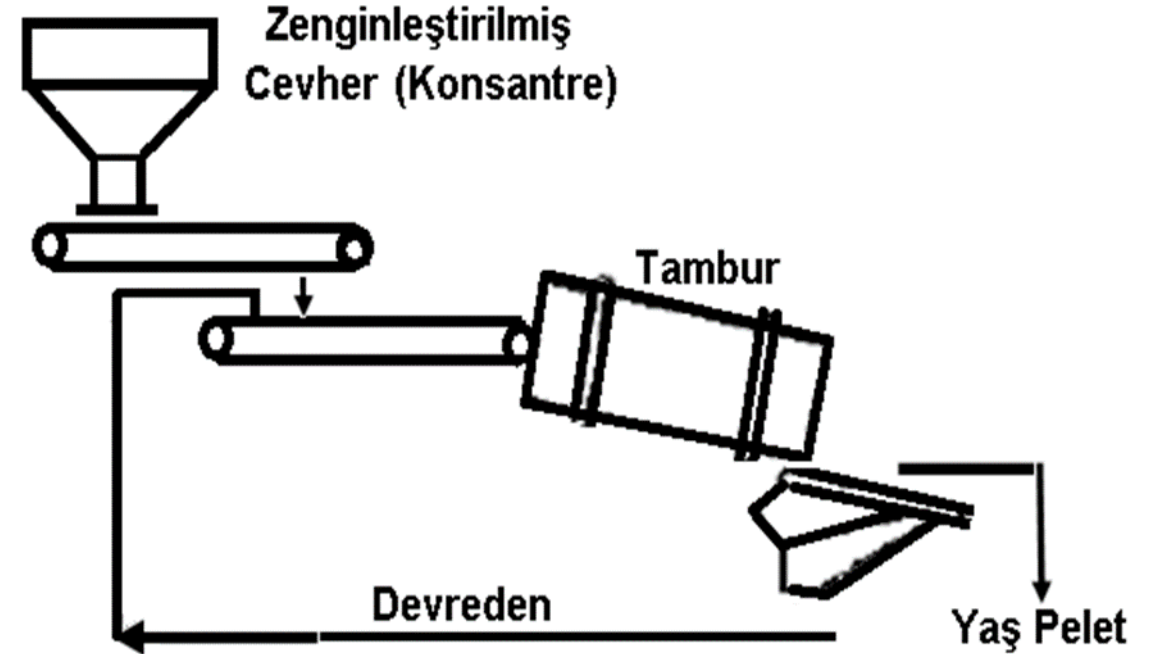
İnce taneli cevherlerin topaklanarak küresel bir şekil almaları tambur, tabla veya kesik konilerde olur.

Tamburda peletmele

Peletlemede kullanılan aletlerin en eskisi tamburdur

Tamburda çeşitli büyüklükte yaş peletlerin yanında sayıları bu peletlerin iki misli olan, çekirdek halindeki peletlerin oluşması bu metodu diğerlerinden ayıran en büyük özelliğdir.

Böylelikle küçük, irileşmekte olan peletlerin elenmesi ve tambura tekrar çekirdek pelet olarak verilmeleri gerekir.



Sıvı filmin içindeki kılcal kuvvetlerin yanı sıra yapışma ve kohezyonal kuvvetler, katı parçalar arasındaki Van der Waals ve elektrostatik çekme kuvveti, taneli parçalar arasında yapısal birleşmenin de topaklamada ham peletin elde edilmesinde etkisi vardır.

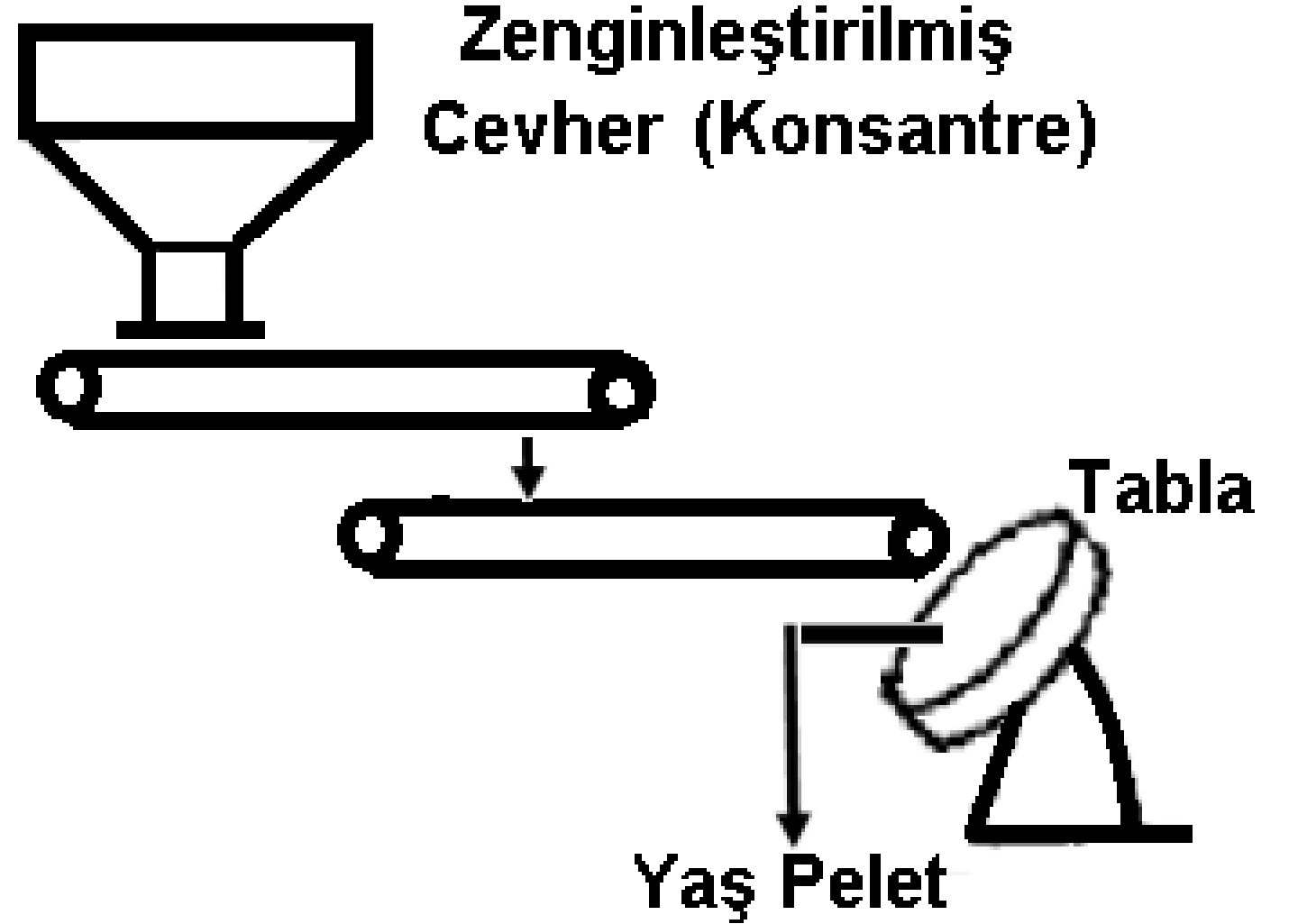
Bentonit + filitre keki + katkı maddeleri, karıştırıldıktan sonra, eksenini etrafında dönen, eğimli bir silindir olan tambura beslenir,

Nem içeriğinin uygun olması koşuluyla malzeme alt üst olduğundan tek tek olan cevher taneleri birbirlerine yapışırlar ve sürekli bir büyüme içerisinde çekirdek peletleri oluştururlar.

Ortama yeni giren cevher taneleri kartopu yöntemi ile çaplarını büyütürler (topakların büyümesi bu hareket nedeni ile olmaktadır).

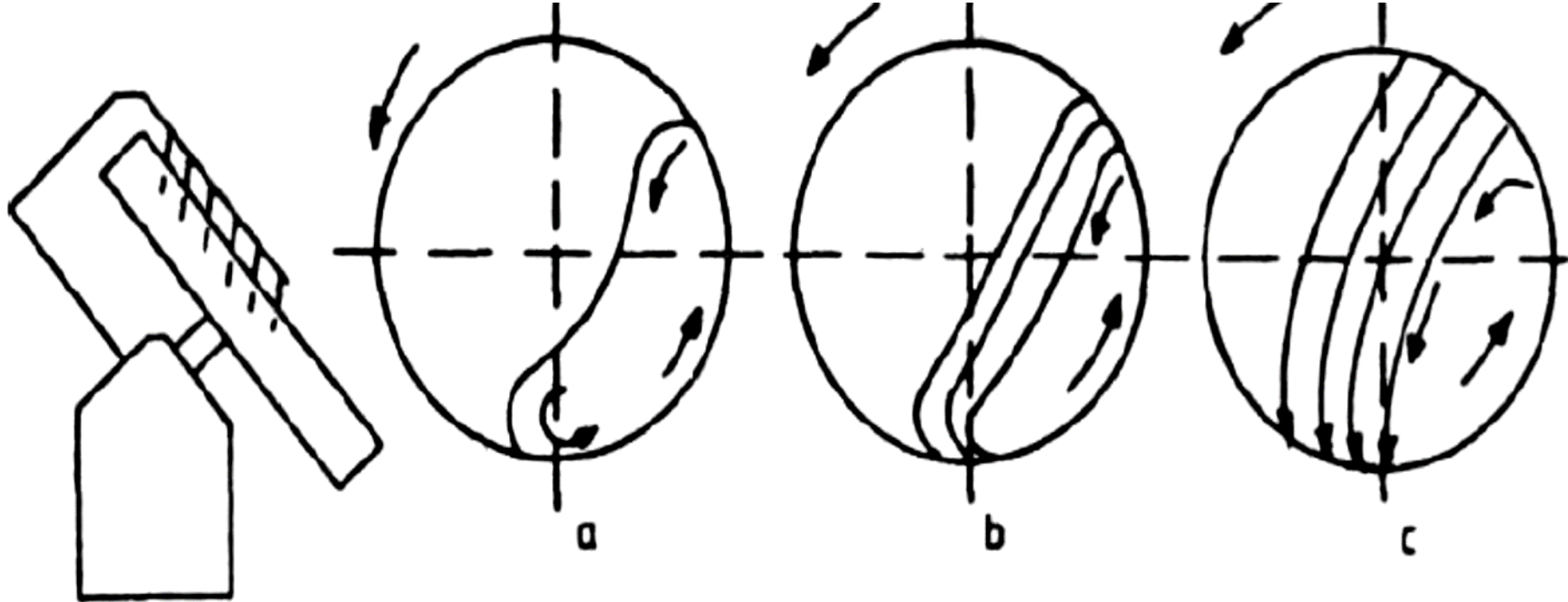
Peletme diskleri

Topaklama diskleri,
çoğunlukla 45° - 55°
arasında eğimli ve
topaklama
tamburlarından daha
geniş bir çapa
sahiptirler.



Hızları yaklaşık 5 - 7 devir/dakika olup, nemli karışım diske girdiğinde, disk tarafından yukarı taşınır ve belirli bir noktadan geri düşer, sabit bir sıyırıcı malzemenin disk çevresinde merkezkaç hareketi ile karşılaşmasını önler.

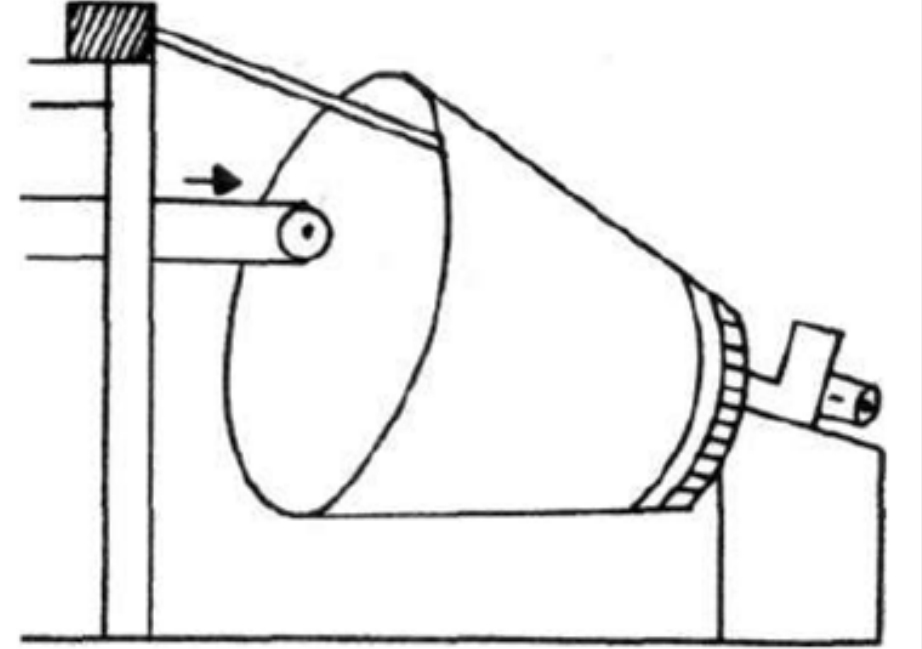
Savrulma hareketi partiküllerin bir araya gelerek küçük topaklar oluşturmasını sağlar.



Topaklama konileri

Topaklama konileri, günümüzde yerini topaklama disk ve tamburlarına bırakmış, döner bir mifle desteklenen, tepesi düz, kesik konilerden oluşmaktadır.

Üretim kapasitesi düşük olduğundan günümüzde kullanılmamaktadır



Ham peletler yeterli mukavemete sahip olmalıdır.

Piştirme işlemi sırasında su buharlaşır ve peletler bağlayıcı sayesinde parçalanmadan kalırlar.

Bağlayıcılar, sinterleyerek sertleştirme esnasında ısıtmaya dayanacak mukavemeti peletlere sağlarlar.

Pelet için hazırlanan harmanın bağlayıcı miktarı % 0,5 – 1, su içeriği ise % 5 – 10 kadar olmalıdır.

Sonuçta elde edilen peletin porozite ve yoğunluğu büyük ölçüde peletleme tablasındaki mekanik kuvvetlere bağlıdır.

Bu kuvvetler peletin, tablanın alt kısmına düşmesiyle ortaya çıkar ve bu sebeple **tabla çapına ve eğim açısına bağlıdır.**

Bir araştırmada cevherlerin morfolojik özelliklerinin pelet mukavemetine etkisinin büyük olduğu ortaya konulmuştur.

Peletlerin pişirilmesi

İnce öğütülmüş cevherlerin su ile topaklanması sonucu meydana gelen yaş peletler su miktarına göre değişen bir mukavemete sahiptirler.

Genellikle bir taraftan tesisin olduğu yere taşınması gerektiği ve diğer taraftan da yüksek fırınlarda redüklenmelerinde belli bir ufalanma ve mukavemete sahip olmaları gerektiğinden yaş peletlerin termik sertleştirilmesi gerekir.

Sertleştirme işlemi genellikle üç ayrı metotla yapılır.

Sinterleme ızgarası üzerinde,

Şaft fırınında

Döner fırında yapılır.

Özellikle büyük tonajlar için Dwigth – Lloyd makinası üzerinde pişirme çok yaygındır.

Yakıt olarak kömür tozu, fuel-oil veya doğal gaz kullanılabilir.

Metotlar tesisin şekline göre adlandırılmıştır:

1. Yüksek fırın tipi ocaklarda
2. Kontinü ızgaralarda
3. Grate - Kiln - metodu (kontinü ızgara ve döner fırın kombinasyonu)

..



Pelet teknolojisinin diğer aglomerasyon tekniklerine göre fazlaca tercih edilmesinin nedeni,

- 1. Yüksek demir miktarı ve cüruf yapıcı minerallerin miktarının az olması.*
- 2. Demir oksitlerin yüksek oksidasyon derecesi.*
- 3. Cüruf yapıcı minerallerin peletlerde homojen dağılışı dolayısı ile yüksek ergime hızı.*
- 4. Peletlerde mikro porların fazla oluşu nedeni ile indirekt redüksiyonun kuvvetli olması.*

5. Peletlerin büyüklüğü ve şekli nedeni ile yüksek fırınlarda gaz geçirgenliğinin ideal olması ve böylelikle redüksiyon gazından iyi istifade edilmesi,

Redüklenmenin çabuk olması

Aynı zamanda hazne yüzeyine tekabül eden kok kömürü miktarının çoğaltılabilmesi.

Peletin ham demir üretimini de elverişliliği yanında sinter'e nazaran şu üç avantajı vardır :

- 1. Yüksek mekanik özelliklere sahip olan peletlerin kolay taşınabilirliğinden dolayı pelet tesisleri cevher yatağı yanına kurulabilir.***
- 2. Peletlemede temini kolay ve ucuz olan yakıt maddeleri (fuel oil, doğal gaz vs.) kullanılabilir.***
- 3. Yakıt enerjisi ihtiyacı sinterlemeye nazaran çok azdır (peletleme 200 000-250 000 kcal/t, sinterleme 400 000-700 000 kcal/t)***

Peletleme İşlemlerinde Kullanılan Bazı Bağlayıcı Türleri

İnce taneli demir oksit tanelerinin bir arada tutunmaları için *bağlayıcı gerekir*.

Bağlayıcı ilave edilerek üretilen peletler sinterlenirler (Pişirilirler).

Bentonit kili en yaygın bağlayıcı türü olarak kullanılsa da, bununla rekabet edebilecek hem organik hem de inorganik birçok bağlayıcı türleri bulunur.

Demir cevheri peletleme işlemlerinde kullanılan malzemelerde dikkate alınan husus yüksek kalitede ve düşük maliyette pelet üretilmesi olup aynı zamanda minimum kirletici ve minimum proses gücü ile çalışılabilen bağlayıcılardır.

Bağlayıcıların bu özelliklerinden yola çıkılarak şu şekilde sınıflandırılabilirler,

Killer ve koloidal mineraller

Organik polimerler ve fiberler

Çimentolar ve cürufu malzemeler

Tuzlar ve çökeltiler

İnorganik Polimerler

Bentonitler

Killer en önemli endüstriyel minerallerden biri olup, pelet özelliklerini en çok etkileyen ayrıca bağlayıcı olarak en çok **kullanılan kil tipi bentonit killeridir.**

Bentonit olarak bilinen **Smektitin** değişebilen dominant iyonu kalsiyum ise kalsiyum bentoniti, sodyum ise sodyum bentoniti olarak adlandırılır.

Yüksek tabaka şarjı, ince partikül boyutu, değişebilen yüksek katyon kapasitesi ve büyük yüzey alanı birçok endüstriyel uygulamalarda istenilen iyi kimyasal ve fiziksel özellikleri sağlayıcı rol oynamasına neden olur.

Portland çimentosu

En belirgin çimentolu bağlayıcı normal portland çimentosudur. Suyla temas ettiğinde sertleşip, partikülleri bir arada tutan çimento fazı oluşturur.

Normal portland çimentosu, **%67 CaO, %22 SiO₂, %5 Al₂O₃, %3 Fe₂O₃, ve %3 diğer bileşenlerden** oluşur.

Sönmüş kireç

Silikasız bir son ürün oluşmasına katkıda bulunması, yüksek fırında pelet redüklendiğinde silika flaksının rolünü üstlenmesi ve pelet performansını geliştirmesi, kolayca elde edilebilir olması gibi birçok özelliğe sahip olması nedeniyle pelet üretiminde bağlayıcı olarak kullanımı için çok caziptir.

Organik bağlayıcılar

Son yıllarda yapılan bazı çalışmalar organik bağlayıcılarında peletleme işlemlerinde bağlayıcı olarak kullanılabileceklerini göstermektedir.

İnce taneli demir cevherlerinin peletlenmesinde anyonik suda çözünen sentetik polimerler bağlayıcı olarak kullanıldığı patent çalışmasında düşük sıcaklıklarda yüksek kalitede peletler üretildiği belirtilmiştir.

Peletlerin avantajları

Cüruflaşma ya da füzyondan dolayı boşlukların kapanması minimumdur.

Fazla gözeneklerden dolayı çok güzel indirgenebilirliğe sahiptir.

Yumurtamsı şekil ve ufak düzenli boyut (10-20mm) çok güzel yatak geçirgenliği verir.

Yüksek yoğunluğa sahiptir.

Yüzey ve birim fırın hacmi başına daha fazla demir elde edilebilir.

Daha uzun gaz/katı teması sağlanır ve ısı transferi artar.

Yüksek demir muhtevası, öğütme ve cevher zenginleştirmeden dolayı daha düzenli kimyasal kompozisyona sahip olması.

Yüksek yumuşama sıcaklığı ve Yüksek mukavemet

Isı tüketimi sinterden çok daha azdır.

Elde edilmesi kolaydır.

Direkt indirgeme prosesleri için idealdir.

Fırının içinde özellikle düşük sıcaklık bölgelerinde cevher ve sintere göre indirgenebilirlik daha fazladır.

Peletlerin dezavantajları

Öğütmeden dolayı yüksek üretim maliyeti

Fırın içindeki şişme ve mukavemet kaybı

Flakslanmış pelet üretiminin zor oluşu

Flakslanmış peletlerin indirgeyici şartlar altında kırılabilirliği asit ve bazik sinter ve asit peletlere göre daha fazladır.

Güçlü yüksek flakslanmış sinterler özellikle MgO ihtiva edenler gittikçe artan miktarda pelete göre tercih edilmektedir.

Bir kurşun konsantresinin bileşimi yandaki gibidir. Kurşunun tamamı PbS halinde ve demirin tamamı da FeS halinde bulunduğu kabul edilecektir.

Bu konsantrenin kavrulmasıyla PbO, PbSO₄, Fe₂O₃, SiO₂ ve CaO bileşikleri içeren bir kalsine elde edilecektir. Kalsinedeki kükürt miktarı ton başına 12 kg'dır. Kavrurma için gerekli teorik hava miktarından %150 fazla hava kullanılmıştır.

Konsantre	%
Pb	72
Fe	5
S	14
SiO ₂	3
CaCO ₃	6

Buna göre 1 ton konsantrenin kavrulması için aşağıdakileri hesaplayınız;

- Elde edilen kalsinenin bileşimi ve ağırlığı.
- Kavrurma işlemi için kullanılan toplam havanın hacmi.
- Baca gazları ve hacimleri.

- a) Elde edilen kalsinenin bileşimi ve ağırlığı. Konsantredeki Pb'nin bir kısmı PbO'ya, geri kalanı ise PbSO₄'e dönüşecek. Kalsinedeki toplam kükürt (12kg) sadece PbSO₄'te bulunmaktadır.

$$PbSO_4 \text{ miktarı} = 12 * \frac{207 + 32 + (4 * 16)}{32} = \mathbf{114kg PbSO_4}$$

$$PbSO_4 \text{ teki Pb miktarı} = 12 * \frac{207}{32} = 77kg \text{ Pb } PbSO_4 \text{ te}$$

$$PbO \text{ 'daki Pb miktarı} = 720 - 77 = 643kg \text{ Pb } PbO \text{ 'da}$$

$$PbO \text{ miktarı} = 643 * \frac{207 + 16}{207} = \mathbf{693kg PbO}$$

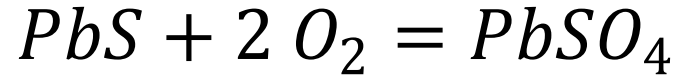
$$Fe_2O_3 \text{ miktarı} = 50 * \frac{(2 * 56) + (3 * 16)}{(2 * 56)} = \mathbf{71kg Fe_2O_3}$$

$$CaO \text{ miktarı} = 60 * \frac{40 + 16}{40 + 12 + (3 * 16)} = 34 \text{ kg } CaO$$

$$\begin{aligned} \text{Toplam kalsine ağırlığı} &= PbSO_4 + PbO + Fe_2O_3 + CaO + SiO_2 \\ \text{Toplam kalsine ağırlığı} &= 114 + 693 + 71 + 34 + 30 \\ &= 942 \text{ kg kalsine} \end{aligned}$$

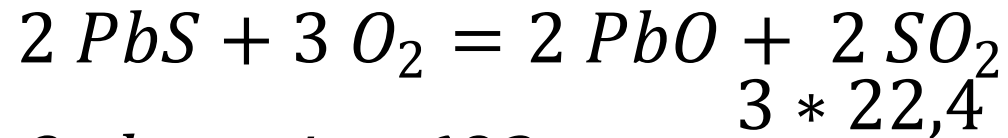
b) Kavurma işlemi için kullanılan toplam havanın hacmi.

PbS'in kavrularak PbSO₄'e dönüşmesi için gereken O₂ hacmi aşağıdaki reaksiyon ile belirlenir:



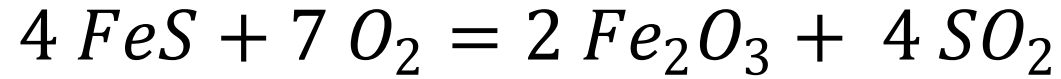
$$O_2 \text{ hacmi} = 114 * \frac{2 * 22,4}{(207 + 32 + (4 * 16))} = \mathbf{17 \, m^3 O_2}$$

PbS'in kavrularak PbO'ya dönüşmesi için gereken O₂ hacmi aşağıdaki reaksiyon ile belirlenir:



$$O_2 \text{ hacmi} = 693 * \frac{3 * 22,4}{2 * (207 + 16)} = \mathbf{104 \, m^3 O_2}$$

FeS'in kavrularak Fe₂O₃'e dönüşmesi için gereken O₂ hacmi aşağıdaki reaksiyon ile belirlenir:



$$O_2 \text{ hacmi} = 71 * \frac{7 * 22,4}{2 * ((2 * 56) + (3 * 16))} = \mathbf{35 \text{ m}^3 O_2}$$

$$\text{Gerekten } O_2 \text{ hacmi} = 17 + 104 + 35 = \mathbf{156 \text{ m}^3 O_2}$$

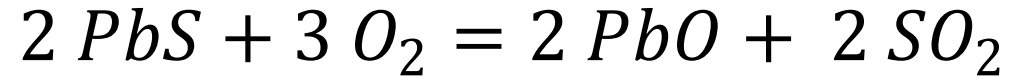
$$\text{Teorik hava hacmi} = 156 * \frac{1}{0,21} = 743 \text{ m}^3 \text{ hava}$$

$$\text{Fazla hava hacmi} = 743 * \frac{150}{100} = 1115 \text{ m}^3 \text{ hava}$$

$$\text{Toplam hava hacmi} = 743 + 1115 = \mathbf{1858 \text{ m}^3 \text{ hava}}$$

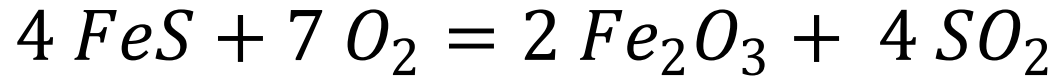
c) Baca gazları ve hacimleri.

PbS'in kavrularak PbO'ya dönüşmesi sonucunda açığa çıkan SO₂ hacmi aşağıdaki reaksiyon ile belirlenir:



$$SO_2 \text{ hacmi} = 693 * \frac{2 * 22,4}{2 * (207 + 16)} = \mathbf{70 \text{ m}^3 SO_2}$$

FeS'in kavrularak Fe₂O₃'e dönüşmesi sonucunda açığa çıkan SO₂ hacmi aşağıdaki reaksiyon ile belirlenir:



$$O_2 \text{ hacmi} = 71 * \frac{4 * 22,4}{2 * ((2 * 56) + (3 * 16))} = \mathbf{20 \text{ m}^3 SO_2}$$

$$\begin{aligned} & \text{CaCO}_3 \text{ kalsinasyonunda açığa çıkan CO}_2 \text{ hacmi} \\ & = 60 * \frac{22,4}{40 + 12 + (3 * 16)} = \mathbf{13 \, m^3 \, CO_2} \end{aligned}$$

$$\text{Havadan gelen N}_2 \text{ hacmi} = 1858 * \frac{79}{100} = \mathbf{1468 \, m^3 \, N_2}$$

$$\text{Fazladan havadan gelen O}_2 \text{ hacmi} = 1115 * \frac{21}{100} = \mathbf{234 \, m^3 \, O_2}$$

$$\text{Toplam baca gazı} = \mathbf{SO_2 + CO_2 + N_2 + O_2}$$

$$\begin{aligned} \text{Toplam baca gazı hacmi} &= (70 + 20) + 13 + 1468 + 234 \\ &= \mathbf{1805 \, m^3 \, baca \, gazı} \end{aligned}$$