



T.C.
ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TALK CEVHERİNİN BİLYELİ DEĞİRMEN VE DİKEY
KARIŞTIRMALI DEĞİRMENDE ÇOK İNCE BOYUTLARA
ÖĞÜTÜLEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖMER GÜLEÇ

Şubat 2017

T.C.
ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TALK CEVHERİNİN BİLYELİ DEĞİRMEN VE DİKEY KARIŞTIRMALI
DEĞİRMENDE ÇOK İNCE BOYUTLARA ÖĞÜTÜLEBİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI

ÖMER GÜLEÇ

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Ö. Yusuf TORAMAN

Şubat 2017

Ömer GÜLEÇ tarafından Prof. Dr. Öner Yusuf TORAMAN ve Doç. Dr. Metin UÇURUM danışmanlığında hazırlanan “Talk Cevherinin Bilyeli Değirmen ve Dikey Karıştırmalı Değirmende Çok İnce Boyutlara Öğütülebilirliğinin Araştırılması” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Öner Yusuf TORAMAN

Ömer Halisdemir Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Hüseyin VAPUR

Çukurova Üniversitesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Diler KATIRCIOĞLU BAYEL

Ömer Halisdemir Üniversitesi

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/...../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../2017

Doç. Dr. Murat BARUT
MÜDÜR V.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ömer GÜLEÇ



ÖZET

TALK CEVHERİNİN BİLYELİ DEĞİRMEN VE DİKEY KARIŞTIRMALI DEĞİRMENDE ÇOK İNCE BOYUTLARA ÖĞÜTÜLEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

GÜLEÇ , Ömer

Ömer Halisdemir Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği AnaBilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Ö. Yusuf TORAMAN

İkinci Danışman : Doç. Dr. Metin UÇURUM

Şubat 2017, 84 sayfa

Bu yüksek lisans çalışmasında, talk cevherinin konvansiyonel bilyeli değirmen ve dikey karıştırmalı bilyalı değirmende çok ince boyutlara öğütülebilirliğinin araştırılmasında etkili olan parametreler optimize edilmeye çalışılmıştır. Konvansiyonel bilyeli değirmende çalışılan parametreler; değirmen hızı, bilye doluluk oranı, bilye boyut dağılım oranı, talk doluluk oranı, öğütme yardımcısı oranı ve öğütme süresidir. Talk cevherinin öğütülmesinde sistematik olarak çalışılan söz konusu parametrelerin optimum değerleri ise sırası ile 45 devir/dk değirmen hızı (kritik hızın %90'ı), 12 kg bilye (değirmen hacminin %42'si), 1 kg talk cevheri (bilye doluluk oranının %10'u), %30'u 1 cm, %30'u 2 cm, %20'si 3 cm ve %20'si 4 cm bilye boyut dağılım oranı, %0 öğütücü yardımcısı oranı ve 30 dakika öğütme süresi olarak tespit edilmiştir. Dikey karıştırmalı değirmen çalışmalarında ise konvansiyonel bilyeli değirmen ürünü olan $d_{50}=17,92$ μm ve $d_{90}=83,52$ μm boyut dağılımına sahip ürün kullanılarak karıştırma hızı, bilya şarj oranı, talk şarj oranı, sabit tutularak öğütme süresinin etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada öğütülmüş ürünlere ait ortalama tane boyutu (d_{50}), eş boyutlu tane oranı (span değeri) ve toplam yüzey alanı ölçülmüştür. 60 dakika'lık öğütme neticesinde span değeri 2,62, d_{50} değeri 1,85 μm , d_{90} değeri 5,53 μm ve toplam yüzey alanı 14.000 cm^2/gr olan ürün elde edilmiştir. Dikey karıştırmalı değirmenden elde edilen nihai ürün üzerinde ise ayrıca XRD, TG-DTA, FTIR ve SEM analizleri yapılarak özellikleri ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Konvansiyonel bilyeli değirmen, dik değirmen, talk, değirmen hızı, bilya şarjı, talk doluluk oranı, bilya doluluk oranı, öğütücü yardımcısı oranı, öğütme süresi

SUMMARY

INVESTIGATION OF GRINDABILITY TO VERY FINE PARTICLE SIZES OF TALC ORE IN BALL MILL AND VERTICAL STIRRED MEDIA MILL

GÜLEÇ, Ömer

Ömer Halisdemir University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor :Professor Dr. Öner Yusuf TORAMAN

Co- Advisor :Assoc. Professor Dr. Metin UÇURUM

February 2017, 84 pages

In this postgraduate study, we tried to optimize the parameters that are effective in investigating the grindability of talc ore to very fine particle sizes in a conventional ball mill and a vertical stirred bead mill. Parameters studied in conventional ball mill were mill speed, ball filling rate, ball size distribution ratio, talc filling ratio, grinding aid ratio and grinding time. The optimal values of the target parameters systematically studied in the grinding of the talc ore are 45 rpm (90% of the critical speed), 12 kg of ball (42% of mill volume), 1 kg of talc ore (10% of ball mass), 30% of 1 cm, 30% of 2 cm, 20% of 3 cm and 20% of 4 cm of the ball size distribution ratio, 0% of the grinding aid and 30 minutes of grinding time. The effects of stirrer speed, bead charge rate, talc charge rate, and grinding time were investigated by using a conventional ball mill product ($d_{50}=17,92 \mu\text{m}$ and $d_{90}=83,52 \mu\text{m}$) in vertical stirred milling operations. In this study, the average particle size (d_{50}), the isodiametric particle ratio (span value) and the total surface area of the milled products were measured. As a result of 60 minutes of grinding time, a product having span value of 2,62, d_{50} value of $1,85 \mu\text{m}$, d_{90} value of $5,53 \mu\text{m}$ and total surface area of $14.000 \text{ cm}^2/\text{gr}$ was obtained. XRD, TG-DTA, FTIR and SEM analyses were also carried out on the final product obtained from the vertical stirred mill in detail.

Keywords: conventional ball mill, vertical stirred bead mill, talc, ball mill were mill speed, ball filling rate, ball size distribution ratio, talc filling ratio, grinding aid ratio and grinding time

ÖN SÖZ

Bu yüksek lisans çalışmasında, talk cevherinin bilyeli değirmen ve dik karıştırma değirmende çok ince boyutlara öğütülebilirliğinin araştırılmasında etkili olan parametrelerin ortaya konulmasıdır.

Yüksek lisans tez çalışmamın yürütülmesi esnasında, çalışmalarına yön veren, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Ö. Yusuf TORAMAN ve Sayın Doç. Dr. Metin UÇURUM'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Analizlerin gerçekleştirildiği Bayburt Üniversitesi Merkez Laboratuvarı yetkililerine bana bu imkânı verdikleri için ayrıca çok teşekkür ederim.

Ömer Halisdemir Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünün laboratuvarlarının bütün imkanlarını kullandırdıkları için hocalarımın çok teşekkür ederim.

Bu tezi, sadece bu çalışmam boyunca değil, tüm öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi koruyuculuğumu üstlenen babam Fatih GÜLEÇ, annem Zeliha GÜLEÇ ve kardeşlerime ithaf ediyorum

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	v
ÖN SÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ.....	xiii
SİMGE VE KISALTMALAR.....	xiv
BÖLÜM I GİRİŞ.....	1
1.1 Talk.....	1
2.1 Talk mineralinin tanımı.....	1
1.2 Ticari Talkın Çeşitleri.....	2
1.2.1 Sabuntaşı.....	2
1.2.2 Steatit.....	2
1.2.3 Lava.....	2
1.2.4 Asbestin.....	2
1.2.5 Rensselaerit.....	2
1.2.6 Fransız tebeşiri.....	2
1.3 Talkın Tarihçesi.....	5
1.4 Talk Yataklarının Jeolojisi.....	6
1.4.1 Steatit-kompakt talk.....	6
1.4.2 Yumuşak levhamsı talk.....	6
1.4.3 Tremolit talk.....	6
1.4.4 Karışık talk cevherleri.....	6

BÖLÜM II TALKIN KULLANIM ALANLARI VE ÖZELLİKLERİ.....	7
2.1 Talkın Kullanım Alanları	7
2.1.1 Seramik sektörü.....	7
2.1.2 Boya sektörü.....	7
2.1.3 Plastik sektörü.....	8
2.1.3.1 Talkın polipropilende (PP) dolgu maddesi olarak faydaları.....	9
2.1.3.2 Mukavemet (Elastisite Modülü).....	9
2.1.3.3 Kristalizasyon.....	10
2.1.3.4 Darbe dayanımı.....	10
2.1.3.5 Bariyer özellikleri.....	10
2.1.3.6 Kimyasal direnç.....	12
2.1.4 Kağıt sektörü.....	12
2.1.5 İlaç ve kozmetik sektörü.....	12
2.1.6 Haşarelere mücadelede.....	12
2.1.7 Çatı kaplamasında.....	12
2.2 Talkın Sektörlere Göre Özellikleri.....	13
2.2.1 Seramik sektörü.....	13
2.2.2 Kozmetik sektörü.....	13
2.2.3 Boya sektörü.....	13
2.2.4 Dolgu kontrol.....	14
2.2.5 Kağıt sektörü.....	14
2.2.6 Çatı malzemesi sektörü.....	14
BÖLÜM III TALK REZERVLERİ, ÜRETİM-TÜKETİM ORANLARI VE ÜRÜN STANDARTLARI.....	15
3.1 Talk Rezervleri, Üretim ve Tüketimi.....	15
3.1.1 Dünyadaki talk rezervleri, üretim ve tüketimi.....	15
3.1.2 Ülkemizde talk rezervleri, üretim ve tüketimi	16
3.2 Üretim Yöntemi ve Teknolojileri.....	20

3.3 Ürün Standartları.....	20
BÖLÜM IV UFALAMA VE SINIFLANDIRMA.....	21
4.1 Ufalama.....	21
4.1.1 Ufalamanın amaçları.....	21
4.2 Kırma.....	22
4.2.1 Kırıcı tipleri.....	22
4.2.1.1 Birincil kırıcılar.....	22
4.2.1.2 İkincil kırıcılar	25
4.2.1.3 Darbeli kırıcılar	26
4.3 Öğütme.....	27
4.3.1 Öğütmenin amacı ve etki eden parametreler.....	27
4.3.1.1 Öğütücü ortam cinsi ve miktarı.....	28
4.3.1.2 Besleme miktarı.....	28
4.3.1.3 Öğütme süresi.....	28
4.3.1.4 Değirmenin dönüş hızı.....	29
4.3.2 Öğütme Devreleri.....	29
4.3.2.1 Değirmenler.....	30
4.4 Sınıflandırma	33
4.4.1 Havalı (kuru) Sınıflandırıcılar (Seperatörler).....	33
4.4.1.1 Statik havalı ayırıcılar.....	35
4.4.1.2 Dinamik havalı ayırıcılar.....	36
4.5 Eleme	37
4.5.1 Cevher hazırlamada eleminin ana amaçları.....	37
4.6 Öğütme Yardımcıları	38
BÖLÜM V MATERYAL VE METOT	39
5.1 Materyal	39
5.2 Metot.....	40

5.2.1 Boyut dağılım analizi.....	42
5.2.2 FT-IR (Fourier transform infrared) spektroskopisi.....	43
5.2.3 Termal analiz (DTA, TGA.....	43
5.2.3.1 DTA (diferansiyel termal analiz).....	43
5.2.3.2 TG (Termogravimetri).....	44
BÖLÜM VI BULGULAR VE TARTIŞMA.....	45
6.1 Bilyeli Değirmen Deneyleri.....	45
6.1.1 Değirmen hızının etkisi.....	45
6.1.2 Bilye doluluk oranının (Tb) etkisi.....	46
6.1.3 Bilye boyut dağılımının etkisi.....	47
6.1.4 Talk doluluk oranı etkisi.....	49
6.1.5 Öğütme yardımcısının etkisi	50
6.2 Dikey Karıştırmalı Değirmen Sonuçları.....	52
SONUÇLAR.....	59
KAYNAKLAR.....	61
EKLER.....	65
ÖZ GEÇMİŞ.....	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Talkın mineralojik kompozisyonu.....	3
Çizelge 3.1. Talk ürünleri tüketimi.....	16
Çizelge 3.2. Türkiye'deki talk rezervleri.....	16
Çizelge 3.3. Ülkemizde talkın tüketim alanlarını ve oranları.....	17
Çizelge 3.4. Ülkemizde bulunan talkın özellikleri.....	19
Çizelge 4.1. Kullanılan bazı öğütme yardımcıları.....	38
Çizelge 5.1. Talk numunesine ait kimyasal analiz sonuçları.....	39
Çizelge 5.2. Dik karıştırmalı değirmen tasarım parametreleri.....	41
Çizelge 5.3. Öğütücü ortam olarak kullanılan alüminanın özellikleri.....	41
Çizelge 6.1. Hız parametresinin çalışma şartları.....	45
Çizelge 6.2. Bilye doluluk oranı parametresinin çalışma şartları.....	46
Çizelge 6.3. Bilye boyut dağılım oranı parametresinin çalışma şartları.....	48
Çizelge 6.4. Talk doluluk oranı parametresinin çalışma şartları.....	49
Çizelge 6.5. Öğütücü yardımcısı parametresinin çalışma şartları.....	50
Çizelge 6.6. Öğütme süresi parametresinin çalışma şartları.....	51
Çizelge 6.7. Dik karıştırmalı bilyeli değirmen çalışma şartları.....	53
Çizelge 6.8. Ürünlerin partikül eş boyutluluk değerleri.....	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Talkın kristal yapısı	3
Şekil 1.2. Talk tanesinin istifleme (tabaka) yapısı.....	4
Şekil 2.1. PP/talkın ısı iletkenliği	9
Şekil 2.2. PP/Talkın darbe dayanımı.....	11
Şekil 2.4. PPH/Talkın oksijen geçiş hızı	11
Şekil 2.5. Türkiye’de genel amaçla kullanılan talkın standardı.....	13
Şekil 3.1. Türkiye’de talkın tüketim sektörleri dağılımı	18
Şekil 4.1. Çeneli kırıcı şeması	24
Şekil 5.1. Tüvenan cevherin boyut dağılım özellikleri	39
Şekil 5.2. DTA analizinin ekzotermik ve endotermik bölgelerinin gösterimi	44
Şekil 6.1. Farklı değirmen hızlarının kümülatif elek altı değerleri	46
Şekil 6.2. Bilye doluluk oranlarına ait kümülatif elek altı değerleri	47
Şekil 6.3. Bilye boyut dağılım oranı parametresinin kümülatif elek altı değerleri.....	48
Şekil 6.4. Talk doluluk oranlarına ait kümülatif elek altı değerleri	49
Şekil 6.5. Öğütücü yardımcısı parametresinin kümülatif elek altı değerleri	50
Şekil 6.6. Öğütme süresinin kümülatif elek altı değerleri	51
Şekil 6.7. Dik karıştırmalı bilyeli değirmen besleme malı (yatay değirmen ürünü) kümülatif elek altı eğrisi.....	53
Şekil 6.8 Dik karıştırmalı değirmende farklı sürelerde öğütülen malzemelerin kümülatif elek altı eğrileri	54
Şekil 6.9. Dik karıştırmalı değirmende farklı sürelerde öğütülen ürünlerin d_{50} değerleri.....	54
Şekil 6.10. Dik karıştırmalı değirmende farklı sürelerde öğütülen ürünlerin toplam yüzey alanı değerleri.....	55
Şekil 6.11. Farklı sürelerde öğütülen ürünlere ait ağırlık dağılım değerleri.....	55
Şekil 6.12. Nihai ürünün XRD analizi.....	56
Şekil 6.13. Nihai ürünün TG-DTA analizi.....	57
Şekil 6.14. Nihai ürünün FTIR analizi.....	58
Şekil 6.15. Nihai ürünün SEM analizi.....	58

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Fotoğraf 1.1. Talk cevheri.....	1
Fotoğraf 1.2. Talkın sem görüntüsü.....	4
Fotoğraf 2.1. Yassı talk	8
Fotoğraf 4.1. Endüstriyel ölçekli çeneli kırıcı	22
Fotoğraf 4.2. Endüstriyel ölçekli merdaneli kırıcı	25
Fotoğraf 4.3. Endüstriyel ölçekli bilyeli değirmen	30
Fotoğraf 4.4. Dikey karıştırmalı değirmen	31
Fotoğraf 5.1. Deneylerde kullanılan bilye boyutları.....	39
Fotoğraf 5.2. Dik karıştırmalı bilyeli değirmende kullanılan bilyelerin görünüşü.....	39
Fotoğraf 5.3. Deneylerde kullanılan bilyeli değirmen.....	40
Fotoğraf 5.4. Deneylerde kullanılan dikey karıştırmalı bilyeli değirmen.....	41

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
μm	Mikron metre
A	Kesit alanı
σ	Gerilme
Tb	Bilye doluluk oranı
Fc	Malzeme doluluk oranı
Nc	Değirmen hızı
d ₅₀	Ortalama tane boyutu

Kısaltmalar	Açıklama
MTA	Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1 Talk

1.1.1 Talk mineralinin tanımı

Talk, sulu bir magnezyum silikat olup, teorik formülü $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 'dur (Fotoğraf 1.1). İdeal bileşiminde % 63,5 SiO_2 , % 31,7 MgO ve % 4,8 H_2O ihtiva eder. Beyaz, yeşilimsi şeffaf renklerde, kaygan, masif görümlü ve yumuşaktır. Sertliği Mohs cetveline göre 1-1,5 arasında değişir. Yoğunluğu $2,6-2,8 \text{ gr/cm}^3$ arasındadır. Kristal şekli monoklinikdir. Talkın ısı ve elektrik iletkenliği zayıftır fakat ateşe dayanıklıdır. Yüksek sıcaklıklarda ısıtıldığında sertleşir, katılaşır (Arslan F. ve Arslan C. 1999).

Talkın ticari olanları genellikle teorik saflıktan oldukça farklılıklar gösterir. Bu tür ürünler, saf talk minerali olduğu gibi talk ve talkın parajenezinde bulunan dolomit, kalsit, kuvars, diyopsit, serpantin, magnetit, pirit, tremolit-aktinolit ve mika gibi minerallerin değişik oranlarda karışımı halinde olabilirler. Talk ultrabazik kayaların hidrotermal etmenlerle ayrışmasıyla da silisli dolomitlerin düşük sıcaklıktaki metamorfizmasıyla oluşur. Bu oluşumlar iki ana grupta toplanmaktadır. Birincisi masif talktır. Bu talk çekiçle vurulduğunda kıymık şeklinde parçalanma gösterir. Bu gruptaki saf talk steatit olarak adlandırılır. İkinci grup talk ise şistlerdir. İnce tabakalıdırlar ve belirli bir oranda talk içerirler (Arslan F. ve Arslan C. 1999).



a

b

Fotoğraf 1.1. Talk (a) yeşil talk (b)

1.2 Ticari Talkın Çeşitleri

1.2.1 Sabuntaşı (Soapstone)

Mineral talk içeren masif formun adlandırılmasıdır. En az %50 mineral talk içermekte olup, elektriğe ve asitlere karşı dirençli, ısıya karşı dayanıklı özelliklere sahiptir (Sariz ve Nuhoglu, 1992).

1.2.2 Steatit

Yüksek saflıkta masif talklar için kullanılan bir terimdir. En çok kullanım alanı elektrik izolatörleri yapımıdır. Ancak steatit %1,5' den az CaO ve Fe₂O₃ ve %4' den az Al₂O₃ ihtiva etmelidir (Sariz ve Nuhoglu, 1992).

1.2.3 Lava

Blok talkları veya blok talklardan elde edilen son ürünleri ifade etmek için kullanılır (Sariz ve Nuhoglu, 1992).

1.2.4 Asbestin

Saf talk minerali kristal özelliklerinde nadiren lifsi görünümündedir. Asbestin ise daha ziyade levha, ince tabaka veya mikaya benzer şekillerdedir (Sariz ve Nuhoglu, 1992).

1.2.5 Rensselaerit

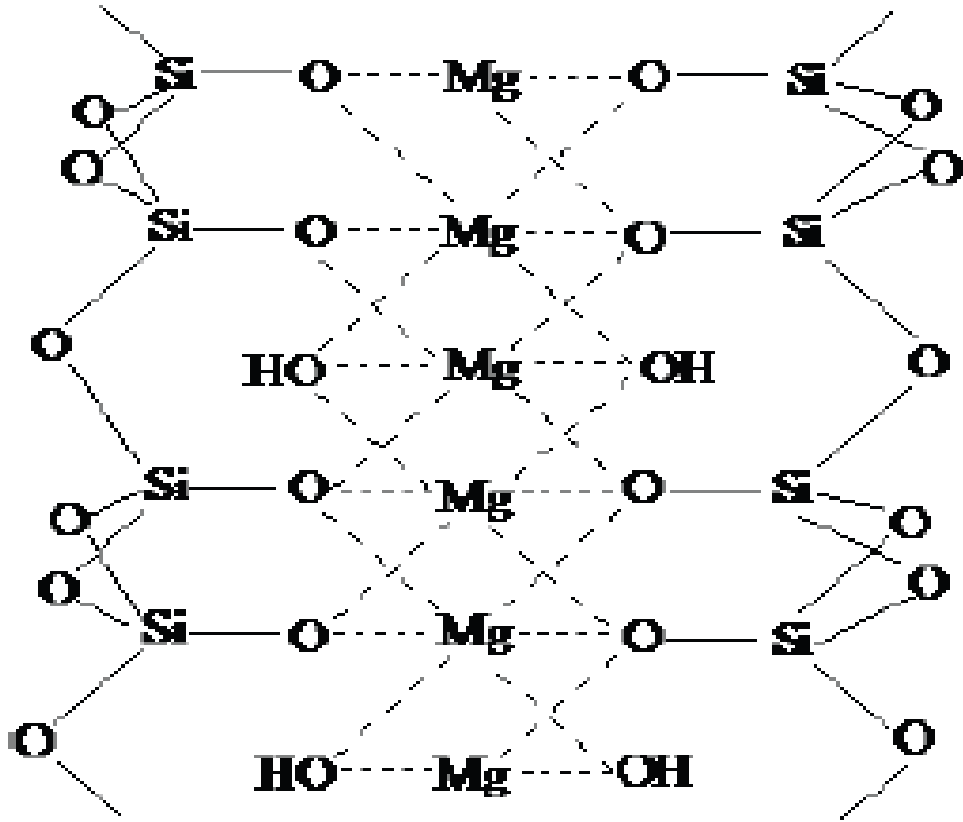
Talka benzeyen ancak yumuşak ve yağlı olmayan bir mineraldir (Sariz ve Nuhoglu, 1992).

1.2.6 Fransız tebeşiri

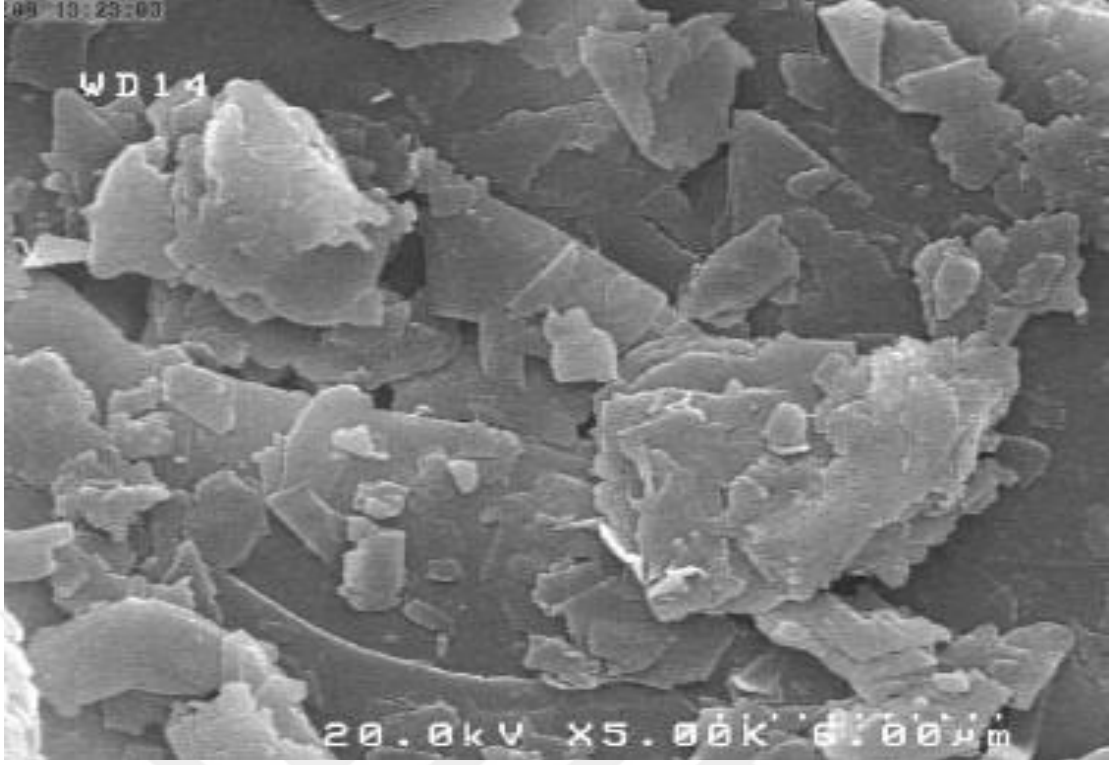
Talkın masif çeşidi olup, boya ve kursun kalem yapımında kullanılır. Talkın mineralojik kompozisyonu Çizelge 1.1'de verilmiştir (Sariz ve Nuhoglu, 1992).

Çizelge 1.1. Takın mineralojik kompozisyonu (% olarak (Arslan F. ve Arslan C. 1999).

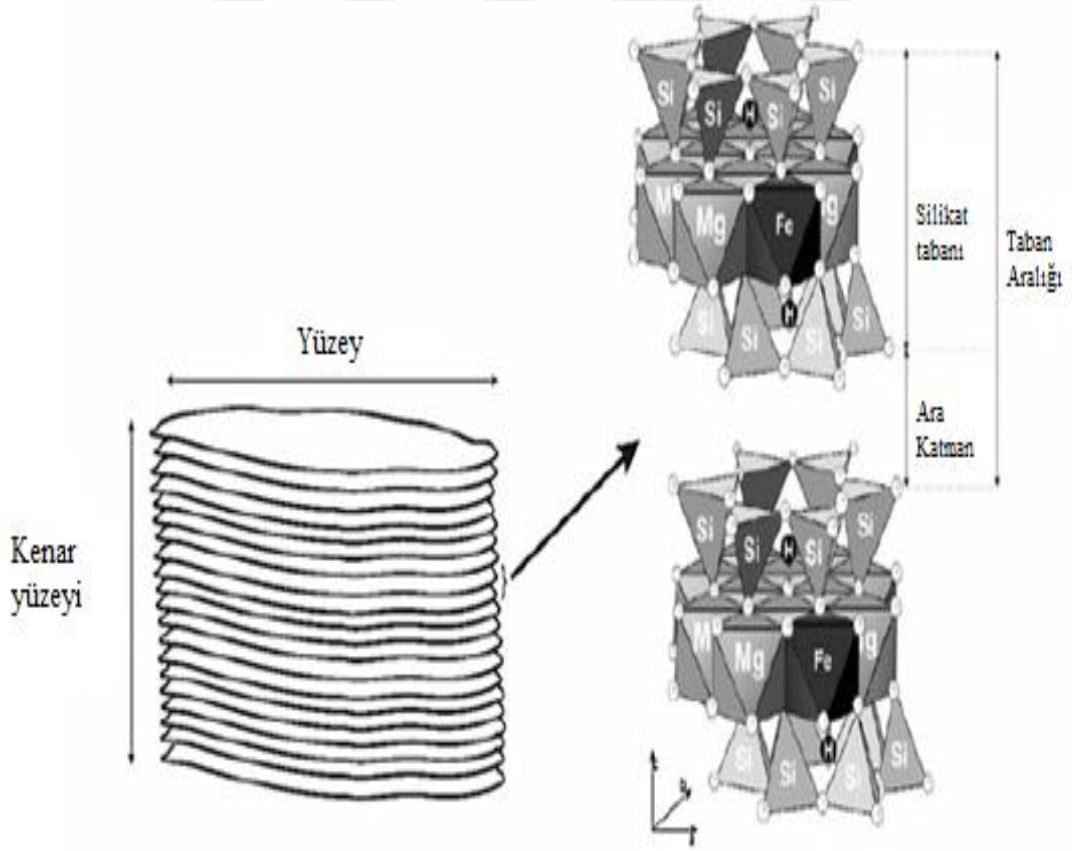
	SiO ₂	MgO	CaO	CO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	H ₂ O
Talk	64	32	-	-	-	-	-	3-7
Serpantin	44	43	-	-	-	-	-	8-13
Klorit	33	36	-	-	-	-	-	5-14
Antofilit	58	30	2	-	-	-	-	15-2,2
Tremolit	57	28	13	-	-	-	-	15-2,3
Aktinolit	52	5	9	-	34	-	-	3
Diyopsit	56	18	26	-	-	-	-	-
Feldispat	65	-	-	-	-	18	17	-
Magnezit	-	48	-	52	-	-	-	-
Dolomit	-	22	30	48	-	-	-	-
Kalsit	-	-	56	44	-	-	-	-



Şekil 1.1. Talkın kristal yapısı (Li, vd., 2015)



Fotoğraf 1.2. Talkın SEM görüntüsü (Marzbani, vd., 2013).



Şekil 1.2. Talk tanesinin istifleme (tabaka) yapısı (Luciano, vd., 2011).

1.3 Talkın Tarihçesi

Talk, çok eski zamanlardan beri bilinen bir maddedir. Türkçede sabun taşı olarak bilinen ve çok büyük oranda talktan oluşan bir kayanın öğütülmesi ile elde edilen toz halinde bir mineraldir. Sabun taşı, adını yumuşaklığı, kayganlığı ve elde bıraktığı yağlımsı his nedeniyle almıştır. Yumuşaklığından dolayı kolay işlenebildiği için eski çağlarda özellikle Çin, Hindistan, İskandinavya ve Kuzey Amerika'da süs eşyaları, heykeller ve gıda depolama kabı yapımı için kullanılmıştır. Öğütülerek toz haline getirilmiş şeklinin de Mısır'da yüz kozmetiği olarak kullanıldığı bilinmektedir (Luciano, vd., 2011).

Dilbilimciler kelimenin Farsça kökenli olduğunu, oradan Arapçaya "talq" şeklinde telaffuz edilerek geçtiğini düşünmektedirler. Kelime bu söyleniş şekliyle Avrupa dillerine de geçmiştir; bugün halâ bazı eski Alman dili diyalektlerinde "talket" veya "talkert" yumuşak, sağlam olmayan anlamlarında kullanılmaktadır (Sassaman, 1993).

Talkın başta medikal olmak üzere özelliklerini anlamak için oluşumu hakkında bilgi sahibi olmakta fayda vardır. Bu bağlamda bir miktar jeoloji bilgisi gereksinimi kaçınılmaz olmaktadır (Sassaman, 1993).

Dünyamızda üç tür kayaç bulunmaktadır. Bunlardan biri lav olarak dünya yüzeyine ulaşan volkanik kayaçlar diğeri de zamanla çökerek üzerlerindeki basınç ve ağırlık sebebiyle sertleşen sedimanter kayaçlardır. Üçüncü grubu oluşturan metamorfik kayaçlar ise yukarıda bahsedilen ilk iki gruptaki kayaçlardan yüksek basınç, ısı ve yeraltı sularında bulunan minerallerin etkisiyle yıllar içinde dönüşerek (başkalaşarak) metamorfozla oluşurlar. Bu oluşum şeklinin doğal sonucu olarak meydana gelen başkalaşım kayaç, orijinal kayaç içinde bulunan minerallere ve o bölgedeki yeraltı sularının içinde hâkim olan minerallere ve karbondioksit oranına göre şekillenmektedir. Bir diğer önemli nokta da bu başkalaşımın orijinal kayacın her yerinde oluşmadığı, oluşan alanlarda ise %100 oranında gerçekleşmediğidir. Bunun sonucu olarak da, nihai aşamada meydana gelen kayaçta hem orijinal mineraller hem de başkalaşım ile oluşan mineraller bir arada bulunabilirler. Peki, talk yukarıda anlatılan bu süreçle nasıl oluşmaktadır? Talkın oluşumu için birden fazla yol olabileceği düşünülmektedir. Bunlardan biri; dolomitten, silika ve magnezyum içeren yeraltı sularının etkisiyle yıllar süren bir zamanda kalsit, karbondioksit ve talkın oluşmasıdır (dolomit skarnifikasyonu) (Dirik, 1999).

Bir diğerk yol ise serpantin ve karbondioksitten yine yeraltı sularının etkisiyle, talk ve manyezitin oluşmasıdır (Serpantin hidrasyonu ve karbonizasyonu) (Dirik, 1999).

1.4 Talk yataklarının jeolojisi

Ekonomik öneme sahip olan talk yatakları dolomitik kayaçların bölgesel veya kontak metamorfizmaya uğramasıyla yada magmatik kayaçların serpantinleşmesi ile oluşabilir. Talk oluşumu için en uygun alanlar magmatik kayaçlar ile sedimanter kayaç kontaktları, fay ve makaslama zonlarıdır. Talk yatakları aşağıda gruplar halinde açıklanmıştır (DPT, 2001).

1.4.1 Steatit- kompakt talk

Masif, kriptokristalin, oyulabilir, kesilebilir veya istenilen şekil verilebilir. Steatit, 1800°F ta (982°C) 6 saat ısıtılırsa kenetlenmiş klinoenstatit kristaline dönüşür (bu, LAVA olarak isimlendirilir). Bu ürün iyi elektrik izolatör özelliğine sahiptir (DPT, 2001).

1.4.2 Yumuşak levhamsı talk

Sedimanter magnezyum karbonat kayaçlarının bir alterasyon (bozunma) ürünüdür. Bu en önemli talk tipidir. Diğer talk materyallerinden daha fazla kullanım özelliklerine sahiptir (DPT, 2001).

1.4.3 Tremolit talk

Bazen sert talk olarak isimlendirilir. Değişen yüzde oranlarında tremolit, antofillit, kalsit, dolomit, serpantin ve hakiki yumuşak talktan oluşan masif veya laminalı kayaç halindedir. % 6-10 arasında değişen CaO içeriği ile karakteristiktir (DPT, 2001).

1.4.4 Karışık talk cevherleri

Levhamsı talk, dolomit, kalsit, serpantin ve diğer birçok eser mineralden oluşan ve yumuşak talk olarak isimlendirilen gevrek, beyaz sisti kayacı içine alır. Talk-klorit karışımından oluşan düşük kalitede yataklar yaygındır (DPT, 2001).

BÖLÜM II

TALKIN KULLANIM ALANLARI VE ÖZELLİKLERİ

2.1 Talkın Kullanım Alanları

Talkın kullanım alanları, rengine, saflığına ve diğer yapısal özelliklerine göre çok farklılık gösterir. Kullanım amacına göre talk;

- Yumuşaklığı
- Yağ emme
- Nem oranı
- Erime noktası
- Özgül ağırlığı
- Isı ve elektrik iletkenliği
- Kimyasal içerik

önemli olmaktadır (Sariz ve Nuhoglu, 1992).

2.1.1 Seramik sektörü

Seramik sektöründe kullanılacak talkta fiziksel ve kimyasal bakımdan homojenlik istenir. Ayrıca tane boyutu, dağılımı ve pişirme indeksi de önemlidir. Talkın ısı ile genleşme özelliğinin çok az olması nedeniyle banyo ve mutfak seramiklerinde ve elektrik sobalarının plakalarında kullanılmasını sağlamıştır. Ayrıca, tane iriliği ve dağılımı ile pişirme rengi de önemlidir. Bileşiminde manganez ve demir istenmeyen impüriteler (safsızlıklar) dir. Talkta CaO %0,5, demir oksit %1,5 ve Al₂O₃ %4'ten fazla olmamalıdır. Elektro-seramik ve sırlamada kullanılan talk saf magnezyum silikattır. Ayrıca kloritsiz kompakt talk (steatit) kullanılabilir (Sariz ve Nuhoglu, 1992).

2.1.2 Boya sektörü

Lif ve yaprak özelliğine sahip talklar, yağ emme özelliğinden dolayı boya ve benzeri yağ yapımında kullanılmaktadır. Talkın boya sektöründe kuvvetlendirici bir etkisi vardır. Ayrıca viskoziteyi kontrol eder, film boyalarının akmasını önler, askıda kalma karakteristiğini iyileştirir ve geniş yüzey alanı sayesinde parlaklık sağlar (DPT, 2001).

Boya sektöründe kullanılan talk öğütüldüğünde son derece beyaz ve tenoru yüksek olmalı (%98,5). Ayrıca 45 mikron'luk elekten geçebilmelidir.

Talk lifi boya tabakacıklarının birbirine ve yüzeye kenetlenmesini sağlar. Ağır boya materyallerinin çökmesini önleyip, boyanın daha homojen olmasını sağlar (DPT, 2001).

2.1.3 Plastik sektörü

Plastik sektöründe, talkın kuvvetlendirici etkisi sayesinde ısıya karşı koruma sağlanır ve kalıp çekmesi azalır. Talk ayrıca bozuk film yüzeylerindeki bloklaşmanın önlenmesi amacıyla, soğuk kaynak yapılarak yüzeyin sertleşmesini sağlamaktadır.

Talk başta kâğıt, boya, plastik, kauçuk ve seramik olmak üzere hayvan yemi, kozmetik, eczacılık gibi diğer pek çok uygulamalarda kullanılan fonksiyonel bir bileşendir. Lifli, yassı, iğnemsiz ve modüler şekillerden sadece yassı olanı dolgu olarak kullanılmaktadır. Farklı talk oluşumları içerisinde özellikle saf ve yassı (Fotoğraf 2.1) olanlar plastik sanayisinde kullanım alanı bulmaktadır. Plastikte termoplastikleri bilhassa polipropileni (PP) ve aynı zamanda polietilen (PE) ve polimid (nylon) sertleştirmek/pekiştirmek için kullanılır. Ana uygulamaları otomotiv parçaları, ev aletleri ve mühendislik plastikleri (valfler, rulmanlar, konveyör kayış dişlileri, vantilatör, mikser gövdesi vs.) (www.mondominerals.com).



Fotoğraf 2.1. Yassı talk (www.mondominerals.com).

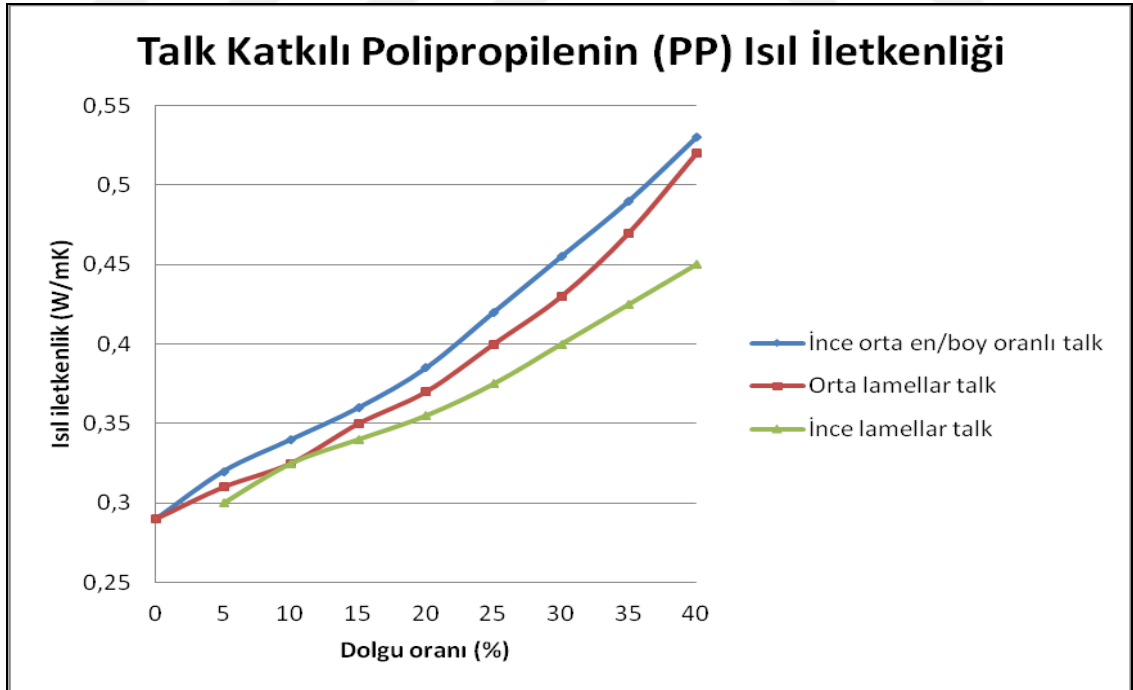
Talkın bazı komponentleri sandviç şeklinde iki silisyumdioksit (SiO₂) tabakasının arasında bulunur. Böylece her plakacık belli bir hidrofobiye (su sevmez) sahip olur ve kimyasal olarak inert bir yapı oluşturur. Bu yapı nedeniyle ve çok sert olmamasından dolayı kolayca kayan bir dolgudur (www.mondominerals.com).

2.1.3.1 Talkın Polipropilende (PP) dolgu maddesi olarak kullanılmasının faydaları

Üretim ve tüketim alanları sınırlı olan talkın ülkemizde özellikle son yıllarda tüketimi giderek artmıştır. Talk kullanılan bütün dolgu ve kaplama minerallerinin de en az aşındırıcı özelliğe sahip olanıdır. Başka bir avantajı da yüksek tabaka tutma özelliğidir. Talk kullanımlarındaki gelişmelere bakılarak, özellikle polipropilen (PP) oto parçaları başta olmak üzere, plastiklerde kullanılan dolgu maddelerinin, büyümenin ana motoru olması beklenmektedir (www.mondominerals.com).

2.1.3.2 Mukavemet (Elastisite Modülü)

Plastikte talk katkısının en önemli nedeni mukavemetin (E-modülü) artırılmasıdır. Dayanım derecesi dolgu oranına, en/boy (aspectratio) oranına ve talkın inceliğine bağlıdır (www.mondominerals.com).



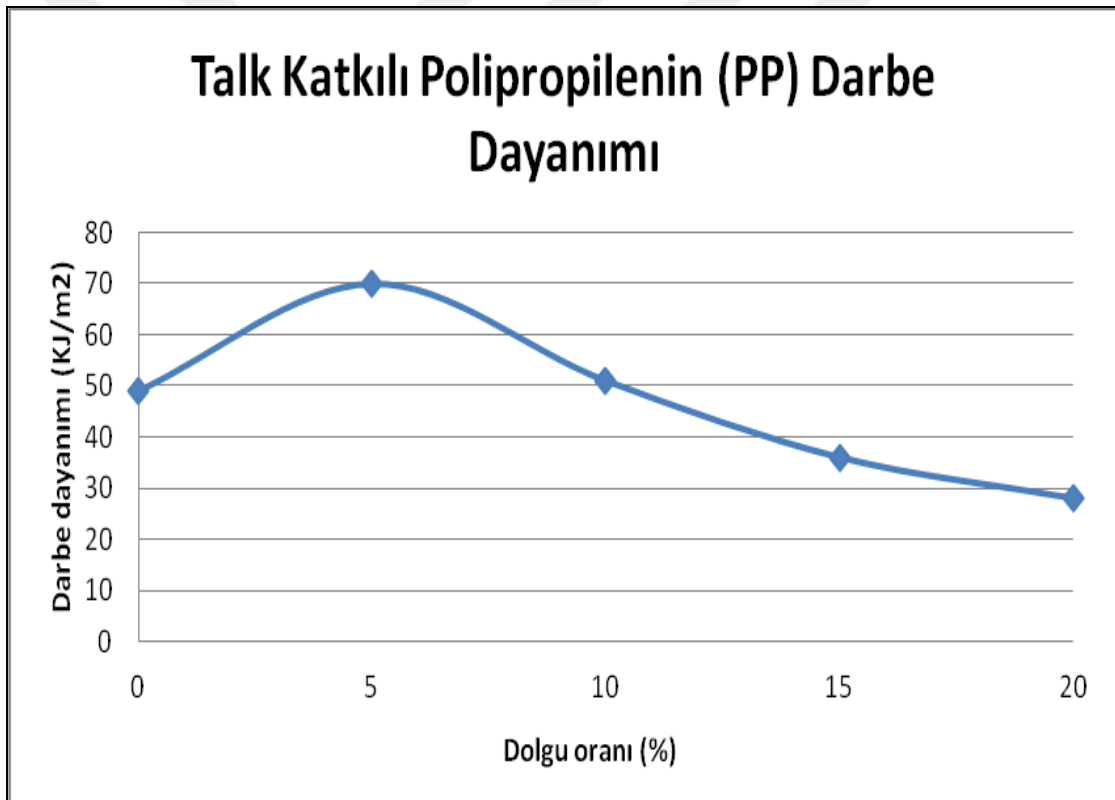
Şekil 2.1. PP/Talkın ısı iletkenliği (www.mondominerals.com).

2.1.3.3 Kristalizasyon

Bir ajan olarak hareket eden tercihen ince talkın az miktarda kullanılması ile polipropilenin kristalizasyonu artar. Kristallenme dolgu içermeyen polipropilene nazaran talk varlığında daha yüksek sıcaklıkta başlar. Darbe dayanımı artar ancak bu talkın kendi mekanik özelliklerinden değil özellikle polipropilenin kristallenmesindeki artıştan dolayıdır (www.mondominerals.com).

2.1.3.4 Darbe dayanımı

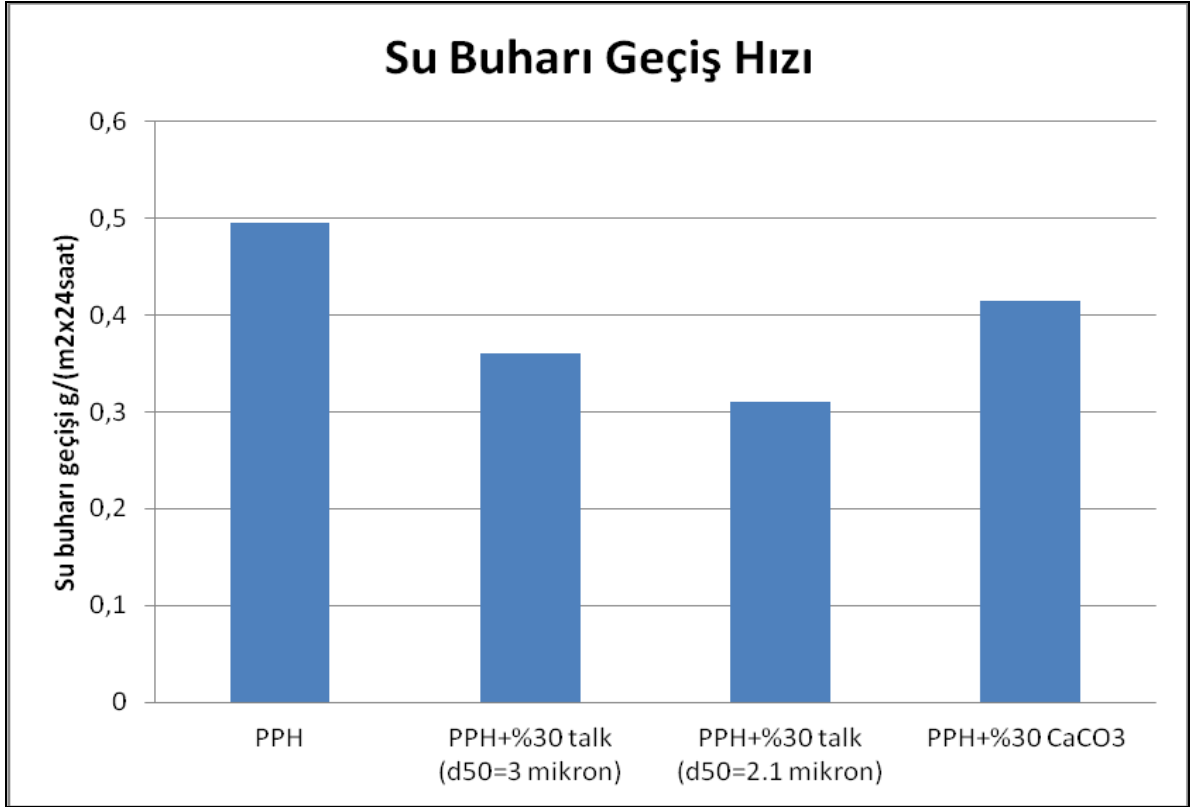
Mineral dolgu ilavesi, araba tamponları için PP kompaundunda (bileşik) ince talkın kullanımı hariç, genellikle darbe dayanımı artırmaz. %5-10 ilavede darbe dayanımı artar ancak daha fazla yüklemde azalır (Şekil 2.2)(www.mondominerals.com).



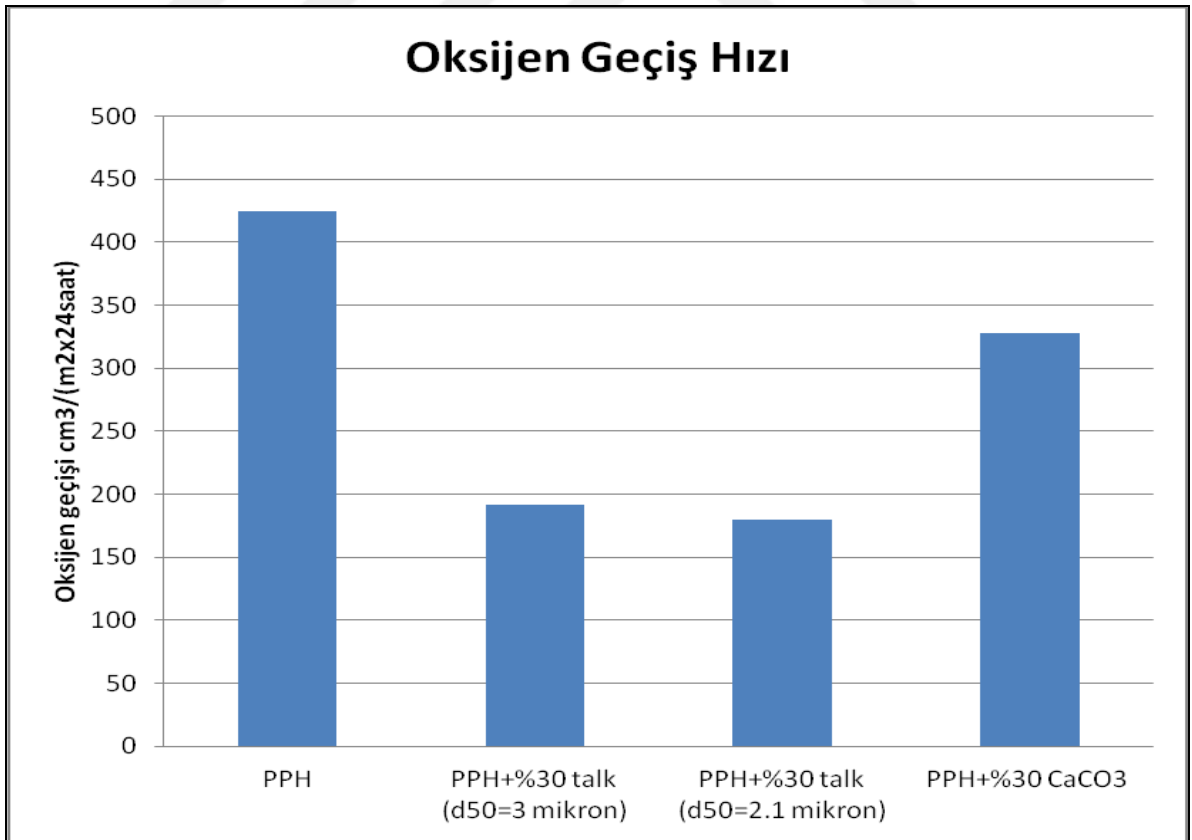
Şekil 2.2. PP/Talkın darbe dayanımı (www.mondominerals.com).

2.1.3.5 Bariyer özellikleri

Su buharı ve oksijen geçişi gıda ambalajlamada kontrol için önemli faktörlerdir. Bunlar gıdanın raf ömrünü etkiler. Talk, su buharı (Şekil 2.3) ve oksijen (Şekil 2.4) için geçiş hızını azaltmaya yarar (www.mondominerals.com).



Şekil 2.3. PPH/Talkın su buharı geçiş hızı (www.mondominerals.com).



Şekil 2.4. PPH/Talkın oksijen geçiş hızı (www.mondominerals.com).

2.1.3.6 Kimyasal direnç

Talk susevmez ve kimyasal olarak inerttir. Bu özellik, özellikle mineral dolgulu gıda maddeleri ambalaj malzemelerinin doğrudan teması için çok önemlidir (www.mondominerals.com).

2.1.4 Kağıt sektörü

Dolgu maddesi olarak kullanılır. Talk kağıdın mürekkep tutuculuğunu, saydam olmama özelliğini ve parlaklığını, kağıda minimum düzeyde zarar verecek şekilde artırır. Talk, yumuşaklığı, tane boyu, mürekkep emme özelliği ve suda erime özelliği nedeni ile kağıt sektöründe rahatça kullanılabilir. Ancak kullanılacak talkın CaCO₃ oranı %2-5'ten fazla olamamalı ve başka mineral içermemelidir (DPT, 2001).

2.1.5 İlaç ve kozmetik sektörü

Talkın istenilen tane boyutunun elde edilmesi mümkün olduğundan kimyasal saflığı ve kayganlığından dolayı kozmetik ürünleri ve ilaç üretiminde kullanılmaktadır. Bu sanayide kullanılan talkta aranan özellikler, içerdiği lifsi ve sert minerallerin azlığı, arsenik ve demir miktarlarının düşük olmasıdır. Yağlama ve süzülme özelliği ve güzel koku tutma özelliği (talk pudrası, terleme önleyiciler, sabunlar, kremler ve losyonlar) sayesinde kozmetik sektöründe kullanılmaktadır (Sariz ve Nuhoğlu, 1992).

2.1.6 Haşerelere mücadele

Talk haşere öldürücü ilaç yapımında da kullanılmaktadır. İlaça toksit etki, istenen yoğunluk ve az aşındırıcılık özelliklerini kazandırır (DPT, 2001).

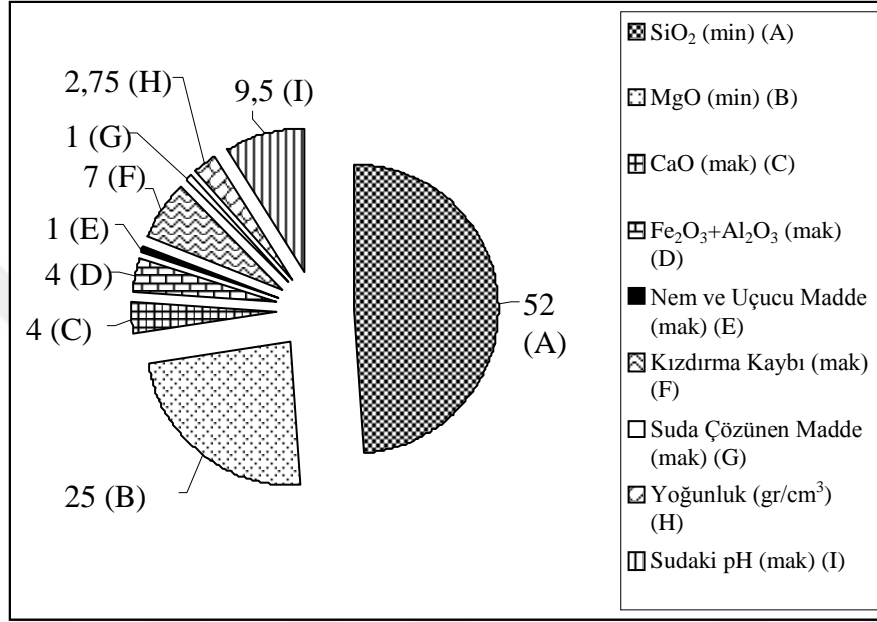
2.1.7 Çatı kaplaması

Bu iş için genellikle kalitesiz talklar kullanılır. Bu yüzden hammaddede beyazlık ve saflık aranmamaktadır. Aranan özellikler tane boyu ve dağılımı ile yağ emme özelliğidir. Talk, çatı yapımında erimiş asfaltı stabil duruma getirdiği için yangın ve hava koşullarına karşı yüksek bir koruma sağlar. Talk ayrıca, yapım ve yerleştirme sırasında çakılların veya çatı rollarının birbirlerine yapışmasını önler (DPT, 2001).

2.2 Talkın Sektörlere Göre Özellikleri

2.2.1 Seramik sektörü

Min. %30 MgO ve %60 SiO₂, CaO maks. %1, Al₂O₃%4, Fe₂O₃%1,5, Alkali (özellikle tremolit içeren talk çok uygun) %0,4; tane boyutu %95'i -325 mesh (0,045mm). Aynı kimyasal içerik, sabit renk ile ateşlemede sabit fire oranı (Sariz ve Nuhoğlu, 1992).



Şekil 2.5. Türkiye’de genel amaçla kullanılan talkın standardı (Önem, 2005).

2.2.2 Kozmetik sektörü

Suda eriyebilen maddeler mak. %0,1, asitte eriyebilen maddeler %6, kızdırma kaybı 1000 °C’de %6, kuvars %0,1-1,0, tremolit %0,1, As 3ppm, Pb 20 ppm, ağır metaller 40 ppm, nötr pH, lifsiz maddeler, kumtaşı, bakteriler; koku, kayganlık veya yağlılık, güzel koku muhafazası, ve tüketici özelliklerine göre beyazlık; tane boyutu -200 mesh (0,074mm) ve ortalama tane boyutu 7 µm (Sariz ve Nuhoğlu, 1992).

2.2.3. Boya sektörü

Mg ve Ca Silikat min. %88, maks. CaO, suda çözünebilir madde %1, nem %1, kızdırma kaybı %7, tane boyutu -325 mesh (45 µm); iyi yağ emilimi, maksimum parlaklık ve kıvam gereklidir (Sariz ve Nuhoğlu, 1992).

2.2.4. Dolgu kontrol

Yüzey alanı min. 12 m²/g, parlaklık, düşük aşınma, ortalama tane boyutu 2-5 µm (Sariz ve Nuhoglu, 1992).

2.2.5. Kağıt sektörü

Parlaklık, kontrollü en büyük tane boyutu ($d_{97}=50$ µm), ortalama tane boyutu 8-12 µm (Sariz ve Nuhoglu, 1992).

2.2.6. Çatı malzemesi sektörü

Düşük dereceli, tane boyutu –80 mesh (0,185mm) (Sariz ve Nuhoglu, 1992).



BÖLÜM III

TALK REZERVLERİ, ÜRETİM-TÜKETİM ORANLARI VE ÜRÜN STANDARTLARI

3.1 Talk Rezervleri, Üretim ve Tüketimi

3.1.1 Dünyadaki talk rezervleri, üretim ve tüketimi

Talk üretimi ve ticareti, profillit ve steatitin de dahil edilmesiyle güçleşmiştir. Yaklaşık olarak dünyada toplam talk üretimi 7,5 milyon ton civarındadır. Birçok ufak üreticiyle beraber Çin ve ABD yüksek saflıkta talk üretiminde önde gelmektedir. Japonya ise dünyanın en büyük profillit üreticisidir. Bazı ülkeler belirli ürünlerin üretimini yapmaktadır, örneğin Fransa, İtalya ve Avustralya önemli ölçüde kozmetik talkı üretirler (DPT, 2001).

Avrupa ülkeleri dünya talk üretiminin %25'ini karşılamaktadır. Finlandiya ve Fransa Avrupa'da en çok üretim yapan iki ülkedir. Finlandiya kağıt, boya, plastik, lastik sanayinde kullanılan talk üretmektedir. Fransa'da bulunan Luzenac şirketler grubu Avrupa talk üretiminin %35'ini karşılamaktadır. İtalya'da yüksek kalite ve saflıkta talk üretilip burada üretilen talk ilaç ve kozmetik sanayinde kullanılmaktadır (Arslan F. ve Arslan C. 1999).

Avrupa talk tüketiminin %50'si kağıt sanayindedir. Bunu %6'lık bir oranla seramik sanayi izlemektedir. Hayvan yemi üretimi için Avrupa'da talk tüketimi 56 000 ton/yıl kadardır. Bu miktar toplam talk tüketiminin %5'ini oluşturmaktadır. Boya ve vernik imalinde kullanılan talk miktarı 130 000 ton'dur. Bu miktar toplam tüketimin %11'ini oluşturmaktadır. Lastik ve plastik ürünleri için Avrupa'nın talk tüketimi 65-70 bin ton/yıl ile toplam tüketimin %7'sini oluşturmaktadır. Kozmetik sanayindeki talk tüketimi ise 25-30 bin ton/yıl'dır. Bu miktar toplam tüketimin %3'ünü oluşturmaktadır. Gübre üretiminde Avrupa'nın talk tüketimi 35-40 bin ton/yıl kadardır. Toplam tüketimin %3'ünü oluşturmaktadır (Arslan F. ve Arslan C. 1999).

ABD'nin 1989 yılı talk tüketimi 1 milyon ton civarındadır. 2000 yılında %100'lük bir artışla 2 milyon ton olması beklenmektedir. ABD'de talk en çok seramik sanayinde tüketilmektedir (Arslan F. ve Arslan C. 1999).

İkinci sırada boya sanayi gelmektedir. 1989 yılı talk tüketiminin %34'ü seramik, %14'ü boya, %13'ü kağıt, %10'u plastik ve %5'i kozmetik sanayindedir (Arslan F. ve Arslan C. 1999).

Dünyada en fazla talk tüketimi Avrupa, Amerika ve Japonya'dadır. Çizelge 3.1'de 1994'deki talk ürünlerinin ulaşılan tüketim miktarları görülmektedir (Arslan F. ve Arslan C. 1999).

Çizelge 3.1. Talk ürünleri tüketimi (x1000 ton)

Ürünler	Kuzey Amerika	Güney Amerika	Batı Avrupa	Doğu Avrupa	Afrika ve Okyanusya	Asya	Toplam
Kağıt	150	100	375	300	20	1.8	2.745
Plastik	65	30	150	50	15	280	590
Boya	150	50	140	50	5	150	545
Seramik	265	470	75	60	10	475	1.355
Kozmetik	45	10	30	10	20	25	122
ZiraiMalz.	13	10	30	20	30	45	121
Çatı İşleri	60	55	80	65	6	85	351
Diğer	117	50	105	35	4	270	531
Toplam	865	775	985	590	65	3.13	6.41

3.1.2. Ülkemizde talk rezervleri, üretim ve tüketimi

Türkiye'deki toplam talk rezervi MTA kaynaklarına göre 106 546 ton'u görünür olmak üzere 1.158.356 ton'dur. Bunun yaklaşık 480 bin tonu iyi kalite rezerv olarak verilmektedir. Ancak bu kaynaklarda rastlanmayan Türkiye'nin en büyük talk rezervi Balıkesir-İvrindi-Korucu-Güvenli köyü yakınında Madran Dağı'nda yer alan metamorfik kökenli talk yatağıdır. Görünür + muhtemel rezervi 7 milyon tona ulaşan bu sahadaki cevher kabaca %50 talk, %40 manyezit, %10 hematit + manyetit karışımıdır. Bu yatağa cevher üzerinde MTA Genel Müdürlüğünde yapılan zenginleştirme çalışmalarında manyetik ayırıcı + flotasyon işlemleri sonucunda %66 verimle, %88 talk içeren ve sanayi talkı olarak kullanılabilir konsantreler (Fe_2O_3 =%0,7) elde edilmiştir. Çizelge 3.2'de verilen diğer talk yatakları Balıkesir, Bolu, Eskişehir, Sakarya ve Sivas illerinde bulunmaktadır. Ülkemizde talk üretim tesisleri yeni gelişmektedir. Talkın mikronize boyutunun elde edilmesi için genellikle kuru öğütme yapılmaktadır. Çizelge 3.2'de Türkiye'deki talk rezervlerini görülmektedir (DPT, 2001).

Çizelge 3.2. Türkiye’deki talk rezervleri (Önem, 2005).

Bölgeler	Görünür Rezerv	Muhtemel Rezerv	Mümkün Rezerv	Toplam Rezerv
Aydın/Bozdoğan	50	200	250	500
Eskişehir/Mihalıççık	-	-	400	400
Sivas/Zara, Örencik	44.296	150.31	-	194.606
Balıkesir/Kepsut, Örenli	-	-	20.25	20.25
Balıkesir/Erdek, Kızaklıköyü	5	15	-	20
Eskişehir/Biçer	-	10	-	10
Sakarya/Sapanca, Nailiye	6.2	-	-	6.2
Balıkesir/Erdek, Yanuçiftliği	800	5000	-	5.8
Balıkesir/Erdek Rahmimerası	-	1	-	1
Bolu/Mudurnu, Dereköy, Gözlübaşı	250	250	-	500
Toplam	106.546	381.56	670.25	1.158.356

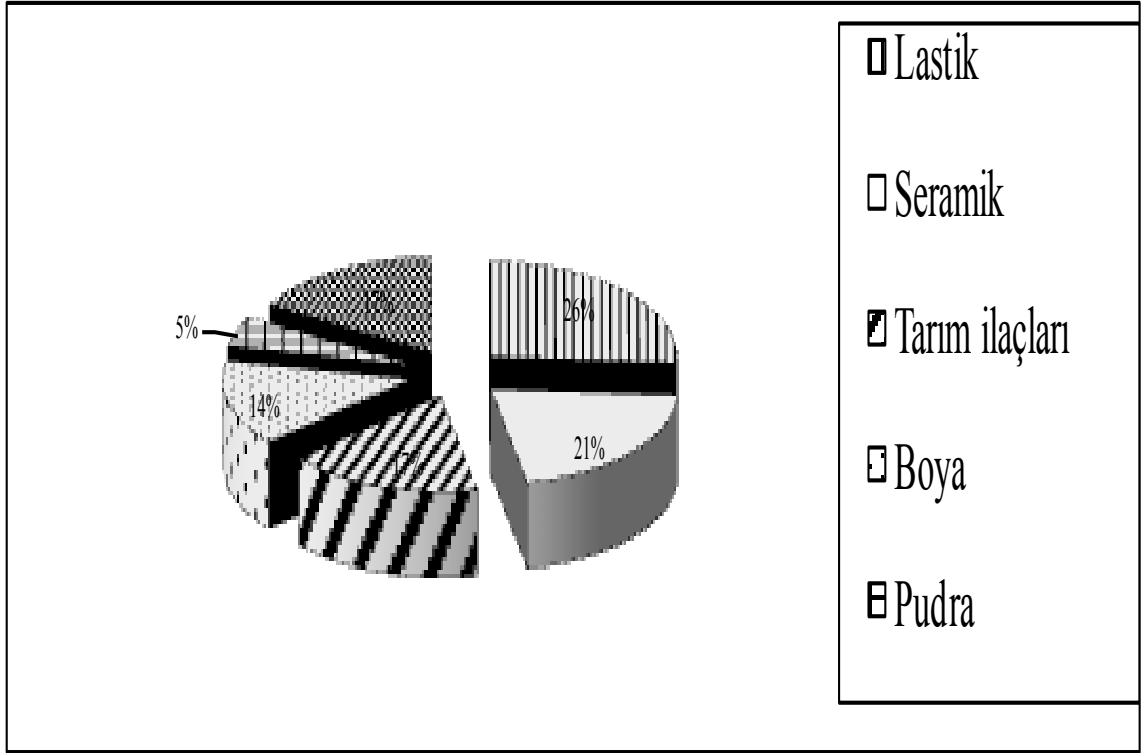
Talkın ülkemizde başlıca tüketim alanları boya sanayi, seramik sanayi ve kaplama sanayidir. Talkın son yıllarda ülkemizdeki tüketim alanları artmıştır. Özellikle seramik ve kozmetik sanayisinde giderek artan bir talep söz konusudur. Seramik sanayinde talk ve profilit birlikte veya ayrı ayrı kullanılmaktadır. Bu alanda kullanılan talk homojen bir kimyasal yapıya ve pişme esnasında sabit bir küçülme değerine sahip olmalıdır. Pişme rengi, tane iriliği de çok önemlidir. Boya sanayinde ise yüksek saflıkta talk tercih edilir. Beyaz renkte olması, tane şekli, yağ emme özelliği de önemlidir. Ancak son yıllarda düşük kaliteli talklar da bu sanayide kullanılmaktadır. Kaplama sanayinde genellikle düşük kaliteli talklar kullanılır. Ülkemizde yapılan araştırmalara göre talk üretimi, tüketime göre yapıldığından tüketim üretimle eşdeğerdir. Şekil 3.1’de ülkemizde talkın tüketim alanlarını ve oranlarını göstermektedir. Ülkemizde talk üreten kuruluşlar genellikle bu üretimlerini düzensiz ve mevsimlik organizasyonlar ile yürütmektedir (DPT, 2001).

Dünyada talk rezervleri Avustralya, Avusturya, Brezilya, Çin, Finlandiya, Hindistan, İtalya, Japonya, Kuzey Kore, Rusya ve ABD’de bulunmaktadır(DPT, 2001).

Amerika’daki üç talk sahası ve Çin’deki bir saha dünyanın en büyük talk rezervlerine sahip olan ve aynı zamanda en fazla üretim yapılan yataklarıdır (DPT, 2001).

Çizelge 3.3. Ülkelere göre talk üretimi (x1000 ton) (DPT, 2001).

Ülkeler	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Çin	2.650	2.700	2.400	2.400	2.400	2.350
ABD	997	968	935	1.060	994	1.050
Finlandiya	323	348	395	405	345	400
Hindistan	368	385	398	440	472	470
Fransa	351	300	306	322	350	335
Brezilya	286	290	355	255	250	250
Diğerleri	1.476	1.323	1.336	1.295	1.313	1.139
Toplam	6.451	6.314	6.125	6.177	6.134	5.994



Şekil 3.1 Türkiye'de talkın tüketim sektörleri dağılımı (DPT, 2001).

Çizelge 3.4 Ülkemizde bulunan talkın özellikleri (DPT, 2001).

YER	Kalite	d ₅₀ µm	d ₉₇ µm	<2 µm %	%100µm	Parlaklık	Beyazlık	Sarılık	L*	a*	b*	Asitte Çözünmeyen Madde Miktarı(%)
SİVAS	1.SINIF	2,59	43,86	38,01	73	90,95	82,32	3,93	96,39	0,36	1,93	89,24
KÜTAHYA	1.SINIF	3,46	43,89	26,08	87	86,69	84,53	0,51	94,6	-0,52	0,42	92,12
KÜTAHYA	3.SINIF	3,46	62,85	28,88	87	83,76	78,15	1,68	93,34	-0,88	1,21	89,68
PAKİSTAN	1.SINIF	9,78	66,23	7,65	87	90,32	83,3	3,03	96,13	0,07	1,57	92,68
MISIR	2.SINIF	10,51	60,12	8,25	87	82,67	51,75	13,18	92,87	0,56	6,7	95,48

3.2 Üretim yöntemi ve teknolojileri

Dünya' da ve yurdumuzda talk üretimi hem açık hem de kapalı işletmeler şeklinde yürütülmekte ancak kaliteli talk yataklarında damar boyunca galeri açılarak talk üretimi yapıldığı da bilinmektedir. Geleneksel patlatma metotları da kullanılarak yapılan kazı işlemleri ile çıkarılan hammadde, kalifiye işçiler tarafından kaba bir ayırma tabi tutularak stoklanıp parça cevher olarak satılır. Ya da ileri talk ürünler (mikronize veya ultra mikronize) eldesi yoluna gidilir (Sarquis ve Gonzales, 1998).

Dünyada parça cevherin işlenerek ileri talk ürünleri elde edilmesinde;

- Flotasyon,
- Sedimentasyon,
- Hidrosiklondan geçirme,
- Kuru ve yas manyetik ayırma,
- Santrifüj ayırma,
- Sprey kurutma
- Yaş öğütme teknikleri uygulanmaktadır (Sarquis ve Gonzales, 1998).

Talkta aranılan özellik çok beyazlık olduğundan hiçbir şekilde rengi bozulmamalıdır. Özel isteklere karşı bazı kırıcı ve öğütücüler kullanıldığı bilinmektedir. Örneğin kağıt dolgusu ve kaplama sanayi 5 mikrondan daha ince tane boyu istendiğinde mikronize öğütme yöntemi kullanılmalıdır(Sarquis ve Gonzales, 1998).

Kozmetik sanayinde kullanıma uygun tenorlu talklar, öğütmeden sonra kumaştan elenerek boyutlanmaktadır. Talklar genellikle kuru öğütme yöntemi ile ayıklanır. Fakat kuru ve yaş metotta beraber uygulanabilir (Sarquis ve Gonzales, 1998).

3.3 Ürün standartları

Talkın kullanım alanlarına göre çeşitli standartları vardır. Lif ve yaprak özelliğine sahip talklar yağ emme yeteneğinden dolayı boya ve bezir yağı yapımında kullanılmaktadır. Bu sanayide kullanılan talk öğütüldüğünde son derece beyaz ve tenörü yüksek olmalı (%98,5) 44 mikronluk elekten geçebilmelidir. Anti aşındırıcı boyalar için mikronize ve düşük karbonat içeren talklar tercih edilir (Sarquis ve Gonzales, 1998).

BÖLÜM IV

UFALAMA-SINIFLANDIRMA

4.1 Ufalama

Yeraltındaki veya yerüstündeki ekonomik değere sahip olan mineraller ile yantaşları (değersiz) maden işletme yöntemleri ile birlikte çıkarılmaktadırlar. Çok iri boyutta olan bu cevherin tüketim amacına veya cevher zenginleştirme yöntemine bağlı olarak boyutlarının küçültülmesi gerekmektedir.

Ufalama, cevherlerin az veya çok sayıda parçalara ayrılması işlemidir. Ufalamanın mümkün olabilmesi için, dıştan uygulanacak bir kuvvetle katı cisimlerin parçalarını birbirine bağlı tutan iç kuvvetlerin yenilmesi gerekir. Uygulanacak kuvvet “baskı”, “kesme”, “darbe” veya “çarpma kuvveti” şeklinde olabilir.

Genel olarak madencilikte, cevherin ocakta patlatılmasından değirmen içinde toz haline gelinceye kadar geçirdiği işlemlere ufalama (boyut küçültme) denilmektedir. Cevher hazırlamada ufalama için kırıcılar yada öğütücüler (değirmenler) kullanılır. Ufalama işlemlerinin tümünde “kırma”ve“öğütme” denir. Kırma ve öğütme arasındaki fark, kırmada elde edilen ürünün öğütmeye nazaran daha iri olmasıdır.

Genel olarak ;

25 mm'nin üstünde yapılan boyut küçültme işlemine kırma,

25 mm'nin altında yapılan boyut küçültme işlemine öğütme denir (Hacıfazlıoğlu, 2010).

4.1.1 Ufalamanın amaçları

1. Cevheri zenginleştirebilmek için, cevher tanelerinin belli bir boyutta olması gerekir. Bu boyut cevherin serbestleşme boyutudur. Ufalamadaki amaç, cevher içerisindeki mineralleri serbest hale getirmektir. Serbest hale gelen mineraller daha sonra cevher zenginleştirme yöntemleri ile birbirinden ayrılabilir.

2. Özellikle kimyasal zenginleştirme işlemlerinde, cevherin yüzey alanının mümkün olduğunca büyük olması istenir.

Yüzey alanı arttıkça değerli mineraller daha kolay çözünür ve zenginleştirme verimi artar. Örneğin; siyanür ile altının çözülebilmesi için altın cevheri -38 mikrona öğütülür.

3. Özellikle özgül ağırlık farkı ile zenginleştirme yapan cihazlarda, cevher tanelerinin belli bir büyüklükte ve şekilde olması istenir. Bu büyüklük ve şekildeki taneleri elde etmek için kırma ve öğütme yapılır.

4. Belli boyuta kırılmış, yada öğütülmüş cevherin nakli daha kolay olur (Hacıfazlıoğlu, 2010).

4.2 Kırma

Kırma, nisbeten gevrek olan malzemeye yeterince kuvvet uygulandığı mekanik operasyon olarak tanımlanabilir ve kırma işleminde; kütle, hız, kinetik enerji ve gravitenin etkin olduğu fizik yasaları geçerlidir, kırmayı büyük iri parçaların bir proses içinde küçük parçalara ayrılması olarak tanımlamıştır. Boyut küçültmenin derecesi malzemenin kullanım alanındaki gerekliliğine göre değişmektedir. İstenilen tane boyutunda malzeme elde edebilmek için kırılan malzemenin tane iriliğine göre kırma işlemi; iri kırma (+100 mm kırılmış malzeme tane boyutu), orta derecede kırma (100 - 10 mm kırılmış malzeme tane boyutu) ve ince kırma (-10 mm kırılmış malzeme tane boyutu) olarak sınıflandırılır (Akar, 1985).

4.2.1 Kırıcı tipleri

4.2.1.1 Birincil kırıcılar

Çeneli kırıcılar

- a) Çift istinat (dayanak) kollu çeneli kırıcı
- b) Tek istinat (dayanak) kollu çeneli kırıcı
- c) Dodge tipi çeneli kırıcı

Çeneli kırıcılar birinci kademe kırıcılar olup yüksek kapasite elde etmek yerine büyük blokların kırılması gerekliliğinin öncelikli olduğu durumlarda kullanılmaktadır.

Kırıcıların çalışma prensibi çeneler arasına giren malzemenin sabit çene üzerinde hareketli çene tarafından sıkıştırılarak parçalanması esasına dayanmaktadır.

Çeneli kırıcılarda hareketli çenenin salınım genliği çıkışta 15-25 mm, giriş ağzında da 4-6 mm kadardır. Çene hareketi 180-250 mm salınım/dakika arasındadır. İnce kırmada bu hareket 275-400 salınım/dakika arasında değişmektedir.

Çeneler arasında malzeme kendi ağırlığı ile aşağı doğru düşmekte, eksantrik hareketli çeneli kırıcılarda çene malzemenin aşağı yöndeki hareketini kolaylaştırmaktadır.

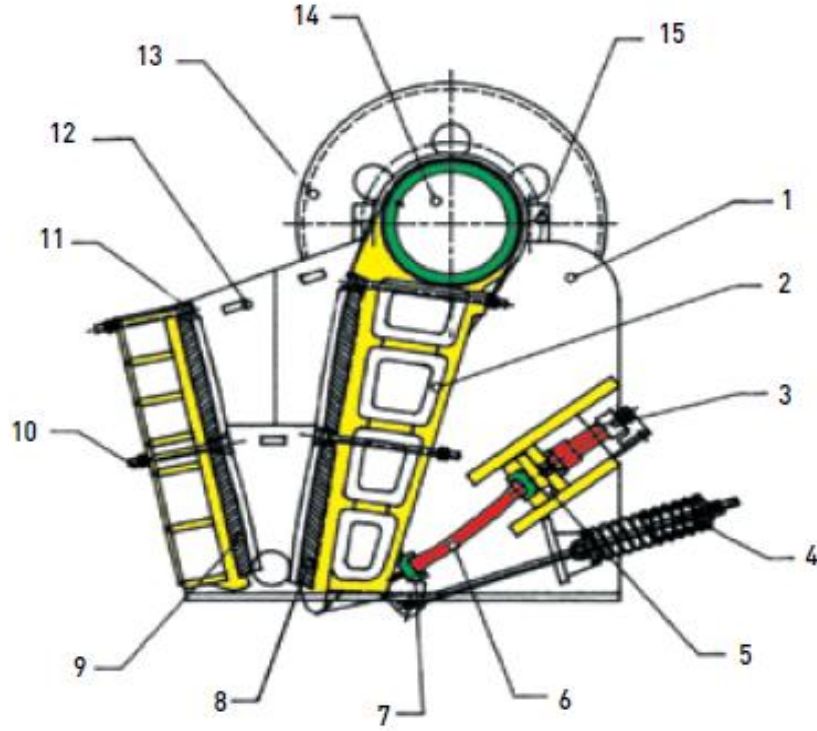
Kırıcı ağızına düşen malzeme kendi ağırlığı, üzerine dökülen diğer malzemenin ağırlığı, kavrama açısı ve çene-malzeme arasındaki sürtünme kuvvetinin etkisi ile çeneler tarafından kavranmakta ya da malzeme çeneler arasından geri kaymaktadır.

Çeneli kırıcılarda kavrama açısı önemsenmesi gerekli bir değerdir. Bu açı malzeme boyutuna, sertliğine ve malzemenin kırılabilirliğine bağlıdır. Kavrama açısı genellikle 24 derecenin altında olup düz çeneli kırıcılarda bu değer 18-24 derece arasında seçilmektedir. Orta ya da ikinci kademe kırmada kavrama açısı 22-28 derecedir. Büyük boyutlu, yumuşak ve kırılğan kayaçların boyut küçültmesinde kullanılan kırıcılarda kavrama açısı en fazla 33 derece olabilmektedir.

Çeneli kırıcılar yaygın olarak açık devre çalıştırılmakta, kırılacak malzeme kamyonlardan kırıcı bunkerine dökülmekte, bunker altındaki hareketli bir besleyici ile çeneli kırıcıya verilmektedir (Yıldız, 2007).



Fotoğraf 4.1. Endüstriyel ölçekli çeneli kırıcı (www.hastasmakine.com).



1. Kırıcı Gövdesi, 2. Pitman, 3. Hidrolik Çene Ayar Mekanizması, 4. Yay Mekanizması, 5. Ayar Bloğu, 6. Emniyet Plakası, 7. Emniyet Plakası Yuvası, 8. Hareketli Çene, 9. Sabit Çene, 10. Sıkma Civatası, 11. Sıkma Kaması, 12. Yan Astar Plakası, 13. Volan + Kasnak, 14. Eksantrik Mil, 15. Yatak Grubu

Şekil 4.1. Çeneli kırıcı şeması (www.nace.com.tr).

Döner (Gyratory) kırıcı

Çeneli kırıcıların kapasitelerinin yetmediği yerlerde döner kırıcılar büyük boyutlarıyla ve yüksek kapasiteleriyle bizim kırma ihtiyaçlarımızı karşılarlar.

Makina üç ana parçadan oluşmuştur.

- Gövde
- Göbek kırıcı(kafa)
- Ana mil

Oynar milli ve sabit milli olarak iki çeşittirler. Hareket milli olanları ve hidrolik sisteme sahip olanları tıkanıklık durumunda üst kısmı hareket ettirerek tıkanıklığı giderirler.

Döner kırıcılar sürekli çalıştılarından kapasiteleri gayet yüksektir (Yıldız, 2007).

4.2.1.2 İkincil kırıcılar

Konik kırıcılar

Konik kırıcılar, sert cevher kırma uygulamalarında ikincil, üçüncül, veya dördüncül kırıcı olarak kullanılırlar. Bu kırıcılarda, kırıcı kafanın hareketi jiratórlere benzer. Farklı olan, koninin alt kısımları daha hızlı ve daha büyük mesafede döner. Darbe kuvvetleri partiküllerin bir kıvrımlı yörüngeyi takip etmelerini sağlar. Üst kısımda kırıcıya beslenen malzeme kırıcı kafanın üzerine düşer ve kırıcının iç kısmında sıkışan partiküller ufalanır. Ufalanmış her partikül düşey olarak iç kısımda düşerek tekrar ufalanmaya maruz kalmaktadırlar. Konik kırıcıların önemli bir özelliği gövdenin çevresi boyunca eşit aralıklarla yerleştirilmiş yaylar veya bir hidrolik sistemin bulunmasıdır. Bu sistem kırma zonuna sert bir parçanın girmesi halinde kırıcının hasara uğramaması için üst gövdeye esneklik verir.

Konik kırıcılar yapısal olarak üç ana parçadan oluşmaktadırlar. Ana mil, kırıcı kafa veya göbek, kesik koni şeklinde gövdeden oluşur.

Konik kırıcıların kırma oranları 15'e kadar çıkabilmektedir. Çıkış açıklığı makine büyüklüğüne göre değişmektedir. Kırıcı kafa devir hızı 250-500 devir/dak. olarak değişmektedir. Bu nedenlerden dolayı kapasite ile ilgili tüm veriler bu değişkenlere göre farklılık göstermektedirler (Akar, 1985).

Merdaneli kırıcılar

Merdaneli kırıcılar, yatay olarak birbirine paralel ve birbirine ters yönde dönen silindirlerin bir gövde üzerine monte edilmiş olarak çalışan makinalardır. Kırılacak parça yüzeyi sert iki silindir arasına girerek baskı ve kesme kuvvetlerine maruz kalır ve ufalanır. Her iki silindir aynı boyuttadır ve her ikisinde eşit hızda dönerler. Çok hızlı dönen merdanelerde çarpma kuvveti de söz konusu olmaktadır.

Merdaneli kırıcılar az aşındırıcı, gevrek, yapışkan, donmuş malzemelerin kırılmasında özellikle kalker, kömür, talk, jips, fosfat ve yumuşak demir cevherinin tane boyutunu indirgemede kullanılır. Merdaneli kırıcıların yapı olarak bir çok çeşidi vardır ancak en çok kullanılan türü, tamburlardan biri sabit diğeri ise kayabilen yataklar üzerinde dönen yaylı tip olanıdır (Akar, 1985).



Fotoğraf 4.2. Endüstriyel ölçekli merdaneli kırıcı (www.nace.com.tr).

4.2.1.3 Darbeli kırıcılar

Çekiçli kırıcılar

Çekiçli kırıcılar da gövde içinde yatay dönen rotor üzerindeki çekiçler göbeğe pimler ile salınımlı olacak şekilde bağlanmıştır. Dönme esnasında merkezkaç kuvveti ile çekiçler eksene dik ve gergin dururlar. Kırma işlemi darbeli kırıcılarda olduğu gibidir. Ancak diğer bir farklılık kırıcı çıkışlarındaki ızgaraların varlığıdır.

Bu ızgaradaki aralıkların büyüklüğü değişik boyutlardadır. Bu kırıcılarda kırma oranı 10-15 arasındadır. Çekiçli kırıcılar; kırıcı girişi, çıkıştaki ızgara yapısı, çekiçlerin rotor üzerindeki konumu, çekiç yapısına göre farklı türlerde imal edilmişlerdir.

Çekiçli kırıcılarda kırıcı zonun altındaki ızgara veya elek vasıtası ile kırılacak taneler belirli boyutun altına gelinceye kadar rotor tarafından darbeye ve ufalanmaya maruz kalırlar. Çekiçli kırıcılar çok geniş kullanım alanına sahiptirler. Linyit, taş kömürü, jips ve ıslak - gevrek malzemeler için kullanabildikleri gibi, kalker, boksit v.b. malzemelerin kırılmasında da kullanılırlar (Akar, 1985).

4.3 Ögütme

Ögütme ufalama prosesinin son aşamasıdır. Ögütme prosesinde besleme tane boyu çubuklu değirmende 10 mm' den otojen değirmenlerde 60 mm' ye kadar artabilir. Ürün tane boyunun maksimum değeri ise 400 mikron arasında değişmektedir. Ögütme sonunda elde edilecek tane boyu inceldikçe ögütme maliyeti artar ve belirli bir noktaya kadar ürün tane boyu inceldikçe minerallerin serbestleşmesi de artar. Bu nedenle cevher içindeki kıymetli minerali optimum biçimde serbestleştirmek için belirlenen tane boyutuna "ögütme boyutu" denir. İdeal olarak, bir cevher tanesi, istenen tane boyutuna ögütüldüğünde ögütme devresinden alınmalıdır. Böylece ögütme kuvvetleri sadece istenen tane boyutundan iri tanelere uygulanmalıdır. Bu aynı zamanda konsantride zenginleştirilecek kıymetli mineralin kazanımını da artıracaktır (Demirel, 2012).

Ögütme birkaç mekanizma ile gerçekleşir. Bunlar; tane yüzeyine dik olarak uygulanan kuvvetler nedeniyle basma veya darbe; yanal kuvvetler nedeniyle yontma; ve tane yüzeyine paralel olarak uygulanan kuvvetler nedeniyle aşındırma mekanizmalarıdır (Demirel, 2012).

4.3.1 Ögütmenin amacı ve etki eden parametreler

Ögütmenin yapılaş amacını şu şekilde sıralamak mümkündür. Ögütme, toplam yüzey alanını büyütme, istenilen tane iriliğini elde etme ve mineralleri serbest hale getirme gibi belirli amaçlarla yapılır (Demirel, 2012).

Yüzey alanı büyütme

Ögütme sonucu doğal olarak özgül yüzey alanı artar. Bazı cevher zenginleştirme işlemlerinde, özellikle ögütülen malzeme kimyasal işleme tabi tutulacaksa, özgül yüzeyin önemi artar (Demirel, 2012).

İstenilen tane iriliğinin elde edilmesi

Genelde ayırma işlemlerinin başarısı işleme tabi tutulan malzemenin tane iriliğine bağlıdır. Örneğin flotasyon ile zenginleştirme işlemlerinde tane iriliğinin 10-300 mikron arasında olması istenir (Demirel, 2012).

Minerallerin serbest hale getirilmesi

Cevher içindeki değerli ve değersiz minerallerin birbirinden yüksek verim ve yüksek mineral yüzdesi ile ayrılabilmesi, ancak yeterli ölçüde bir serbestleşme ile mümkündür. İyi bir serbestleşme dolayısı ile iyi bir öğütme, ayırmanın sıhhatinde en önemli rolü oynar.

Laboratuar dışında öğütme, sürekli bir işlemdir. Değirmenden çıkan ürünün tane iriliği, kullanılan öğütücü ortamın cinsine ve miktarına, besleme malının cinsine ve miktarına, öğütme süresine ve değirmenin dönme hızına (kritik hız) bağlı olarak değişir (Demirel, 2012).

4.3.1.1 Öğütücü ortam cinsi ve miktarı

Öğütme işlemlerinde öğütücü ortam olarak çelik, özel alaşımlı veya seramik bilyeler, çelik veya özel alaşımlı çubuklar, çakıllar veya cevherin kendisi kullanılabilir. Öğütücü malzemenin miktarı ise değirmen tipine bağlı olarak (bilyeli / çubuklu/otojen) değişmektedir (Demirel, 2012).

4.3.1.2 Besleme miktarı

Değirmene beslenecek malzeme miktarı cevher özelliklerine, değirmen yapısına, çalışma prensibine ve çalışma şartlarına bağlıdır (Demirel, 2012).

4.3.1.3 Öğütme süresi

Öğütme işlemlerinde öğütülecek malzemenin değirmen içinde kalma süresi öğütmeyi etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Malzemenin değirmen içinde öğütme süresini aşacak şekilde kalması enerji sarfiyatına neden olur. Bunun aksine öğütmenin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan süreden önce değirmenden alınan malzeme tam olarak öğütülmemiş olur. Öğütme süresinin tespiti laboratuarlarda çeşitli sürelerde öğütme deneyleri yapılması ile elde edilir. Malzemenin öğünme durumu elek analizleri ile kontrol edilir (Demirel, 2012).

4.3.1.4 Değirmenin dönüş hızı

Öğütme işlemlerinde, öğütmeyi etkileyen bir diğer faktör de değirmenin dönüş hızıdır. Değirmen içindeki öğütücü ortam değirmenin dönmesi ile birlikte kazandığı kinetik enerjiyi sürtünme, kesme ve çarpma kuvveti olarak öğünen malzemeye iletir.

Ortamın hareketleri Őu üç grupta toplanabilir.

- Kendi eksenini etrafında dönme
- Kayarak yuvarlanma
- Serbest düşme

Bu üç hareketten birinin diğere oranla azlığı veya çokluğu öğütme olayını etkiler. Örneğin düşük hızlarda ilk iki hareket söz konusudur ve bu harekete **kaskat hareket** denir. Çok yüksek hızlarda ise ortamı oluşturan malzeme santrifüj kuvvetlerinin etkisi altında değirmenin iç çeperine yapışarak değirmenle birlikte döner. Bu durumda da öğütme olayı meydana gelmez.

Öğütmenin tam olarak oluşabilmesi için öğütücü ortamın, değirmen içinde maksimum seviyede iken; yerçekimi kuvvetinin santrifüj kuvvetini yenmesiyle, malzeme üzerine düşmesi gereklidir.

Değirmenin sesinin değiştiğı ve öğütme olayının gerçekleştiğı bu duruma katarakt hareket denir. Diğere bir tanımla öyle bir hız vardır ki bu hızın altında taneler değirmenin astar yüzeyinden ayrılır, bu hızın üzerinde astar ile birlikte döner. İşte bu hıza kritik hız denir. Bu hız, yerçekimi kuvvetinin santrifüj kuvvetine eşitlendiğı hızdır ve değirmen çapıyla ters orantılıdır (Demirel, 2012).

4.3.2 Öğütme devreleri

Öğütme işlemlerinde de açık ve kapalı olmak üzere iki ana devre tertibi kullanılmaktadır. Bu devre tertipleri esas alınarak öğütme; malzemenin cinsine ve daha sonra uygulanacak hazırlama ve zenginleştirme yöntemlerine bağılı olarak yaş veya kuru olarak yapılır (Wiils, 2007).

4.3.2.1 Değirmenler

Çubuklu ve Bilyeli Değirmenler

Cevher hazırlama ve zenginleştirme tesislerinde çok yaygın olarak gördüğümüz değirmenlerdir.

Ancak, ikincil ve üçüncül kırıcılar (tersiyer) öğütme değirmenlerinin yerini alan otojen ve yarı otojen değirmenler, cevher özellikleri uygun olduğı takdirde, giderek artan bir önem kazanmaktadırlar (Wiils, 2007).

Çubuklu Değirmen

Çubuklu değirmenler, genellikle birinci kademe öğütme devrelerinde kullanılır. Öğütülecek malzeme boyutu $F_{80}=20$ mm, öğütülmüş malzeme boyutu da $P_{80}= -2$ mm civarında olup değirmenlerde küçültme oranı 10-20/1 arasındadır (Wills, 1979).

Çubuklu değirmenlerde L/Q oranı 1,4-1,6 arasındadır. Bu oranın 1,25' in altına düşmesi durumunda, değirmen içindeki çubukların birbirlerine karışmasıyla öğütme ortamının bozulması riski vardır. Çubuk boyları, değirmen iç alın astarları arasına sıkışmaması için, bu astarların arasındaki mesafeden 10-15 cm daha kısa olmalıdır. Uygulamada kullanılan en uzun öğütme çubuğu boyutu 6,8 metredir.

Değirmenlerde malzeme, çubukların arasında bir hat boyunca öğütüldükleri için öğütme sonrası homojen bir ürün elde edilir. Bu nedenle çubuklu değirmenler bilyeli değirmenler öncesi açık devre olarak çalışırlar. Ayrıca şlam boyutunda az ürün verdikleri için flotasyon öncesi öğütme işlemi için de uygundur (Yıldız, 2007).

Bilyeli Değirmen

İkinci kademe ve ince öğütme devrelerinde kullanılır. Değirmene beslenen malzeme boyutu 1,2-9,5 mm, öğütülen cevherin boyutu da 600-45 mikron arasında değişmektedir. Birim ağırlık için bilye yüzey alanı çubuklardan daha fazla olduğu için daha uygundur.

Öğütme verimi bilyelerin yüzey alanı ile de ilgilidir. Bilyeler genellikle küçük seçilmelidir. Bilye şarjı o şekilde yapılmalıdır ki kullanılan en büyük bilye besleme malındaki en iri ve en sağlam parçaya öğütecek ağırlıkta olmalıdır (Yıldız, 2007).

Bilyeli değirmenin özellikleri

- Max. Bilye Çapı : 25-150 mm
- Şarj Oranı : % 40-50
- Çalışma hızı : kritik hızın %70-80 ile çalışırlar
- Pülp yoğunluğu : % 65 - 80 katı içerir
- Kaskat Çalışma şartlarında çalışırlar (Fotoğraf 4.3).



Fotoğraf 4.3. Endüstriyel ölçekli bilyeli değirmen (www.ersel.com).

Otojen Değirmen

Ocaktan çıkan veya primer kırma işleminden geçen cevherin bir değirmen içinde kendi kendine öğünmesi anlamına gelir. Otojen öğütme, birinci kademe boyut küçültme prosesi olup çoğu zaman kırma ve öğütmeyi bir arada yaparak aşınmayı ve öğütme maliyetini azaltır.

Yarı otojen öğütmede ise, cevher ve az miktarda öğütücü bilyelerle yapılan öğütmedir. Otojen öğütme devreler; klasik öğütme devrelerine göre %30-40 daha ekonomiktir. D / L oranı 3 / 1 civarındadır.

Şarj miktarı : %35 – 40 ve kritik hızın %80-90'ı hızlarda çalışırlar (Yıldız, 2007).

Dikey Karıştırmalı Değirmen

Son 20 yılda endüstriyel alanda ilgi odağı haline gelen karıştırmalı bilyeli değirmenlerin tasarımı aslında 1920'li yıllara kadar uzanmaktadır. O günden bu yana farklı tipte karıştırmalı bilyeli değirmenler tasarlanmış olsa da temel yapıları değişmemiştir. Ekipman temelde çok basittir (Şekil 4.3) (Kwade, 1999 (a)).

Aşırı ısınmayı önlemek için etrafında bir su ceketini bulunan silindirik bir gövde ve bu gövde içinde yüksek hızda dönen bir karıştırıcıdan oluşmaktadır (Sepulveda, 1981; Tüzün, 1993). Günümüzde, 1 litreden daha küçük laboratuvar ölçekli değirmenler ile gövde net hacmi 3000 litreye ulaşan ve 1100 kw'lık bir motora sahip ekipmanlar bulunmaktadır (Murphy vd., 2004). Üretilen ilk ekipmanlar, düşük hızlarda çalışmakta (kullanılan ortamın boyutu 0,2 ile 8 mm arasında değişmektedir (Murphy vd., 2004).

Diğer öğütme yapan cihazlara, işletimi daha kolay, öğütme süresi ve enerji tüketimi daha azdır (Hacıfazlıoğlu, 2010).



Fotoğraf 4.4. Dikey karıştırmalı değirmen(www.kamaser.com)

Aynı kapasiteli bilyeliye göre daha az yer kaplar ve daha az enerji tüketir. Yüksek kapasiteleriyle röleli dik değirmenler tüp değirmene göre maliyet avantajlıdır. Hava süpürmelidir, gövde içindeki seperatörle de çalışıp etkin bir malzeme kurutma da yapar. Dik değirmenler; öğütücü, kurutucu ve sınıflandırıcıdan ibarettir. Çalışma ilkesi; 2-6 tane dik açılı öğütme rölesi, yatay, donen bir öğütme tablası üzerine beslenen malzemeyi ezer. Küçüklerin öğütme basıncı yaylarla, büyüklerinde hidrolik olarak sağlanır. Malzeme tablaya döküldükten sonra merkezkaç kuvvetiyle rölelerin altına itilir. Çevredeki bir halka malzeme yatağının kalınlığını belirler. Taşan malzeme hava ile yukarıdaki seperatöre taşınır.

Gerekirse kurutma amaçlı hava yerine sıcak gaz kullanılır (300-400°C). Kurutma malzeme havadayken gerçekleşir, rölelerin sürtünmesinden çıkan ısı da kurutmaya yardımcı olur. Seperatörden gelen iri taneler tekrar tablaya iletilir, yeterince ince olanlar ürün olarak dışarı alınır. Ürün inceliği seperatör hızı değiştirilerek belirlenir. Tane boyut dağılımı tüp değirmenlere çok yakındır (Sepulveda, 1981; Tüzün, 1993).

4.4 Sınıflandırma

Sınıflandırma genellikle cevheri boyutuna göre gruplandırmak amacı ile uygulanan bir prosestir. Gruplandırma işlemi sonucunda cevher ince ve iri boyutlu olarak ikiye ayrılacağı gibi, cevherin boyutuna göre birden fazla gruplandırılması olasılığı da vardır. Diğer taraftan cevher belirli bir serbestleşme boyutuna getirilmiş ise, sınıflandırma sonucunda cevher ve atık birbirinden ayrılarak cevherin zenginleşmesi de söz konusudur.

Sınıflandırmada uygulanan prosese, cevherin yapısına, boyutuna, fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre değişik sınıflandırıcılar kullanılır. Yaygın olarak kullanılan sınıflandırıcılar hidrolik sınıflandırıcılar, spiraller, elekler ve siklonlardır. Genellikle kaba kırma devrelerinde sınıflandırıcı olarak elekler kullanılmaktadır. Öğütme devrelerinde genellikle kapasite ve işletme maliyetleri açısından siklon ve spiraller tercih edilmektedir.

Sınıflandırıcının belirlenmesinde en önemli etken ürünün boyut dağılımını ve yoğunluğudur. Boyut küçüldükçe, özellikle 100 mikronun altındaki malzemeler için yaygın olarak siklon kullanılmaktadır. Kuru öğütme de sınıflandırma amacı ile değirmenlerle birlikte değişik tipte havalı sınıflandırıcılardan yararlanılmaktadır (Yıldız, 2007).

4.4.1 Havalı (kuru) sınıflandırıcılar (Separatörler)

Havalı sınıflandırma (ayırma), hava akışı ile taneleri boyutuna, şekline ve özgül ağırlığın göre ayırma işlemidir ve kuru olarak gerçekleştirilmektedir. Ayırma işlemi d_{50} boyutu ile karakterize edilmektedir. d_{50} 'nin üzerindeki taneler "iri" fraksiyonu, altındakiler ise "ince" fraksiyonu ifade eder. Ayırmanın performansı elde edilen ürünlerdeki her bir fraksiyonun kütle içerikleriyle belirlenir.

Günümüz mikronize (ince ve çok ince) öğütme tesisleri, yüksek hızlı dinamik havalı ayırıcıların (separatör) gelişmesi ve yaygın olarak kullanılmaya başlamasıyla birlikte özellikle kalsit, talk, barit gibi orta sertlikteki (<moHS'3) endüstriyel hammaddelerin $d_{97}=25\mu\text{m}$ ($d_{50}=5\mu\text{m}$), hatta daha düşük tane boyutlarına kadar ($d_{97}=6\mu\text{m}$) bilyeli değirmenler vasıtasıyla verimli bir şekilde öğütülmesine imkan tanımaktadır.

Gelişen dinamik havalı ayırıcılarla, güvenilirlikleri, düşük bakım ve işletme maliyetleri ile yumuşak ve orta sert hammaddelerin kuru ince öğütme uygulamalarında ($d_{97}=6 \mu\text{m}$) düzeyine kadar kullanılan bilyeli değirmenler, enerji verimlerinin nispeten düşük olmasına karşın, sektörde hala lider konumundadır.

İnce-kalın malzeme sınıflandırmasının ilk olarak eleklerle yapıldığı; en basit ve etkin havalı sınıflandırmanın ise binlerce yıldır harmanlarda dirgenlerle samanla karışık buğdayı havaya savurarak gerçekleştirildiği söylenebilir. Günümüz modern dinamik havalı ayırmanın esası ise temel prensip olarak aynıdır. Fan tarafından belirli hıza ulaştırılmış hava, bir rotorun merkezkaç kuvvetiyle aksi yönden gelen tanelerle karşılaşır; ince taneler merkezkaç kuvvetinin etkisiyle rotorun dışına taşınırken iri taneler dışarıdan fan tarafından hızlandırılmış havanın etkisiyle rotorun merkezinde kalarak ayrılırlar.

Bir mikronize öğütme tesisi tasarım aşamasında, öğütülmesi istenen hedef tane boyut aralığı için kullanılacak değirmenin çapı-boyu, boşaltım mekanizması, seçilecek ayırıcının cinsi, tipi, yataklanma şekli, rotor çapı, ürünü durduracak durdurucu siklon ve/veya jet filtre ve en önemlisi ana fan uyumlu olmalıdır. Bu parametrelerden biri ya da birkaçı uyumsuzluk gösterdiğinde, hedeflenen tane boyutunun elde edilememesi, istenilen kapasitede ürün alınmaması, enerji verimliliğinin düşük olması gibi sonradan çözülmesi çok zor ve pahalı sorunlar ortaya çıkabilmektedir.

Bazı durumlarda ise tesisin gerçek kapasitesinin bu olduğu varsayılarak uzun süre düşük verimde çalıştırılabilmektedir. Bu tür olumsuzlukları yaşamamak için hem tasarımcının, hem de işletmecinin adı geçen parametrelerle ilgili bilgi sahibi olması gerekmektedir (Shapiro ve Galperin, 2005).

4.4.1.1 Statik havalı ayırıcılar

Statik havalı ayırıcılar, dar tane boyut dağılımına çok ihtiyaç duyulmayan, az da olsa iri tane kaçağının fazla önemsenmediği yaklaşık 20 yıl öncesine kadar kuru öğütme sistemlerinin en çok kullanılan sınıflandırıcısı konumundaydılar. Günümüzde özellikle d_{97} 45–250 μm tane boyut aralığında ürün elde edilmesinde kullanılabilmelerine karşın, artık yerlerini fan-filtre destekli dinamik havalı ayırıcılara bırakmışlardır. Özellikle kalsit, talk, kaolin, barit vb. dolgu maddeleri üreten yeni mikronize öğütme tesislerinde neredeyse tümüyle ortadan kalkmıştır

Değirmen çıkışı malzeme, ayırıcının içinde en üst kısmında bulunan dağıtım plakası üzerine beslenir.

Burada merkezkaç kuvvetinin etkisiyle bir altta bulunan döner plakanın üzerine dökülen malzemenin iri taneleri merkezkaç kuvvetinin etkisiyle dış kısımda kalır ve yerçekimiyle aşağı dökülüp geri beslemeye verilir veya ayrılır. İnce olanlar ise dönen plakaların etkisiyle oluşan hava sirkülasyonuna kapılarak yukarı taşınır ve ince tane konisinde birikerek dışarı nihai ürün olarak çıkar.

- Kurulumları ve yapıları basittir.
- Basit yapılarıyla dinamik ayırıcı sistemlerine kıyasla son derece düşük ilk yatırım maliyetleri vardır.
- İlave bir fan ve filtre sistemine ihtiyaç duymadıkları için toplam enerji tüketimi dinamik ayırıcılara nazaran oldukça düşüktür. (1/10-1/15 oranında)
- Basit yapılarından dolayı bakım ve işletme maliyetleri yok denecek kadar azdır.
- Tesis içinde montaj için gerekli yer ve yükseklik ihtiyacı azdır.
- Montajı ve sökülmesi kolay olduğundan tesis tasarımında ve operasyonda kolaylık sağlar.
- Tane boyut aralığı üretimi kesmeden değiştirilebilir.

Aşırı yüklenmelere karşı dayanıklıdır; bir başka deyişle herhangi bir sebepten ortaya çıkabilecek aşırı yükte tıkanma ve bozulma gibi bir sorunu yoktur.

Yukarıda sayılan tüm avantajlara rağmen aşağıda belirtilen konulardaki yetersizlikleri, statik sınıflandırıcıların kullanımını ciddi ölçüde sınırlamaktadır:

- -45 µm tane boyunun altında ayırma yapamamaktadır.
- Ayırdığı iri tanenin içine, değirmen geri beslemesine fazla miktarda ince kaçağı bırakmaktadır. Bu durum da prosesin genel enerji verimliliğini düşürmekte, aşırı öğütülmüş tane miktarını artırmaktadır.
- Sınıflandırmada tane boyut dağılım eğrisi dik değildir. Ürün tane boyutu, geniş bir aralıkta dağılım gösterir.
- En önemlisi de ayırdığı üründe az da olsa iri tane kaçağı bulunmaktadır.

Ancak yukarıda sayılan dezavantajların fazla önemli olmadığı, örneğin liç öncesi kuru öğütme gibi uygulamalarda hala statik havalı sınıflandırıcılar kullanım alanı bulmaktadır (Shapiro ve Galperin, 2005).

4.4.1.2 Dinamik havalı ayırıcılar

Dinamik havalı ayırıcılar son 30 yıl içinde kuru öğütme sistemlerinden çok tercih edilen sınıflandırıcılardır. Bu ekipmanları diğer sınıflandırıcılardan ayıran başlıca özellikleri, bir ana santrifüj fan ile hızlandırılıp basıncı arttırılmış hava kullanmaları ve ürünü bir siklon ve/veya jet-filtre ile durdurmalarıdır. Sisteme fan ve filtre girdiğinden dolayı da tasarım parametreleri daha karmaşıktır (Shapiro ve Galperin, 2005).

4.4.1.2.1 Dinamik havalı ayırıcılarda tane boyutu kontrolü

Dinamik havalı ayırıcılarda ürün tane boyutu, ayırıcı rotorunun devir hızıyla rotor çevresinde radyal olarak sirküle eden ana fan hava hızının; dolayısıyla fan basıncının bir fonksiyonudur. Ürün tane boyu üst sınırı uygun rotor devir hızı ile fan hava miktarının seçimiyle gerçekleşir. Ürün tane boyutu ayarlanmasında iki ana kural vardır. Bunlar sırasıyla;

1. Kural: sabit fan hava akım hızı ve fan basıncı için :

Yüksek Rotor Hızı —————▶ İnce tane boyu
Düşük Rotor Hızı —————▶ İri tane boyu

2. Kural: sabit rotor hızı için:

Yüksek hava akım hızı ve fan basıncı —————▶ İri tane boyutu
Düşük hava akımı hızı ve fan basıncı —————▶ İnce tane boyutu

sonucunu verirler. Hava akımı ve rotor hızı ile tane boyu üst sınırı arasında aşağıdaki eşitlik kurulabilir (Shapiro ve Galperin, 2005).

4.5 Eleme

Tanelerin belirli büyüklükteki delik veya açıklıklardan geçebilme veya geçememe özelliğine dayanarak yapılan boyuta göre ayırma işlemine eleme denir. Eleme, bir boyuta göre sınıflandırma işlemidir. Bir eleğin delikler (açıklıklar) bulunan kısmına “elek yüzeyi” denir. Elek yüzeyinin üzerindeki deliklere (açıklıklara) “elek açıklığı” denir. Elek açıklıkları; daire, kare veya dikdörtgen şeklinde olabilir.

Eleme işlemi laboratuvar elemesi ve endüstriyel eleme olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Eleme işlemine en büyük delik açıklıklı elekten başlanır ve gittikçe küçülen delik açıklıklı eleklerle devam edilir.

Bu eleme işlemi, elemanın şekline ve ortamına göre farklı şekillerde (elle eleme, otomatik eleme, sulu eleme ve kuru eleme gibi) yapılabilir. Endüstriyel ölçekte kullanılan elekler mevcuttur. Elekler her türlü metalden yapılabildiği gibi çoğunlukla bakır, pirinç ve demirden yapılır. Çok küçük taneciklerin ayrılmasında ise ipekten yapılmış elek bezi kullanılır. Tel veya ipek elek yerine bazen de delikli metalik levhalardan yararlanır.

Eleklerin delik büyüklükleri ise numaralarla gösterilir. Elek numarası (mesh: Eleklerde 1 inç 2 veya 2,54x2,54 cm² 'deki delik sayısıdır.) belli olan bir eleğin farklı çaplarda tellerden yapılmasıyla delik açıklıkları da değişir (Bayraktar, 1979).

4.5.1 Cevher hazırlamada elemanın ana amaçları

- İri malzemeyi ayırarak kırmak,
- İnce malzemeyi ayırarak gereksiz yere ufalanmayı ve enerji sarfiyatını önlemek,
- Malzemeyi tüketim yerinin teknolojik ihtiyacı olan boyut gruplarına ayırarak tüketimi kolaylaştırmak veya mümkün kılmak,
- Ayırma işlemlerinde bir kademe oluşturarak ayırmayı mümkün kılmak olarak sayılabilir.

Eleme işleminin başarılı olabilmesi için;

- Tanelerin birbirlerinden serbest halde olmaları,
- Sarsıntı, sallantı veya dönme gibi hareketler sonucu birleşerek topaklanmamaları,
- Her bir tanenin deliklerle temas etmesi ve burada bir bakıma bir kontrole tabi tutularak elek altına geçmesi veya elek üzerinde kalması (Bayraktar, 1979).

4.6 Öğütme Yardımcıları

Gerek çimento sektöründe gerekse mineral endüstrisinde ufalama (boyut küçültme) olarak ifade edilen kırma ve öğütme işlemleri oldukça fazla enerji tüketmektedir. Ufalanmayı kolaylaştırmak, topaklanmayı engellemek ve dağıtıcı olarak farklı kimyasallar kullanılmaktadır. Öğütme yardımcısı, öğütme kolaylaştırıcı olarak bilinen bu kimyasallar söz konusu sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Özellikle ince ve çok ince öğütmede kullanılan karıştırmalı bilyeli değirmenlerde öğütme esnasında oluşan ince taneler pülp viskozitesinin daha da yükselmesine neden olmakta ve öğütme verimini azaltmaktadırlar. Bu olumsuzluğu gidermek için öğütme ortamına çeşitli öğütme yardımcıları ilave edilmektedir (Klimpel, 1997).

Bu reaktifler tane yüzeylerine emilerek tanelerin yüzey yüklerini (zeta potansiyellerini) artırmakta ve viskozitenin düşmesini sağlamaktadırlar. Bu reaktifler özellikle yüksek katı konsantrasyonuna sahip pülpün akıcılığını artırarak değirmenin yüksek kapasitede çalışmasına yardımcı olmaktadır.

Yapılan çalışmalar polimerik kimyasalların inorganik kimyasallara göre öğütmede daha etkili olduğu göstermiştir. Polikarboksilik asit (PAA) gibi polimerik kimyasalların küçük miktarlarında uygun bir pülp viskozitesi ayarlandığında etkili bir boyut küçültme ve enerji tasarrufu sağlamaktadır (Klimpel, 1997).

Çizelge 4.1 Kullanılan bazı öğütme yardımcıları(Klimpel, 1997).

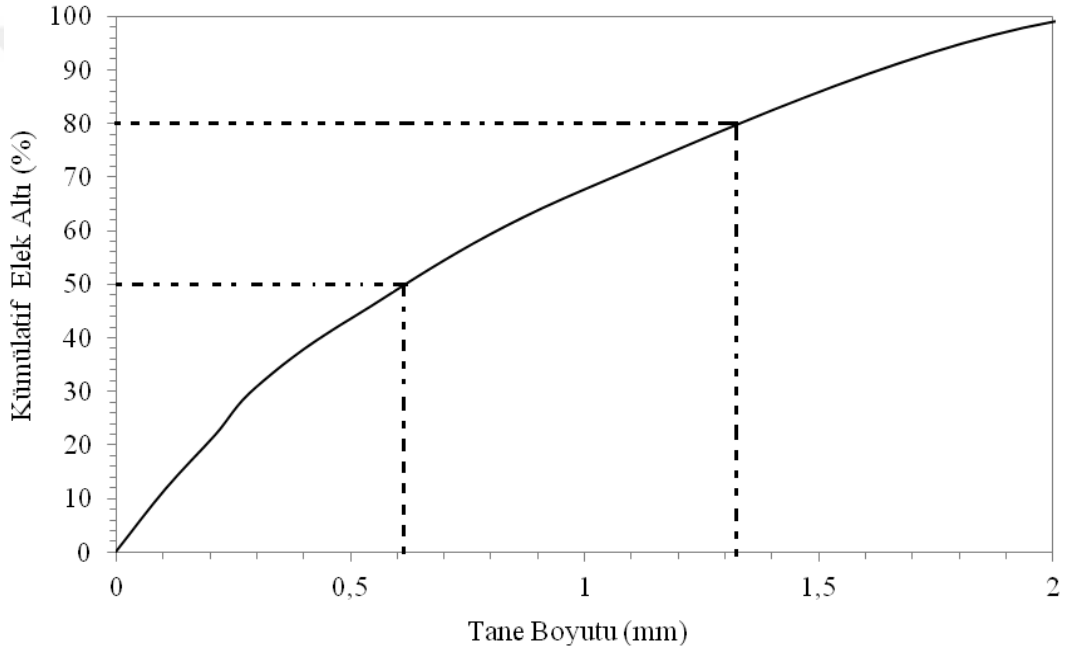
Kimyasal	Türü	Öğütülen malzeme	Öğütme türü
Tetrasodyum pyrofosfat	SIV1	dolomit	yaş
Sodyum hegzametafosfat	SIV1	dolomit	yaş
Akrilik kopolimer	SIV1	dolomit	yaş
Polikarboksilik asit	SIV1	dolomit, kireçtaşı	yaş
Sodyum hidroksit	SIV1	kireçtaşı	yaş
Sodyum oleat	SIV1	kireçtaşı	yaş
Oleik asit	SIV1	kireçtaşı	yaş
Sodyum karboksimetil selüloz	SIV1	kireçtaşı, jips	yaş
Poliakriliklik asit (CH ₂ CHCOOH) _n	SIV1	Talk,Kalsit	yaş/kuru
Trietanolamin/dietanol -amine/etanolamine Karışımı	SIV1	dolomit, kireçtaşı	kuru

BÖLÜM V

MATERYAL VE METOT

5.1 Materyal

Deneyde kullanılan cevher Sivas talkıdır ve Niğde bölgesinde faaliyet gösteren SİMPAŞ Mikron's A.Ş 'den temin edilmiştir. Numune tesisten -2 mm olarak 100 kg alınmış ve Ömer Halisdemir Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Laboratuvarına getirilerek standart numune azaltma yöntemleri ile azaltılmıştır. Cevherin kümülatif elek altı eğrisi Şekil 5.1'de verilmiştir. Tesisten alınan tüvenan cevherin kimyasal analiz sonuçları ise Çizelge 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Tüvenan cevherin boyut dağılım özellikleri (SİMPAŞ Micron's, 2015)

Çizelge 5.1. Talk numunesine ait kimyasal analiz sonuçları (SİMPAŞ Micron's, 2015)

Element	%
SiO ₂	63,15
MgO	33,33
CaO	0,79
Fe ₂ O ₃	3,12
Al ₂ O ₃	0,03

5.2 Metot

Deneysel çalışmalarda 20x20 cm yaklaşık 3000 cm³'lük konvansiyonel laboratuvar tipli bilyeli değirmen kullanılmıştır (Fotoğraf 5.3). Değirmende öğütücü ortam olarak ise çapları 1, 2, 3 ve 4 cm olan çelik bilyeler kullanılmıştır. Bilyeli değirmen deney sonuçlarının değerlendirilmesinde 106 mikronluk elek kullanılarak elde edilen ürünlerin % elek altı değerleri baz alınmıştır. Deneyde 106 mikronluk elek kullanılmasının sebebi kullandığımız diğer elek sonuçlarının birbirine yakın olmasından dolayıdır. Eleme işlemleri yaş olarak yapılmıştır.



Fotoğraf 5.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan bilye boyutları

Karıştırmalı bilyeli değirmen besleme ürünü olarak bilyeli değirmen parametrelerinin optimizasyonunda elde edilen nihai ürün kullanılmıştır. Çok ince öğütmede kullanılan karıştırmalı bilyeli değirmene (Fotoğraf 5.4) ait özellikler Çizelge 5.2'de verilmiştir. Öğütücü ortam olarak $d_{Al} = 1-3$ mm alümina bilyeler kullanılmıştır (Fotoğraf 5.2). Öğütücü ortamın özellikleri Çizelge 5.3'de verilmiştir.



Fotoğraf 5.2. Dik karıştırmalı bilyeli değirmende kullanılan bilyelerin genel görünüşü

Çizelge 5.2. Dik karıştırırmalı değirmen tasarım parametreleri

Parametre	
Değirmen tipi	Dikey
Değirmen çapı (mm)	150
Değirmen uzunluğu (mm)	170

Çizelge 5.3. Öğütücü ortam olarak kullanılan alümina bilyanın özellikleri

Bileşim	Özgül ağırlık (kg/m ³)	Sertlik
Al ₂ O ₃ (95%) +SiO ₂ (5%)	3600	>1200 HV

*HV: Vickers sertliği



Fotoğraf 5.3. Deneylerde kullanılan bilyeli değirmen



Fotoğraf 5.4. Deneysel olarak kullanılan dikey karıştırıcı bilyeli değirmen

Değirmen kritik hızının, bilye doluluk oranının ve malzeme doluluk oranının hesaplanmasında aşağıdaki formüllerden yararlanılmıştır.

Değirmen Hızı; $N_c = [42.3 / (D - d)^{0.5}]$ d/dak. (D, d metre)

Bilye Doluluk Oranı $T = [(Bilye \text{ ağırlığı} / Bilye \text{ Yoğunluğu}) / Değirmen \text{ Hacmi}] * (1/0.6)$

Talk Doluluk Oranı $f_c = [(Talk \text{ ağırlığı} / Talk \text{ Yoğunluğu}) / Değirmen \text{ Hacmi}] * (1/0.6)$

(Özkan ve vd., 2006)

SF ; (d_{50} / d_{20})

PSD (Eş boyutluluk değeri) ; $[(d_{90} - d_{10}) / d_{50}]$

5.2.1 Boyut dağılım analizi

Hangi fraksiyonlarda yığılma olduğunu ve tane irilik dağılımını gösterir. Küçük tanelerin (malzeme özelliklerine göre 0,02 ile 2000 mikron arası) boyutlarını ölçmek için Mie Teorisi kullanılır. Mie Teorisi ışığın ortam içerisinde tane boyu etrafındaki hem kırılmasını hem de geçirgenliğini dikkate alır. Mie modelini kullanabilmek için hem örneğin hem de ortamın kırılma endekslerinin bilinmesi gerekmektedir. Deneysel çalışma ürünlerinin boyut dağılımları Malvern tipi yaş ortamda çalışan cihazda yapılmıştır (Master sizer 2000, U.K) (Sheng, 2004).

5.2.2 FT-IR (Fourier transform infrared) spektroskopisi

Yüzey oksidasyonu ölçümü amacıyla kullanılmaktadır. Spektroskopik yöntemlerde ışınım şiddeti, frekansın veya dalga boyunun bir fonksiyonu olarak alınırken FTIR'da (Bruker IFS 66/S, FRA 106/S, HYPERION 1000, RAMANSCOPE II) zamanın bir fonksiyonu olarak alınır. Yani elde edilen spektrum zaman tabanlıdır. Işık kaynağından yayılan IR ışınımı bir dalga boyu ayırıcısından geçmeden örnek ile etkileşir. Böylece cihazın spektrum tarama hızında çok büyük bir düşüş olur (Sheng, 2004).

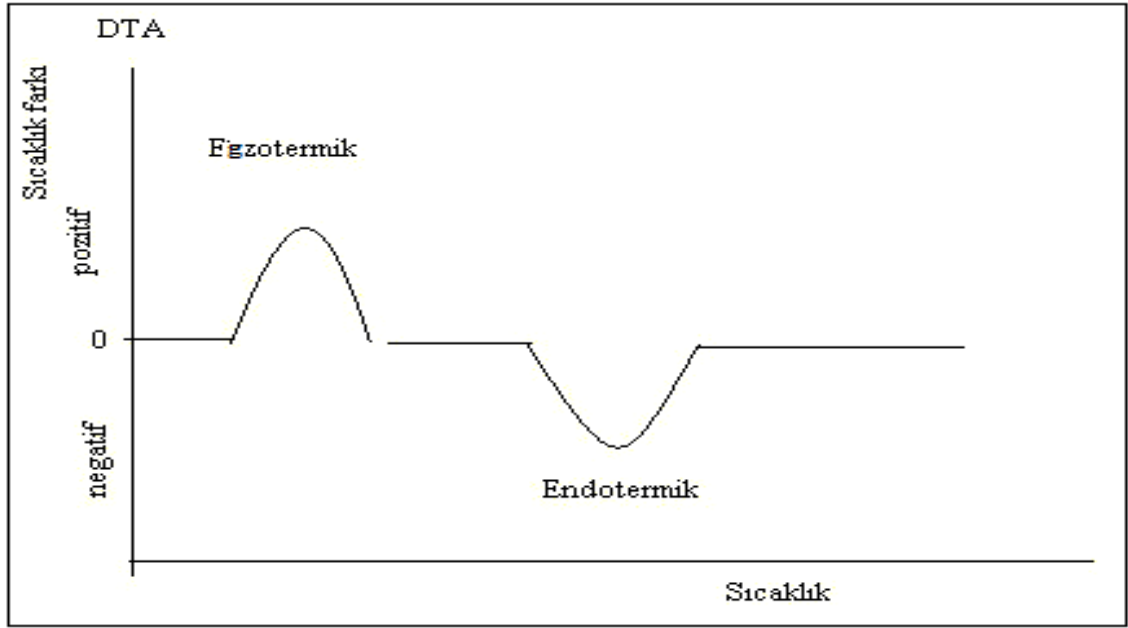
5.2.3 Termal analiz (DTA, TGA)

5.2.3.1 DTA (Diferansiyel termal analiz)

Diferansiyel ısı analizi anlamına gelmektedir. Bu yöntemde numune ve termal olarak inert olan referans maddeye aynı sıcaklık programı uygulanır. İkisi arasındaki fark, sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ölçülür. Bu iki madde bir arada ısıtılır. Sıcaklık düzgün bir şekilde artırılır. TG'deki gibi sadece kütle kaybına bağlı olmadığı için daha geniş bir kullanım alanı vardır. Isının emildiği veya açığa çıktığı her numuneye uygulanabilir. Fiziksel olarak absorpsiyon ve kristalizasyon olayı ekzotermik bir olaydır. Desorpsiyon, süblimleşme, erime ve buharlaşma olayları ise endotermiktir. Kimyasal olarak ise polimerleşme ve oksitlenme ekzotermik; bozunma, dehidrasyon ve indirgenme olayları ise endotermiktir. Bu olaylar Şekil 5.2'de gösterilmektedir (Sheng, 2004).

DTA analizi TG analizinin diferansiyel görünümüdür. Yani DTA referans ve örnek maddeler arasındaki sıcaklık farkının (ΔT) ölçülmesi tekniğine dayanır. Ölçülen sıcaklık farkı (ΔT), zamanın veya (ısıtma lineer ise) sıcaklığın bir fonksiyonu $\Delta T=f(t)$ veya $\Delta T=f(T)$ olarak izlenebilir. Fırın içerisinde iki kap bulunur. Bunlardan biri referans, diğeri ise örnek madde kabıdır. Ölçülen sıcaklık farkı (ΔT), örnek maddesinin sıcaklığı (T_0) ile referans maddesinin sıcaklığı (T_r) arasındaki farktır. Kısaca $\Delta T=T_0-T_r$ olarak ifade edilir. Erime ve buharlaşma gibi endotermik olaylarda, örneğin sıcaklığı T_0 , referansın sıcaklığından (T_r) geri kalır ($T_0<T_r$). Bu durumda ΔT negatif çıkar ve eğrideki endotermik pikler aşağıya yöneliktir. Egzotermik tepkimelerde ise bu durum tam tersinedir. Egzotermik pikler yukarıya doğru yönelir. Çünkü örnek maddesindeki sıcaklık T_0 , referans maddesinin sıcaklığından (T_r) yüksektir ($T_0>T_r$) (Sheng, 2004).

Bu durumda ΔT 'nin değeri pozitifdir. Elde edilen endotermik pikin veya egzotermik pikin altındakalan alan ise, entalpi değişiminin değeri ile orantılıdır (Sheng, 2004).



Şekil 5.2. DTA analizinin ekzotermik ve endotermik bölgelerinin gösterimi

5.2.3.2 TG (Termogravimetri)

Bu yöntemde programlı olarak arttırılan veya azaltılan sıcaklık sonucunda analiz edilecek maddenin kütesinde meydana gelecek olan azalmalar, sıcaklığın veya zamanın fonksiyonu olarak incelenecektir. Sonuçta elde edilen sıcaklık kütle eğrilerine termogram veya termal bozunma eğrileri denilir. Sıcaklık artışı sonucunda meydana gelen kütle kayıpları genel olarak su gibi uçucu bileşiklerin yapıdan ayrılması veya maddenin ayrışmasıdır. Termogravimetri cihazı hassas bir terazi, iyi bir fırın, kütle ve sıcaklık değişimini otomatik olarak kaydeden bir sistem, inert gazlı bir temizleyici ve analiz sırasında gaz kesebilen veya değiştirebilen parçalardan oluşmuştur. Kullanılan numune miktarı 5 mg ile 50 mg arasında değişmektedir. Örneğin koyuluğu özel örnek kabı ortamda oluşacak gazları adsorplamamalıdır ve hiç bir şekilde kataliz etkisi taşımamalıdır. Bu örnek kabı terazinin içerisine yerleştirilir. Terazinin örnek koyulan kısmının dışındaki diğer bütün kısımları fırından izole edilmiştir. Terazi kolları elektromıknatısın kolları arasına yerleştirilmiş bir kola tutturulur. Elektromıknatıstan geçen akım elektrik sinyali olarak kaydedilir. Sistemdeki fırın 25-1600°C arasında, sıcaklığın istenilen sürelerde istenildiği kadar arttırılabilecek şekilde programlanabilir (Sheng, 2004).

BÖLÜM VI

BULGULAR VE TARTIŞMA

6.1 Bilyeli Değirmen Deneyleri

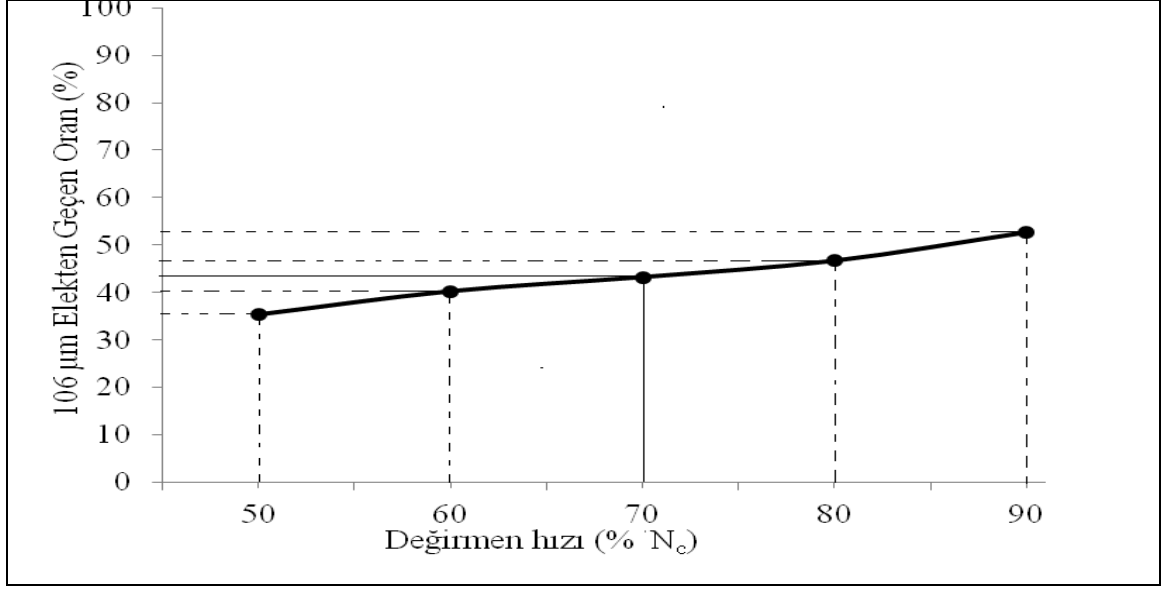
6.1.1 Değirmen hızının etkisi

Değirmen hızı öğütmede kaskat (bilyelerin kendi eksenini etrafında dönme ve kayarak yuvarlanması olayına) ve katarak (öğütmenin tam olarak oluşabilmesi için öğütücü ortamın, değirmen içinde maksimum seviyede iken, yerçekimi kuvvetinin merkezkaç kuvvetini yenmesiyle, malzeme üzerine düşmesi) etkinin oluşturulmasında en önemli parametredir. Düşük hızlarda elde edilen kaskat etki ile daha çok sürtünme esaslı bir öğütme gerçekleştirilirken yüksek hızlarda katarak etki ile darbe ile öğütme ön plana çıkarılmaktadır. Talk cevherinin öğütülmesinde düşük hızlardan başlanılarak kaskat etkinin öğütmeye olan etkisi görülmeye çalışılmıştır. Aynı şekilde yüksek hızlara çıkılarak katarak etki ile öğütme sonuçlarının eldesi yoluna gidilmiştir.

Bu parametrenin çalışılmasında Çizelge 6.1 'de verilen çalışma şartları kullanılmıştır. Bu kapsamda kritik hızın %50'si olan 25 devir/dk, % 60'ı 30 devir/dk, % 70'i 35 devir/dk, %80' i 40 devir/dk, %90 'ı 45 devir/dk kullanılmıştır. Deney sonucunda Şekil 6.1'de verilen değerlere ulaşılmıştır. Buradan da anlaşılacağı üzere en iyi sonuç kritik hızın %90'ı 45 devir/dk'da alınmıştır. Bu değerde malzemenin %52,66'sı 106 mikronluk elekten geçmiştir. En iyi sonucun bu yüksek hızda elde edilmesinin sebebi olarak ise silis içeriği fazla olan talk cevherinin öğütülmesinde katarak etkiye ihtiyaç olması olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 6.1. Hız parametresinin çalışma şartları

Deney Şartları	Değişken
Hız (% N_c)	%50-%60-%70-%80-%90
Bilye Doluluk Oranı (T_b)	0,30
Bilye Boyut Dağılımı (1-2-3-4 cm)%	%20-%20-%30-%30
Malzeme Doluluk Oranı (f_c)	% 10
Öğütücü Yardımcısı Miktarı (malzemenin %)	0
Öğütme Süresi (dak.)	15



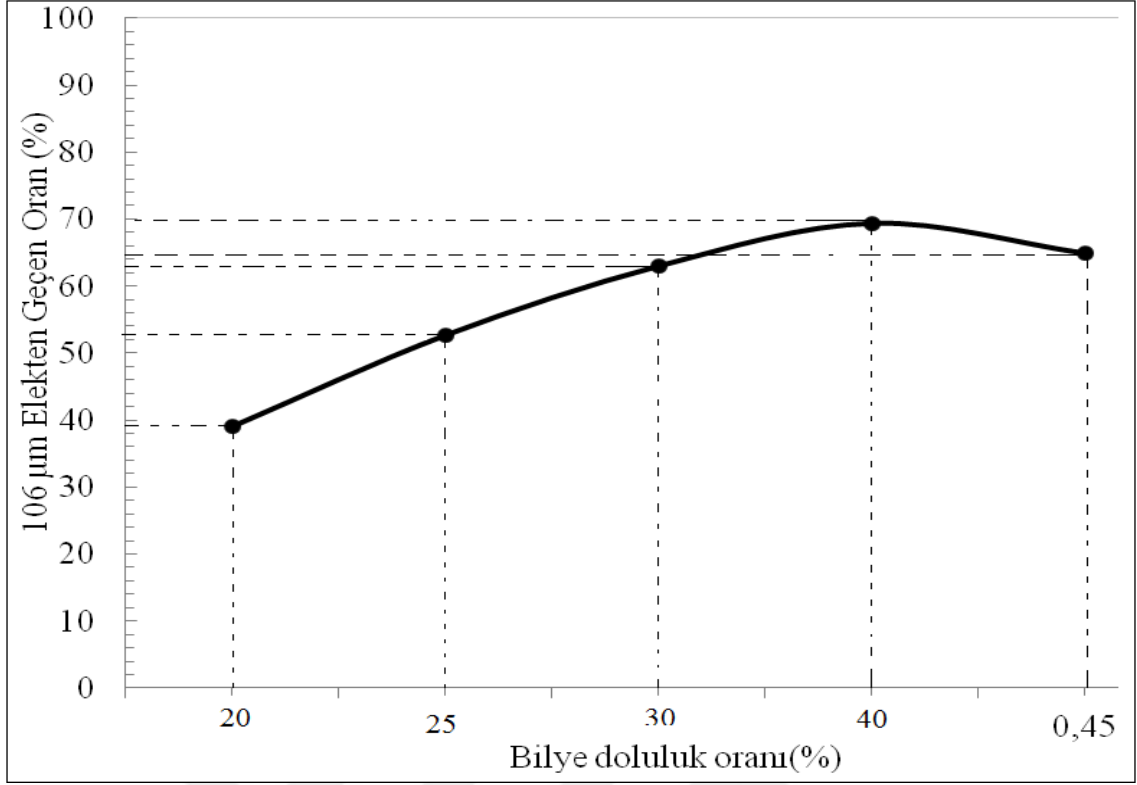
Şekil 6.1. Farklı değirmen hızlarının kümülatif elek altı değerleri

6.1.2 Bilye doluluk oranının (T_b) etkisi

Öğütme proseslerinde bilye doluluk oranı özellikle enerji tüketimi ile direkt bağlantısı olan bir parametredir. Bu nedenle optimizasyonu kaçınılmazdır. Bununla birlikte bilye doluluk oranı ince ürünlerin elde edilmesinde de önemli rol oynamaktadır. Bu parametrenin çalışılmasında Çizelge 6.2'de verilen çalışma şartları kullanılmıştır. Bu kapsamda bilye doluluk oranı sırasıyla T_b değerleri 0,20'si 4,5 kg, 0,30' u 6 kg, 0,4 'i9 kg, 0,40'ı 12 kg, 0,45 'i 14 kg değerleri çalışılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde Şekil 6.2 ' de verilen sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere en iyi bilye doluluk oranının 0,40'si 12 kg olduğu tespit edilmiştir. Bu değerde elde edilen ürünün 106 mikronluk elekten geçme oranının %69,40 olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.2. Bilye doluluk oranı parametresinin çalışma şartları

Deney Şartları	Değişken
Hız (% N _c)	%90
Bilye Doluluk Oranı (T_b)%	0,20- 0,25- 0,30- 0,40-0,45
Bilye Boyut Dağılımı (1-2-3-4 cm)%	%20-%20-%30-%30
Malzeme Doluluk Oranı (f_c) %	% 10
Öğütücü Yardımcısı Miktarı (malzemenin %)	0
Öğütme süresi (dak.)	15



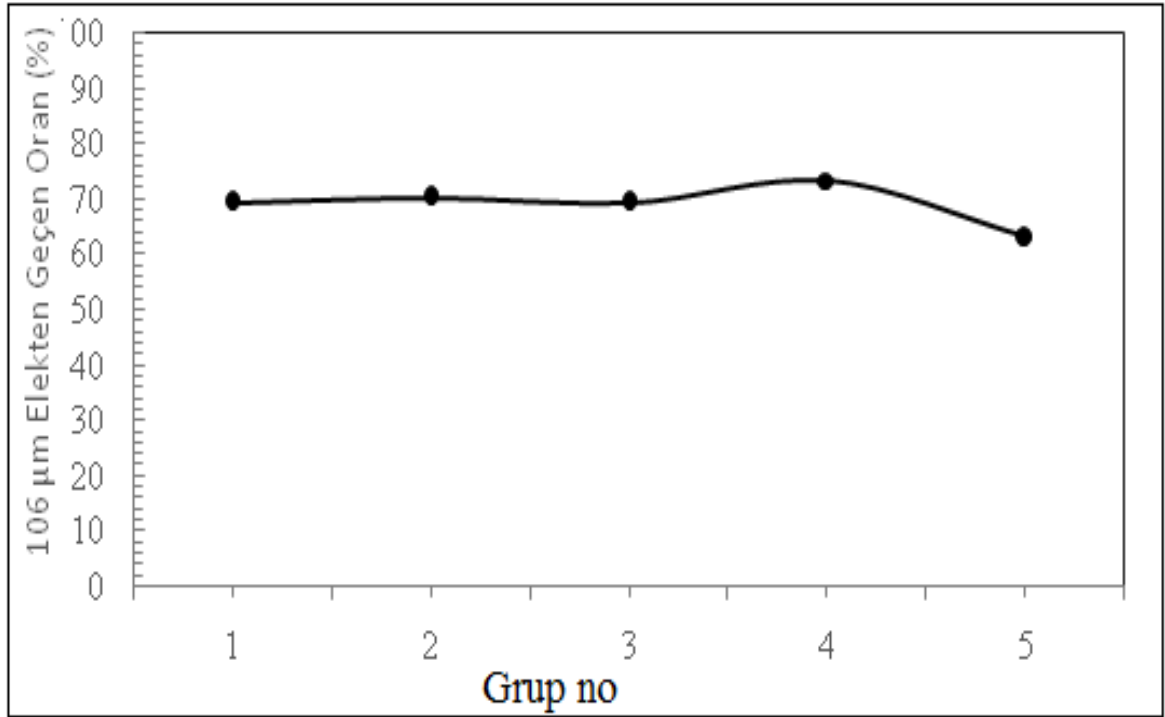
Şekil 6.2. Bilye doluluk oranlarına ait kümülâtif elek altı değerleri

6.1.3 Bilye boyut dağılımının etkisi

Bilindiği üzere konvansiyonel bilyeli değirmen öğütme proseslerinde farklı çaplara sahip bilye karışımlarının kullanılması gerekmektedir. Bilye boyut dağılımı öğütmede ince ürün elde edilmesinde anahtar rol oynamaktadır. Bilindiği üzere en iri malzemeyi öğütmek için uygun bilye çapına ihtiyaç duyulduğu gibi ince ürün almak için de küçük çaplı bilyelere ihtiyaç vardır. Bu parametrenin çalışılmasında Çizelge 6.3 'de verilen çalışma şartları kullanılmıştır. Bu kapsamda bilye boyut dağılımı 1,2,3 ve 4 cm bilyeler için % olarak sırasıyla; birinci grup için 0,0,50,50, ikinci grup için 0,20,30,50 üçüncü grup için 20,20,30,30, dördüncü grup için 30,30,20,20, beşinci grup için 50,50,0,0 değerleri kullanılmıştır. Deney sonucunda Şekil 6.3 'de verilen sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere en iyi bilye boyut dağılımının 4.Grup da yani %30 1 cm, %30 2 cm, % 20 3cm , %20 4 cm dağılımında elde edilmiştir. Bu grupta yapılan öğütme neticesinde elde edilen ürünün 106 mikronluk elekten geçme oranı %73,40 olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.3. Bilye boyut dağılım oranı parametresinin çalışma şartları

Deney Şartları	Değişken
Hız (% N_c)	90
Bilye Doluluk Oranı (T_b)	0,40
Bilye boyut dağılımı (1-2-3-4 cm)%	Grup 1:%0-%0-%50-%50 Grup 2:%0-%20-%30-%50 Grup 3:%20-%20-%30-%30 Grup 4:%30-%30-%20-%20 Grup 5:%50-%50-%0-%0
Malzeme Doluluk Oranı (f_c)	0,10
Öğütücü Yardımcısı Miktarı (Malzemenin %)	0
Öğütme Süresi (dak.)	15



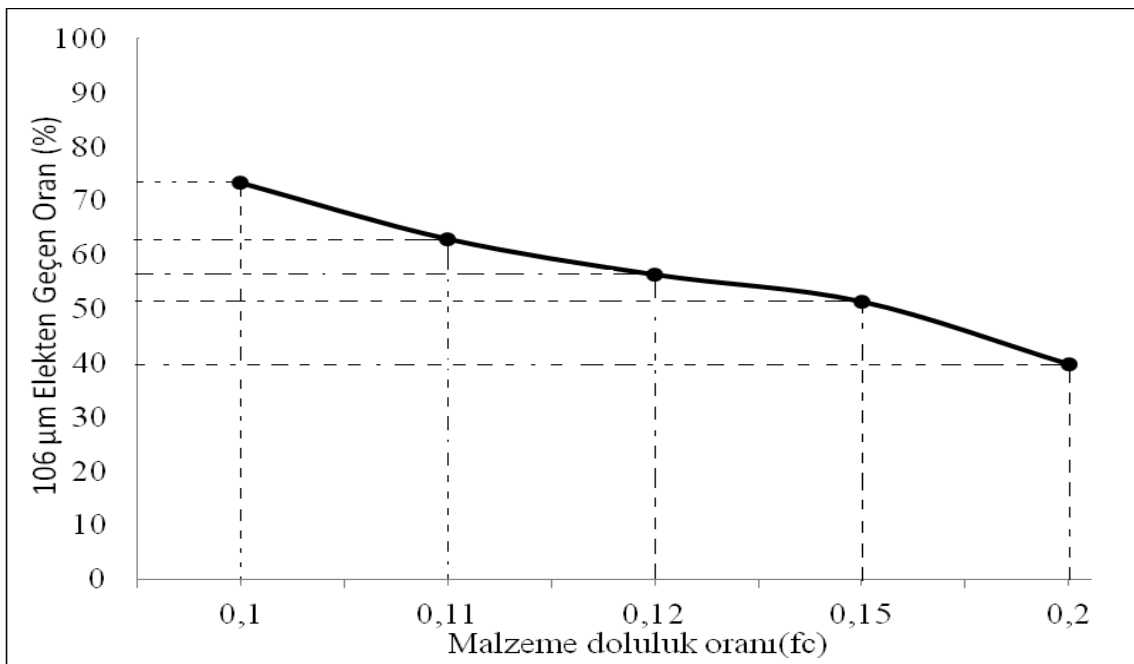
Şekil 6.3. Bilye boyut dağılım oranı parametresinin kümülatif elek altı değerleri

6.1.4 Talk doluluk oranının etkisi

Bilyeli değirmen öğütmelerinde kapasiteyi ve öğütmeyi etkileyen en önemli parametre malzeme doluluk oranıdır. Malzeme doluluk oranı düşük olması halinde kapasitelerde ciddi azalmalara kendini gösterirken fazla doluluk oranı ise öğünmeyi azaltarak ince ürün alınmasını zorlaştırmaktadır. Talkın konvansiyonel bilyeli değirmende öğütülmesinde Çizelge 6.4 'de verilen çalışma şartları kullanılmıştır. Bu kapsamda talk doluluk oranı (T_b) sırasıyla; 0,10' u 1 kg , 0,11' i 1,15 kg, 0,12'si 1,250 kg, 0,15'i 3 kg ve 0,20'si 4 kg değerleri çalışılmıştır. Deney sonucunda Şekil 6.4 'de verilen sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere en iyi talk doluluk oranının 0,10 1 kg olduğu tespit edilmiştir. Bu değerde elde edilen ürünün 106 mikronluk elekten geçme oranı %73,40 olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.4. Talk doluluk oranı parametresinin çalışma şartları

Deney Şartları	Değer
Hız (% N_c)	90
Bilye Doluluk Oranı (T_b)%	0,40
Bilye boyut dağılımı (1-2-3-4 cm) %	%30-%30-%20-%20
Malzeme Doluluk Oranı (F_c)%	0.10,0.11,0.12,0.15,0.2
Öğütücü Yardımcısı Miktarı (malzemenin %)	0
Öğütme Süresi (dak.)	15



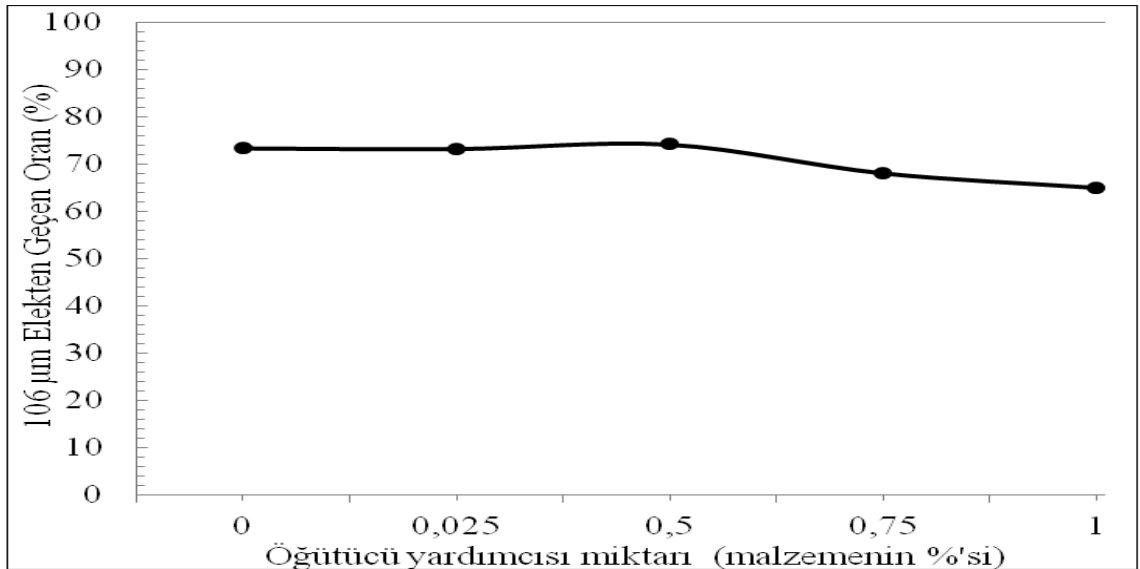
Şekil 6.4. Talk doluluk oranlarına ait kümülâtif elek altı değerleri

6.1.5 Öğütme yardımcısının etkisi

Öğütme yardımcısı olarak kullanılan kimyasallar çok ince öğütme proseslerinde gerek malzeme topaklaşmasının önüne geçmesi gerekse seperasyon verimi açısından hayati önem arz etmektedir. Bu nedenle çok ince öğütme işlemlerinin hemen hemen hepsinde belli oranlarda öğütücü yardımcısı kullanılması kaçınılmazdır. Bu çalışmada poliarselik asit $(CH_2CHCOOH)_n$ kullanılmıştır. Bu parametrenin çalışılması Çizelge 6.5 'de verilen şartlarda gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda öğütücü yardımcısı oranı malzeme ağırlığının sırasıyla %0- %0,025- %0,50-%0,75-%1değerlerinde çalışılmıştır. Deney sonucunda Şekil 6.5'de verilen sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere öğütme yardımcısının talk öğütmesinde bir fonksiyonun olmadığı görülmektedir. Bunun temel nedenin ise talk mineralinin hidrofob (su sevmez) bir yapıya sahip olması olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 6.5. Öğütücü yardımcısı parametresinin çalışma şartları

Deney Şartları	Değişken
Hız (%N _c)	90
Bilye Doluluk Oranı (T _b)	0,40
Bilye Boyut Dağılımı (1-2-3-4 cm) %	%30-%30-%20-%20
Malzeme Doluluk Oranı (f _c)	0,10
Öğütücü Yardımcısı Miktarı (malzemenin %)	%0-%0,025-%0,50-%0,75-%1
Öğütme Süresi (dak.)	15



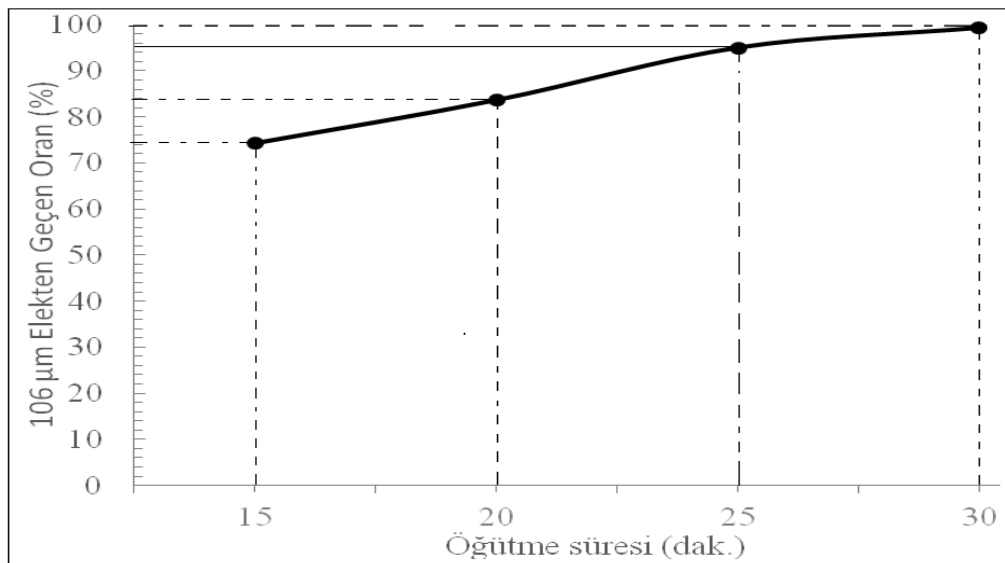
Şekil 6.5. Öğütme yardımcısı parametresinin kümülatif elek altı değerleri

6.1.6 Öğütme süresinin etkisi

Öğütme süresi konvansiyonel bilyeli değirmenlerde öğütmede malzemenin değirmende kalma süresi ile ilişkili bir parametre olması nedeni ile ince öğütmede kritik bir parametredir. Öğütme süresi daha çok almak istenen ürün boyutu baz alınarak seçilmesi ve çalışılması gerekmektedir. Bu parametrenin çalışılmasında Çizelge 6.6 'da verilen çalışma şartları kullanılmıştır. Bu kapsamda öğütme süresi sırasıyla 15 dakika , 20 dakika , 25 dakika ve 30 dakika olarak çalışılmıştır. Deney sonucunda Şekil 6.6' da verilen sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere en iyi öğütme süresi 30dakika olarak tespit edilmiştir. Bu sonucun belirlenmesinde bilyeli değirmende talkın öğütülme amacı olan malzemenin hemen hemen hepsinin 106 mikronluk elekten geçmesine yöneliktir. 30 dakikalık öğütme neticesinde söz konusu elek boyutundan malzemenin yaklaşık %100 geçmiştir.

Çizelge 6.6. Öğütme süresi parametresinin çalışma şartları

Deney Şartları	Değişken
Hız (%N _c)	90
Bilye doluluk oranı (T _b)%	0,40
Bilye boyut dağılımı (1-2-3-4 cm)%	%30-%30-%20-%20
Malzeme doluluk oranı (f _c)%	0,10
Öğütücü yardımcısı miktarı (malzemenin %)	0
Öğütme süresi (dak.)	15-20-25-30

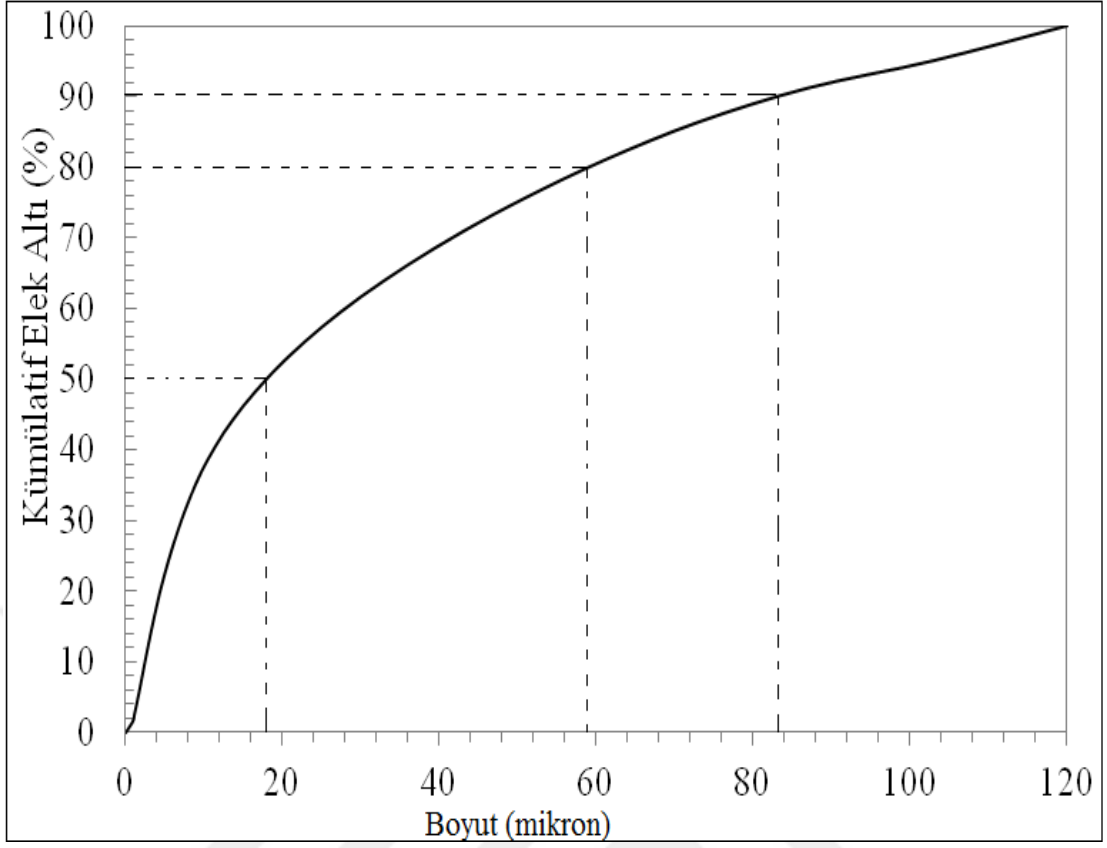


Şekil 6.6. Öğütme süresinin kümülatif elek altı değerleri

6.2 Dikey Karıştırılmalı Değirmen Sonuçları

Yatay değirmen optimum şartlarda elde edilen ve dik karıştırılmalı değirmen için besleme malı olan ürüne ait kümülatif elek altı eğrisi Şekil 6.7'de verilmiştir. Söz konusu ürün farklı sürelerde Çizelge 6.7'de verilen şartlarda dik karıştırılmalı değirmende tekrar öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen ürünlere ait kümülatif elek altı ve d_{50} değerleri sırası ile Şekil 6.8 ve 6.9'da verilmiştir. Ürünlere ait toplam yüzey alanı değerleri ise Şekil 6.10'da sunulmuştur. Ayrıca ağırlık dağılım değerleri de Şekil 6.11'de verilmiştir. Ürünlerin partikül eş boyutluluk değerleri ise Çizelge 6.8'de verilmiştir. Bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere dik karıştırılmalı bilyeli değirmende 60 dakika öğütme sonrasında elde edilen nihai ürünün d_{50} değeri $1,85 \mu\text{m}$, toplam yüzey alanı $14058 \text{ cm}^2/\text{g}$. ve SF değeri 1,76 olarak bulunmuştur. Bu değerlerin 2'den düşük olması elde edilen ürünün eş boyutlu olduğunu göstermektedir.

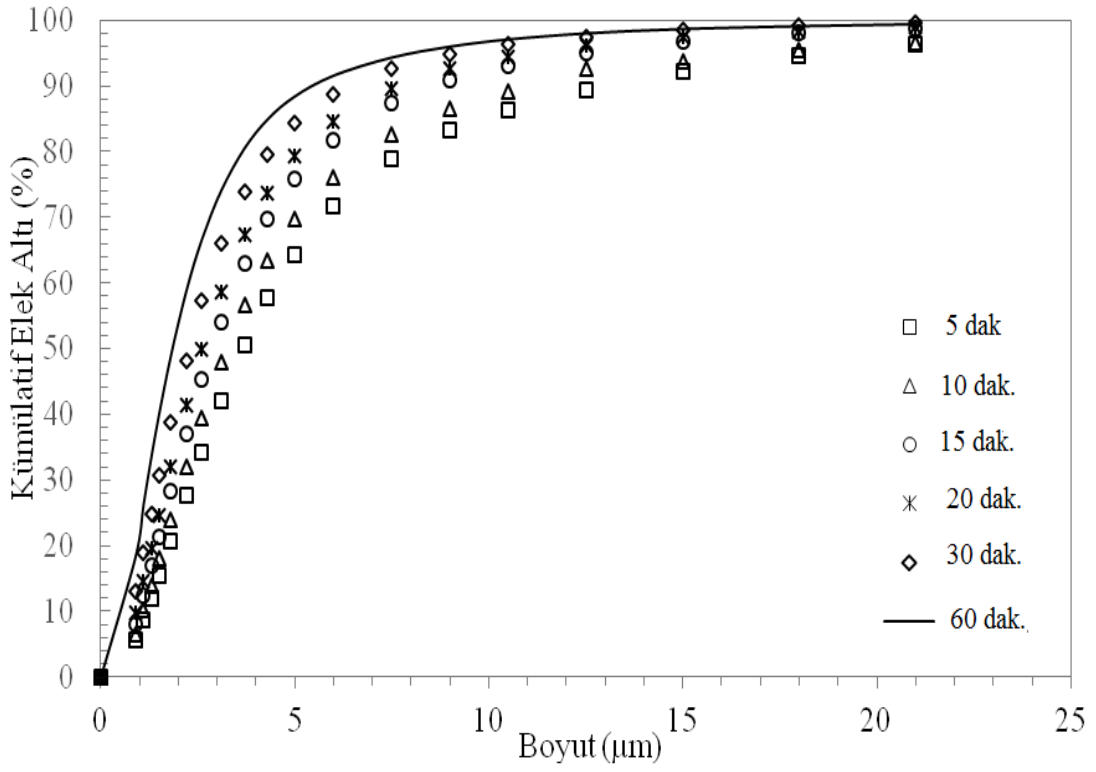
Nihai ürün üzerinde yapılan XRD, TGA-DTA, FTIR ve SEM analiz sonuçları sırası ile Şekil 6.12, Şekil 6.13, Şekil 6.14 ve Şekil 6.15'de verilmiştir. XRD sonucuna bakıldığında cevherin büyük bir kısmının talk mineralinden oluştuğunu kısmi olarak ise kalsit mineralinin yer aldığı anlaşılmaktadır. TGA analizi öğütülmüş nihai ürünün yaklaşık $600 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kütle kaybetmeye başladığı anlaşılmaktadır. DTA eğrisi sonucuna göre ise malzemenin $800 \text{ }^\circ\text{C}$ egzotermik bir reaksiyona girdiği görülmektedir. FTIR analizi nihai ürünün $1007,39 \text{ cm}^{-1}$, $874,81 \text{ cm}^{-1}$, $669,17 \text{ cm}^{-1}$ ve $463,53 \text{ cm}^{-1}$ bandında seyrettiği anlaşılmaktadır. SEM analizi neticesinde ise ürünün üniform yapıya yakın olduğu anlaşılmaktadır.



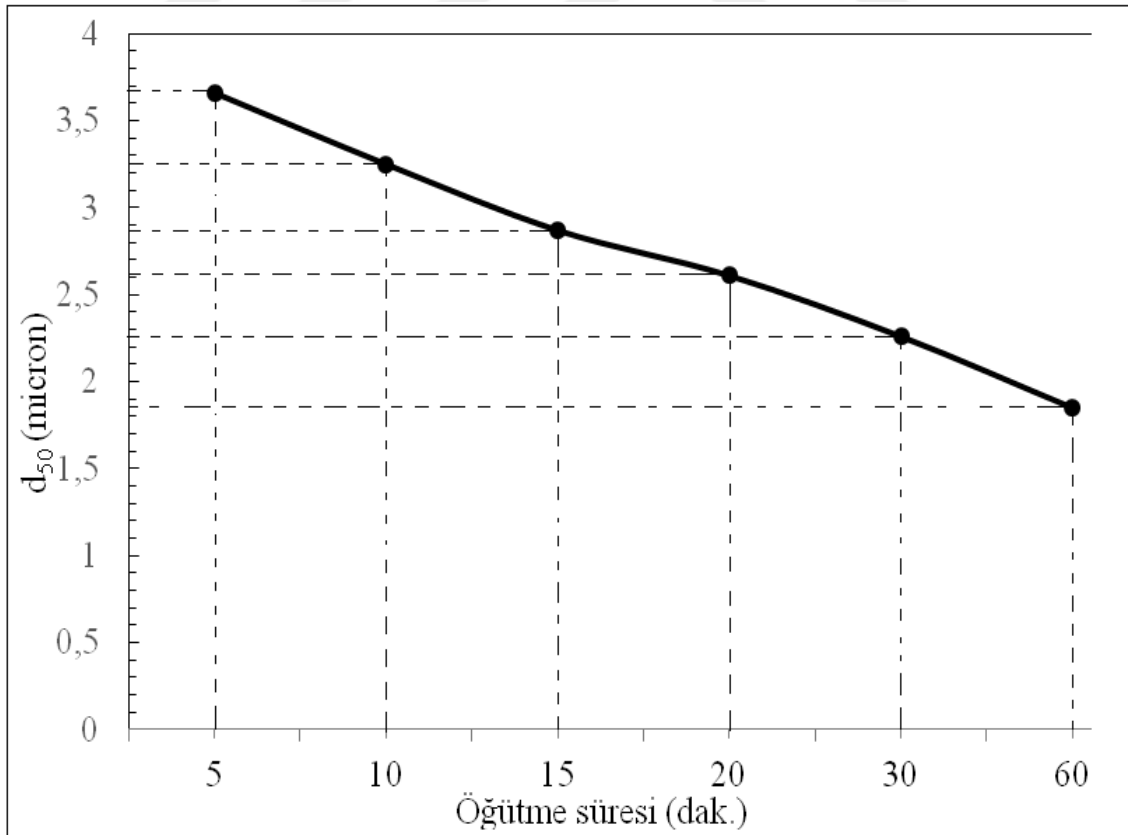
Şekil 6.7. Dik karıştırmalı bilyeli değirmen besleme malı (yatay değirmen ürünü) kümülatif elek altı eğrisi

Çizelge 6.7. Dik karıştırmalı bilyeli değirmen çalışma şartları

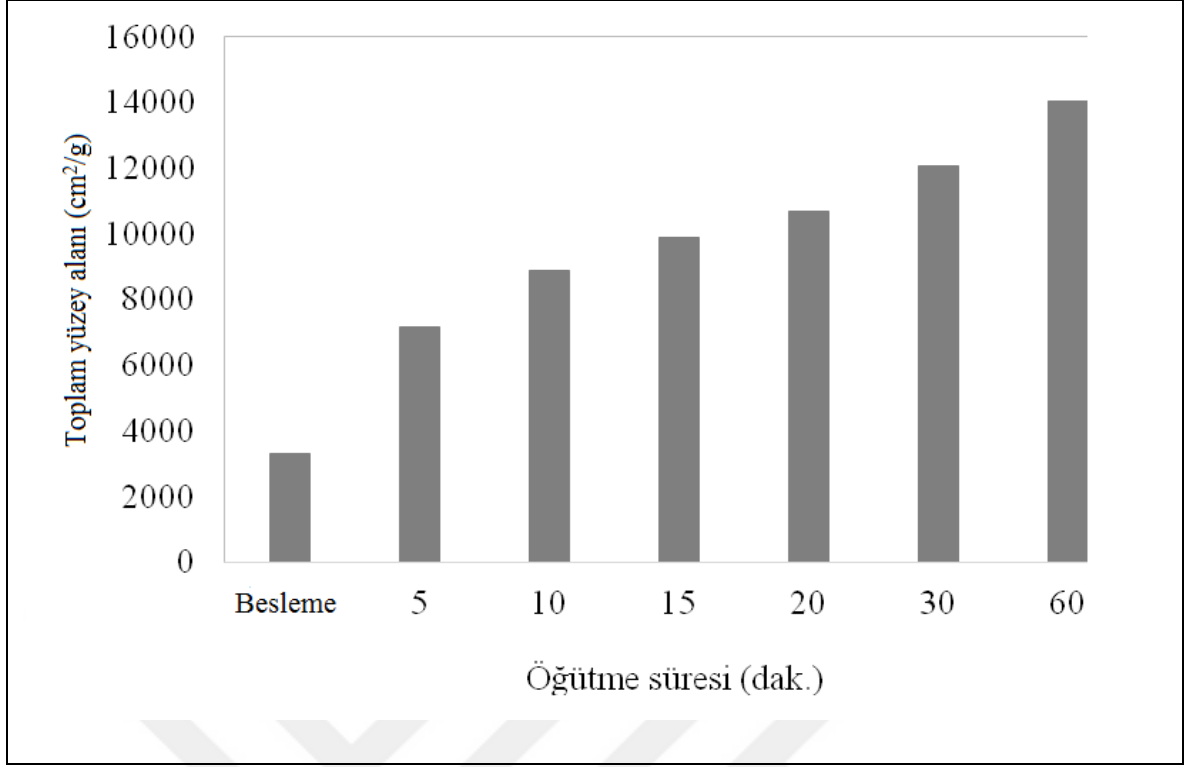
Parametreler	Değişken
Değirmen tipi	Karıştırmalı
Değirmen kapasitesi	3000 ml
Değirmen yapı malzemesi	Polietilen
Karıştırıcı	Paslanmazçelik
Bilye malzemesi	Alumina
Bilye yoğunluğu	3,65 g/cm ³
Bilye çapı	1-3 mm
Bilye ağırlığı	4500 gr
Bilye/malzeme oranı	9/1
Malzeme ağırlığı	500 gr
Hız	750 devir/dk
Öğütme süresi	5,10,15,20,30,60 dak.



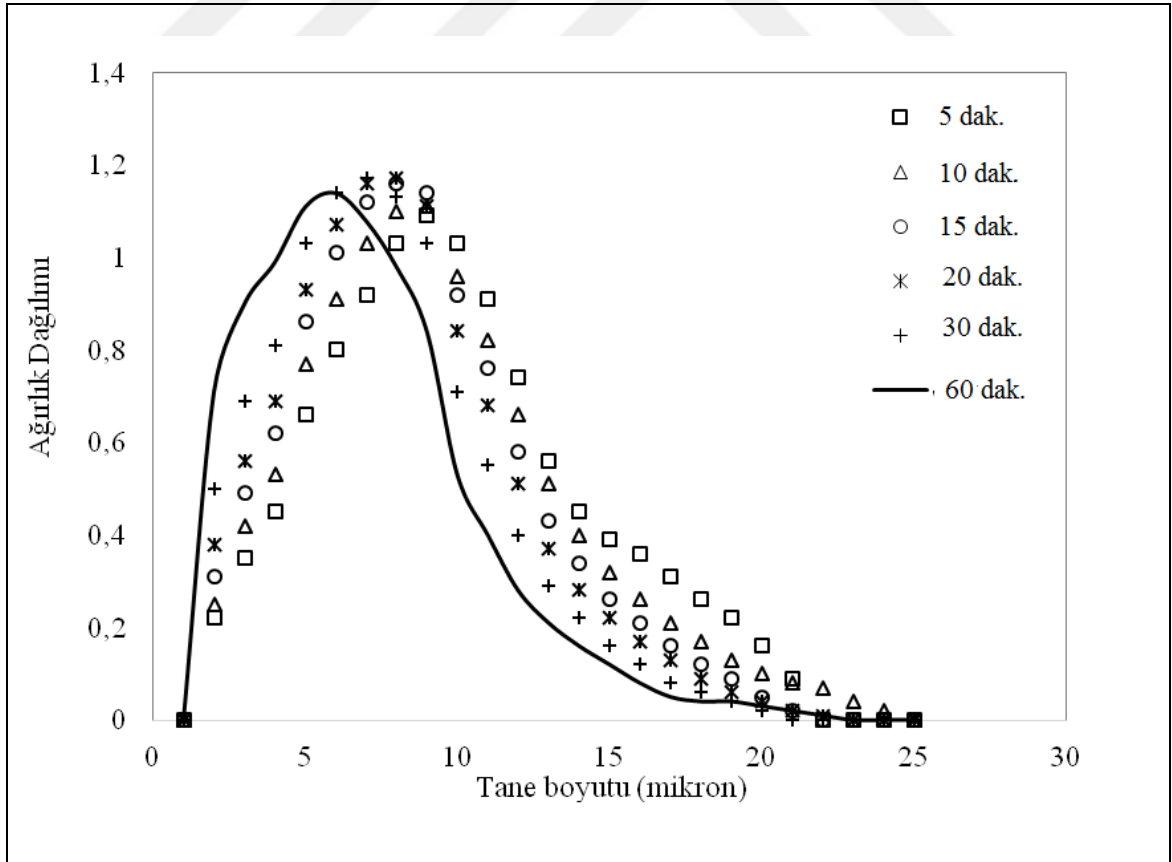
Şekil 6.8. Dik karıştırmalı değirmende farklı sürelerde öğütülen malzemelerin kümülatif elek altı eğrileri



Şekil 6.9. Dik karıştırmalı değirmende farklı sürelerde öğütülen ürünlerin d₅₀ değerleri



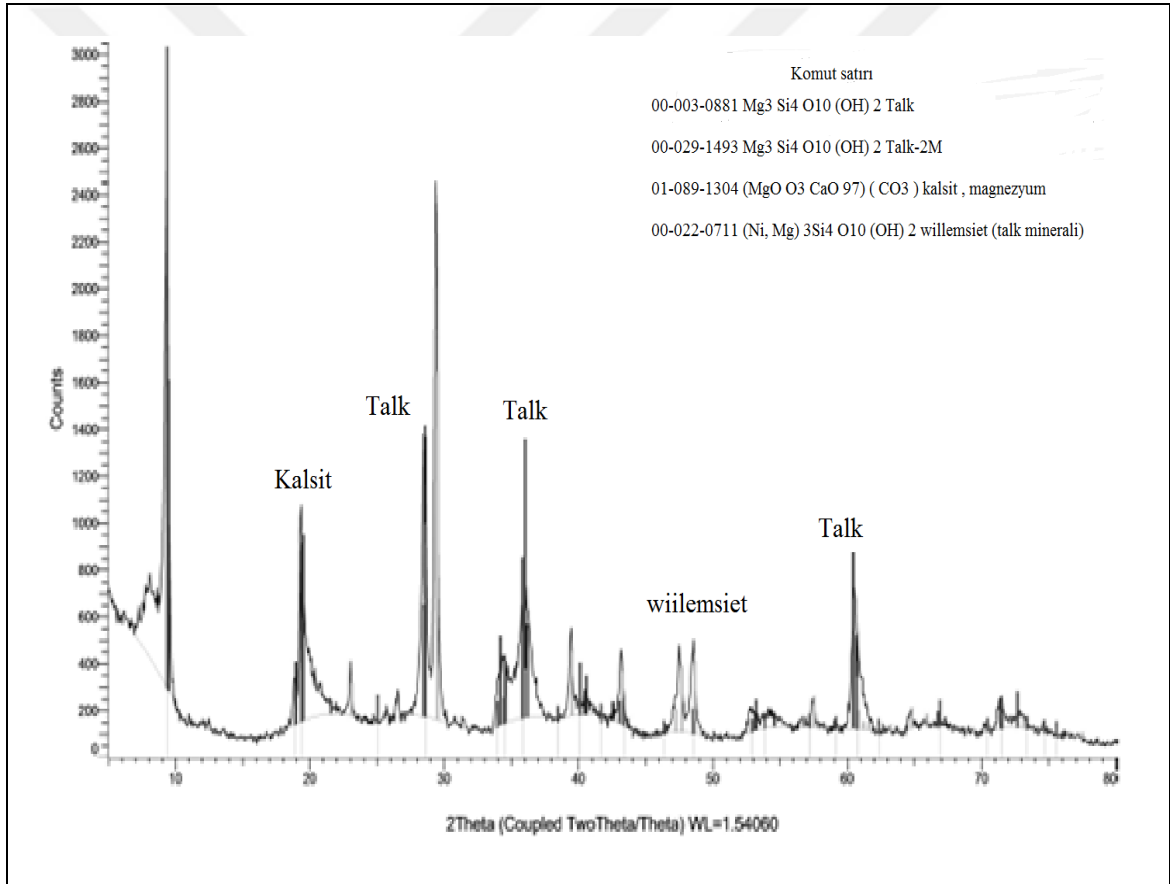
Şekil 6.10. Dik karıştırmalı değirmende farklı sürelerde öğütülen ürünlerin toplam yüzey alanı değerleri



Şekil 6.11. Farklı sürelerde öğütülen ürünlere ait ağırlık dağılım değerleri

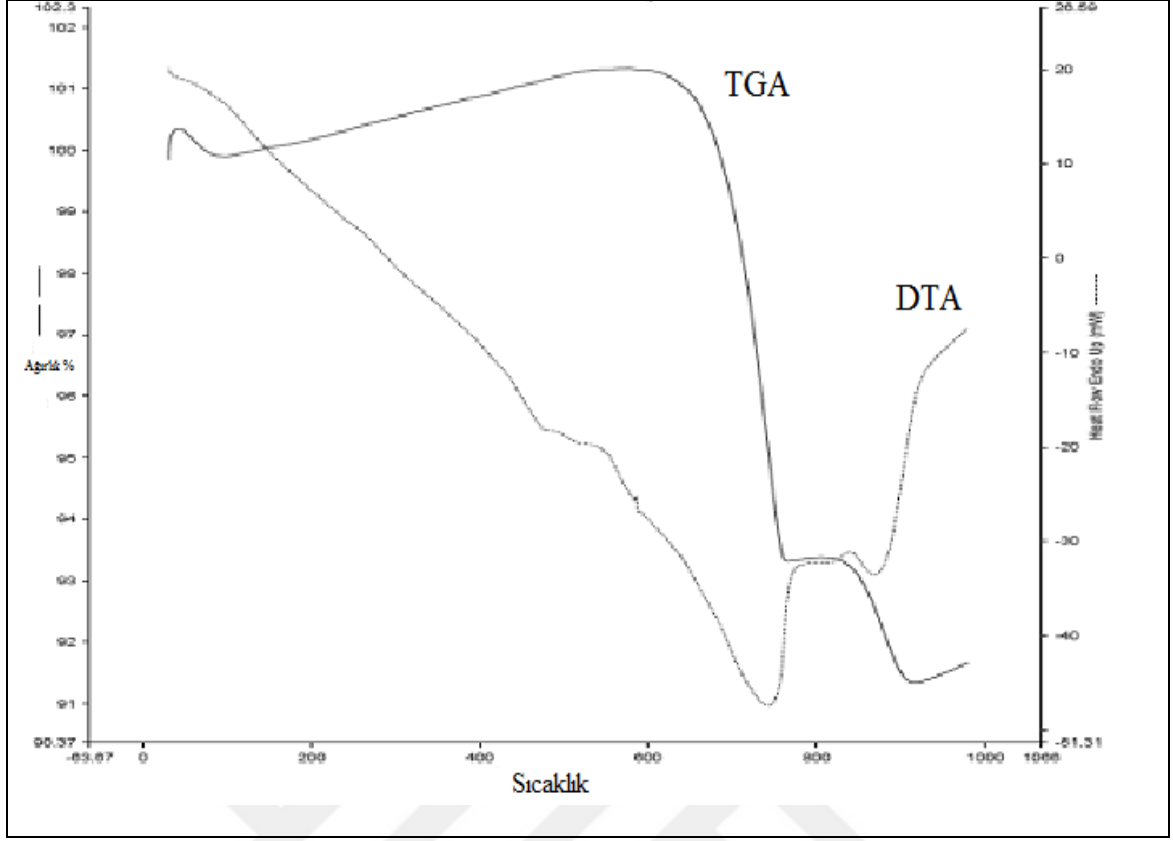
Çizelge 6.8. Ürünlerin partikül eş boyutluluk değerleri

Öğütme Süresi (dak.)	SF	Eş boyutluluk değerleri		
	(d ₅₀ /d ₂₀)	d ₉₀ /d ₁₀	d ₈₀ /d ₂₀	Span [(d ₉₀ -d ₁₀)/d ₅₀]
Besleme malı	4,17	34,35	14,19	4,52
5	1,74	12,23	4,5	3,67
10	2,03	10,23	4,5	3,1
15	1,94	8,75	4,05	2,67
20	1,95	8,47	4	2,61
30	1,97	8,04	3,74	2,63
60	1,76	7,68	3,52	2,6



Şekil 6.12. Nihai ürünün XRD analizi

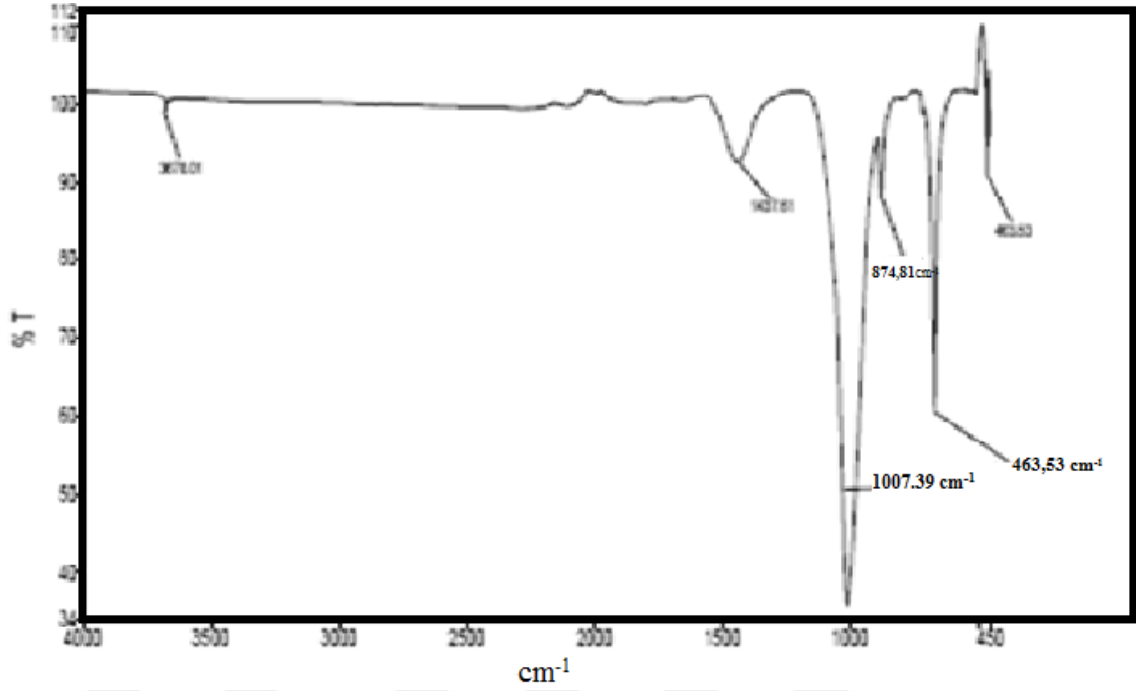
XRD sonucuna bakıldığında cevherin büyük bir kısmının talk mineralinden oluştuğunu kısmi olarak ise kalsit mineralinin yer aldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 6.13. Nihai ürünün TG-DTA analizi

Termal özellikleri yönünden talk; Mg-kloritler ile benzer özellikler gösterir ve 700 °C' ye kadar yapısal kararlılığını korumaktadır. 750-900 °C arasında yapıdaki 1 molekül su dışarı atılır ve yapısal değişiklik 950 °C civarında meydana gelir. 700 °C' ye kadar izlenen endotermik pikler ise adsorbe su çıkışı ile ilgilidir (Smykatz-Kloss, W., 1974).

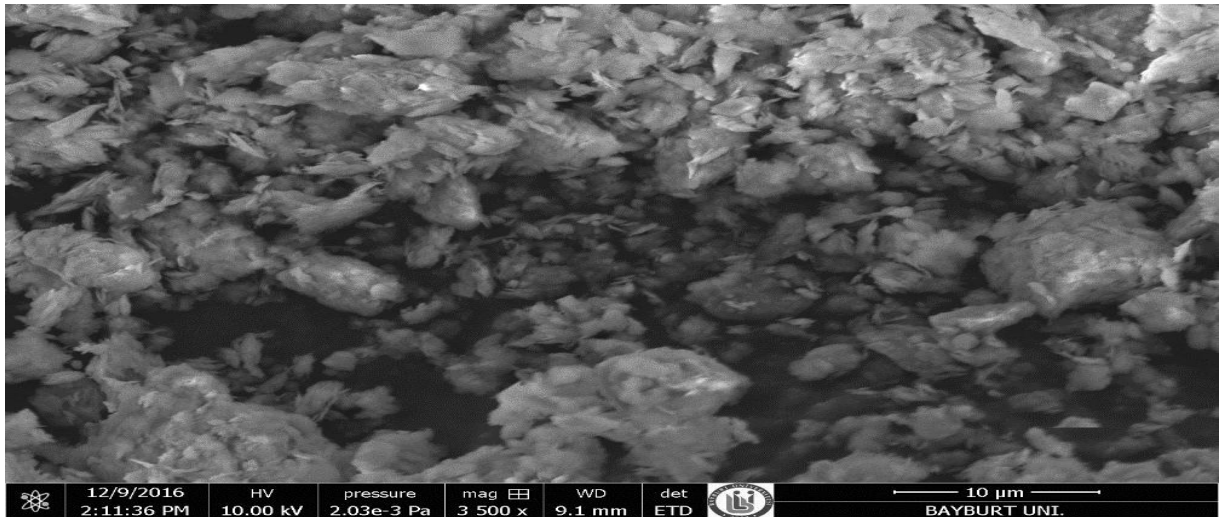
DTA eğrisi sonucuna göre ise malzemenin 800 °C egzotermik bir reaksiyona girdiği görülmektedir. TGA analizi öğütülmüş nihai ürünün yaklaşık 600 °C' de kütle kaybetmeye başladığı anlaşılmaktadır.



Şekil 6.14. Nihai ürünün FTIR analizi

Çoğu tabakalı silikatlarda olduğu gibi talk için de yapıdaki OH gerilme ve bükülme titreşimlerine ait absorpsiyon bantları sırasıyla 3400-3750 cm^{-1} ve 950-600 cm^{-1} bölgelerinde; Si-O bükülme ve gerilme titreşimlerini yansıtan absorpsiyon bantları ise 150-600 cm^{-1} ile 700-1200 cm^{-1} bölgelerinde bulunmaktadır (Farmer, 1958-1974).

FTIR analizi nihai ürünün 1007,39 cm^{-1} -874,81 cm^{-1} -669,17 cm^{-1} ve 463,53 cm^{-1} bandında seyrettiği anlaşılmaktadır.



Şekil 6.15 Nihai ürünün SEM görüntü analizi

SEM görüntü analizi neticesinde ürünün üniform yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır.

SONUÇLAR

Talk cevheri mikronize boyutlara öğütüldükten sonra endüstrinin birçok alanında kullanılmaktadır. Endüstriyel mineraller açısından çok zengin olan ülkemiz bu değerli cevherin, görünen rezervleri açısından zayıf bir durumdadır. Bu nedenle çoğunlukla ihraç yoluna gidilmektedir. Bu nedenle söz konusu cevherin ülkemizdeki oluşumlarının çok iyi değerlendirilmesine ve ülke ekonomisine sunulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda talk cevherinin mikronize boyutlara öğütülmesinde kullanılacak öğütme teknikleri ve optimizasyon büyük önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında Niğde bölgesinde faaliyet gösteren SİMPAŞ Micron's A.Ş.'ye ait talk numuneleri üzerinde konvansiyonel (yatay) bilyeli değirmen, dikey karıştırırmalı değirmen kombinasyonu ile talk cevherinin çok ince boyutlara öğütülmesine çalışılmıştır. Bu kapsamda bilyeli değirmende;

- Değirmen hızının etkisi
- Bilye doluluk oranının etkisi
- Bilye boyut dağılımının etkisi
- Talk doluluk oranı etkisi
- Öğütme yardımcısının etkisi
- Öğütme süresinin etkisi

olmak üzere toplam altı parametre optimize edilerek dik değirmen için besleme mali üretilmiştir.

Dik karıştırırmalı değirmende ise diğer parametreler sabit tutularak öğütme süresinin etkisi araştırılmıştır. Elde edilen nihai ürünün ortalama tane boyutu (d_{50}), eş boyutlu tane oranı (span) ve toplam yüzey alanı değerlerine bakılmıştır. Ayrıca söz konusu ürün üzerinde XRD, TG-DTA, FTIR ve SEM analizleri gerçekleştirilmiştir.

Konvansiyonel bilyeli değirmen optimizasyonunda; kritik hızın % 90'ı olan 45 devir/dk, 0,40 bilye doluluk oranı (T_b), %30'u 1 cm, %30'u 2 cm, %20'si 3 cm ve % 20'si 4 cm bilye boyut dağılımı oranı, 0,10 talk doluluk oranı, %0 (malzemenin yüzde oranı) öğütücü yardımcısı miktarı ve 30 dk öğütme süresi optimum şartlar olarak tespit edilmiştir.

Elde edilen ürünün boyut dağılımı $d_{10}=2,44$, $d_{50}=17,92$ ve $d_{90}=93,52$ mikron olarak bulunmuştur. Elde edilen bilyeli değirmen ürünün dik karıştırmalı değirmende tekrar öğütülmesi neticesinde ise d_{50} değeri $1,85 \mu\text{m}$, toplam yüzey alanı $14058 \text{ cm}^2/\text{g}$ ve SF değeri $1,76$ olan nihai mikronize talk ürününe ulaşılmıştır.

Ayrıca nihai ürün üzerinde yapılan XRD, TGA-DTA, FTIR ve SEM analizleri yapılmıştır. XRD sonucuna bakıldığında cevherin büyük bir kısmının talk mineralinden oluştuğunu kısmi olarak ise kalsit mineralinin yer aldığı anlaşılmaktadır. TGA analizi öğütülmüş nihai ürünün yaklaşık $600 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kütle kaybetmeye başladığı anlaşılmaktadır. DTA eğrisi sonucuna göre ise malzemenin $800 \text{ }^\circ\text{C}$ egzotermik bir reaksiyona girdiği görülmektedir. FTIR analizi nihai ürünün $1007,39 \text{ cm}^{-1}$ -- $874,81 \text{ cm}^{-1}$ -- $669,17 \text{ cm}^{-1}$ ve $463,53 \text{ cm}^{-1}$ bandında seyrettiği anlaşılmaktadır. SEM analizi neticesinde ise ürünün üniform yapıya yakın olduğu anlaşılmaktadır.

Kullanılan öğütücü yardımcısı öğütmeye fazla etki etmediğinden dolayı yeni bir öğütücü yardımcısı seçilebilir. Dik karıştırmalı değirmende uygulanan parametreler konvansiyonel bilyeli değirmenden farklı bir sonuç vermediğinden dolayı uygulanan parametreler değiştirilebilir.

Yapılan çalışmalar sonucunda bilyeli değirmen talk öğütmede dik karıştırmalı değirmenden daha iyi sonuçlar vermiştir.

Bu konuda daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

Akar, A., Cevher Hazırlama Tesis ve Dizayını, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayını*, İzmir, 1985.

Arslan F. ve Arslan C., Nadir Toprak Metalleri, Endüstriyel Mineraller El Kitabı, Editörler, Önal, G., Yüce, E., Özpeker I., Güney, A., *İstanbul Maden İhracatçıları Birliği*, 1999.

Alp, A., Yıldız, K., Taşkın, E., Cebeci, A. ve Aydın, S., Diasporitik boksitlerden alümina üretiminde mekanik aktivasyonun etkisinin araştırılması, *Sakarya Üniv. Müh. Fak. Metalurji ve Malzeme Müh. Bl., TÜBİTAK MAG Proje 106M121*, 2008.

Bayraktar, T. C., Cevher Hazırlamada Zenginleştirme Öncesi İşlemler, *İTÜ Gümüşsuyu Matbaası*, İstanbul, 1979.

Bernhardt, C., Reinsch, E. and Husemann, K., "The influence of suspension properties on ultra-fine grinding in stirred ball mills", *Powder Technology* 105, 357-361, 1999.

Çeneli kırıcı şeması, <http://www.nace.com.tr>, 24 Aralık 2016.

Dikey karıştırırmalı değirmen, <http://www.kamaser.com>, 25 Aralık 2016

Demirel, H., Cevher Hazırlama El Kitabı Öğütme, Editörler Güven ÖNAL, Gündüz ATEŞOK, Tahsin PEREK, *Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı Yayını*, 2012.

Dirik, K., Ders Notları; Bölüm 7 Metamorfizma ve metamorfik kayalar http://www.yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/FJ_Metamorfizma.pdf, 1999.

DPT (Devlet Planlama Teşkilatı), Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayi Hammaddeleri-I (Seramik Killeri–Kaolin–Feldspat–Profillit–Wollastonit–Talk) *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Çalışma Grubu Raporu*, Ankara, 2001.

Endüstriyel ölçekli bilyeli değirmen <http://www.ersel.com>, 23 Aralık 2016.

Endüstriyel ölçekli çeneli kırıcı, <http://www.hastasmakine.com>, 23 Aralık 2016.

Farmer, V.C., "The infrared spectra of talc, saponite and hectorite", *Mineral Magazine* 31 (829), 845, 1958.

Farmer, V.C., "The layer silicates. In Infrared Spectra of Minerals", *Mineralogical Society of Great Britain Monography* 4, 331-363, 1974.

Hacıfazlıoğlu, H., Ufalama Yöntemleri Kırma-Öğütme, *İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü*, <http://www.academia.edu>, 2010.

Harben, W., The Industrial Minerals Handy Book II, A Guide to markets, specifications and Prices, 2nd ed., *London Metal Bulletin PLC*, Londra, 2001.

Klimpel, R.R., Introduction to the principles of size reduction of particles by mechanical means, *E.R.C. for Particle Science Technology*, University Florida, USA, 1997.

Kwade, A., "Wet Comminution in Stirred Media Mills - Research and Its Practical Application", *Powder Technology* 105, 14-20, 1999

Li, F., Yang, S.C., Zhao, S., Li, P. and Zhang, W., "Microwave and acid-modified talc for the adsorption of Methylene Blue in aqueous solution", *J.Serb. Chem. Soc.* 80(4), 2015.

Liu, G., Feng, Q., Lu, Y. and Zhang, G., "Adsorption of Polysaccharide onto Talc", *Minerals Engineering* 19, 147-153, 2005.

Luciano, A., Castillo, S., Barbosa, E., Maiza, P. and Numa J.C., "Surface modifications of talcs. Effects of inorganic and organic acid treatments", *Journal of Materials Science*, 46, 2578-2586, 2010.

Marzbani, P., Hosein, R., Ghasemian, A. and Shakeri, A., "Talc, a multi-purpose filler. A review of talc's features and improvement methods of its efficiency", *Annals of Biological Research* 4(6), 159-162, 2013.

Mondo Minerals B.V., "Talc in Plastics", *Technical Bulletin* 1301, 8, Amsterdam, Hollanda, www.mondominerals.com, 25 Aralık 2016.

Nurkeeva, Z. S., Khutoryanskiy, V. V., Mun, G., A., Sherbakova, M. V., Ivaschenko, A. T. and Aitkhozhina, N. A., "Polycomplexes of polyacrylic acid with streptomycin sulfate and their antibacterial activity", *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* 57, 245-249, 2004.

Özkan, A., Düzyol, S., Uçbeyiyay, H. ve Ağaçayak, T., "Krom Cevherinin Kuru Ve Yaş Öğütme Kinetiği Ve Pülp Yoğunluğunun Etkisi", *Mühendislik Bilimleri Dergisi* 12, 73-78, 2006.

Sarquis, P. E. and Gonzalez, M., "Limits of the use of industrial talc-the carbonate effect", *Mineral Engineering* 11, 657-660, 1998.

Sariz, K. ve Nuhoglu, M., Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciligi, *Anadolu Üniversitesi*, Eskişehir, 1992.

Sassaman, KE., Early pottery in the South East, Tradition and innovation in cooking technology, *University Alabama Press*, ABD, 1993.

Shapiro, M. and Galperin, V., Chemical Engineering and Processing, Editörleri, A. Górak, A., Stankiewicz, A. and Coppens, M. O., *Elsevier* 44, 279-285, 2005.

Sheng, Y., Zhou, J., Tao, N., Yu, K., Tian, Y. and Wang, Z., "Influence of octadecyl dihydrogen phosphate on the formation of active super-fine calcium carbonate", *Journal of Colloid and Interface Science* 272, 326-329, 2004.

Smykatz-Kloss, W., Differential thermal analysis application and results in mineralogy, *Springer-Verlag*, Berlin, 1974.

Sepulveda, J.L., A Detailed Study on Stirred Ball Mill Grinding , PhD thesis, *Department of Metallurgy and Metallurgical Engineering, The University of Utah*, USA, 1981.

Tüzün, M.A., A Study of Comminution in a Vertical Stirred Ball Mill , PhD thesis, Chemical Engineering Department, *University of Natal*, Durban , s.25-28, 1993.

Yıldız, N., Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme, , *İTÜ Matbaası Ertem Basım Yayın*, Ankara, 2007.

Zheng, J., Haris, C.C. and Samasundaran, P., "The effect of additives of stirred media milling of limestone", *Powder Technology* 91, 173-179, 1997.

Wills, B.A., Mineral Processing Tecnology, Seventh Edition, *Pergamon Press*, London, 2007.



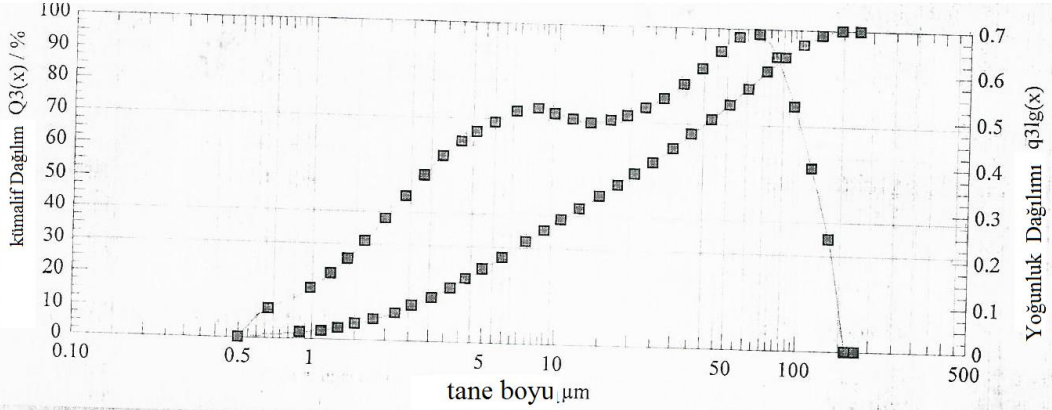
Ek -A DikDeğirmen Besleme Malı Tane Boyut Analizi

Tane Boyut Analizi

Talk

13.10.2015, 14:21:59,620

$x_{10} = 2,44 \mu\text{m}$ $x_{50} = 17,92 \mu\text{m}$ $x_{90} = 83,52 \mu\text{m}$ **SMD = 6,46 μm** **VMD = 31,83 μm**
 $x_{16} = 3,56 \mu\text{m}$ $x_{84} = 67,73 \mu\text{m}$ $x_{97} = 115,57 \mu\text{m}$ $S_v = 0,93 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ $S_m = 3284,52 \text{ cm}^2/\text{g}$
 2 μm altı %7,48



cumulative distribution

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	1,62	3,70	16,75	15,00	46,24	61,00	80,99
1,10	2,56	4,30	19,59	18,00	50,10	73,00	86,36
1,30	3,58	5,00	22,60	21,00	53,46	87,00	91,21
1,50	4,66	6,00	26,40	25,00	57,39	103,00	95,08
1,80	6,34	7,50	31,29	30,00	61,68	123,00	98,13
2,20	8,62	9,00	35,36	36,00	66,21	147,00	100,00
2,60	10,89	10,50	38,72	43,00	70,91	175,00	100,00
3,10	13,64	12,50	42,43	51,00	75,70		

density distribution (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g
0,67	0,06	3,39	0,40	13,69	0,48	55,78	0,68
0,99	0,11	3,99	0,44	16,43	0,49	66,73	0,69
1,20	0,14	4,64	0,46	19,44	0,50	79,69	0,64
1,40	0,17	5,48	0,48	22,91	0,52	94,66	0,53
1,64	0,21	6,71	0,50	27,39	0,54	112,56	0,40
1,99	0,26	8,22	0,51	32,86	0,57	134,47	0,24
2,39	0,31	9,72	0,50	39,34	0,61	160,39	0,00
2,84	0,36	11,46	0,49	46,83	0,65		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:
 reference measurement: 13.10 14:21:39
 contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms
 start: c.opt \geq 2,00%
 valid: always
 stop: 2,00s c.opt \leq 2,00% or 99,00s real time

product: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00
 disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.
 C_{opt}= 6,38 %

user parameters:

Parameter 1 Besleme Malı
 Parameter 2: 13.10.2015

Ek-B Dik Değirmen Öğütme Hızı 10d/dk Tane Boyut Analizi

Tane Boyut Analizi

06.10.2015, 14:08:21,8120

Talk

$x_{10} = 1,28 \mu\text{m}$

$x_{16} = 1,69 \mu\text{m}$

$x_{50} = 4,33 \mu\text{m}$

$x_{84} = 14,20 \mu\text{m}$

$x_{90} = 20,94 \mu\text{m}$

$x_{97} = 42,55 \mu\text{m}$

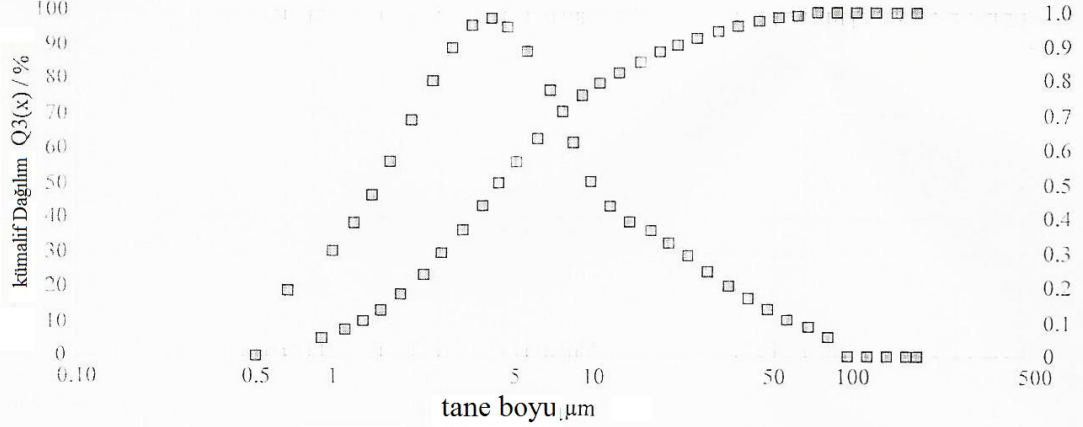
SMD = 2,96 μm

$S_V = 2,03 \text{ m}^2/\text{cm}^3$

VMD = 8,57 μm

$S_m = 7178,66 \text{ cm}^2$

2 μm altı %20,52



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	4,83	3,70	43,39	15,00	84,99	61,00	98,90
1,10	7,45	4,30	49,77	18,00	87,86	73,00	99,58
1,30	10,23	5,00	55,99	21,00	90,04	87,00	100,00
1,50	13,12	6,00	62,96	25,00	92,24	103,00	100,00
1,80	17,56	7,50	70,38	30,00	94,13	123,00	100,00
2,20	23,49	9,00	75,27	36,00	95,79	147,00	100,00
2,60	29,25	10,50	78,65	43,00	97,03	175,00	100,00
3,10	36,04	12,50	81,91	51,00	98,08		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	qslg	$x_m/\mu\text{m}$	qslg	$x_m/\mu\text{m}$	qslg	$x_m/\mu\text{m}$	qslg
0,67	0,19	3,39	0,96	13,69	0,39	55,78	0,11
0,99	0,30	3,99	0,98	16,43	0,36	66,73	0,09
1,20	0,38	4,64	0,95	19,44	0,33	79,69	0,07
1,40	0,47	5,48	0,88	22,91	0,29	94,66	0,00
1,64	0,56	6,71	0,76	27,39	0,24	112,56	0,00
1,99	0,68	8,22	0,62	32,86	0,20	134,47	0,00
2,39	0,79	9,72	0,50	39,34	0,17	160,39	0,00
2,84	0,89	11,46	0,43	46,83	0,13		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:

reference measurement: 06.10.14:07:53

contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms

start: c.opt >= 2,00%

valid: always

stop: 2,00s c.opt <= 2,00% or 99,00s real time

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00

disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.

C_{opt}: 8,99 %

user parameters:

Parameter 1: DENEME

Parameter 2: 06.10.2015 12,30

Parameter 3: 1 NOLU 10 DK

Parameter 4:

Ek-C Dik Değirmen Öğütme Hızı 20 d/dk Tane Boyut Analizi

Talk

Tane Boyut Analizi

06.10.2015, 14:09:51,2180

$x_{10} = 1,18 \mu\text{m}$
 $x_{16} = 1,53 \mu\text{m}$

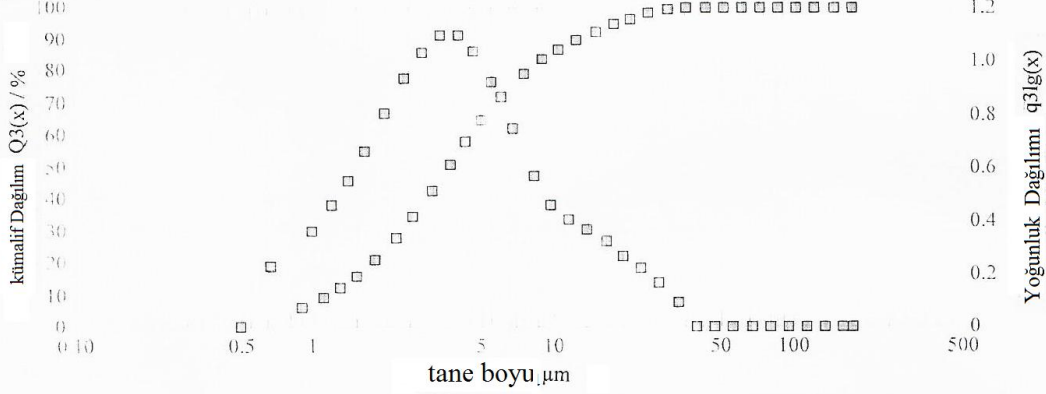
$x_{50} = 3,66 \mu\text{m}$
 $x_{84} = 9,35 \mu\text{m}$

$x_{90} = 13,12 \mu\text{m}$
 $x_{97} = 22,52 \mu\text{m}$

SMD = 2,61 μm
 $S_V = 2,30 \text{ m}^2/\text{cm}^3$

VMD = 5,64 μm
 $S_m = 8125,21 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %24.10



Kümülatif Dağılım							
$x_3/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	5,67	3,70	50,51	15,00	92,14	61,00	100,00
1,10	8,75	4,30	57,63	18,00	94,64	73,00	100,00
1,30	12,02	5,00	64,37	21,00	96,33	87,00	100,00
1,50	15,43	6,00	71,61	25,00	98,02	103,00	100,00
1,80	20,63	7,50	78,82	30,00	99,31	123,00	100,00
2,20	27,57	9,00	83,29	36,00	100,00	147,00	100,00
2,60	34,29	10,50	86,31	43,00	100,00	175,00	100,00
3,10	42,13	12,50	89,30	51,00	100,00		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g
0,67	0,12	3,39	1,09	13,69	0,36	55,78	0,00
0,99	0,35	3,99	1,09	16,43	0,31	66,73	0,00
1,20	0,45	4,64	1,03	19,44	0,26	79,69	0,00
1,40	0,55	5,48	0,91	22,91	0,22	94,66	0,00
1,64	0,66	6,71	0,74	27,39	0,16	112,56	0,00
1,99	0,80	8,22	0,56	32,86	0,09	134,47	0,00
2,39	0,92	9,72	0,45	39,34	0,00	160,39	0,00
2,84	1,03	11,46	0,39	46,83	0,00		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:

reference measurement: 06.10.14:09:23

contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms

start: c.opt >= 2,00%

vahd: always

stop: 2.00s c.opt <= 2,00% or 99.00s real time

Ürün: Talk

density: 2.83 g/cm³, shape factor: 1.00

disp. me'h.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.

C_{opt}: 4.91 %

user parameters:

Parameter 1: DI-NEME

Parameter 2: 06.10.2015 12.30

Parameter 3: 2 NOLU 20d/dk

Parameter 4:

Ek-D Dik Değirmen Öğütme Hızı 30 d/dk Tane Boyut Analizi

Tane Boyut Analizi

Talk

$x_{10} = 1,15 \mu\text{m}$

$x_g = 1,49 \mu\text{m}$

$2 \mu\text{m}$ altı %25,47

$x_{50} = 3,53 \mu\text{m}$

$x_{84} = 9,61 \mu\text{m}$

$x_{90} = 13,71 \mu\text{m}$

$x_{97} = 26,09 \mu\text{m}$

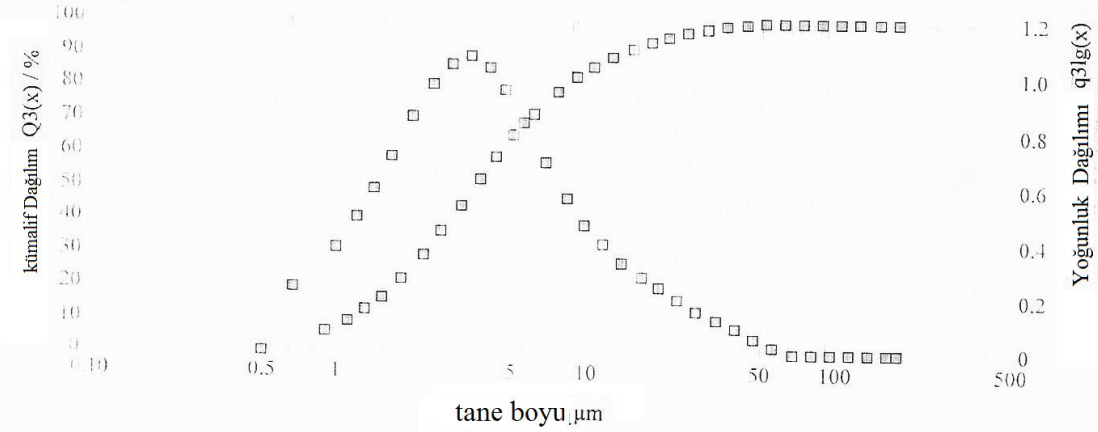
SMD = 2,56 μm

$S_V = 2,35 \text{ m}^2/\text{cm}^3$

VMD = 6,01 μm

$S_m = 8297,57 \text{ cm}^2/\text{g}$

06.10.2015, 14:10:59,5780



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	5,82	3,70	52,27	15,00	91,33	61,00	100,00
1,10	9,08	4,30	58,97	18,00	93,52	73,00	100,00
1,30	12,58	5,00	65,14	21,00	95,11	87,00	100,00
1,50	16,22	6,00	71,69	25,00	96,59	103,00	100,00
1,80	21,79	7,50	78,36	30,00	97,80	123,00	100,00
2,20	29,15	9,00	82,75	36,00	98,75	147,00	100,00
2,60	36,13	10,50	85,83	43,00	99,41	175,00	100,00
3,10	44,07	12,50	88,76	51,00	99,81		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g
0,67	0,22	3,39	1,07	13,69	0,32	55,78	0,02
0,99	0,37	3,99	1,03	16,43	0,28	66,73	0,00
1,20	0,43	4,64	0,94	19,44	0,24	79,69	0,00
1,40	0,59	5,48	0,83	22,91	0,20	94,66	0,00
1,64	0,70	6,71	0,69	27,39	0,15	112,56	0,00
1,99	0,84	8,22	0,55	32,86	0,12	134,47	0,00
2,39	0,96	9,72	0,46	39,34	0,09	160,39	0,00
2,84	1,04	11,46	0,39	46,83	0,05		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:

reference measurement: 06.10.14:10:39

contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms

start: c.opt >= 2,00%

valid: always

stop: 2,00s c.opt <= 2,00% or 99,00s real time

Ürün: Talk

density: 2,85 g/cm³, shape factor: 1,00

disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.

$C_{opt} = 9,58 \%$

user parameters:

Parameter 1: DLNEMIE

Parameter 2: 06.10.2015 12,30

Parameter 3: 3 NOLU 30d/dk

Parameter 4:

Ek-E Dik Değirmen Öğütme Hızı 40 d/dk Tane Boyut Analizi

Talk

Tane Boyut Analizi

06.10.2015, 14:12:47,5310

$x_{10} = 1,10 \mu\text{m}$
 $x_{16} = 1,42 \mu\text{m}$

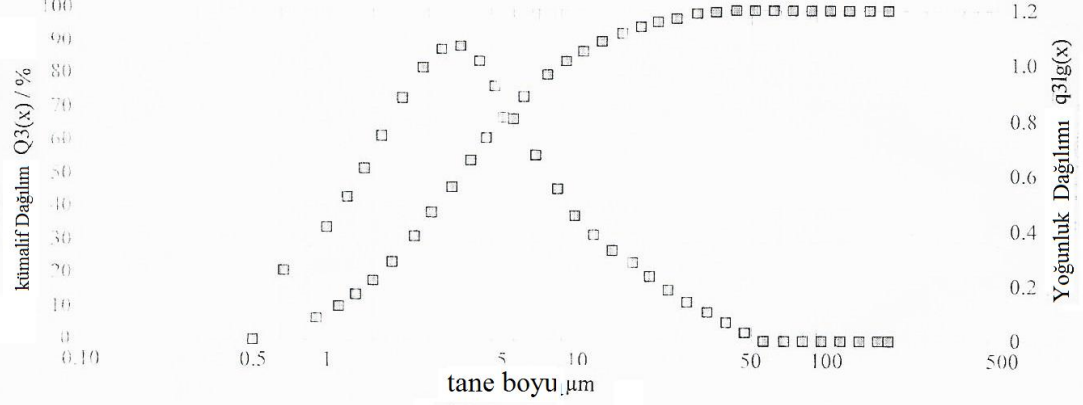
$x_{50} = 3,39 \mu\text{m}$
 $x_{84} = 9,07 \mu\text{m}$

$x_{90} = 12,74 \mu\text{m}$
 $x_{97} = 23,79 \mu\text{m}$

SMD = 2,46 μm
 $S_V = 2,44 \text{ m}^2/\text{cm}^3$

VMD = 5,59 μm
 $S_m = 8638,85 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %27,14



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	6,42	3,70	54,24	15,00	92,34	61,00	100,00
1,10	9,93	4,30	60,79	18,00	94,51	73,00	100,00
1,30	13,66	5,00	66,78	21,00	96,05	87,00	100,00
1,50	17,51	6,00	73,10	25,00	97,41	103,00	100,00
1,80	23,34	7,50	79,57	30,00	98,49	123,00	100,00
2,20	30,95	9,00	83,86	36,00	99,28	147,00	100,00
2,60	38,09	10,50	86,87	43,00	99,78	175,00	100,00
3,10	46,10	12,50	89,75	51,00	100,00		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g
0,67	0,25	3,39	1,06	13,69	0,32	55,78	0,00
0,99	0,40	3,99	1,00	16,43	0,28	66,73	0,00
1,20	0,51	4,64	0,91	19,44	0,23	79,69	0,00
1,40	0,62	5,48	0,80	22,91	0,18	94,66	0,00
1,64	0,73	6,71	0,67	27,39	0,14	112,56	0,00
1,99	0,87	8,22	0,54	32,86	0,10	134,47	0,00
2,39	0,98	9,72	0,45	39,34	0,06	160,39	0,00
2,84	1,05	11,46	0,38	46,83	0,03		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0. HALD

revalidation:

reference measurement: 06.10.14.12:27

contamination: 0,00 %

tripper condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms

start: c.opt >= 2,00%

valid: always

stop: 2,00s c.opt <= 2,00% or 99,00s real time

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00

disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.

$C_{opt} = 8,71 \%$

user parameters:

Parameter 1: DENEME

Parameter 2: 06.10.2015 12,30

Parameter 3: 3 NOLU 40d/dk

Parameter 4:

Ek-F Dik Değirmen Bilya Şarjı 2,5 cm -- 1,7 kg Tane Boyut Analizi

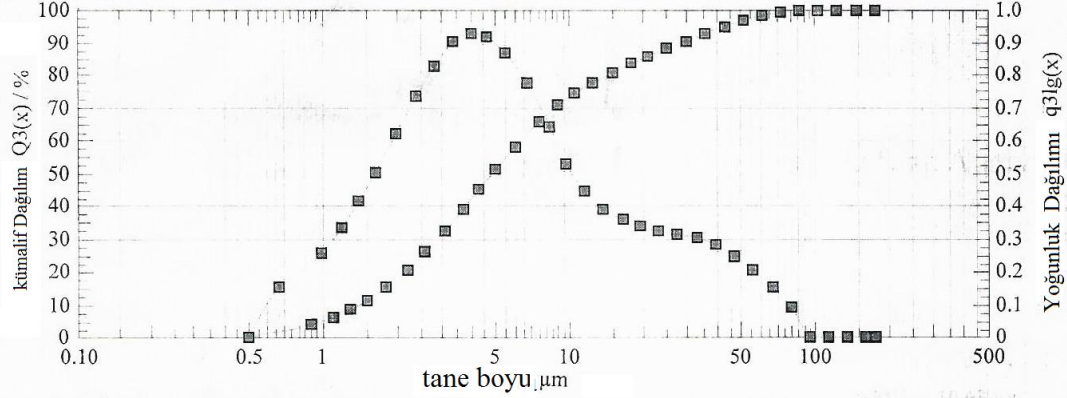
Tane Boyut Analizi

Talk

12.10.2015, 14:34:01,9680

$x_{10} = 1,42 \mu\text{m}$ $x_{50} = 4,89 \mu\text{m}$ $x_{90} = 29,51 \mu\text{m}$ **SMD** = 3,29 μm **VMD** = 10,63 μm
 $x_{16} = 1,88 \mu\text{m}$ $x_{84} = 19,19 \mu\text{m}$ $x_{97} = 53,69 \mu\text{m}$ $S_V = 1,83 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ $S_m = 6456,93 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %17,68



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	3,84	3,70	38,89	15,00	80,31	61,00	98,14
1,10	6,05	4,30	44,94	16,00	83,11	73,00	99,33
1,30	8,46	5,00	50,93	21,00	85,35	87,00	100,00
1,50	11,01	6,00	57,78	25,00	87,77	103,00	100,00
1,80	14,99	7,50	65,26	30,00	90,24	123,00	100,00
2,20	20,38	9,00	70,33	36,00	92,61	147,00	100,00
2,60	25,67	10,50	73,86	43,00	94,76	175,00	100,00
3,10	31,98	12,50	77,23	51,00	96,58		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g
0,67	0,15	3,39	0,90	13,69	0,39	55,78	0,20
0,99	0,25	3,99	0,93	16,43	0,35	66,73	0,15
1,20	0,33	4,64	0,91	19,44	0,33	79,69	0,09
1,40	0,41	5,48	0,86	22,91	0,32	94,66	0,00
1,64	0,50	6,71	0,77	27,39	0,31	112,56	0,00
1,99	0,62	8,22	0,64	32,86	0,30	134,47	0,00
2,39	0,73	9,72	0,53	39,34	0,28	160,39	0,00
2,84	0,82	11,46	0,44	46,83	0,24		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0. HRLD

revalidation:

reference measurement: 12.10.14:33:43

contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms

start: c.opt \geq 2,00%

valid: always

stop: 2,00s c.opt \leq 2,00% or 99,00s real time

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00

disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.

C_{opt}= 9,12 %

user parameters:

Parameter 1: 2,5 CM

Parameter 2: 12.10.2015

Parameter 3:

Parameter 4:

Ek-G Dik Değirmen Bilya Şarjı 5 cm -- 3,25 kg Tane Boyut Analizi

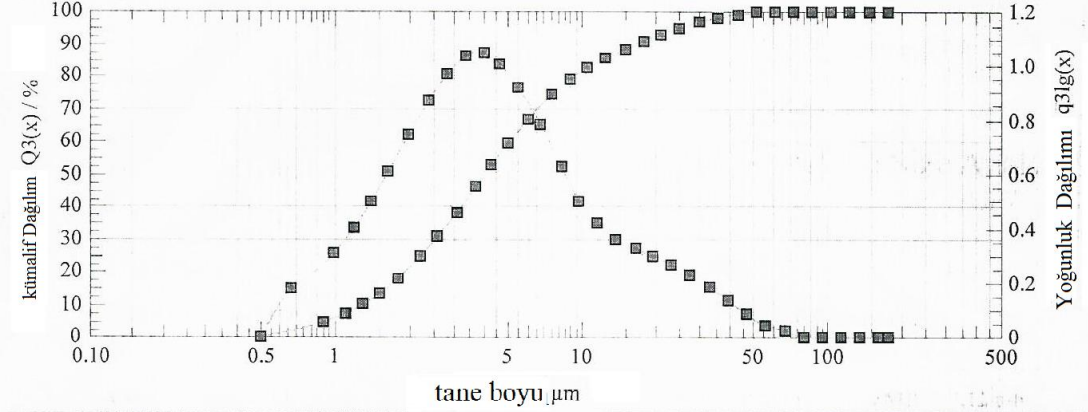
Tane Boyut Analizi

Talk

12.10.2015, 14:32:46,9680

$x_{10} = 1,30 \mu\text{m}$ $x_{50} = 4,07 \mu\text{m}$ $x_{90} = 17,12 \mu\text{m}$ **SMD** = 2,88 μm **VMD** = 7,12 μm
 $x_{16} = 1,69 \mu\text{m}$ $x_{84} = 11,61 \mu\text{m}$ $x_{97} = 32,18 \mu\text{m}$ $S_v = 2,08 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ $S_m = 7358,28 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %21,04



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	4,42	3,70	45,85	15,00	88,20	61,00	99,85
1,10	7,05	4,30	52,65	18,00	90,74	73,00	100,00
1,30	9,94	5,00	59,20	21,00	92,70	87,00	100,00
1,50	13,02	6,00	66,44	25,00	94,69	103,00	100,00
1,80	17,81	7,50	74,00	30,00	96,48	123,00	100,00
2,20	24,27	9,00	78,93	36,00	97,91	147,00	100,00
2,60	30,56	10,50	82,26	43,00	98,92	175,00	100,00
3,10	37,92	12,50	85,39	51,00	99,52		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g
0,67	0,17	3,39	1,03	13,69	0,35	55,78	0,04
0,99	0,30	3,99	1,04	16,43	0,32	66,73	0,02
1,20	0,40	4,64	1,00	19,44	0,29	79,69	0,00
1,40	0,49	5,48	0,91	22,91	0,26	94,66	0,00
1,64	0,60	6,71	0,78	27,39	0,23	112,56	0,00
1,99	0,74	8,22	0,62	32,86	0,18	134,47	0,00
2,39	0,86	9,72	0,50	39,34	0,13	160,39	0,00
2,84	0,96	11,46	0,41	46,83	0,08		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:
reference measurement: 12.10 14:32:27
contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms
start: c.opt \geq 2,00%
valid: always
stop: 2,00s c.opt \leq 2,00% or 99,00s real time

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm^3 , shape factor: 1,00
disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.
 $C_{opt} = 12,38 \%$

user parameters:

Parameter 1: 5 CM
Parameter 2: 12.10.2015
Parameter 3:
Parameter 4:

Ek-H Dik Değirmen Bilya Şarjı 7,5 cm -- 4,45 kg Tane Boyut Analizi

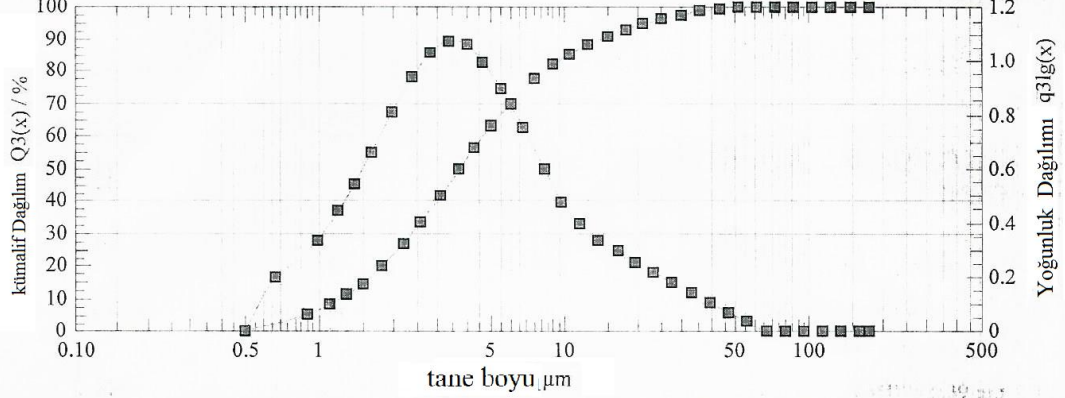
Tane Boyut Analizi

Talk

12.10.2015, 14:30:41,9210

$x_{10} = 1,24 \mu\text{m}$ $x_{50} = 3,76 \mu\text{m}$ $x_{90} = 14,61 \mu\text{m}$ $SMD = 2,72 \mu\text{m}$ $VMD = 6,39 \mu\text{m}$
 $x_{16} = 1,60 \mu\text{m}$ $x_{84} = 10,10 \mu\text{m}$ $x_{97} = 28,68 \mu\text{m}$ $S_v = 2,21 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ $S_m = 7810,51 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %23,05



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	4,92	3,70	49,32	15,00	90,41	61,00	100,00
1,10	7,81	4,30	56,20	19,00	92,71	73,00	100,00
1,30	10,98	5,00	62,68	21,00	94,38	87,00	100,00
1,50	14,34	6,00	69,71	25,00	95,98	103,00	100,00
1,80	19,55	7,50	76,97	30,00	97,37	123,00	100,00
2,20	26,54	9,00	81,68	36,00	98,48	147,00	100,00
2,60	33,29	10,50	84,84	43,00	99,27	175,00	100,00
3,10	41,09	12,50	87,79	51,00	99,76		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g
0,67	0,19	3,39	1,07	13,69	0,33	55,78	0,03
0,99	0,33	3,99	1,05	16,43	0,29	66,73	0,00
1,20	0,44	4,64	0,99	19,44	0,25	79,69	0,00
1,40	0,54	5,48	0,89	22,91	0,21	94,66	0,00
1,64	0,66	6,71	0,75	27,39	0,18	112,56	0,00
1,99	0,80	8,22	0,59	32,86	0,14	134,47	0,00
2,39	0,93	9,72	0,47	39,34	0,10	160,39	0,00
2,84	1,02	11,46	0,39	46,83	0,07		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:

reference measurement: 12.10.14:30:23

contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms

start: c.opt >= 2,00%

valid: always

stop: 2,00s c.opt <= 2,00% or 99,00s real time

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00

disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.

C_{opt} = 7,32 %

user parameters:

Parameter 1: 7,5 CM

Parameter 2: 12.10.2015

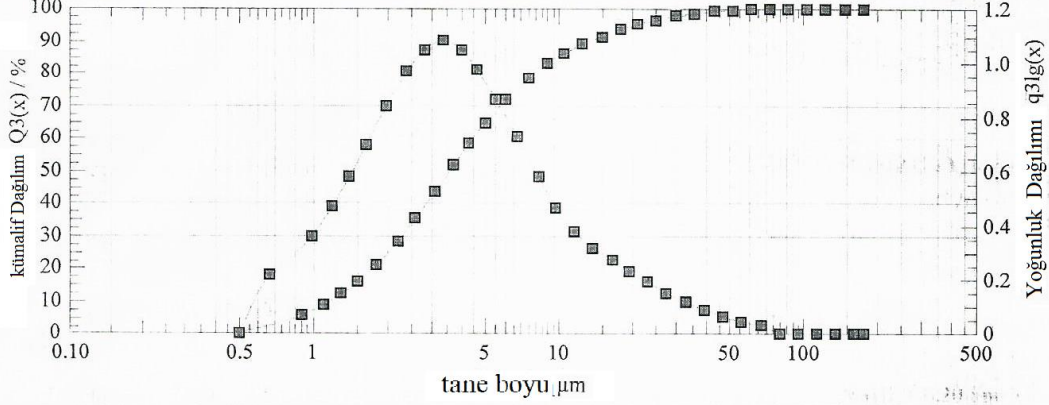
Parameter 3:

Parameter 4:

Ek-I Dik Değirmen Bilya Şarjı 10 cm -- 5,15 kg Tane Boyut Analizi
Talk
Tane Boyut Analizi
12.10.2015, 14:31:41,6710

$x_{10} = 1,19 \mu\text{m}$ $x_{50} = 3,60 \mu\text{m}$ $x_{90} = 13,73 \mu\text{m}$ $SMD = 2,61 \mu\text{m}$ $VMD = 6,20 \mu\text{m}$
 $x_{16} = 1,53 \mu\text{m}$ $x_{34} = 9,54 \mu\text{m}$ $x_{97} = 27,98 \mu\text{m}$ $S_v = 2,30 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ $S_m = 8117,55 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %24,55



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	5,38	3,70	51,41	15,00	91,25	61,00	99,78
1,10	8,49	4,30	58,22	19,00	93,37	73,00	100,00
1,30	11,87	5,00	64,57	21,00	94,89	87,00	100,00
1,50	15,43	6,00	71,38	25,00	96,31	103,00	100,00
1,80	20,91	7,50	78,37	30,00	97,47	123,00	100,00
2,20	28,19	9,00	82,90	36,00	98,36	147,00	100,00
2,60	35,16	10,50	85,96	43,00	99,01	175,00	100,00
3,10	43,13	12,50	88,79	51,00	99,45		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g
0,67	0,21	3,39	1,08	13,69	0,31	55,78	0,04
0,99	0,36	3,99	1,04	16,43	0,27	66,73	0,03
1,20	0,47	4,64	0,97	19,44	0,23	79,69	0,00
1,40	0,57	5,48	0,86	22,91	0,19	94,66	0,00
1,64	0,69	6,71	0,72	27,39	0,15	112,56	0,00
1,99	0,83	8,22	0,57	32,86	0,11	134,47	0,00
2,39	0,96	9,72	0,46	39,34	0,08	160,39	0,00
2,84	1,04	11,46	0,37	46,83	0,06		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:
reference measurement: 12.10 14:31:22
contamination: 0,00 %

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00
disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.
 $C_{opt} = 8,86 \%$

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms
start: c.opt >= 2,00%
valid: always
stop: 2,00s c.opt <= 2,00% or 99,00s real time

user parameters:

Parameter 1: 10 CM
Parameter 2: 12.10.2015
Parameter 3:
Parameter 4:

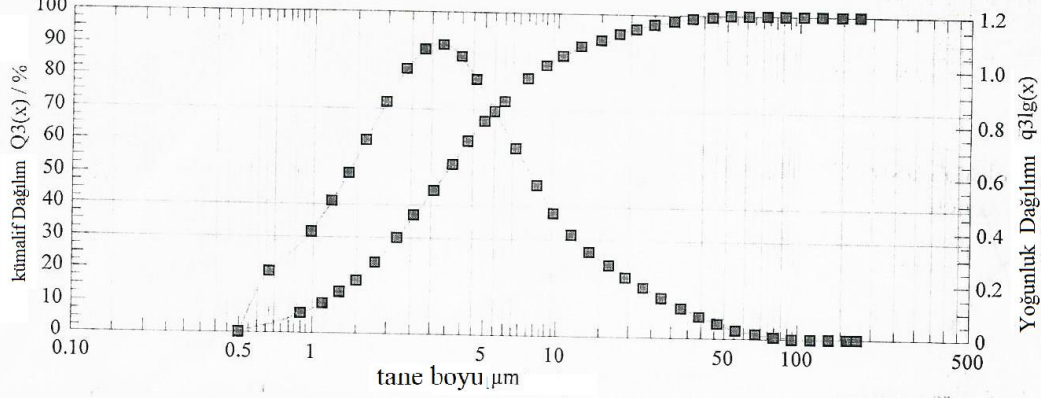
Ek-İ Dik Değirmen Bilya Şarjı 12 cm -- 6,4 kg Tane Boyut Analizi

Talk

Tane Boyut Analizi
12.10.2015, 14:29:23,7500

$x_{10} = 1,16 \mu\text{m}$ $x_{50} = 3,50 \mu\text{m}$ $x_{90} = 13,26 \mu\text{m}$ $SMD = 2,55 \mu\text{m}$ $VMD = 5,97 \mu\text{m}$
 $x_{16} = 1,49 \mu\text{m}$ $x_{84} = 9,30 \mu\text{m}$ $x_{97} = 26,60 \mu\text{m}$ $S_v = 2,35 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ $S_m = 8326,24 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %25,62



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	5,71	3,70	52,80	15,00	91,70	61,00	99,87
1,10	8,98	4,30	59,52	18,00	93,77	73,00	99,98
1,30	12,51	5,00	65,69	21,00	95,25	87,00	100,00
1,50	16,21	6,00	72,26	25,00	96,64	103,00	100,00
1,80	21,88	7,50	78,97	30,00	97,78	123,00	100,00
2,20	29,37	9,00	83,39	36,00	98,64	147,00	100,00
2,60	36,48	10,50	86,42	43,00	99,26	175,00	100,00
3,10	44,53	12,50	89,25	51,00	99,64		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_{3lg}	$x_m/\mu\text{m}$	q_{3lg}	$x_m/\mu\text{m}$	q_{3lg}	$x_m/\mu\text{m}$	q_{3lg}
0,67	0,22	3,39	1,07	13,69	0,31	55,78	0,03
0,99	0,37	3,99	1,03	16,43	0,26	66,73	0,01
1,20	0,49	4,64	0,94	19,44	0,22	79,69	0,00
1,40	0,60	5,48	0,83	22,91	0,18	94,66	0,00
1,64	0,71	6,71	0,69	27,39	0,14	112,56	0,00
1,99	0,86	8,22	0,56	32,86	0,11	134,47	0,00
2,39	0,98	9,72	0,45	39,34	0,08	160,39	0,00
2,84	1,05	11,46	0,37	46,83	0,05		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:

reference measurement: 12.10 14:29:04

contamination: 0,00 %

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00

disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.

$C_{opt} = 8,51 \%$

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms

start: c.opt \geq 2,00%

valid: always

stop: 2,00s c.opt \leq 2,00% or 99,00s real time

user parameters:

Parameter 1: 12 CM

Parameter 2: 12.10.2015

Parameter 3:

Parameter 4:

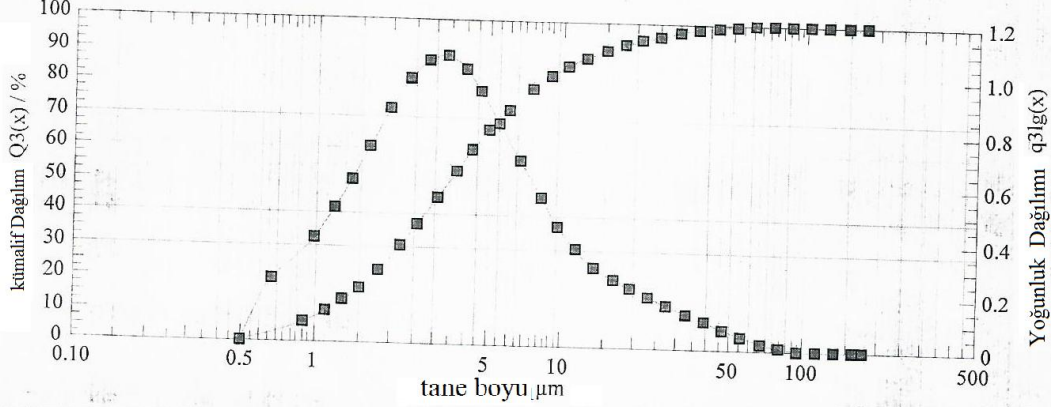
Ek-J Dik Değirmen Talk Şarjı 243 gr Tane Boyut Analizi

Tane Boyut Analizi
13.10.2015, 14:15:19,5000

Talk

$x_{10} = 1,14 \mu\text{m}$ $x_{50} = 3,48 \mu\text{m}$ $x_{90} = 13,94 \mu\text{m}$ $SMD = 2,53 \mu\text{m}$ $VMD = 6,25 \mu\text{m}$
 $x_{16} = 1,47 \mu\text{m}$ $x_{84} = 9,50 \mu\text{m}$ $x_{97} = 29,75 \mu\text{m}$ $S_v = 2,37 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ $S_m = 8381,89 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %26,06



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	5,89	3,70	52,97	15,00	90,98	61,00	99,76
1,10	9,25	4,30	59,58	18,00	92,93	73,00	99,95
1,30	12,85	5,00	65,67	21,00	94,39	87,00	100,00
1,50	16,59	6,00	72,13	25,00	95,82	103,00	100,00
1,80	22,30	7,50	78,70	30,00	97,06	123,00	100,00
2,20	29,82	9,00	83,01	36,00	98,07	147,00	100,00
2,60	36,88	10,50	85,96	43,00	98,85	175,00	100,00
3,10	44,83	12,50	88,67	51,00	99,39		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_{3lg}	$x_m/\mu\text{m}$	q_{3lg}	$x_m/\mu\text{m}$	q_{3lg}	$x_m/\mu\text{m}$	q_{3lg}
0,67	0,23	3,39	1,06	13,69	0,29	55,78	0,05
0,99	0,39	3,99	1,01	16,43	0,25	66,73	0,02
1,20	0,50	4,64	0,93	19,44	0,22	79,69	0,01
1,40	0,60	5,48	0,81	22,91	0,19	94,66	0,00
1,64	0,72	6,71	0,68	27,39	0,16	112,56	0,00
1,99	0,86	8,22	0,54	32,86	0,13	134,47	0,00
2,39	0,97	9,72	0,44	39,34	0,10	160,39	0,00
2,84	1,04	11,46	0,36	46,83	0,07		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:

reference measurement: 13.10.14:14:56

contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms

start: c.opt >= 2,00%

valid: always

stop: 2,00s c.opt <= 2,00% or 99,00s real time

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00

disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.

C_{opt} = 10,98 %

user parameters:

Parameter 1: NUMUNE 1

Parameter 2: 13.10.2015

Parameter 3:

Parameter 4:

Ek-K Dik Değirmen Talk Şarjı 364 gr Tane Boyut Analizi

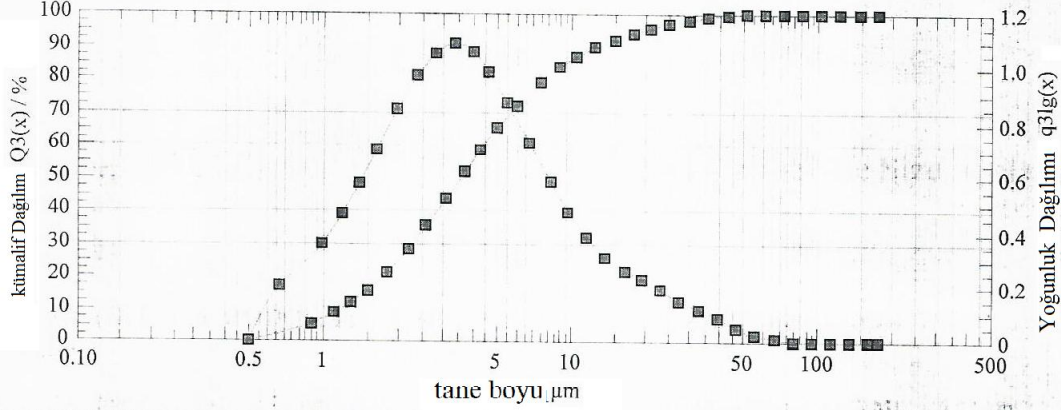
Talk

Tane Boyut Analizi

13.10.2015, 14:16:14,9060

$x_{10} = 1,21 \mu\text{m}$	$x_{50} = 3,60 \mu\text{m}$	$x_{90} = 13,22 \mu\text{m}$	$SMD = 2,63 \mu\text{m}$	$VMD = 6,00 \mu\text{m}$
$x_{16} = 1,54 \mu\text{m}$	$x_{84} = 9,35 \mu\text{m}$	$x_{97} = 26,35 \mu\text{m}$	$S_V = 2,28 \text{ m}^2/\text{cm}^3$	$S_m = 8077,34 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %24,37



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	5,12	3,70	51,42	15,00	91,73	61,00	99,92
1,10	8,22	4,30	58,32	18,00	93,78	73,00	100,00
1,30	11,60	5,00	64,75	21,00	95,27	87,00	100,00
1,50	15,17	6,00	71,62	25,00	96,69	103,00	100,00
1,80	20,69	7,50	78,65	30,00	97,85	123,00	100,00
2,20	28,05	9,00	83,26	36,00	98,77	147,00	100,00
2,60	35,07	10,50	86,41	43,00	99,41	175,00	100,00
3,10	43,08	12,50	89,30	51,00	99,76		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g
0,67	0,20	3,39	1,08	13,69	0,31	55,78	0,02
0,99	0,35	3,99	1,06	16,43	0,26	66,73	0,01
1,20	0,47	4,64	0,98	19,44	0,22	79,69	0,00
1,40	0,57	5,48	0,87	22,91	0,19	94,66	0,00
1,64	0,70	6,71	0,72	27,39	0,15	112,56	0,00
1,99	0,84	8,22	0,58	32,86	0,12	134,47	0,00
2,39	0,97	9,72	0,47	39,34	0,08	160,39	0,00
2,84	1,05	11,46	0,38	46,83	0,05		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:

reference measurement: 13.10.14:15:55

contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms

start: c.opt >= 2,00%

valid: always

stop: 2,00s c.opt <= 2,00% or 99,00s real time

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00

disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.

C_{opt}=12,68 %

user parameters:

Parameter 1: NUMUNE

Parameter 2: 13.10.2015

Parameter 3:

Parameter 4:

Ek-L Dik Değirmen Talk Şarjı 607 gr Tane Boyut Analizi

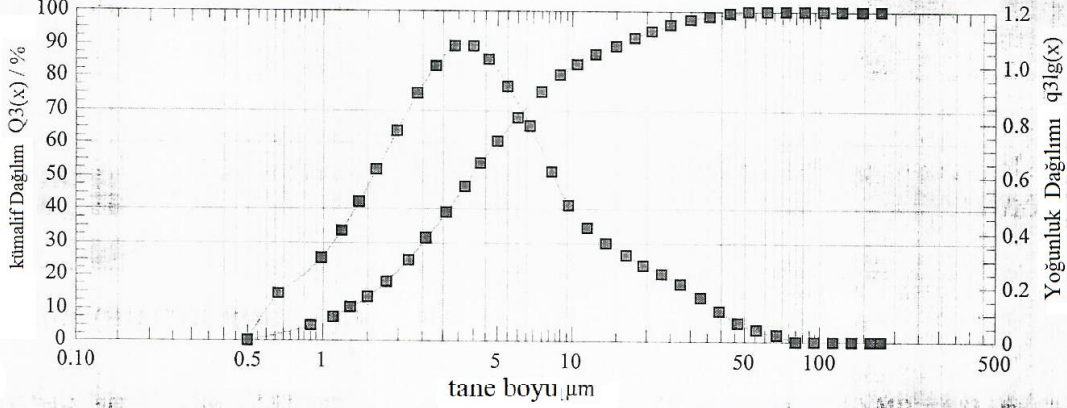
Talk

Tane Boyut Analizi

13.10.2015, 14:18:56

$x_{10} = 1,32 \mu\text{m}$	$x_{50} = 3,99 \mu\text{m}$	$x_{90} = 15,94 \mu\text{m}$	$SMD = 2,87 \mu\text{m}$	$VMD = 6,83 \mu\text{m}$
$x_{16} = 1,69 \mu\text{m}$	$x_{84} = 10,94 \mu\text{m}$	$x_{97} = 29,94 \mu\text{m}$	$S_v = 2,09 \text{ m}^2/\text{cm}^3$	$S_m = 7393,63 \text{ cm}^3/\text{g}$

2 μm altı %21,07



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	4,24	3,70	46,65	15,00	89,23	61,00	99,85
1,10	6,85	4,30	53,64	18,00	91,70	73,00	100,00
1,30	9,75	5,00	60,32	21,00	93,55	87,00	100,00
1,50	12,87	6,00	67,63	25,00	95,40	103,00	100,00
1,80	17,75	7,50	75,16	30,00	97,02	123,00	100,00
2,20	24,38	9,00	80,02	36,00	98,25	147,00	100,00
2,60	30,86	10,50	83,31	43,00	99,07	175,00	100,00
3,10	38,47	12,50	86,43	51,00	99,56		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g
0,67	0,16	3,39	1,06	13,69	0,35	55,78	0,04
0,99	0,30	3,99	1,07	16,43	0,31	66,73	0,02
1,20	0,40	4,64	1,02	19,44	0,28	79,69	0,00
1,40	0,50	5,48	0,92	22,91	0,24	94,66	0,00
1,64	0,62	6,71	0,78	27,39	0,20	112,56	0,00
1,99	0,76	8,22	0,61	32,86	0,16	134,47	0,00
2,39	0,89	9,72	0,49	39,34	0,11	160,39	0,00
2,84	0,99	11,46	0,41	46,83	0,07		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:

reference measurement: 13.10.14:18:26

contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms

start: c.opt >= 2,00%

valid: always

stop: 2,00s c.opt <= 2,00% or 99,00s real time

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00

disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.

C_{opt} = 11,14 %

user parameters:

Parameter 1: NUMUNE 3

Parameter 2: 13.10.2015

Parameter 3:

Parameter 4:

Ek-M Dik Değirmen Talk Şarjı 730 gr Tane Boyut Analizi

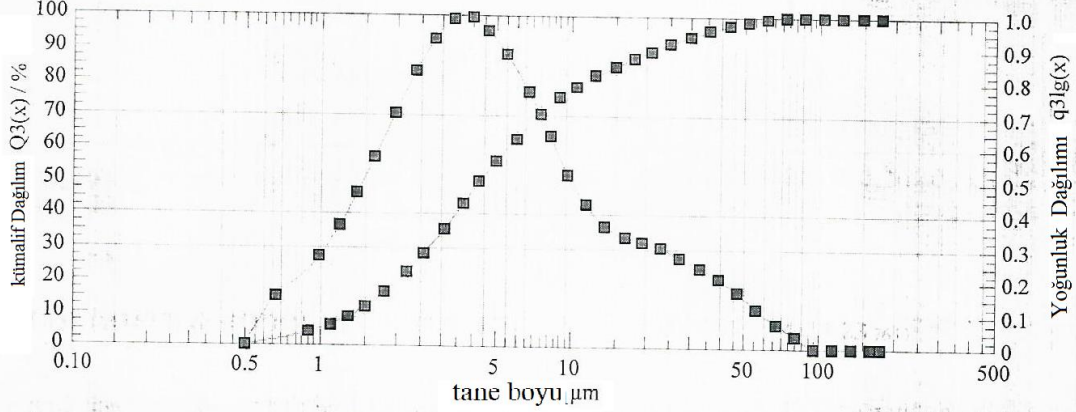
Tane Boyut Analizi

13.10.2015, 14:20:23,7650

Talk

$x_{10} = 1,39 \mu\text{m}$	$x_{50} = 4,38 \mu\text{m}$	$x_{90} = 22,50 \mu\text{m}$	SMD = 3,11 μm	VMD = 8,74 μm
$x_{16} = 1,80 \mu\text{m}$	$x_{84} = 14,63 \mu\text{m}$	$x_{97} = 42,77 \mu\text{m}$	$S_v = 1,93 \text{ m}^2/\text{cm}^3$	$S_m = 6833,81 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %19,05



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	3,71	3,70	42,76	15,00	84,43	61,00	99,18
1,10	6,04	4,30	49,24	18,00	87,04	73,00	99,74
1,30	8,66	5,00	55,49	21,00	89,15	87,00	100,00
1,50	11,51	6,00	62,45	25,00	91,41	103,00	100,00
1,80	15,99	7,50	69,88	30,00	93,55	123,00	100,00
2,20	22,10	9,00	74,87	36,00	95,45	147,00	100,00
2,60	28,10	10,50	78,32	43,00	97,05	175,00	100,00
3,10	35,16	12,50	81,56	51,00	98,28		0

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g
0,67	0,14	3,39	0,99	13,69	0,36	55,78	0,12
0,99	0,27	3,99	0,99	16,43	0,33	66,73	0,07
1,20	0,36	4,64	0,95	19,44	0,32	79,69	0,03
1,40	0,46	5,48	0,88	22,91	0,30	94,66	0,00
1,64	0,57	6,71	0,77	27,39	0,27	112,56	0,00
1,99	0,70	8,22	0,63	32,86	0,24	134,47	0,00
2,39	0,83	9,72	0,51	39,34	0,21	160,39	0,00
2,84	0,92	11,46	0,43	46,83	0,16		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:

reference measurement: 13.10.14:19:41

contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms

start: c.opt >= 2,00%

valid: always

stop: 2,00s c.opt <= 2,00% or 99,00s real time

ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00

disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.

C_{opt} = 10,59 %

user parameters:

Parameter 1: NUMUNE 4

Parameter 2: 13.10.2015

Parameter 3:

Parameter 4:

Ek-N Dik Değirmen Öğütme Süresi 10 dakika Tane Boyut Analizi

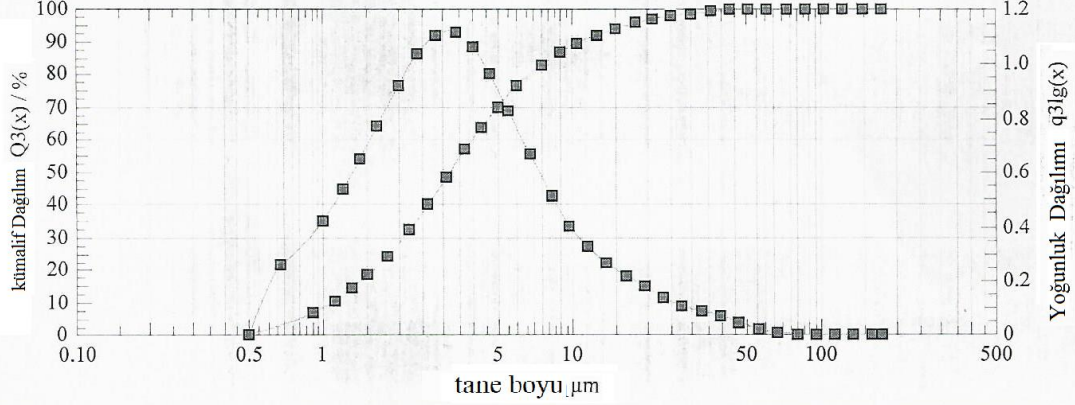
Talk

Tane Boyut Analizi

14.10.2015, 17:16:29,3590

$x_{10} = 1,09 \mu\text{m}$ $x_{50} = 3,25 \mu\text{m}$ $x_{90} = 11,15 \mu\text{m}$ $SMD = 2,39 \mu\text{m}$ $VMD = 5,28 \mu\text{m}$
 $x_{16} = 1,40 \mu\text{m}$ $x_{84} = 8,05 \mu\text{m}$ $x_{97} = 22,79 \mu\text{m}$ $S_V = 2,51 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ $S_m = 8867,99 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %28,01



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	6,46	3,70	56,45	15,00	93,69	61,00	99,98
1,10	10,09	4,30	63,36	18,00	95,39	73,00	100,00
1,30	13,95	5,00	69,63	21,00	96,55	87,00	100,00
1,50	17,95	6,00	76,13	25,00	97,56	103,00	100,00
1,80	24,02	7,50	82,52	30,00	98,36	123,00	100,00
2,20	32,00	9,00	86,54	36,00	99,01	147,00	100,00
2,60	39,49	10,50	89,21	43,00	99,52	175,00	100,00
3,10	47,89	12,50	91,64	51,00	99,84		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_{3lg}	$x_m/\mu\text{m}$	q_{3lg}	$x_m/\mu\text{m}$	q_{3lg}	$x_m/\mu\text{m}$	q_{3lg}
0,67	0,25	3,39	1,11	13,69	0,26	55,78	0,02
0,99	0,42	3,99	1,06	16,43	0,21	66,73	0,00
1,20	0,53	4,64	0,96	19,44	0,17	79,69	0,00
1,40	0,64	5,48	0,82	22,91	0,13	94,66	0,00
1,64	0,77	6,71	0,66	27,39	0,10	112,56	0,00
1,99	0,91	8,22	0,51	32,86	0,08	134,47	0,00
2,39	1,03	9,72	0,40	39,34	0,07	160,39	0,00
2,84	1,10	11,46	0,32	46,83	0,04		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:

reference measurement: 14.10.17:16:06

contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms

start: c.opt >= 2,00%

valid: always

stop: 2,00s c.opt <= 2,00% or 99,00s real time

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00

disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.

C_{opt}= 12,66 %

user parameters:

Parameter 1: 10DK

Parameter 2: 14.10.2015 16:30

Parameter 3:

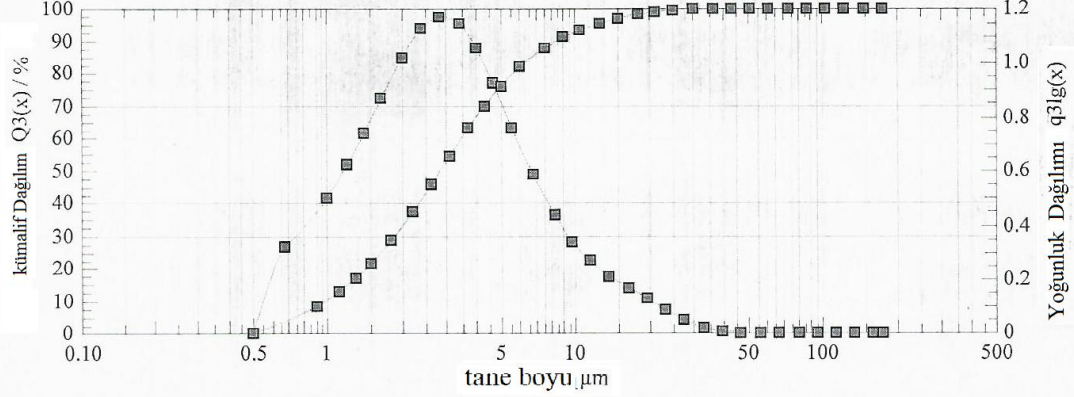
Parameter 4:

Ek-O Dik Değirmen Öğütme Süresi 15 dakika Tane Boyut Analizi
Tane Boyut Analizi
14.10.2015, 17:18:11,6870

Talk

$x_{10} = 0,99 \mu\text{m}$ $x_{50} = 2,87 \mu\text{m}$ $x_{90} = 8,66 \mu\text{m}$ SMD = 2,15 μm VMD = 4,16 μm
 $x_{16} = 1,26 \mu\text{m}$ $x_{84} = 6,60 \mu\text{m}$ $x_{97} = 15,70 \mu\text{m}$ $S_v = 2,79 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ $S_m = 9870,93 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %32,67



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	8,08	3,70	62,88	15,00	96,70	61,00	100,00
1,10	12,39	4,30	69,73	18,00	98,00	73,00	100,00
1,30	16,87	5,00	75,74	21,00	98,84	87,00	100,00
1,50	21,42	6,00	81,73	25,00	99,48	103,00	100,00
1,80	28,25	7,50	87,36	30,00	99,84	123,00	100,00
2,20	37,08	9,00	90,79	36,00	99,97	147,00	100,00
2,60	45,21	10,50	93,03	43,00	100,00	175,00	100,00
3,10	54,10	12,50	95,04	51,00	100,00		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g
0,67	0,31	3,39	1,14	13,69	0,21	55,78	0,00
0,99	0,49	3,99	1,05	16,43	0,16	66,73	0,00
1,20	0,62	4,64	0,92	19,44	0,12	79,69	0,00
1,40	0,73	5,48	0,76	22,91	0,09	94,66	0,00
1,64	0,86	6,71	0,58	27,39	0,05	112,56	0,00
1,99	1,01	8,22	0,43	32,86	0,02	134,47	0,00
2,39	1,12	9,72	0,34	39,34	0,00	160,39	0,00
2,84	1,16	11,46	0,26	46,83	0,00		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:
reference measurement: 14.10.17:17:42
contamination: 0,00 %

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00
disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.
 $C_{opt} = 14,75 \%$

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms
start: c.opt $\geq 2,00\%$
valid: always
stop: 2,00s c.opt $\leq 2,00\%$ or 99,00s real time

user parameters:

Parameter 1: 15DK
Parameter 2: 14.10.2015 16:30
Parameter 3:
Parameter 4:

Ek-Ö Dik Değirmen Öğütme Süresi 20 dakika Tane Boyut Analizi

Tane Boyut Analizi

14.10.2015, 17:19:41,1710

Talk

$x_{10} = 0,91 \mu\text{m}$
 $x_{16} = 1,15 \mu\text{m}$

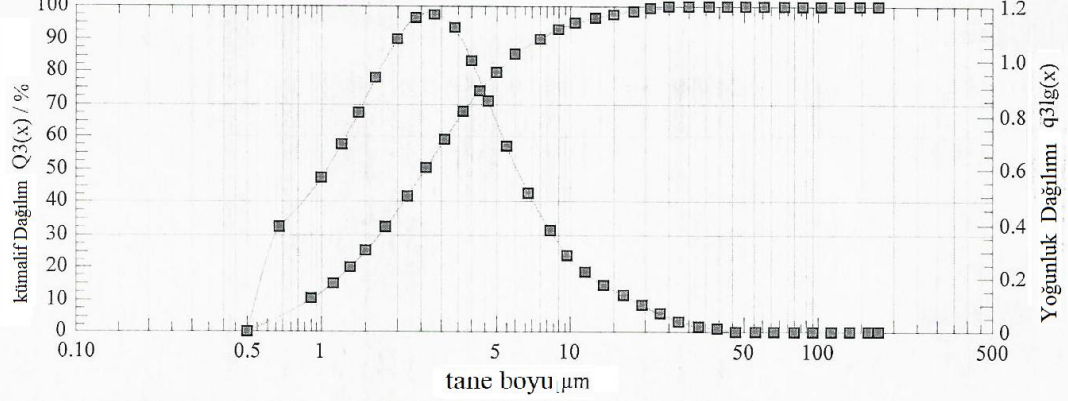
$x_{50} = 2,61 \mu\text{m}$
 $x_{84} = 5,88 \mu\text{m}$

$x_{90} = 7,71 \mu\text{m}$
 $x_{97} = 14,29 \mu\text{m}$

SMD = 1,99 μm
 $S_V = 3,02 \text{ m}^2/\text{cm}^3$

VMD = 3,80 μm
 $S_m = 10674,47 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %36,71



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	9,75	3,70	67,27	15,00	97,38	61,00	100,00
1,10	14,65	4,30	73,76	18,00	98,40	73,00	100,00
1,30	19,65	5,00	79,29	21,00	99,04	87,00	100,00
1,50	24,65	6,00	84,66	25,00	99,51	103,00	100,00
1,80	32,03	7,50	89,58	30,00	99,80	123,00	100,00
2,20	41,39	9,00	92,53	36,00	99,94	147,00	100,00
2,60	49,78	10,50	94,42	43,00	100,00	175,00	100,00
3,10	58,71	12,50	96,06	51,00	100,00		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	$q_3\text{lg}$	$x_m/\mu\text{m}$	$q_3\text{lg}$	$x_m/\mu\text{m}$	$q_3\text{lg}$	$x_m/\mu\text{m}$	$q_3\text{lg}$
0,67	0,38	3,39	1,11	13,69	0,17	55,78	0,00
0,99	0,56	3,99	0,99	16,43	0,13	66,73	0,00
1,20	0,69	4,64	0,84	19,44	0,09	79,69	0,00
1,40	0,80	5,48	0,68	22,91	0,06	94,66	0,00
1,64	0,93	6,71	0,51	27,39	0,04	112,56	0,00
1,99	1,07	8,22	0,37	32,86	0,02	134,47	0,00
2,39	1,16	9,72	0,28	39,34	0,01	160,39	0,00
2,84	1,17	11,46	0,22	46,83	0,00		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:
reference measurement: 14.10 17:19:21
contamination: 0,00 %

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm^3 , shape factor: 1,00
disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.
 $C_{\text{opt}} = 14,54 \%$

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms
start: c.opt $\geq 2,00\%$
valid: always
stop: 2,00s c.opt $\leq 2,00\%$ or 99,00s real time

user parameters:

Parameter 1: 20DK
Parameter 2: 14.10.2015 16:30
Parameter 3:
Parameter 4:

Ek-P Dik Değirmen Öğütme Süresi 30 dakika Tane Boyut Analizi

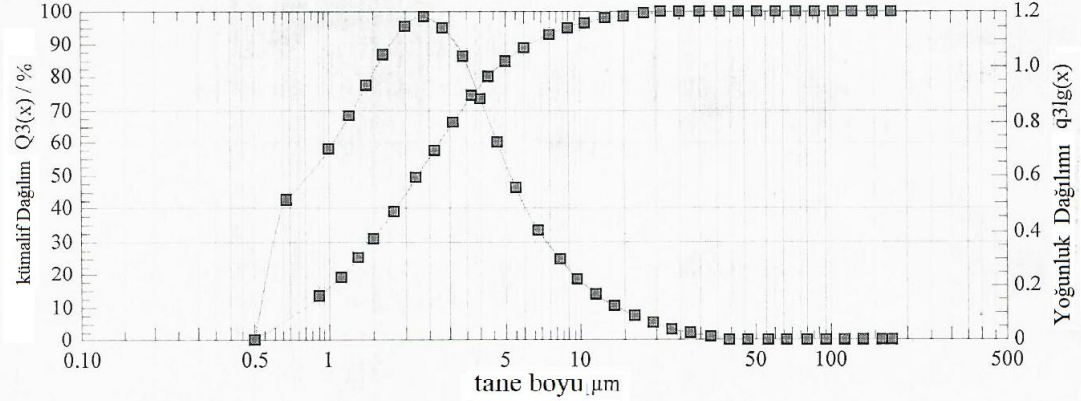
Talk

Tane Boyut Analizi

14.10.2015, 17:25:42,6250

$x_{10} = 0,81 \mu\text{m}$ $x_{50} = 2,26 \mu\text{m}$ $x_{90} = 6,52 \mu\text{m}$ $SMD = 1,76 \mu\text{m}$ $VMD = 3,22 \mu\text{m}$
 $x_{16} = 1,00 \mu\text{m}$ $x_{84} = 4,95 \mu\text{m}$ $x_{97} = 11,65 \mu\text{m}$ $S_v = 3,41 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ $S_m = 12074,48 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %43,79



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	12,94	3,70	73,91	15,00	98,46	61,00	100,00
1,10	18,96	4,30	79,64	18,00	99,12	73,00	100,00
1,30	24,88	5,00	84,32	21,00	99,51	87,00	100,00
1,50	30,62	6,00	88,67	25,00	99,78	103,00	100,00
1,80	38,81	7,50	92,52	30,00	99,94	123,00	100,00
2,20	48,77	9,00	94,82	36,00	100,00	147,00	100,00
2,60	57,30	10,50	96,29	43,00	100,00	175,00	100,00
3,10	65,98	12,50	97,52	51,00	100,00		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3lg	$x_m/\mu\text{m}$	q_3lg	$x_m/\mu\text{m}$	q_3lg	$x_m/\mu\text{m}$	q_3lg
0,67	0,50	3,39	1,03	13,69	0,12	55,78	0,00
0,99	0,69	3,99	0,88	16,43	0,08	66,73	0,00
1,20	0,81	4,64	0,71	19,44	0,06	79,69	0,00
1,40	0,92	5,48	0,55	22,91	0,04	94,66	0,00
1,64	1,03	6,71	0,40	27,39	0,02	112,56	0,00
1,99	1,14	8,22	0,29	32,86	0,01	134,47	0,00
2,39	1,17	9,72	0,22	39,34	0,00	160,39	0,00
2,84	1,13	11,46	0,16	46,83	0,00		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:

reference measurement: 14.10 17:25:21

contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms

start: c.opt \geq 2,00%

valid: always

stop: 2,00s c.opt \leq 2,00% or 99,00s real time

ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00

disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.

C_{opt}= 11,92 %

user parameters:

Parameter 1: 30DK

Parameter 2: 14.10.2015 16:30-

Parameter 3:

Parameter 4:

Ek-R Dik Değirmen Öğütme Süresi 60 dakika Tane Boyut Analizi

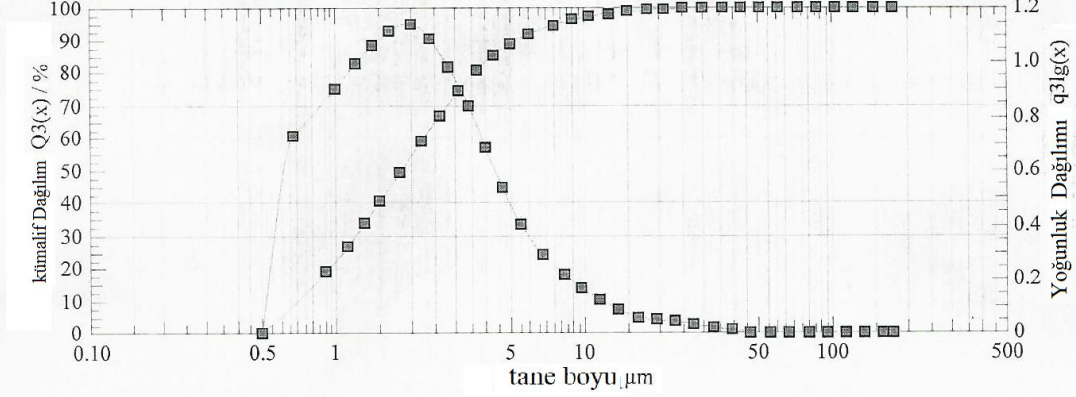
Tane Boyut Analizi

14.10.2015, 17:29:03,8750

Talk

$x_{10} = 0,72 \mu\text{m}$ $x_{50} = 1,85 \mu\text{m}$ $x_{90} = 5,53 \mu\text{m}$ $SMD = 1,51 \mu\text{m}$ $VMD = 2,81 \mu\text{m}$
 $x_{16} = 0,85 \mu\text{m}$ $x_{84} = 4,19 \mu\text{m}$ $x_{97} = 10,51 \mu\text{m}$ $S_v = 3,98 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ $S_m = 14058,38 \text{ cm}^2/\text{g}$

2 μm altı %53,74



Kümülatif Dağılım

$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$	$x_0/\mu\text{m}$	$Q_3/\%$
0,90	18,47	3,70	80,42	15,00	98,57	61,00	100,00
1,10	26,28	4,30	84,85	18,00	99,01	73,00	100,00
1,30	33,46	5,00	88,34	21,00	99,30	87,00	100,00
1,50	40,00	6,00	91,49	25,00	99,59	103,00	100,00
1,80	48,79	7,50	94,24	30,00	99,82	123,00	100,00
2,20	58,70	9,00	95,91	36,00	99,95	147,00	100,00
2,60	66,53	10,50	96,99	43,00	100,00	175,00	100,00
3,10	73,99	12,50	97,91	51,00	100,00		

Yoğunluk Dağılımı (log.)

$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g	$x_m/\mu\text{m}$	q_3/g
0,67	0,71	3,39	0,84	13,69	0,08	55,78	0,00
0,99	0,90	3,99	0,68	16,43	0,05	66,73	0,00
1,20	0,99	4,64	0,53	19,44	0,04	79,69	0,00
1,40	1,05	5,48	0,40	22,91	0,04	94,66	0,00
1,64	1,11	6,71	0,28	27,39	0,03	112,56	0,00
1,99	1,14	8,22	0,21	32,86	0,02	134,47	0,00
2,39	1,08	9,72	0,16	39,34	0,01	160,39	0,00
2,84	0,98	11,46	0,12	46,83	0,00		

evaluation: WINDOX 4.2.2.0, HRLD

revalidation:
reference measurement: 14.10 17:28:42
contamination: 0,00 %

trigger condition: MIKRON-S 2.

time base: 1000,00 ms
start: c.opt >= 2,00%
valid: always
stop: 2,00s c.opt <= 2,00% or 99,00s real time

Ürün: Talk

density: 2,83 g/cm³, shape factor: 1,00
disp. meth.: MIKRON-S MIKRONIZE-40.1.
C_{opt} = 12,43 %

user parameters:

Parameter 1: 60DK
Parameter 2: 14.10.2015 16:30
Parameter 3:
Parameter 4:

ÖZ GEÇMİŞ

Ömer GÜLEÇ 24.08.1991 tarihinde Niğde'de doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini Niğde'de tamamladı. Teknik Endüstri Meslek Lisesi Elektronik Haberleşme Bölümünü bitirdi. Ömer Halisdemir Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünden Haziran 2014 de mezun oldu. 2014 de Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Aralık 2015 de askere gitti ve Haziran 2016 da askerlik görevini bitirdi. Kasım 2016 da Koyunoğlu madencilikte krom tesisi vardiya şefi olarak çalışmaya başladı. Şubat 2017 de Mersin Erdemli de bulunan krom tesisinin şantiye şefi oldu.



