

Sodyum Oleat'ın Kuvarsın Çok İnce Öğütülmesi Üzerindeki Etkileri

(THE EFFECTS OF SODIUM OLEATE UPON ULTRA - FINE GRINDING OF QUARTZ)

Muammer ÖNER (*)

ÖZET

Yüzey aktif maddelerin öğütmeye etkileri konusundaki yayınlardan yararlanılarak, ilgili kuramsal bilgiler derlenmiştir. Ayrıca Sodyum Oleat'ın kuvarsın biyalı ve titreşimli değirmenlerde ince öğütülmesi üzerindeki etkileri deneysel olarak çalışılmıştır. Çalışmada dikkatler. Sodyum Oleat kullanılması koşullarında öğütme inceliğinin değişimi ve birim öğütmede harcanan enerji konularına yöneltilmiştir. Farklı zamanlarda öğütülen örneklerin Coulter Counter yöntemi ile tane boyu dağılımları ve Quantasorb ile B.E.T. yüzesoğurum özgül yüzey alanları saptanmış, bunların net enerji girdisi değerleri ile ilişkileri belirlenmiştir. Sodyum Oleat eklemesinin, hem öğütme enerjisi hem de öğütme inceliği açısından yararlı etkileri ortaya konmuştur.

ABSTRACT

The literature on the effects of surfactants upon grinding was reviewed. Experimental work was done to investigate the effects of Sodium Oleate on ultra - fine dry grinding of quartz in laboratory ball and vibratory mills. Particular attention was directed towards the extra fineness achieved

and the energy saved upon the use of the additive. Determinations of particle size distribution and B.E.T, specific surface area on characteristic samples taken after predetermined grinding times were made by using Coulter Counter and Quantasorb equipment respectively. The accumulated data, in conjunction with the net energy inputs to the mill, showed a positive effect of Sodium Oleate both in particle fineness and energy consumption respects.

1. GİRİŞ

Ufalama, katı tanelerin daha küçük boyutlara indirgenmesi ile yeni yüzeylerin oluşturulması işlemi olup, bilim ve teknolojiye fazlaca uygulama bulduğu gibi insan günlük yaşamının da kaçınılmaz bir parçası olmuştur. Rittinger (1867) ile başlayan kuramsal çalışmaların çok yoğun olmasına karşın, günümüze değin yayımlanan çalışmaların sayısı 7 000 dolayındadır; ufalama konusu somut temellere oturtulamamış, ampiriklikten, ya da iyimser bir tanımla yarı kuramsallıktan kurtulamamıştır.

Günümüzde üretilen enerjinin % 5'i ufalamada harcanmaktadır (Rumpf 1962). Metal endüstrisinin artan hammadde gerek-

(*) öner Muammer, Jarmo Ş, Laapas H, Lukkarinen T,

sinimi, önceleri işlenmeyen disemine cevher yataklarının değerlendirilmesi gereksinimini doğumuştur. Ancak, disemine yatakları oluşturan cevher minerallerinin çok ince tane boylarında serbestleşmesi gerçeği, bir yanda ince öğütme, diğer yanda ince öğütülmüş taneleri zenginleştirme sorunlarını birlikte getirmiştir. Endüstrinin boya, ilaç, çimento, pigment v.b. kollarında da İnce öğütülmüş tane gereksinimi giderek artmaktadır. Bunun sonucu, ufalamada harcanan enerjinin önümüzdeki yıllarda daha da artacağı söylenebilir. Bilindiği gibi ufalama verimsiz bir işlem olup, özellikle öğütme olarak tanımlanan ince ufalamada, toplam, enerji girdisinin ancak % 1 kadarı yeni yüzey oluşmasında harcanmakta; geriye kalan kesimi ise, ısı, ses, sürtünme v.b. enerji türleri olarak kaybolmaktadır. Bu nedenle, öğütme etkinliğini az da olsa arttıracak bir yöntemin ekonomik değeri açıktır.

Son yıllara kadar, katı maddelerin kırılmaları, bunların elastik sınırları ötesinde gerilmeleri sonucu yenilmeleri anlamında, tümüyle fiziksel bir işlem olarak ele alınmıştır. Benzer olarak öğütme de, fiziksel bir işlem olarak ele alınmış, öğütme sistemlerinin, yalnızca mekanik koşulların fonksiyonu olduğu düşünülmüştür. Oysa öğütme işlemi ilk kez (Gaudin 1955) tarafından işaret edildiği gibi, sait fiziksel değil fiziko-kimyasal karakterde bir işlemdir ve bir öğütme sisteminde, tanelerin davranışını belirleyen kuvvetler, yalnızca mekanik yüklemeler sonucu tanelere ulaşan kuvvetler olmayıp, aynı zamanda taneler arası kuvvetler de söz konusudur. Bu kuvvetleri, gravite kuvvetleri ve doğal çekim kuvvetleri olarak iki ana gurupta toplamak olanaklıdır. Doğal çekim kuvvetleri de kendi için de aşağıdaki gibi ayrılabilir:

- Elektrostatik kuvvetler
- Van der Wals kuvvetleri
- Katı köprüler
- Sıvı köprüler
- **Kılcal kuvvetler**

1 cm'den büyük taneler için gravite kuvvetlerin etkisi, doğal çekim kuvvetlerinin

etkisinden çok fazladır. Tane boyu küçülürken, gravite kuvvetleri tane boyunun üçüncü kuvveti ile, çekim kuvvetleri ise bir ya da ikinci kuvveti ile azalır (Rumpf ve Schubert 1978). Örneğin 1 mikronluk taneler için Van der Waals çekim kuvvetlerinin gravite kuvvetlerden altı defa daha büyük olduğu bilinmektedir. Bağlı olarak, çok ince taneli malzemelerin davranışları, hacımsal değil yüzeysel olayların fonksiyonu olacaktır.

Kırılgan katı maddelerin dayanımlarını gösteren aşağıdaki matematiksel ilişki, Öğütmenin ne denli fiziko-kimyasal karakterde bir işlem olduğunu vurgulaması bakımından ilginçtir.

$$F_x = (4E_v/7cI_c)^{1/2}$$

Burada :

f_x : Malzemenin çekme dayanım*

E : Elastisite modülü

Y : Yüzey enerjisi

I_c : Çatlak uzunluğu

Görüldüğü gibi malzeme dayanımını belirleyen ana etkenler, yüzey enerjisi ve çatlak uzunluğudur. Tane boyu küçüldükçe taneler içinde büyük çatlaklar bulunması olasılığı azalacağından tanelerin dayanımı artacaktır ki, bu hepimizin uygulamadan bildiği bir gerçektir. Yine tane boyu küçüldükçe özgül yüzey alanı artacak, bağlı olarak, yüzey enerjisi büyüyecektir. Bu da, ince ufalamada görece olarak fazla enerji harcamasına neden olacaktır.

Son yıllarda, öğütme sistemlerine yüzey aktif maddelerin eklenmesi ile tanelerin yüzey özelliklerini değiştirerek — yüzey enerjilerini düşürerek— öğütme etkinliğinin artırılması fazla ilgi gören araştırma konularından biridir. Konuya ilişkin çalışmalar, sondaj suyuna belirli derinliklerde elektrolitlerin eklenmesi ile delme hızının arttığını gözlemleyen Rehbinden (Rehbinden 1944) ile başlamıştır. Rehbinden, delme hızının artışını açıklarken, elektrolit moleküllerinin kayaçtaki mikro-çatlak yüzeyleri arasına girerek çatlakların kapanma-

ÇİZELGE 1 — ÖĞÜTMEDE KULUNILAN YÜZEY AKTİF MADDELER (owrison 1975)

Yüzey Aktif Madde	Eklene %	Öğütülen Malzeme	Kuru-Yas	Öğütme Hız* Faktörü
Su	0.06	Mermer	K	1.6
Su	0.04	Çimento klinkeri	K	1.3
Alkoller				
Metanol		Kuvars		
İzopentanol		Kuvars	—	1.29
İzopentanol	—	Demir tozu		20.0
s - Oktanol		Kuvars		1.4
Ketonlar				
Aseton	0.2	Çimento klinkeri	K	1.37
Aminler				
Flotigan	0.02	Kuvarsit		2.2
Flotigan	0.02	Kireçtaşı	—	1.7
Sulfonik Asitler				
Arilalkil S.A.	0.06	Çimento	—	1.3
Yağ Asitleri				
Oteik Asit	0.003	Kireçtaşı		1.1
Butrik Asit		Kuvars		1.27
Na - oleat	0.1	Kuvars		2.0
Na - oleat	0.1	Kireçtaşı		2.0
Na - stearat	0.15	Çimento klinkeri		1.2
Kapriik Asit	0.5	Kromit, Manyezit	K	1.2
Diğer Karboksilik Asitler				
Naptenik Asit	0.1	Çimento klinkeri	K	1.33
Na - neptenat	1.0	Kuvarsit	Y	1.40
Hidrokarbonlar				
n - Alkanlar	—	Soda Kireci Camı	K	10.0
Esterler				
Anilasetat	—	Kuvars	—	1.23
Diğer				
Karbon Siyahı	0.08	Çimento		1.3
Sodyum Karbonat	0.02	Kireçtaşı		2.0
Karbon Diokslt	0.03	Kuvarsit	Y	1.55
Kalgon	0.01	Kurşun, Çinko Çev.		1.3

(*) öğütme Hız Faktörü : Aktif madde kullanıldığında oluşturulan yeni yüzey/Aktif madde kullanılmaksızın oluşturulan yeni yüzey.

stını önlediğini, bağlı olarak da kayac dayanımının düştüğünü İlen sürmüştür.

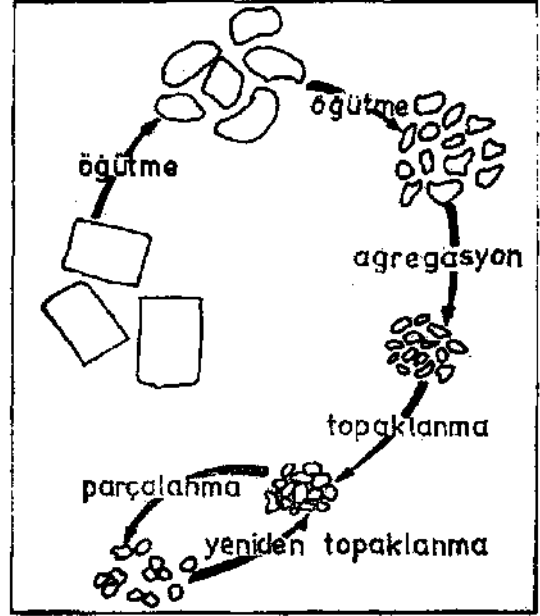
Yüzey aktif maddelerin öğütme üzerindeki etkileri ve bu etkilerin mekanizmasının araştırılması konularında günümüze değin yüzlerce çalışma yapılmış olmasına karşın, bu etkiler tümüyle açıklanmamıştır. Ancak, tüm yayınlardan çıkarılabilecek ortak bir sonuç, bu maddelerin, yalnız belirli değişimlerde etkin olduğu ve bu derişimler dışındaki miktarlar kullanıldığında etkinin ortadan kalktığı, hatta öğütmeyi ters yönde etkilediğidir. Çizelge 1'de öğütmede çimdiye değin denenmiş olan yüzey aktif maddelerden bazıları; ve bunların hangi maddelerin öğütülmesinde ne denli etkin olduğu özet olarak verilmiştir.

Katı tanelerin kuru sistemlerde öğütülmesi, İki işlemin bileşkesi olarak tanımlanabilir. Bir yanda ufalanma, diğer yanda ufalanmış taneciklerin topaklanması ve öğütme elemanları ile değirmen astarına sıvanması. Öğütme işleminin İleri aşamalarında ufalanma hızı azalırken tanelerin topaklanma ve sıvanma hızı artacak, işlem bu ikisinin eşit olduğu dinamik bir dengeye ulaşacaktır. Denge durumundaki tane boyu inceliği, bu sistem için pratik öğütme limiti olarak tanımlanabilir (Şekil 1). Topaklanma ve sıvanmanın öğütme üzerindeki etkileri İki yönlüdür;

- Birim ufalama için enerji girdisi artar,
- Pratik öğütme limitine daha İri tane boylarında ulaşılır.

Bu çalışmanın amacı, Sodyum - oteat'ın, kuvarsin ince öğütülmesi Üzerindeki etkilerini İncelemektir. Deneysel çalışmalar özellikle yukarıdaki İki noktaya açıklık getirecek şekilde tasarlanmış; bir yanda birim öğütme için harcanan net enerji girdileri ölçülürken, diğer yanda öğütme inceliği belirlenmiştir. Öğütme İnceliği belirlenmesinde hem tane boyu, hem de Ö.Y.A. (Özgül Yüzey Alanı) ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerde, sırasıyla. Coulter Counter ve B.E.T. Gaz Yüzesoğurrum yöntemleri kullanılmıştır. Öğütme işlemleri, kuru ortamlarda kesikli olarak yapıldığından, tüm

irdeleme ve sonuçlar kuru - kesikli sistemler için geçerlidir.



Şekil 1. Kesikli öğütme Sistemlerinde Ulaşılan Dinamik Dengenin Gösterilmesi (Ho ve Hersey 197).

2. MALZEME VE DENEYSEL YÖNTEMLERİ

21. MALZEME

Yumruk büyüklüğündeki kuvars parçaları arasından saf olanlar elle ayıklandıktan sonra, sırasıyla, çeneli ve konik kırıcılarda kırılarak -2,5 mm boyutuna indirgenmiştir. Kırılmış malzeme çapraz oluklu bölücülerle azaltılarak öğütme deneyleri için uygun miktarlarda besleme malzemesi hazırlanmıştır.

22. DENEYSEL YÖNTEMLER

2.2.1. Öğütme Deneyleri

Kuvarsin öğütülmesi deneyleri, bıyalı ve titreşimli değirmenler kullanılarak yapılmıştır. Bu değirmenlerin özellikleri ve öğütme işlemlerinin ayrıntıları aşağıda verilmiştir.

2.2.1.1, Bilyalı Değirmen

Boyutlar : İle cap 268 mm, iç uzunluk 288 mm

Kız : % 70 Kritik

Bilyalar : 1,5-3 cm arasında boyutlara sahip 20 kg. çelik bilya

Besleme Malzemesi : Kuvars, —2,5 mm, 4 kg.

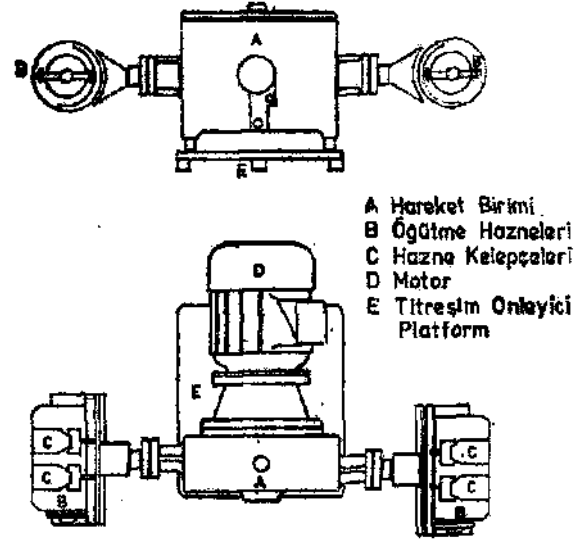
Deneylerde kullanılan bu değirmen, Auto-kumpu firması tarafından özet olarak imal edilmiş olup, net enerji girdisini sürekli olarak ölçen pendulum tipi bir tork - metre ile donatılmıştır.

Kuvars taneleri, Sodyum - oleat eklenmez, bilyalı değirmende topraklanma ve sıvanma nedeniyle öğütme inceliğinin limit bir değere ulaşmasına değin öğütülmüştür. Değirmen, önceden belirlenmiş öğütme zamanları sonunda durdurularak karakteristik örnekler alınmış; bu örnekler üzerinde, tane boyu dağılımı ve Ö.Y.A. tayinleri yapılmıştır. Alınan örnekler yaklaşık 50 gr. ağırlığında olup, bunların yerine değirmene her seferinde, eşit miktarda ve benzer boy dağılımlı kuvars eklenmiştir. Böylece, değirmen içinde malzeme azalmasından gelebilecek etkiler önlenmiştir.

Diğer tüm koşullar aynı tutularak, Na - oleat eklenmesi ile karşılaştırmalı öğütme deneyleri yapılmış ve alınan karakteristik örneklerin tane boyu dağılımları ve Ö.Y.A.'ları ölçülmüştür. Na - oleat değirmene, hiçbir işleme sokulmaksızın kuru olarak eklenmiştir, öğütmenin ileri aşamalarında aşın yüzey oluşumu nedeniyle, başlangıçta değirmene konan % 0,2 Na - oleat ek olarak, fazladan Na-oleat eklenmiştir, öğütmenin hangi aşamasında ne kadar oleat eklendiği Şekil 7'de belirtilmiştir.

2.2.1.2. Titreşimli Değirmen

Titreşimli değirmen olarak, laboratuvar tipi OP - PO değirmeni kullanılmış olup, değirmenin üstten ve önden görünüşü Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. OP-PO mumunla (fatten v. Onan)
CHSfonSşfli

OP - PO değirmenin diğer özellikleri :

Gücü: 2 B.G.

Hızı : 2800 Dev/dak.

Titreşim Genliği : 4,8 mm

öğütme Haznesi : 2 Adet. her biri 850cm³ hacimli

Öğütme Elemanı 0,4 mm çaplı çelik bilyalar

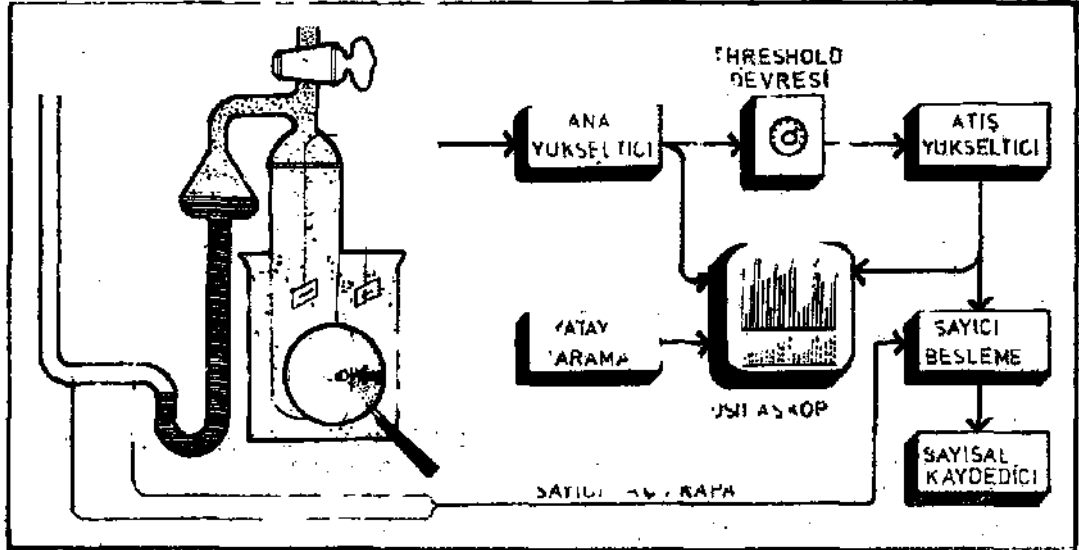
Bilya yüklemesi : 510 cm³

Malzeme yüklemesi: —2,5 mm kuvars, 250 cm³

Titreşimli değirmen öğütmesi de, Na - oleat eklenerek ve Na - oleat eklenmez olarak yapılmıştır. Her iki durumda da öğütme, pratik limite ulaşılan değin sürdürülmüş; ancak, belirli zaman aralıklarında değirmen durdurularak karakteristik örnekler alınmıştır. Örnekler üzerinde tane boyu dağılımı ve Ö.Y.A. ölçümleri yapılmıştır. Değirmenin enerji girdisi wattmetre ile ölçülmüştür. Yalnız bilya yüklemesi koşullarında enerji ölçümleri yapılmış, bilya - kuvars yüklemesi koşullarında ölçülen enerji ile aradaki fark malzemeye ulaşan net enerji olarak alınmıştır.

2.2.2^a Tane Boyu Dağılımı Saptanması
Tane boyu dağılımı saptanmasında, ilk kez kan hücreleri sayımında kullanılan, ancak

sonraları ince tane teknolojisinde de çok fazla kullanım sahası bulan Coulter Counter tekniği kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Coulter Counter Aygıtının Şematik Gösterilişi

Bu tekniğin temeli, katı tanecikler ile elektrolit olarak kullanılan bir sıvı arasındaki elektrik iletkenliği farkıdır. Sistemdeki katı tanecikler yalıtkan, sıvı ise iletken olarak davranır. Elektrolit içine konarak iyice karıştırılan tanecikler, her iki tarafına elektrotlar yerleştirilmiş bir delikten geçmeye zorlanırlar. Herhangi bir tane delikten geçerken; kendi hacmine eşit elektrolitin yerini alacağından, elektrotlar arasında direnç değişimine neden olacaktır. Direnç değişimleri, delikten geçen tanelerin hacimleri ile orantılıdır. Bu değişimler, voltaj atışları olarak, elektronik aygıtlarla sayılıp değerlendirilir ve katı tanelerin boy dağılımları saptanır.

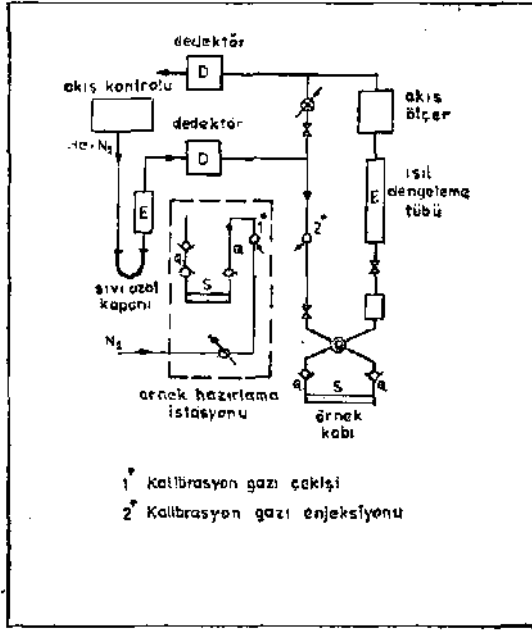
Bu yöntemle, birkaç yüz mikronla 0,5 mikron arasındaki tanelerin boyutları saptanabilir. Yönteme ilişkin ayrıntılı bilgiler ve kullanımına ilişkin sınırlamalar literatürde bulunabilir (Kinsman 1973 , Groves 1974).

2.2.3. Özgül Yüzey Alanı Saptanması

Öğütülmüş kuvars örneklerinin Özgül yüzey alanları başlangıçta Stanley Wood

1970, tarafından geliştirilen kararlı hat gaz yayını yöntemi ile ölçülmüştür. Ancak, sonuçların yinelenebilir olmayışı başka bir Ö.Y.A. aygıtı kullanımını gerektirmiştir. Ölçüm hızı, ölçülebilen Ö.Y.A. aralığı, duyarlılık v.b. etmenler gözönüne alınarak, dinamik gaz yüzesoğurum yöntemi ile çalışan ve Quantasorb ticari adıyla bilinen aygıt sağlanarak Ö.Y.A. ölçümlerinde kullanılmıştır (Şekil 4).

Dinamik gaz yüzesoğurum yöntemi. Nelson ve Eggertsen 1958, tarafından geliştirilmiştir. Yöntemin ana özelliği, belirli bir orandaki N₂-He karışımını Ö.Y.A. ölçülecek örnek üzerinden atmosferik koşullarda geçirmek ve örneği terkeden gazın N₂ içeriğindeki değişimleri saptamaktır. Helium bir asal gaz olduğundan, hiçbir tepkimeye girmeksizin sistemi terkeder. N₂ ise, örnek kabının sıcaklık düzeyine bağlı olarak ya örnek yüzeyi tarafından soğutulur ya da daha önceden soğurulmuş N₂ molekülleri yüzeyden uzaklaşır. Örneğin malzemenin bulunduğu kabın sıvı azot (-185 °C) içine daldırılması durumunda, karışım-



Şekil 4. Quantasorb Ayptının Şematik Gösterilişi

daki N_3 gazının bir kısmı tane yüzeylerine soğurulacağından, çıkıştaki gazın N_3 oranı biran loin azalır. Benzer olarak, sıvı azot ortamından alınan malzeme kabı su dolu bir behere datdırıtırsa bu kez yüze soğurulmuş M_2 molekülleri yüzeyden ayrılacaklarından, çıkıştaki karışımın N_2 oranı bir an ipin artar. Bilindiği gibi, yüzesoğurulan ve yüzeyden ayrılan gaz miktarları malzemenin Ö.YA'nı ile doğrudan ilgilidir. Sistemi terkeden gaz karışımı içindeki N_3 artış ve azalışları, sisteme yerleştirilmiş ısı iletkenlik gözesi (thermal conductivity cell) ile ölçülür. Bu değerler ve bilinen hacimde N_2 'nin sisteme enjekte edilmesi ile elde edilen kalibrasyon değerleri yardımıyla örneğin Ö.YA'nı saptanır.

Quantasorb aygıtı ile, N_3 —He karışım oranları değiştirilerek, yüzesoğurum eşisil eğrileri elde edilebilir ve çok nokta temelinde dayalı Ö.YA. değerleri bulunabilir. Ayrıca, sabit bir N_2 —He karışımı kullanılarak tek nokta bazında ölçümler de yapılabilir. Bu çalışmada, tek ve çok nokta bazlarında yapılan ölçümlerin uyumlu olduğu görüldükten sonra, Ö.YA'ları tek nokta bazında ölçümler yapılarak saptanmıştır.

Ö.YA. ölçümlerinde üzerinde önemle durulması gereken bir nokta, örneklerin ölçümlere hazırlanması işlemleridir. Ölçüm öncesi hazırlama işlemleri ve malzeme niteliklerine bağlı olarak, aynı malzemeler üzerinde farklı Ö.YA'ları saptandığı, bu değerlerin % 100'e varan değişimler gösterdiği yayımlanmıştır (Lovell Öner 1979, 1975).

Ö.YA. ölçümü yapılacak örneklerin yüzeylerinin temiz olması, daha önceden yüzesoğurulmuş gaz ve su buharının yüzeylerden uzaklaştırılması gerekir. Bu işlem çoğunlukla, örneğin yüksek sıcaklıklarda vakum altında tutulması ile yapılır. Sıcaklık ve vakum ne kadar fazla ise, örnek yüzeyleri o denli çabuk temizlenir. Ancak, sıcaklık ve vakumu fiziksel ve kimyasal yapıda değişmelere neden olabilecek düzeye ulaştırmamaya özen göstermelidir.

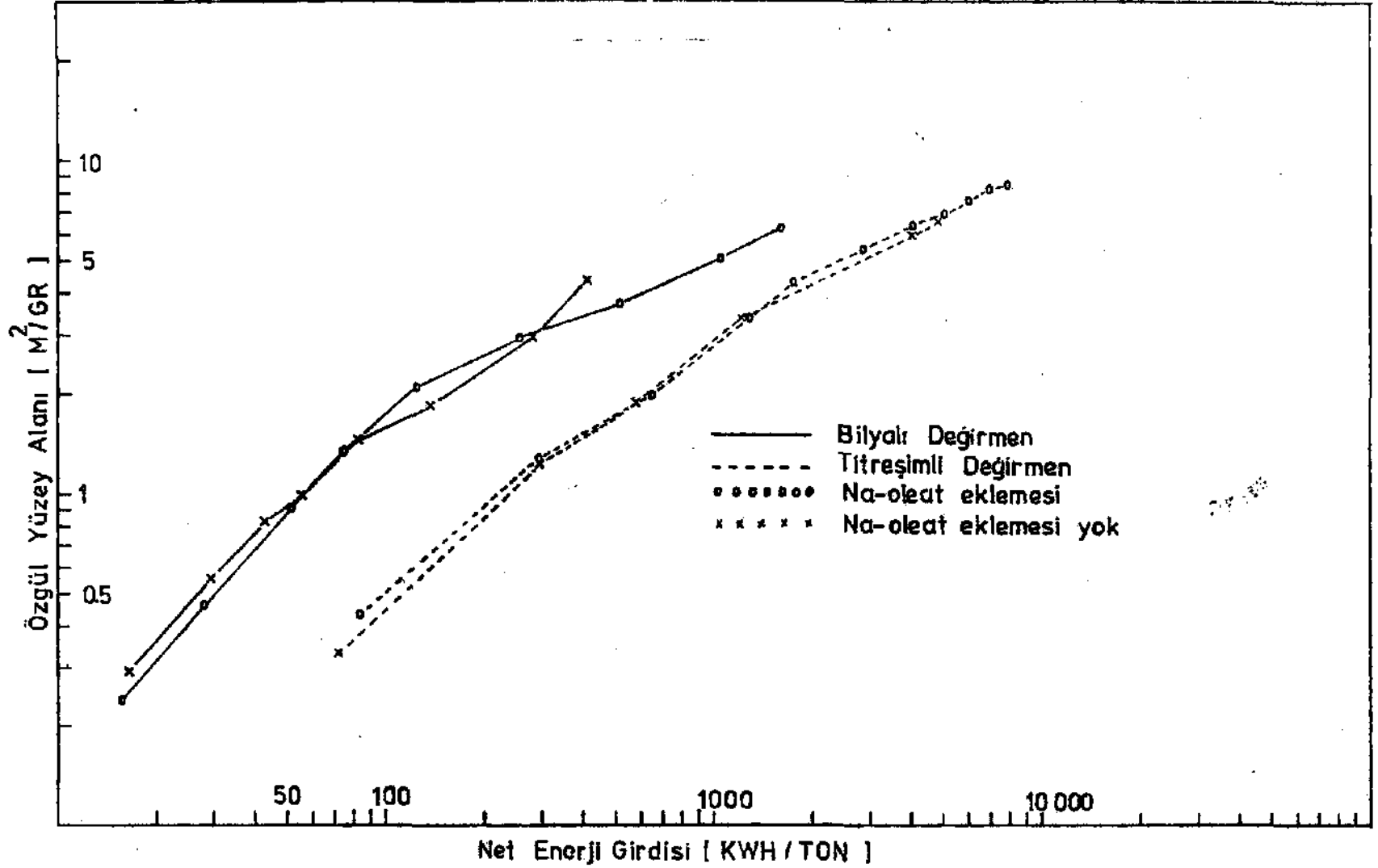
Quantasorb aygıtının bir özelliği. Örnek yüzeylerinin temizlenmesinde vakum işlemine gereksinim göstermemelidir. Şekil 4'den de görüldüğü gibi, sistemde bir örnek hazırlama İstasyonu olup buraya yerleştirilen örnek üzerinden sürekli olarak kuru N_3 gazı geçirilmektedir. Örnek kabı sıcaklığı kontrol edilebilen bir ısıtıcı içine yerleştirilerek, önceden yüzeye soğurulmuş yabancı gazlar ve su buharının yüzeyden ayrılması ve kuru N_2 gazı akımı Ne sistemi terketmesi sağlanır.

Bu çalışmada, hazırlama işlemlerinde değişken parametreler olan sıcaklık ve zamanın, kuvars Ö.YA. üzerinde önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır. Bu nedenle, tüm ölçümler, 150C'de, 1.5 saat süre ile hazırlanmış örnekler üzerinde yapılmıştır.

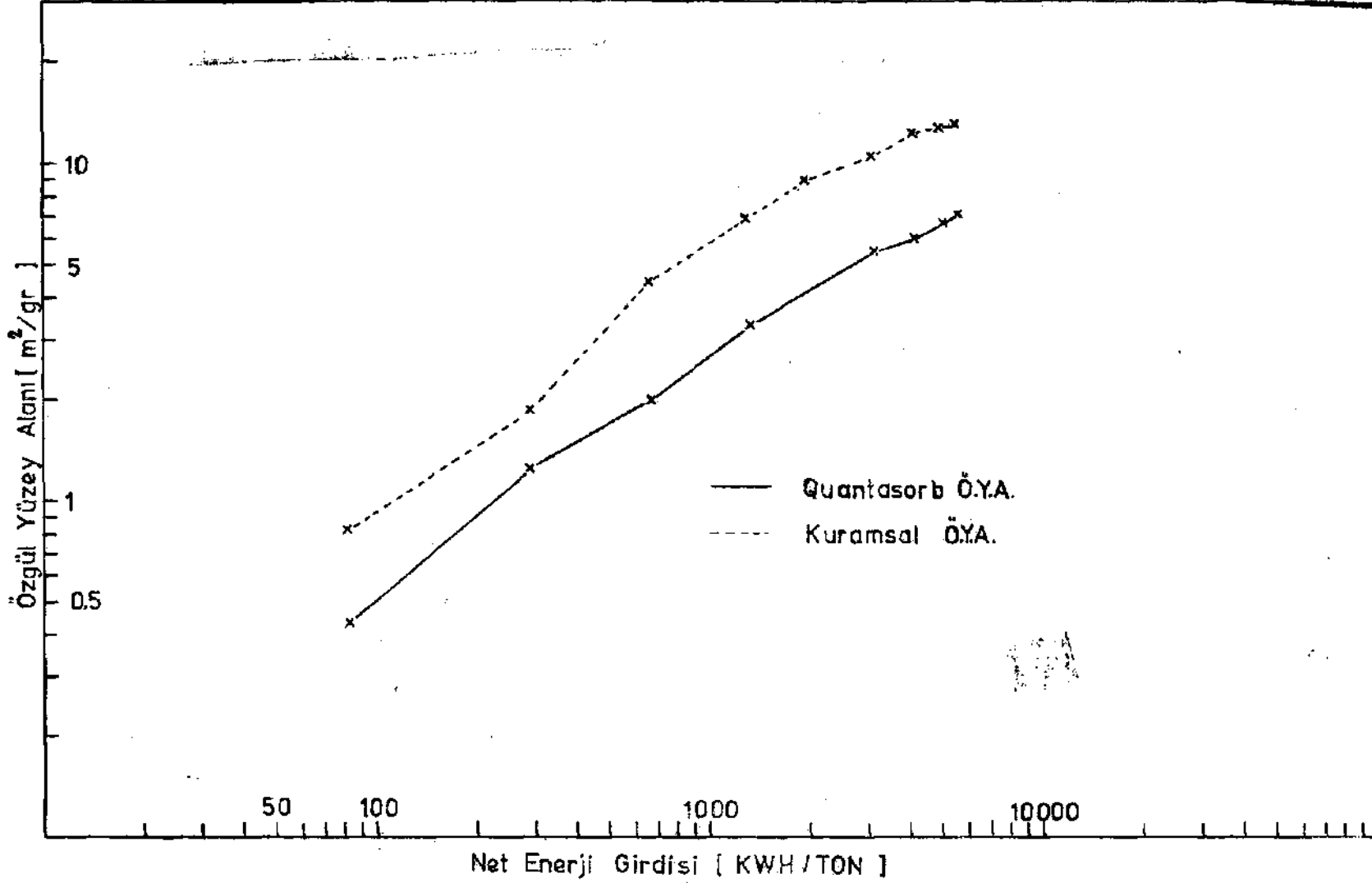
3. DENEYSEL BULGULAR

Daha önce belirtilen koşullarda paralel öğütme deneyleri yapılarak, Na—oleat'm, kuvarsin kuru öğütülmesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın amacı, Özellikle, aşağıdaki soruların yanıtlarını bulmaktır :

— Na—oleat eklenmesi ile birim öğütme için gerekli enerji azalıyor mu?



Şekil 5. Quantasorb Özgül Yüzey Alanının Net Enerji Girdisi ile Değişimi



Şekil 6. Kuramsal Ö.Y.A. ve Quantasorb Ö.Y.A. Değerlerinin Karşılaştırılması

— Na—oleat eklenmesi ile Öğütme inceliği arttırılabliliyor mu?

Şekil 5'de Üantasorb Ö.Y.A.'nın, net enerji girdisi ile değişimi verilmiştir. Görüldüğü gibi, hem bilyalı değirmen hem de titreşimli değirmen öğütmesinde, Na—oleat eklenmesi belirgin bir etki yapmamıştır. Ancak, yalnızca bu verilere dayanarak kesin sonuçlara varmak doğru değildir. Quantasorb ile Ö.Y.A. ölçülürken çok küçük boyutlu taneciklerin az da olsa topraklanması önlenemeyeceğinden, tek tek tanelerin yüzeyleri değil, tanelerin oluşturduğu toprakların yüzey alanları söz konusudur.

Ayrıca, topraklar arasındaki boşlukların kılcal etki oluşturması da Ö.Y.A. ölçümlerini etkileyebilir. Bu nedenlerle, Quantasorb değerleri tanelerin gerçek inceliklerini tümüyle yansıtmayabilir. Kuramsal olarak hesaplanan Ö.Y.A. değerlerinin Quantasorb değerlerinden büyük olması da bunun bir kanıtıdır (Şekil 6).

Not : Kuramsal Ö.Y.A. değerleri aşağıdaki Uışkiden yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Ö.Y.A.} = \frac{6}{\text{---}} \cdot f$$

Burada;

X : Yoğunluk

x : Ortalama tane boyu, mikron

f : Şekil faktörü, 1,5 olarak alınmıştır.

Şekil 7'de ortalama tane boyunun (Gates, Gaudin, Schuhmann'a göre çizilen tane boyu dağılımının % 50 elek üstü değerine karşın gelen tane boyu) net enerji girdisi ile değişimi verilmiştir. Tane boyu ölçümlerinde kullanılan Coulter Counter yönteminde ölçümler tümüyle dağıtılmış (dispersed) taneler üzerinde yapıldığından, elde edilen tane inceliği değerleri, Quantasorb Ö.Y.A. değerlerine göre daha güvenilir ve gerçekçidir. Na—oleat'ın olumlu etkisi şekilden gözlenmekte olup, aynı net enerji girdisi değerlerine karşın elde edilen tane boyu inceliği, Na—oleat kullanılması ko-

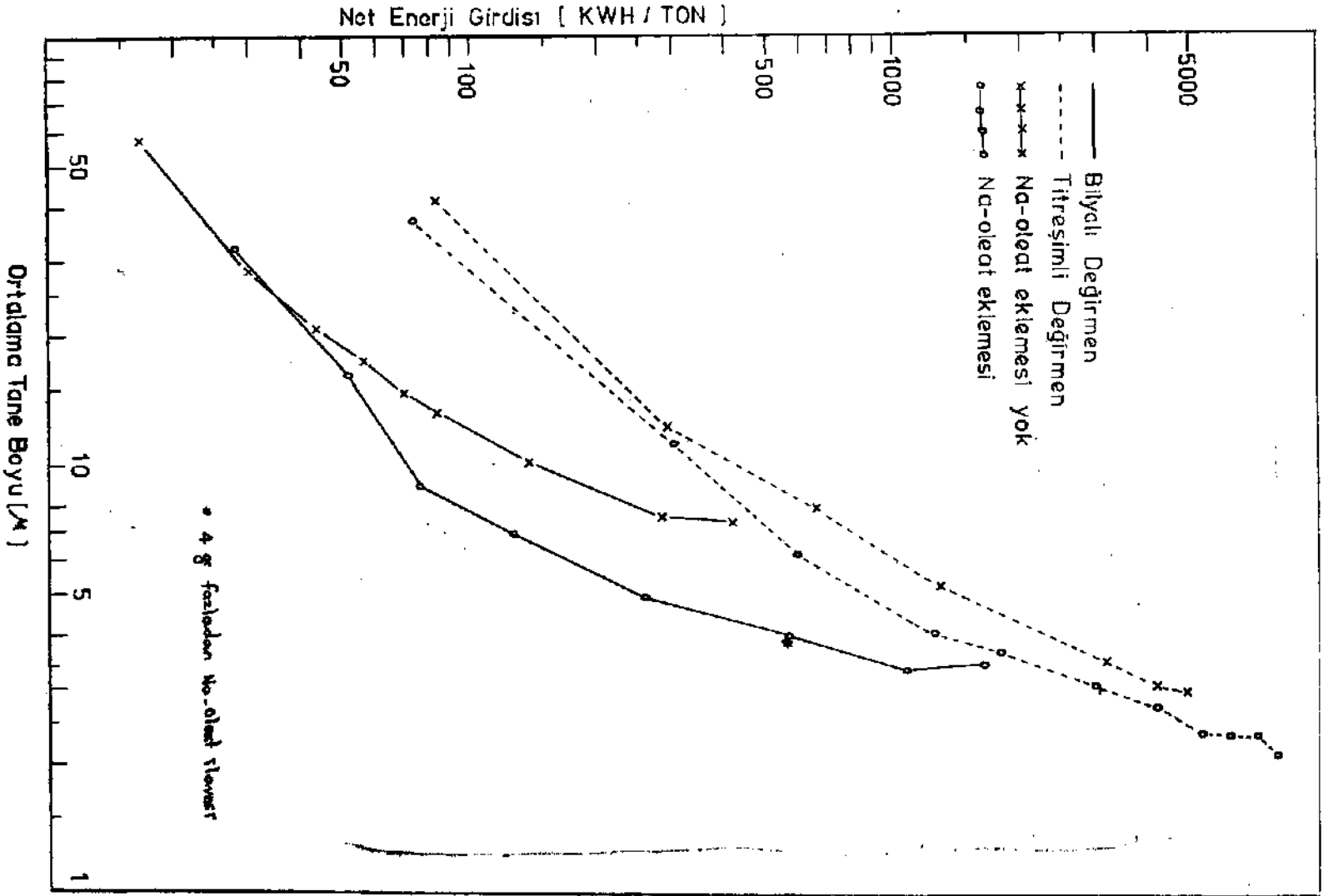
şullarında belirgin olarak fazladır. Na—oleat eklenmesinin Öğütme inceliği limit değeri açısından da olumlu etkisi vardır. Şekli 7'de görüldüğü gibi, normal koşullarda 7 mikron olan limit değeri Na—oleat eklenmesi ile 3,2 mikrona ulaşmıştır. Titreşimli değirmen için bu değerler sırasıyla 2,8 ve 2 mikronudur.

Şekil 8'de her iki değirmen için öğütme zamanına karşı net enerji girdisi verilmiştir. Görüldüğü gibi diğer tüm koşullar aynı olduğunda, aynı öğütme zamanı için enerji girdisi Na—oleat eklenmesi ile azalmaktadır. Bu azalmanın nedeni, bilya, astar ve tane yüzeylerine soğurulan Na—oleat moleküllerinin bu birimler arasındaki sürtünmeyi azaltarak, bilyalar ve malzemenin değirmen içinde görece olarak daha iyi akışını sağlamasıdır.

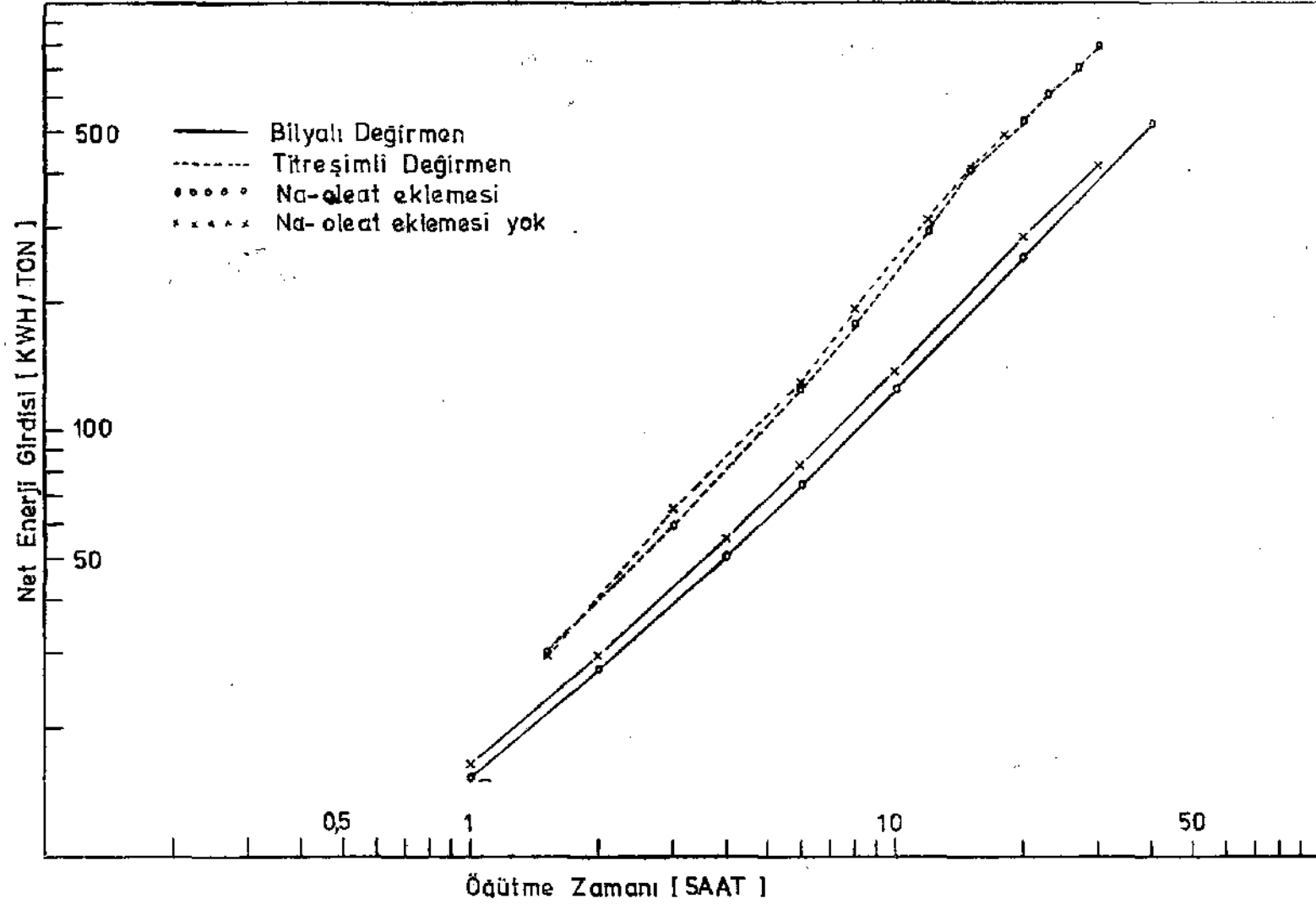
Şekil 5, 7, 8'in incelenmesi ile, Na—oleat'ın etkisine ek olarak, kullanılan değirmenlerin karşılaştırılması da olasıdır.

Bilindiği gibi, kritik hızın altında çalışan bilyalı değirmenlerde etkin öğütme mekanizması aşındırmadır. Taneler, bilyalar ve bilyalar ile değirmen astarı arasına sıkışarak ufalanırlar. Bilyaların hareketi değirmenin dönüş hızı ile sınırlandırılmış olup, bunların malzemeye iletebilecekleri enerji fazla değildir. Oysa, titreşimli değirmenlerde hızlı titreşim nedeniyle öğütme elemanlarının hareket yönleri sürekli olarak değişmekte, malzemeye sürekli kısa ve keskin darbeler iletilmektedir. Ayrıca, titreşimli değirmenlerde, öğütme ile tanelerin değirmen içindeki homojenizasyonu eleledir ve tanelerin topraklanması görece olarak daha azdır.

Tüm bu söylenenlerin ışığında, titreşimli değirmenlerde öğütme hızının bilyalı değirmenlere göre daha fazla olacağı, oratik öğütme limitine daha ince boyutlarda ulaşılacağı, birim öğütmede harcanacak enerjinin fazla olacağı düşünülebilir ki, bu düşünceler deneysel bulgularla uyum içindedir.



Şekil 7. Ortalama Tane Boyunun Net Enerji Girdisi ile Değişimi



Şekil 8. Net Enerji Girdisi ile Öğütme Zamanı Arasındaki İlişki

4. İRDELEME VE SONUÇLAR

Yapılan çalışmada, Na—oleat'm kuvarsın kuru öğütülmesi üzerindeki hem enerji tüketimi hem de öğütme inceliği açısından yararlı etkileri gözlenmiştir.

Değirmen içi ortamında, Na—oleat moleküllerinin tane dış yüzeylerine, tanelerde bulunan dışa açık çatlak yüzeylerine, öğütme elemanı yüzeylerine ve değirmen astarına soğurulması söz konusudur. Soğurulan oleat molekülleri, bu birimler arasındaki dinamik sürtünmeyi azaltacağından, öğütme ortamının (bilya - malzeme) değirmenindeki akışını kolaylaştırır. Öğütme ortamının akış kolaylığı sağlandığında toplanmanın da görece olarak gecikmesi söz konusudur. Tane yüzeylerine soğurulan moleküller yüzey enerjisini düşürerek, çatlak yüzeylerine soğurulan moleküller ise, çatlakların tekrar kapanmalarını engelleyerek tanelerin yenilme dayanımlarını azaltırlar. Öğütme işleminin sürekliliğinde, çatlak yüzeylerine soğurulan moleküller, tanelerin bu çatlaklar boyunca kırılması sonucu, tane dış yüzeylerine soğurulmuş olacağından, çatlak yüzeylerine soğurum ile dış yüzeylere soğurum ayrı ayrı değil, birlikte İrdelenmelidir.

Özetle, Na—oleat'ın hem tanelerin yenilme dayanımlarını azalttığı, hem de topraklanmayı önleyici olarak işlev gördüğü söylenebilir. Deneysel bulgulardan da görüldüğü gibi, ortama Na—oleat eklenmesi ile hem birim öğütmede enerji girdisi azalmaktadır, hem de öğütme daha İnce boyutlara ulaşana değin sürmektedir.

Tüm söylenenlerin ışığında şu genel sonuçlar çıkarılabilir;

- Na—oleat, kuvars tanelerinin ufalanmaya karşı gösterdikleri direnci azaltır,
- Tanelerin topraklanmasını görece olarak geciktirir,
- Öğütme ortamının değirmen içindeki akışını kolaylaştırır,
- Titreşimli değirmenlerde öğütme hızı bilyalı değirmenlere göre daha fazladır,

— Titreşimli değirmenlerde, birim öğütme limitine daha küçük boyutlarda ulaşılır.

— Titreşimli değirmenlerde, birim öğütme için enerji girdisi, bilyalı değirmenlere göre çok fazladır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Finlandiya eğitim bakanlığı tarafından verilen burs kullanılarak, Helsinki Teknik Üniversitesinde yapılmıştır, Bakanlık yetkililerine bursun sağlanmasında gösterdikleri yakın ilgiden dolayı teşekkür ederiz. Çalışma süresince, her türlü maddi ve manevi desteği esirgemeyen; başta Mr. T. Malnander olmak üzere, tüm Maden - Metallurji Bölümü personeline sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- 1 — Gauain, A. M., 1955. *Mining Engineering.*, 7, 561
- 2 — Groves, M. J., 1974. *Analyst.*, 99, 959
- 3 — Ho, T. ve Hersey, J.J.L., 1979. *Powder Technology.*, 23,191
- 4 — Kinsman, S., 1973. *Pigment Handbook.*, Ed; Patton, T.C. vol S, 101
- 5 — Lovell, v. M., 1975, *Powder Technology.*, 12,71.
- 6 — Lowrison, G. C, *Crushing and Grinding.*, 1974. CRP Press Inc., Cleveland. 106-107
- 7 — Nelson, F. M. ve Eggertsen, F. T., 1958. *Anal.Chem.*,30 (8),1387
- 8 — Oner, M., 1979. *The Effect of Different Comminution Mechanism upon the Surface Area of Products in Similar Size Ranges and the Influence which these Differences Have upon Flotation and Electrostatic Separation.*, Birmingham Üniversitesi Doktora Tezi
- 9 — Bitttoger von, P. R, 1867. *Lehrbuch. der Aufi, jeitungsfunde*, Berlin
- 10 — Rump, H., 1962. *Dechema Zerkleinern Symposium*
- 11 — Rumpf, H. ve Schubert, H., 1978. *Ceramic Processing Before Firing* Ed; Onoda, Jr G.R. ve Hench, Li. John Wiley and Sons Inc.
- 12 — Stanley-Wood, N. G., 1970. *Proc. Conf. Particle Size Analysis*

