

Disten cevherinin sarsıntılı masa ile zenginleştirilmesinde etkin parametrelerin optimizasyonu

Fatma Deniz ÖZTÜRK*

Dicle Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

Makale Gönderme Tarihi: 30.03.2017

Makale Kabul Tarihi: 20.04.2017

Öz

Bu çalışmada, Bitlis(Hürmüz) disten cevherinin²ⁿ faktoriyel deney tasarımıyla Yates Tekniği yöntemi kullanılarak sarsıntılı masa ile deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde; sarsıntılı masa hız, genlik ve eğimin etkileri incelenmiştir. Yates tekniğine ve rastgele deney sıralamasına göre ve standart sapmanın hesaplanması için deney verilerinin orta değerlerinde deneyler yapılmıştır. Orta değerlerde yapılan deneylerin ortalaması alınarak standart hata hesaplanmış ve Anova varyans analizinde kullanılmıştır. Yates tekniği ve Anova varyans analizinin birleştirilmesiyle $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ fonksiyonu, her bir deney için hesaplanarak bulunmuştur. Burada Anova varyans analizi uygulanarak kararların basitleştirilmesi amaçlanmıştır. Yates düzenlemesine göre yapılan deneylerde temel ve iç etkileşimler göz önünde bulundurularak bir model oluşturulmuş, oluşturulan bu modele göre olması gereken deney sonuçları (y) değerleri hesaplanmıştır. Yapılan deney sonuçları Anova varyans analizi ile birleştirilerek değerlendirme yapılmış ve en etkili parametrenin (ac) iç etkileşim parametresi olduğu; hız ve eğimin yüksek olması durumunda pozitif yönde etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Burada Al_2O_3 %47.21 tenör ve %66.79 verimle kazanılmıştır. Daha sonra belirlenen en etkili parametre üzerinde tane iriliğine göre deneyler yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda en iyi sonuç -0.2 +0.1 aralığında yapılan deneyde, %51.24 Al_2O_3 tenörlü konsantr, %74.30 verimle elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitlis (Hürmüz) disten cevheri, Sarsıntılı masa ile zenginleştirme, Yates ve Anova

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Fatma Deniz ÖZTÜRK. deniz.ozurk@dicle.edu.tr; Tel: (412) 248 80 30 (3626)

Giriş

Silikat mineralleri tabiatta bulunan minerallerin yaklaşık olarak %30'unu, yer kabuğu bileşiminin ise %90'unu oluşturmaktadır. Yer kabuğunda en fazla bulunan silikatlar; olivin, piroksen, amfibol, mika, kil, feldispat, gröna grubu mineraller, kuvars ve alüminyum silikatlardır. Alüminyum silikat mineralleri sillimanit, andaluzit ve disten'i oluşturmaktadır (Kumbasar, 1977).

Sillimanit minerallerinin yataklanmaları ülkelere göre; yatakların çalışılabilirliği, masifliği, renk, sertlik, safsızlık oranı ve alüminyum oranı ile ilgili olarak değişiklikler göstermektedir (Kay, 1991).

Disten kendi grubu içinde doğal bir özelliğe ve orijinal bir yapıya sahiptir. Alüminyum silikat minerallerinden olan disten, andaluzit ve sillimanit birbiriyle yakından ilgilidir ve aynı kimyasal bileşime ($Al_2O_3.SiO_2$) sahiptirler (Guanghuan, 1990; McMichael, 1990; Brandao ve Mendes, 1998).

Sillimanit mineralleri kendilerine özgü mineral davranışları nedeniyle seramik sanayinden, refrakter sanayine kadar birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Disten düşük basınç ve yüksek sıcaklıklarda kararlı bir yapıya ve tersinmez genişleme özelliğine sahiptir. Bu özelliğinden dolayı ateş killeri ve boksit gibi en çok aranan refrakterlere göre üstünlük sağlamaktadır. Isısal şoka ve yüksek yüke (yüksek sıcaklıkta) dayanım göstermeleri üstünlükleri arasındadır (Brandao, ve ark., 1998).

Disten/mullit üretiminin %90'ı refrakter yapımında kullanılmaktadır (Tanner, 2017). Bunların %55'i demirli metallerin zenginleştirilmesinde ve eritilmesinde, %20'si demirsiz metaller için ve %15'i cam ve seramik sanayinde kullanılmaktadır. Geri kalanı ise refrakter malzeme dışında kullanım alanına sahiptir (Potter, 1997).

Bitlis (Hürmüz) distenli kuvarsitler, metamorfik şistler içinde kalın tabakalar halinde bulunmakta ve kısmen kaolinite dönüşmektedir (Seyhan, 1979).

Hürmüz distenen sahasında iki ayrı disten seviyesi bulunmaktadır. Alttaki disten seviyesi tabanındaki ince kuvarsit düzeyiyle kuvars-albit-epidot-amfibol şistler üzerine gelmektedir. Kuvars-disten şist ve kuvars-disten fels olarak adlandırılan cevherler genellikle pembe, eflatun, açık yeşil, açık mavi, grimsi beyaz renklerde görülürler. Disten cevherleşmesinde şistli ve felsitik doku gözlenmektedir. Eflatun, pembe renkli distenler genellikle gevrek, kırılğan bir yapıya; açık yeşil, açık mavi, grimsi beyaz renkli distenler ise daha sert bir yapıya sahiptirler. Pembe, eflatun renkli distenlerde çok, diğerlerinde az olmak üzere disten cevherleşmesinde görülen ayrışma türü, distenlerin kısmen kil minerallerine (kaolinit) ve serisite dönüşmeleridir (Demirhan, Kapkaç ve Bahçeci, 1989).

Disten minerali öğütme aşamasından sonra, sınıflandırılarak; masa, manyetik ayırma ve flotasyon ile zenginleştirilmektedir (Haw, 1953; Browning, Clemmons ve Mcvay, 1956; Rule ve McClain, 1973).

Bu çalışmada, Bitlis (Hürmüz) distenleri üzerinde 2ⁿ faktöriyel deney tasarımı kullanılarak, sarsıntılı masa ile deneyler yapılarak, elde edilen sonuçlar Anova Varyans analizi ile değerlendirilmiştir.

Malzeme ve Yöntem

Malzeme

Bu çalışmada, kullanılan mineral Bitlis Hürmüz disten sahasından seçilerek alınmıştır. Bütün Deneyler bu örnekler üzerinde yapılmıştır. Seçilen örnekleri temsil eden örneklerin kimyasal analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Disten minerali öncelikle el ile kırılarak kırıcı boyutlarına getirilmiş ve sonra laboratuvar tipi çeneli kırıcı kullanılarak 2 mm'nin altına kırılmıştır. Kırılan örnekler üzerinde elek analizleri yapılmıştır. Elek analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Bitlis-Hürmüz seçilmiş disten örneğinin kimyasal analiz sonuçları

Bileşen	(%)
Al ₂ O ₃	39.03
SiO ₂	57.09
Fe ₂ O ₃	0.19
TiO ₂	0.50
Na ₂ O	0.03
K ₂ O	0.02
CaO	0.01
MgO	0.01

Tablo 2. Bitlis-Hürmüz seçilmiş disten örneğinin kırma sonrası elek analiz sonuçları

Tane boyutu (mm)	Ağırlık (%)	Al ₂ O ₃ (%)
-0.8+0.6	7.90	33.56
-0.6 +0.5	14.10	35.86
-0.5 +0.3	17.85	38.21
-0.3 +0.2	22.50	39.92
-0.2 +0.1	20.65	42.07
-0.1	17.00	43.62

Yöntem

Yates Deneysel Düzen Tekniği

2ⁿ faktöriyel deney tasarımı birden fazla değişkenin aynı anda yapılabilecek en az sayıda deneyin uygulanma şeklidir. 2ⁿ faktöriyel tasarımın kullanılmasındaki diğer önemli bir neden Yates tekniği denilen kısa bir hesaplama yönteminin bu tasarıma uygulanarak işlemlerin basitleştirilmesidir. Buna karşılık her bir değişken yalnız iki farklı seviyede değerlendirildiğinden değişken değişiminin lineer veya parabolik olup olmadığı hakkında bir sonuca gidilmesi olanaklı değildir. Bu nedenle deney koşullarının uygun aralıklarla belirlenmesi gerekir. 2ⁿ faktöriyel tasarımda, 2ⁿ sayıda deney yapılması gerektiği için deney koşullarının özel bir notasyon ve sıralama ile verilmesi gerekir.

Yates tekniği 2ⁿ faktöriyel tasarımda temel ve iç etkileşimlerinin bulunması için kullanılan sistematik bir yöntemdir (Barker ve Milivojevich, 2016).

Bu çalışmada, sarsıntılı masa için 3 parametrenin (hız, genlik, eğim) temel etken olduğu tespit edilmiştir. Yates tekniğine göre incelenen değişken parametreler için seçilen aralıklar Tablo 3’de, bu verilerin Yates tekniğine göre sıralanışı Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 3. Yates tekniğine göre incelenen değişken parametreler ve seçilen aralıklar

Parametreler	Düşük	Yüksek
Hız (A)	400 d/dk	500 d/dk
Genlik (B)	6 mm	10 mm
Eğim (C)	2 ⁰	3 ⁰

Tablo 4. Değişkenlerin Yates tekniğine göre sıralanışı (Özensoy, 1982)

Yates Sırası	Yates Kodu	A	B	C	Rastgele Deney Sıralaması
1	(1)	D	D	D	6
2	a	Y	D	D	5
3	b	D	Y	D	7
4	a.b	Y	Y	D	11
5	c	D	D	Y	2
6	a.c	Y	D	Y	3
7	b.c	D	Y	Y	10
8	a.b.c	Y	Y	Y	8
9		O	O	O	4
10		O	O	O	1
11		O	O	O	9

D: düşük değer, Y: yüksek değer, O: orta değer

(1) Başlama noktası

a Temel etki (sadece a parametresinin yüksek, diğerlerinin düşük olması durumu)

b Temel etki (sadece b parametresinin yüksek, diğerlerinin düşük olması durumu)

a.b İç etkileşim (a ve b parametrelerinin yüksek, diğerlerinin düşük olması durumu) gibi devam etmektedir (Özensoy, 1982; Yıldız ve Bircan, 1991; Milton ve Arnold, 1995, Barker ve Milivojevich, 2016). Deneysel hatanın (S) hesaplanması için "merkez noktası tekrarlı" yöneme başvurulmuş ve Yates tekniğine göre yapılan deney verilerinin orta değerlerinde (O) 3 deney yapılmıştır (Tablo 4).

$$\text{Deneysel Hata (S}^2\text{)} = \Sigma(X_1 - X_2)^2 / n - 1 \quad (1)$$

Deneylerin yapılışı sırasında kişisel ve ortamdaki kaynaklanabilecek hataların en aza indirgenmesi için, deneylerin gelişigüzel bir sıralamada yapılması daha sağlıklı sonuçların alınmasına imkân sağlayacaktır. Deney sıralaması kura sistemine göre hazırlanmıştır (Tablo 4).

Model

Yates tekniği ve Anova varyans analizinin birleştirilmesiyle $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ fonksiyonu hesaplama yolu ile bulunur. Burada Anova uygulamanın amacı kararları ve dolayısıyla modeli basitleştirmesidir (Özensoy, 1982; Milton ve Arnold 1995, Barker ve Milivojevich, 2016).

$$X = \frac{[(\text{Değişkenin sınanma değeri}) - (\text{Değişkenin standart değeri})]}{[\text{Düşük (yüksek) değerle standart değerinin farkı}]} \quad (2)$$

Kodlanmış değişkenler;

$$X_1 = (\text{Hız} - 450) / 50$$

$$X_2 = (\text{Genlik} - 8) / 2$$

$$X_3 = (\text{Eğim} - 2.5) / 0.5$$

Bunlara göre hesaplanan X değerleri (-) veya (+) olarak çıkacaktır.

Sarsıntılı Masa

Bu yöntemde; mineral ile gang mineralleri arasındaki özgül ağırlık farklılığının neden olduğu, akışkan ortamdaki hareket farklılığına dayanarak birbirinden ayrılma esasına dayanarak yapılan bir yöntem kullanılmıştır. Disten minerali, 0.3 + 0.1 mm aralığında

sınıflandırılarak, laboratuvar tipi standart Wilfley sarsıntılı masa (Wilfley Mining Machinery Co., Ltd. Wellingborough, UK) kullanılarak zenginleştirilmiştir. Sarsıntılı masa deneylerinde, hız, genlik ve eğim parametreleri 2ⁿ faktöriyel deney tasarımı ile gerçekleştirilmiş, en etkili parametre için tane iriliği deneyleri yapılmıştır.

Bulgular

Merkez noktasının seviyeleri Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Merkez noktasının seviyeleri

Parametreler	Merkez Noktası
Hız (A)	450 d/dk
Genlik (B)	0.8 mm
Eğim (C)	2.5 ⁰

Aynı koşullarda yapılan deney sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Aynı koşullarda yapılan deney sonuçları

Tekrar	(%) Al ₂ O ₃
1.	47.25
2.	48.00
3.	47.67

Deney ortalaması = %47.64 Al₂O₃

$$S^2 = \Sigma(X_1 - X_2)^2 / (n - 1)$$

$$X_1 = \text{Aynı koşullarda yapılan deney sonuçları}$$

$$X_2 = \text{Deney ortalaması}$$

$$S^2 = 0.141$$

Yates düzenlemesine göre yapılan deneylerde temel etki ve iç etkileşimler göz önünde bulundurularak ve etkili sonuçlara bağlı olarak bir model oluşturulur. Oluşturulan bu modele göre olması gereken deney sonuçları (Y değerleri) hesaplanır. Bu çalışmada Anova analizi Al₂O₃ tenör değerlerine göre hesaplanmıştır (Tablo 7).

Tablo 7. Al₂O₃ için deney sonuçları ve Anova analizi

(1) Yates Düze- ni	(2) Deney Sonuç- ları Al ₂ O ₃ (%)	(3) Kolon	(4) Kolon	(5) Toplam Etki	(6) (5) ² /Den ey Sayısı	(7) S.D.	(8) F.Hesap (6)/(7). St ²	(9) F.Tablo 1,10,0.05	(10) Karar	(11)	(12)	(13)	(14) Y Hesap	(15) Hesap Fark	(16) Gerçek Hesap
(1)	46.95	91.46	186.82	371.65						-1	-1	-1	-	-	-
a	44.51	95.36	184.83	-8.37	8.76	1	62.1276	4.96	E	1	-1	-1	43.81	7.02	3.80
b	49.97	95.24	-7.02	1.75	0.38	1	2.6950	4.96	ED	-1	1	-1	49.71	10.56	12.32
ab	45.39	89.59	-1.35	-1.85	0.43	1	3.0496	4.96	ED	1	1	-1	45.59	0.76	1.14
c	48.03	-2.44	3.9	-1.99	0.50	1	3.5460	4.96	ED	-1	-1	1	48.29	3.35	2.46
ac	47.21	-4.58	-5.65	5.67	4.02	1	28.5106	4.96	E	1	-1	1	45.23	1.51	0.56
bc	45.06	-0.82	-2.14	-9.55	11.40	1	80.8510	4.96	E	-1	1	1	45.31	1.32	1.96
abc	44.53	-0.53	0.29	2.43	0.74	1	5.2482	4.96	E	1	1	1	45.23	1.51	3.72

46.46 (Deney sonuçlarının ortalaması) E : Etkin, ED : Etkin değil

- 1. Kolon 2³ faktöriyel deney tasarımına göre yates sıralaması
- 2. Kolon yates sıralamasına göre oluşturulan deney sonuçları
- 3. Kolon, 2. kolon da sonuçlar sırasıyla çiftlere ayrılır. Yukardan aşağıya doğru bu çiftler toplanarak üst yarı kolona, alt değer üst değerden çıkarılarak diğer yarı kolona yerleştirilir. Deneyler 3 değişikene göre yapıldığı için, bu işlem 3 kez aynı şekilde 4. ve 5. Kolonlar için tekrarlanır.
- 6. Kolon, 5. Kolondaki her bir değer (toplam etki) karesinin deney sayısına bölünmesi ile oluşturulur.
- 7. Kolon serbestlik derecesidir.
- 8. Kolon F. Hesap kolondur. 6. Kolonun 7. Kolona ve standart hatanın (S²) karesine oranı şeklinde bulunur.
- 9. Kolon F. Tablo kolonudur. F(1, 10) ve α 0.05 için F istatistiğinin değeri tablodan bulunur (4.96).
- 10. Kolon sonucu oluşturur. F istatistiksel değere göre etkin olup olmadığını belirler.
- 11, 12, 13. Kolonlar (f) fonksiyonundaki kodlanmış değerlerdir.
- 14. Kolon oluşturulan modelden elde edilen Y değerleridir.
- 15. Kolon Y hesap değeri ile deney ortalamasının farkının karesidir.
- 16. Kolon gerçek değer ile deney ortalamasının farkının karesidir.

Al₂O₃ değerlerine göre Y değerleri formülü;

$$Y_t = 46.46 - 1.05 X_1 + 0.71 X_1 X_3 - 1.19 X_2 X_3 + 0.30 X_1 X_2 X_3 \quad (3)$$

Burada X'ler kodlanmış değerlerdir. Fonksiyondaki katsayılar toplam etki sütunundaki değerlerin toplam deney sayısına (8) bölünmesi ile bulunur. Tablo 5'te görüldüğü gibi en iyi sonuç (ac) iç etkileşim parametresinde; hız ve eğimin yüksek olması durumunda pozitif yönde etki gösterdiği gözlenmiştir. Burada Al₂O₃ %47.21 tenör ve %66.79 verimle elde edilmiştir.

Elde edilen (ac) iç etkileşim koşulları (hız 500 d/dk, genlik 6 mm, eğim 3°) sabit tutularak, sınıflandırılan mineraller, her bir sınıflandırma için sarsıntılı masa deneylerine tabi tutulmuş ve sonuçları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Farklı tane iriliklerinde sınıflandırılan disten mineralinin deney sonuçları

Tane boyutu (mm)	Ürünler	Ağ. (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Verim (%)
-0.85+0.6	Konsantre	21	36.97	23.13
	Artık	79	32.65	76.87
-0.6 +0.5	Konsantre	32	42.51	37.93
	Artık	68	32.73	62.07
-0.5 +0.3	Konsantre	46	45.72	55.04
	Artık	54	31.81	44.96
-0.3 +0.2	Konsantre	56	47.56	66.72
	Artık	44	30.20	33.28
-0.2 + 0.1	Konsantre	61	51.24	74.30
	Artık	39	27.28	25.70

Sonuçlar

Bu çalışmada Bitlis (Hürmüz) disten cevherinin sarsıntılı masa ile zenginleştirilmesinde istatistiksel bir yöntem olan Yates deney tasarımı kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Seçilerek sahadan alınan disten mineralinin kimyasal analiz sonuçlarına göre; %39.03 Al₂O₃, %57.09 SiO₂, %0.19 Fe₂O₃, %0.50 TiO₂, %0.03 Na₂O, %0.02 K₂O, %0.01 CaO ve %0.01 MgO elde edilmiştir.

Yapılan elek analizi sonucunda sırasıyla; -0.8 + 0.6 mm aralığında %33.56 Al₂O₃, -0.6 + 0.5 mm aralığında %35.86 Al₂O₃, -0.5+0.3 mm aralığında %38.21 Al₂O₃, -0.3+0.2 mm aralığında %39.92 Al₂O₃, -0.2+0.1 mm aralığında %42.07 Al₂O₃, -0.1 mm %43.62 Al₂O₃ tenörlü ürün elde edilmiştir.

Elek analizleri sonucunda elde edilen Al₂O₃ oranlarının yüksek çıktığı, -0.3+0.1 aralığı sabit tutularak, istatistiksel bir yöntem olan 2n faktöriyel tasarımı Yates düzeneğine göre, sarsıntılı masa; hız, genlik ve eğim parametreleri incelenmiştir. Yates düzeneğine göre yapılan deney sonuçları Anova varyans analizi ile birleştirilerek değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme sonucunda (ac) iç etkileşim koşulları en iyi sonuç olarak seçilmiştir. Bu etkileşimde; hız ve eğim yüksek, genliğin düşük olma durumu ile

konsantre % 47.21 Al₂O₃ ve %66.79 verimle elde edilmiştir.

Elde edilen bu koşullar sabit tutularak, mineralin tane boyutu için; -0.8 + 0.6, -0.6 + 0.5, -0.5 + 0.3, -0.3 + 0.2, -0.2 + 0.1 arasında sınıflandırılan örneklerle sarsıntılı masa deneyleri yapılmıştır. En iyi sonuç -0.2 +0.1 aralığında yapılan deneyde, %51.24 Al₂O₃ tenörlü konsantre, %74.30 verimle elde edilmiştir.

Kaynaklar

- Barker, T.B., Milivojevic, A., (2016). Quality by Experimental Design, fourth edition, CRC pres, Tylor&Francis Group, London, Newyork, 707s.
- Brandao, P.R.G., Mendes, S.L.C., (1998). Kyanite from Minas Gerais, Brazil: Characterization for Use in Ceramic Materials, Proceedings of the 7th International Mineral Processing Symposium, İstanbul, Turkey, 15-17 September, 295-300.
- Browning, J.S., Clemmons, B.H., Mcvay, T.L., (1956). Recovery of Kyanite and Sillimanite from Florida Beach Sands, Bureau of Mines Report of Investigations 5274, 1-12 (unpublished).
- Demirhan, M., Kapkaç, F., Bahçeci, A., (1989). Bitlis-Merkez-Hürmüz Köyü ÖİR-736 No'lu Disten Sahası Maden Jeoloji Raporu, MTA Rapor No: 8879, 3-24 (yayımlanmamış).
- Guanghuan, W., (1990). Chinese Resources and Processing Technology for Kyanite Minerals, Industrial Minerals, March, 95-98.
- Haw, V.A., (1953). Kyante in Canada, Paper Presented at the Joint Meeting of Industrial Minerals Division of AIME, MSNS and CIM.
- Kay, C. (1991). Kyanite, Ceramic Bulletin, 70 (5), 868-870.
- Kumbasar, I., (1997). Silikat Mineralleri, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı 1098, 181s.
- McMichael, B., (1990). Alumino-Silicate Minerals, Refractories Steel The Show, Industrial Minerals, October, 27-43.
- Milton, J.S., Arnold, J.C., 1995. Introduction to Probability and Statistics, Principles and Applications for Engineering and the Computing Sciences, Chapter 14, Factorial Experiments, 604-655.

- Özensoy, E., (1982).Teknolojik ve Bilimsel Araştırmalarda Modern Deneş Tasarımcılığı ve Optimizasyon Yöntemleri, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, Eğitim Serisi, No:24, 118s.
- Potter, M.J., (1997). Kyanite and Related Minerals, U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, February, 92-93.
- Rule, A.R., McClain, R.S., (1973). Beneficiation of Idaho Kyanite-Bearing Materials, RI Bureau of Mines Report of Investigations 7745, U.S., 1-12.
- Seyhan, I., (1979). Bitlis Masifi Bayramalan ve Halveliyan Disten Yatakları: MTA Rapor No: 7427 (yayımlanmış).
- Tanner, A.O.,(2017). Kyanite and Related Minerals, U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January, 94-95.
- Yıldız, N ve Bircan, H., (1991).Araştırma ve Deneme Metodları, Atatürk Üniversitesi Yayınları No:697, 227s.

Optimization of Effective Parameters in Enrichment of Disten Ore with Shaky Table

Extended Abstract

Although, there are anhydrous aluminosilicate minerals such as kyanite, andalusite and sillimanite with same chemical formula Al_2SiO_5 , they differ in their inherent structures and physical properties. When the calcination process is applied at temperature around 1350° to 1380° for those material, all of them will turns to the heat tolerant material which are mullite $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, and silica SiO_2 . As it can be understood from the name of itself, heat tolerant materials can resist to high temperature, so it is generally used in the era where high temperature applications such as furnaces, ladles, boilers, kilns etc... take place.

The most important feature of the andalusite and sillimanite affirmed as refractory material are small volume changes when it is exposed calcination. These fact is important to compensate shrinkage of other material. As a result of calcination reaction, sillimanite materials turns to mullite and silise. In the course of that process, the volume of disten increases as 16-18% of its original volume, whereas andalusite 4% and sillimanite 6%. Most of the time, andalusite and sillimanite are able to reach up higher volume without any calcination reaction. However, disten should be calcined to enlarge its volume due to its inherent structure. That characteristic feature can be utilized in order to prevent cracking of clay after burning process.

USA and India are at the top of disten material production whereas, Peru and South America follows them in production of andalusite.

With respect to content of disten mineral, different enrichment method is used. If the content is composed of manyetite and biotite materials, severe dry or wet magnetic separation method will be performed. If quarts and feldispate content is high, wet or dry density method is carried out for separation. On the other hand, in the fine particle phase of disten, deregulation is appeared, floatation method should be done. Moreover, shaking table-floatation or magnetic separation+floatation method can also be used with respect to characteristic feature of material and deregulation rate with in the manner of enrichment method.

Ore dressing process and laboratory studies takes so long time. Every steps of research and experiment is linked to each other, so each step of studies should be ended in order to be able to commence next step of process. Due to long experimentation time, the rate of error increases. These errors can result from ambient condition like temperature, whether, noise pollution, electricity as well as individual problems like phycology and experience level of person performing experiment. In order to minimize error causing by that triggers and spending time in laboratory, statistical experimental testing setup has been used. By statistical method, condition of jerky table in parameters, velocity, amplitude and slope were investigated. The experimental results those has been appeared by performing statistical test method, 2^n factorial design of Yates apparatus, were analyzed by Anova variance analysis.

The most effective parameter (ac) is the internal interaction parameter; It was observed that the effect was positive when the speed and slope were high. Here, Al_2O_3 was recovered with 47.21% yield and 66.79% yield. On the internal interaction parameter (ac), which is the most effective parameter, samples classified according to grain size were subjected to shaking table tests. The best result was obtained with the experiment in the range of $-0.2 + 0.1$ mm, the 51.24% Al_2O_3 grade concentrate was obtained with the yield of 74.30%.

Keywords: Bitlis (Hürmüz) kyanite, concentration with shaking table, Yate's, Anova