
IV. INTERNATIONAL ISTANBUL SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

APRIL 2-4, 2021

DISSOLVING ZINC FROM SMITHSONITE MINERAL BY DIRECT LEACHING METHOD

Soner Top^{1*}

^{*1}*Abdullah Gül University, Engineering Faculty, Nanotechnology Engineering Department, Kayseri, Turkey.*

ORCID Code: 0000-0003-3486-4184

ABSTRACT

In this study, the recovery of zinc (Zn) from a carbonated zinc ore by sulfuric acid (H₂SO₄) leaching was investigated. The effects of acid concentration, leaching time and temperature parameters on Zn dissolution were investigated using Box Behnken test design, which is one of the response surface methodologies of statistical analysis. Stirring speed, particle size and solid ratio values were determined as fixed parameters. Zn dissolution values were calculated by XRF analysis on the basis of the Zn grades in the insoluble solid and the weight of the insoluble solid. Mineral dissolution and newly formed synthetic mineral assets were revealed by XRD analysis. The results show that the temperature and acid concentration parameters are more effective in Zn dissolution. At the end of the leaching process of 15-120 minutes, Zn dissolution values of 74-96% were obtained. Considering that the smithsonite mineral dissolves rapidly, extra leaching experiments were carried out for 5 minutes at a concentration of 1 M H₂SO₄ and at 3 different temperatures. It was determined that the Zn dissolution rates in these experiments varied between 69-84%.

Keywords: Zinc, Leaching, Dissolution, Smithsonite, Sulfuric acid.

SİMİTSONİT MİNERALİNDEN DİREKT LİÇ YÖNTEMİYLE ÇİNKONUN ÇÖZÜNDÜRÜLMESİ

ÖZET

Bu çalışmada bir karbonatlı çinko cevherinden sülfürik asit (H₂SO₄) liçi ile çinko (Zn) kazanımı araştırılmıştır. İstatistiksel analizin yanıt yüzeyi metodolojilerinden olan Box Behnken test dizaynı kullanılarak asit konsantrasyonu, liç süresi ve sıcaklık parametrelerinin Zn çözünmesine etkileri araştırılmıştır. Karıştırma hızı, tane boyutu ve katı oranı değerleri sabit parametreler olarak belirlenmiştir. Zn çözünme değerleri XRF analizi ile çözünmeyen katıdaki Zn tenörleri ve çözünmeyen katının ağırlığı esas alınarak hesaplanmıştır. XRD analizleri ile mineral çözünmeleri ve yeni oluşan sentetik mineral varlıkları ortaya konmuştur. Sonuçlar, sıcaklık ve asit konsantrasyonu parametrelerinin Zn çözünmesinde daha etkin olduğunu göstermektedir. 15-120 dakikalık liç işlemi sonucunda %74-96 arasında Zn çözünme değerleri elde edilmiştir. Simitsonit mineralinin hızlı çözündüğü dikkate alınarak 5 dakika süreyle, 1 M H₂SO₄ konsantrasyonunda ve 3 farklı sıcaklıkta ekstra liç deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerdeki Zn çözünme oranlarının %69-84 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çinko, Liç, Çözünme, Simitsonit, Sülfürik asit.

GİRİŞ

Çinko (Zn) ve kurşun (Pb) elementleri doğada oksitli ya da sülfürlü mineraller halinde yataklanmaktadır. Bu nedenle iki elementin mineralleri de genellikle ortak üretim yöntemleri ile ele alınmaktadır. Kurşun ve çinko tabiatı tek başlarına bulunabileceği gibi değişik oranlarda bakır, çinko ve kurşunun beraber bulundukları cevherleşmelere de yaygın olarak rastlanmaktadır. Kurşun bakımından zengin yataklarda

IV. INTERNATIONAL ISTANBUL SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

APRIL 2-4, 2021

gümüş, çinko bakımından zengin yataklarda ise kadmiyum, altın, gümüş metalleri yüksek oranlarda görülebilmektedir. Kurşun ve çinko metallerinin üretimleri maden yataklarından tüvenan cevher üretimi ile başlar ve tüvenan cevherlerin çeşitli zenginleştirme işlemlerinden geçirilmesi sonucunda konsantre cevherler (Pb konsantresi, Zn konsantresi veya bulk konsantre formlarında) elde edilir. Konsantre cevherlerin izabesi yani ergitilmesi sonucunda elde edilen birincil kurşun ve çinko metali çeşitli nihai ürünlere dönüştürülmektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2018). Ayrıca, sonlu olan metal kaynaklarının tüm dünyada tükenmeye devam etmesi ve rezervlerin giderek azalması sonucu metallerin atıklardan kazanımı hız kazanmış ve metal üretim sektörlerinin en önemli konularından biri haline gelmiştir. Buna paralel olarak, son zamanlarda kurşun ve çinkonun ikincil kaynaklardan yani atıklardan geri kazanımına yönelik çalışmalar da hız kazanmıştır.

Kurşun, nispeten yumuşak, dövülebilir, mavi-gri, ağır bir metaldir ve muhtemelen saf haliyle doğal olarak oluşmayan en erken keşfedilen metaldir. Galen (PbS), genellikle sfalerit (ZnS) ile birlikte bulunan ana cevher mineralidir. Galen genellikle gümüş kalıntıları içerir ve bu metalin ana kaynağıdır. Kurşunun ana oksitlenmiş cevher mineralleri serüzit ($PbCO_3$) ve anglezittir ($PbSO_4$). Kurşun en yaygın kullanılan metallere biridir ve üretilen tüm kurşunun %60'ından fazlası kurşun-asit bataryalarda enerji depolamak için kullanılmaktadır. Diğer kullanımlar arasında kurşun folyo, sıhhi tesisat, lehim, ses geçirmezlik, cep telefonu, televizyon ve bilgisayar ekranlarından gelen zararlı radyasyonu engellemek için cama ekleme ve PVC plastiklerde ultraviyole ışın koruyucusu olarak kullanımı sayılabilir. Kurşun bazı uygulamalarda toksiktir ve çevre ve sağlık endişeleri, benzindeki boya pigmentlerinde ve vuruntu önleyici katkı maddelerinde kullanımını azaltmıştır. Arzın % 50'den fazlası hurdadan, özellikle de geri dönüştürülen kurşun asitli akülerden elde edilmektedir (DEM, 2021).

Çinko, kırılğan, kristalin, mavimsi beyaz bir metaldir ve esas olarak, genellikle galenle birlikte birincil sülfür minerali olan sfalerit olarak çıkarılır. Sfalerit %67 Zn içerir ve katı çözelti içinde basit sülfürler olarak genellikle eser miktarda kadmiyum, galyum, germanyum ve indiyum içerir. İkincil minerallerde cevher olarak willemit (Zn_2SiO_4), smithsonit ($ZnCO_3$) ve hemimorfit ($Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot 2H_2O$) içerisinde bulunur. Çinkonun diğer metallerle kolayca birleşmesiyle pirinç (bakır ve çinko), bronz (bakır, kalay ve çinko) ve nikel gümüş (bakır, nikel ve çinko) alaşımlar elde edilebildiği bilinmektedir. Çinko, alüminyum ve bakırdan sonra en çok kullanılan üçüncü demir dışı metaldir. Üretimin yaklaşık %50'si çeliği paslanmaya karşı korumak için galvanizlemede kullanılır. Çinko bileşikler ve tozları kozmetik, plastik, kauçuk, merhem, güneş kremi, sabun, boya, mürekkep, gübre ve pillerde kullanılmaktadır. Batı dünyasında kullanılan çinkonun yaklaşık %30'u geri dönüşümden gelmektedir (DEM, 2021).

Sülfürlü minerallerin zenginleştirilmesinde flotasyon yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır (Brest ve diğ., 2021). Flotasyon yönteminde kazanılmak istenen mineraller anyonik veya katyonik kollektörler kullanılarak belirli pH değerlerinde yüzdürülmekte ve yantaşından ayrılması sağlanmaktadır. Yöntem temel olarak kazanılacak mineral taneciklerinin yüzeyinin kimyasallar kullanılarak hidrofob (su sevmez) olması esasına dayanmaktadır. Ayrıca yöntem yan taşın yüzdürülmesi üzerine de kurulabilmekte ve bu defa ters flotasyon yöntemi olarak isimlendirilmektedir (Al-dhubaibi ve diğ., 2019). Flotasyon yöntemi uygulanmadan önce tane serbestleşmesi sağlanmalı ve kazanılmak istenen mineral yantaşından ayrılacak boyuta indirilmelidir. Tüm mineraller, yüzey özelliklerine göre polar veya polar olmayan tipler olarak sınıflandırılır. Polar olmayan minerallerin yüzeyleri, nispeten zayıf moleküler bağlarla karakterize edilir. Mineraller van der Waals kuvvetleri tarafından bir arada tutulan kovalent moleküllerden oluşur ve polar olmayan yüzeyler su dipollerine kolayca bağlanmaz ve sonuç olarak hidrofobiktir. Grafit, kükürt, molibdenit, elmas, kömür ve talk gibi bu tür mineraller, 60 ila 90 ° arasındaki temas açılarıyla yüksek doğal yüzeylirliğe sahiptir. Bu mineralleri yardım almadan yüzdürmek mümkün olsa da kimyasal maddeler,

**IV. INTERNATIONAL ISTANBUL
SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS**
APRIL 2-4, 2021

hidrokarbon yağları veya köpürtücü maddeler ilavesiyle hidrofobikliklerini arttırmak evrensel bir yöntemdir.

Çizelge 1. Polar minerallerin sınıflandırılması (Wills and Finch, 2005).

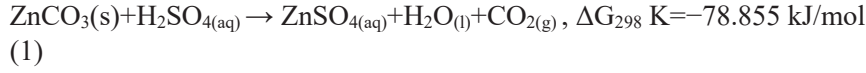
Grup 1	Grup 2	Grup 3(a)	Grup 4	Grup 5
Galen	Barite	Seruzit	Hematite	Zirkon
Kovellin	Anhidrit	Malakit	Manyetit	Willemite
Bornit	Jips	Azurit	Götit	Hemimorfit
Kalkosin	Anglezit	Wulfenite	Kromit	Beril
Kalkopirit			İlmenit	Feldpat
Stibnit		Grup 3(b)	Korundum	Sillimanit
Arjantite		Florit	Pirolusit	Garnet
Bizmutinite		Kalsit	Limonit	Kuvars
Millerit		Witerit	Boraks	
Kobaltit		Manyezit	Wolframit	
Arsenopirit		Dolomit	Kolumbit	
Pirit		Apatit	Tantalit	
Sfalarit		Şelit	Rutil	
Orpiment		Simitsonit	Kassiterit	
Pentlandit		Rodokrozit		
Realgar		Siderit		
Nabit Au, Pt, Ag, Cu		Monazit		

Güçlü kovalent veya iyonik yüzey bağı olan mineraller polar tipler olarak bilinirler ve polar yüzeyde yüksek serbest enerji değerleri sergilerler. Kutupsal yüzeyler su molekülleri ile güçlü reaksiyona girer ve bu mineraller doğal olarak hidrofiliktir. Kutupsal mineral grubu, kutupsallığın büyüklüğüne bağlı olarak çeşitli sınıflara ayrılmıştır (Wills and Finch, 2005). Çizelge 1’de polar minerallerin sınıflandırılması görülmektedir. Burada soldan sağa gidildikçe minerallerin yüzdürülmesi zorlaşmaktadır.

Oksit ve karbonat mineralleri genellikle atmosferik asit özütlemesine uygun olduklarından, dissemine şekilde dağılmış kurşun ve çinko içeren karmaşık metal kaynaklarının işlenmesi için hidrometalurjik işlemler tercih edilir. Proseslerin tehlikeli toz ve toksik gaz yaymadığı ve küçük ölçekli operasyonlar için çok daha düşük sermaye gerektirdiği için daha çevre dostu olduklarından pirometalurjik proseslerden daha

**IV. INTERNATIONAL ISTANBUL
SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS**
APRIL 2-4, 2021

çekicidirler (Kurşunoğlu ve diğ., 2020). Sülfürik asit ile direkt liç işlemi ekonomik nedenlerden ötürü en fazla tercih edilen liç yöntemidir. Simitsonit mineralinin çözünme reaksiyonu Eşitlik 1’de gösterilmektedir.



Bu çalışmada Kayseri ili Yahyalı ilçesindeki karbonatlı çinko cevherinden liç işlemi ile çinko kazanımı araştırılmıştır. Box Behnken dizaynı kullanılarak simitsonit mineralinin çözünme karakteristiği istatistiksel olarak ortaya konmaya çalışılmıştır.

MALZEME VE YÖNTEM

Simitsonit mineralini içeren çinko cevheri Kayseri ili Yahyalı ilçesindeki Zengan Madencilik’e ait yeraltı maden işletmesinden temin edilmiştir. Cevher kurutulduktan sonra laboratuvar ölçekli çeneli kırıcıda 2 cm altına kırılmıştır. Kırılan cevher laboratuvar ölçekli bilyalı değirmende öğütülerek 100 µm boyut altına indirilmiştir. Hidrometalurjik çözündürme işleminde bu boyuttaki cevher kullanılmıştır. Çözündürme işlemi ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda gerçekleştirilmiş ve 350 dev/dk karıştırma hızı, %10 katı oranı ve tane boyutu sabit parametreler olarak belirlenmiştir. Asit konsantrasyonu, sıcaklık ve liç süresi değişken parametreler olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan deney dizaynı Çizelge 2’de görülmektedir.

Çizelge 2. Deneysel çalışmada kullanılan Box Behnken test dizaynı.

Deney sırası	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
	A: Asit konsantrasyonu	B: Sıcaklık	C: Süre
	M	°C	Dakika
1	3	20	120
2	5	60	67.5
3	3	60	120
4	3	60	15
5	1	40	120
6	5	20	67.5
7	3	40	67.5
8	3	20	15
9	3	40	67.5
10	1	40	15
11	1	20	67.5
12	5	40	15
13	1	60	67.5

IV. INTERNATIONAL ISTANBUL SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

APRIL 2-4, 2021

14	5	40	120
----	---	----	-----

Cevherin ve liç kalıntılarının kimyasal içerikleri Minipal 4 Panalytical marka XRF cihazı ile belirlenmiştir. XRD analizleri Bruker D8 Discover marka XRD cihazı ile gerçekleştirilmiş ve minerallerin kantitatif içerikleri Diffrac.Suite EVA yazılımı ile belirlenmiştir. Box Behnken test dizaynı kullanılarak yapılan testler sonucu elde edilen sonuçlar Design Expert 11 istatistiksel yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Liç işlemi ısıtıcılı manyetik akıştırıcı üzerindeki erlen mayer içerisinde gerçekleştirilmiştir. Belirli konsantrasyondaki sülfürik asit çözeltisi behere eklendikten sonra, karıştırma hızı sabit olan çözeltinin istenen sıcaklığa yükselmesi beklenmiştir. İstenen sıcaklığa ulaşıldığında besleme malı behere ilave edilerek liç işlemi başlatılmıştır. Liç işlemi sona erdikten sonra Whatman 1 filtre kağıdı kullanılarak katı sıvı ayrımı gerçekleştirilmiş ve katı liç kalıntısı sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Kurutulan kalıntıların ağırlıkları not edilerek kimyasal içerikleri belirlenmiştir. Zn çözünme verimi Eşitlik 2'deki formülasyon kullanılarak hesaplanmıştır.

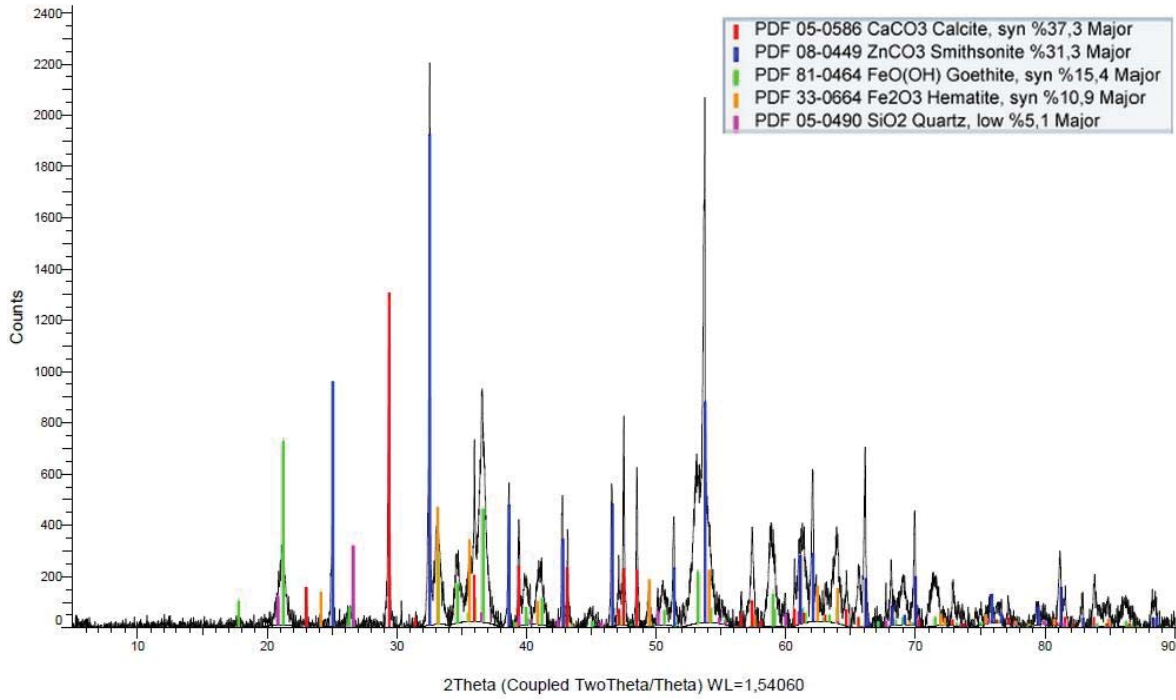
$$\text{Zn çözünme verimi (\%)} = 100 - \frac{\text{Liç kalıntısının ağırlığı} \times \text{Liç kalıntısının \%Zn tenörü}}{\text{Besleme malının ağırlığı} \times \text{Besleme malının \%Zn tenörü}} * 100$$

(2)

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Besleme malının XRD analizi sonucu cevherin %37,3 kalsit, %31,3 simitsonit, %15,4 götit, %10,9 hematit ve %5,1 kuvarstan oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 1). Cevherin kristal oranı ise %70,1'dir. XRF analizi sonucu besleme malının %53,22 Fe₂O₃, %15,80 ZnO, %10,60 SiO₂, %10,00 Al₂O₃, %8,23 CaO, %0,58 K₂O, %0,50 PbO ve %0,17 La₂O₃ içerdiği belirlenmiştir. Liç deneyleri sonucu elde edilen çözünme verimleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Zn çözünme değerlerinin (liç karakteristiğinin) 2FI modeline uyduğu yani değişkenlerin etkisini göstermede öne çıktığı görülmüştür. 2FI modeline göre ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4'te görülmektedir. Model F değeri 49.23, modelin anlamlı olduğunu göstermektedir. Gürültü nedeniyle bu kadar büyük bir F değerinin oluşma ihtimali yalnızca % 0,01'dir. 0.0500'den küçük P değerleri, model terimlerinin anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu durumda A, B, C, AC, BC anlamlı model terimleridir. 0.1000'den büyük değerler, model terimlerinin önemli olmadığını göstermektedir. Modelin R² değeri %97,68'dir.



Şekil 1. Besleme malının XRD analizi.

2FI modeli uyarınca Zn çözünmesi için Eşitlik 3'teki bağıntı kullanılabilmektedir.

$$\text{Zn Çözünmesi (\%)} = 84.75 + 3.16 \cdot A + 4.76 \cdot B + 3.48 \cdot C + 1.23 \cdot AB + 2.59 \cdot AC - 1.70 \cdot BC \quad (3)$$

Analiz sonucunda AC ve BC etkileşimli değerleri etkin olduğundan, asit konsantrasyonu-liç süresi ve liç sıcaklığı-liç süresi için 3 boyutlu yüzey grafikleri oluşturulmuştur. Şekil 2'de grafikler görülmektedir. Burada diğer değişkenin ortalama değerleri için grafikler oluşturulmuştur.

Çizelge 3. Deneysel çalışmada elde edilen Zn çözünme verimleri.

Deney sırası	Zn çözünmesi (%)
1	85.19
2	92.09
3	92.12

**IV. INTERNATIONAL ISTANBUL
SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS**
APRIL 2-4, 2021

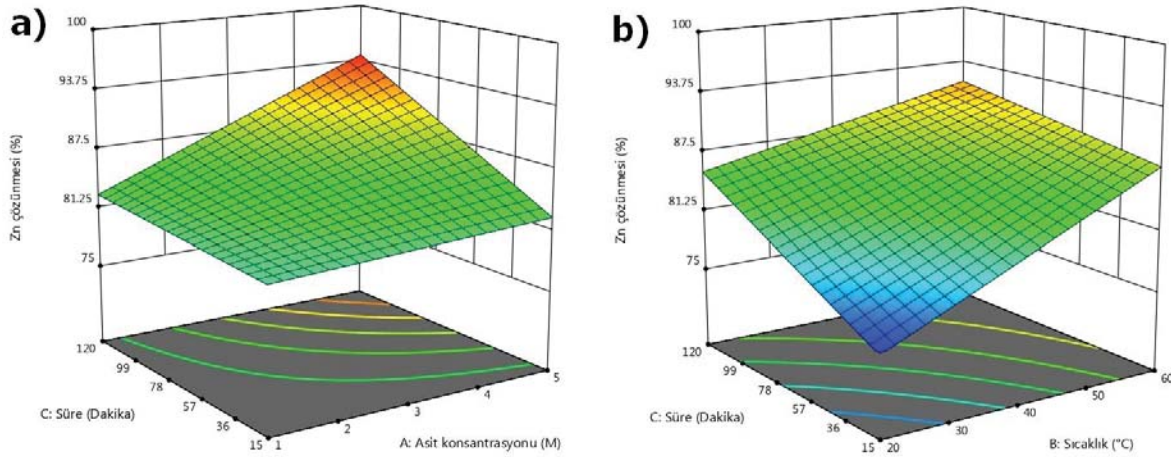
4	88.08
5	82.30
6	80.91
7	85.06
8	74.34
9	84.20
10	80.98
11	78.27
12	83.34
13	84.54
14	95.04

Çizelge 4. 2FI modeli uyarınca ANOVA analizi sonuçları.

Kaynak	Kareler toplamı	Df	Ortalama kare	F-value	P value	
Model	403,45	6	67,24	49,22	2,2527500822936e-05	Significant
A-Asit konsantrasyonu	79,91	1	79,91	58,50	0,00012124512619689	
B-Sıcaklık	181,64	1	181,64	132,98	8,3004586490253e-06	
C-Süre	97,29	1	97,29	71,23	6,4652993319606e-05	
AB	6,05	1	6,05	4,43	0,073233935903087	
AC	26,93	1	26,93	19,71	0,0030066402739672	
BC	11,60	1	11,60	8,49	0,022520111064405	
Kalıntı	9,56	7	1,36			
Uyum eksikliği	9,18	6	1,53	4,09	0,36110132091327	not significant
Pür hata	0,37	1	0,37			
Toplam	413,01	13				

Şekil 2a'dan da anlaşılacağı üzere liç süresinin düşük olduğu deneylerde asit konsantrasyonunun Zn çözünmesi üzerine etkisi çok düşük olmuştur. 15 dakika liç süresinde Zn çözünme değerleri %80

civarlarındadır. 1 M sülfürik asit konsantrasyonunda liç süresinin çözünme üzerine etkisi yine az gözlenmektedir. Özellikle 1 saat liç süresi ve 3 M asit konsantrasyonunun üzerinde Zn çözünme değerleri %10'dan fazla artarak %94 seviyelerine yükselmektedir (Şekil 2a). Liç süresinin 15 dakika olduğu deneylerde sıcaklığın 20 °C'den 60 °C'ye yükseltilmesiyle Zn çözünme verimlerinde yaklaşık %15'lik bir artış sağlanmıştır. Liç süresinin artırılması düşük sıcaklıkta gerçekleştirilen deneylerde Zn kazanma veriminin kayda değer ölçüde yükselmesine neden olurken yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen deneylerde liç süresinin Zn çözünmesi üzerine etkisi düşük olmuştur (Şekil 2b).

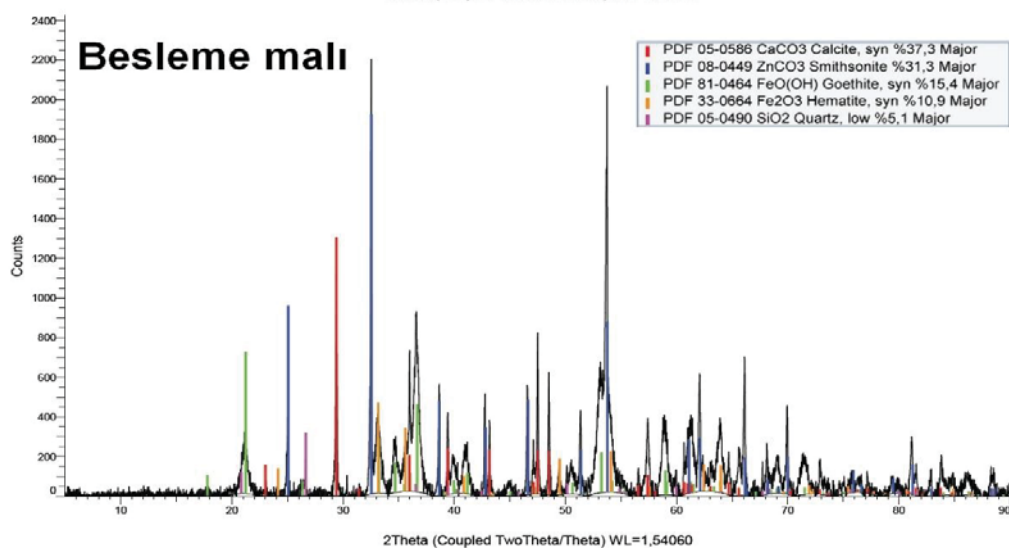
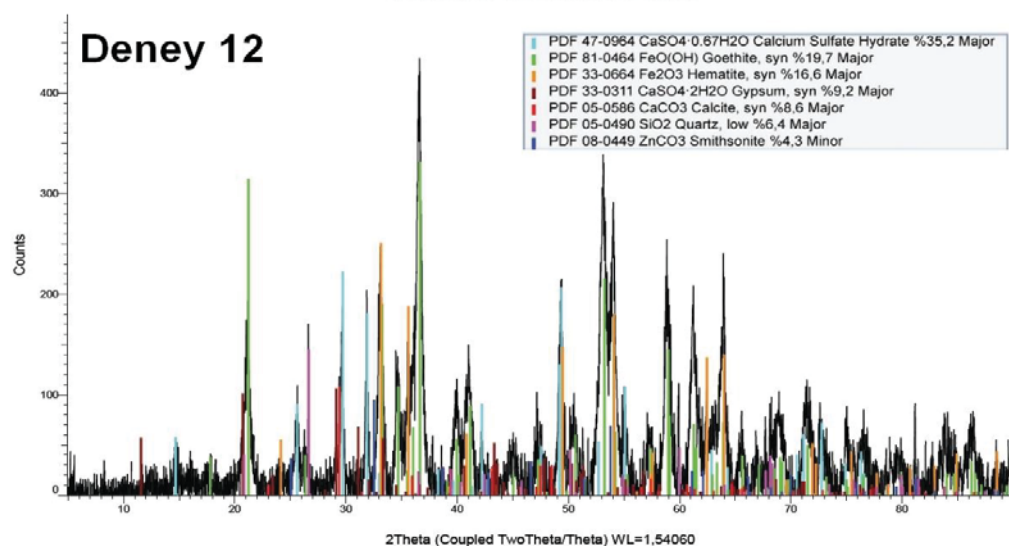
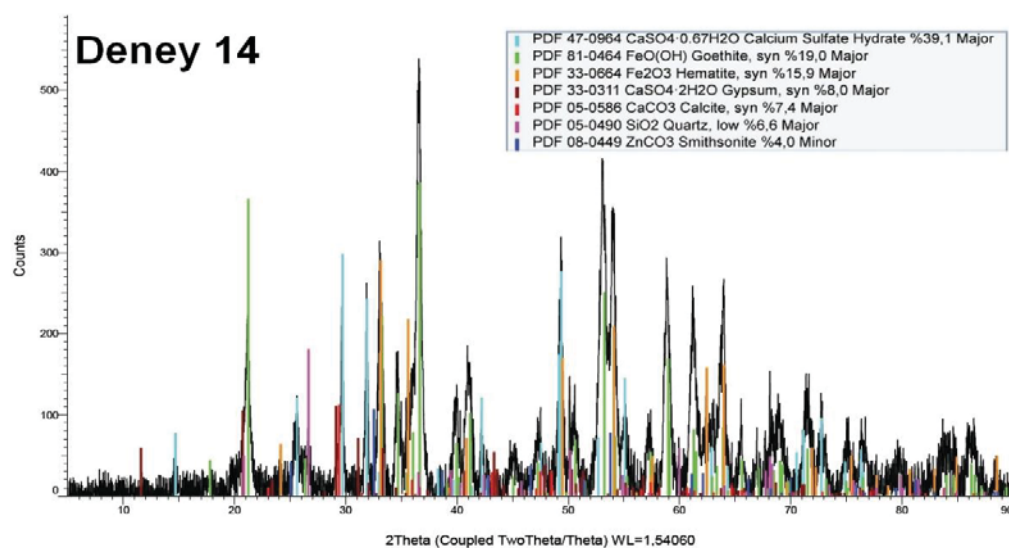


Şekil 2. 3 boyutlu yüzey grafikleri: a) Liç süresi ve asit konsantrasyonunun etkisi b) Liç süresi ve liç sıcaklığının etkisi.

Şekil 3'te besleme malı ile bazı liç kalıntılarının XRD diyagramları görülmektedir. Liç işlemi sonrasında sülfürik asit etkisiyle çözünen kalsit minerallerinin CaSO_4 'a (Jips ve kalsiyum sülfat hidrat) dönüştüğü açıkça gözlenmektedir. Ayrıca simitsonit mineralinin çözündüğü ve bu mineralin pik şiddetinin oldukça azaldığı görülmektedir. Bunun yanında çözünmeyen kuvars mineralleri ile karbonatlı minerallerden çok daha düşük çözünme değerlerine sahip olan demir minerallerinden hematit ve götün pik şiddetlerinin yükseldiği anlaşılmaktadır.

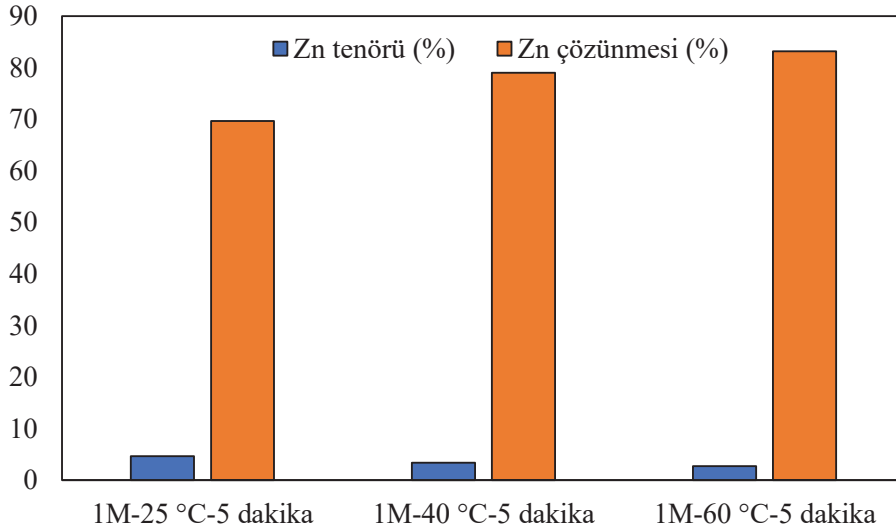
IV. INTERNATIONAL ISTANBUL SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

APRIL 2-4, 2021



Şekil 3. Besleme malı ile bazı deneylerin liç kalıntılarının XRD patternleri.

Liç işlemleri sonucunda 1 M sülfürik asit çözeltisinde dahi yüksek çözünme verimleri elde edildiğinden ötürü 1 M sülfürik asit çözeltisi, 350 dev/dk karıştırma hızı, -100 µm tane boyutu ve %10 katı oranı parametreleri sabit tutularak 20, 40 ve 60 °C sıcaklıklarda ek olarak 3 adet deney gerçekleştirilmiştir. Şekil 4'ten de görüleceği üzere 5 dakikalık liç süresinde dahi Zn çözünme değerleri %70'in üzerinde gerçekleşmiştir. Sıcaklık arttıkça Zn çözünmesi de artmaktadır. 60 °C sıcaklıkta 5 dakikadaki Zn çözünmesi %83,16 ve liç kalıntısındaki Zn tenörü %2,72'dir.



Şekil 4. 1 M sülfürik asit çözeltisinde Zn çözünmesi ve liç kalıntılarının Zn tenörleri.

ÇIKARIMLAR

Çalışma kapsamında Kayseri ilinin Yahyalı İlçesi'ndeki bir yeraltı maden işletmesinden alınan çinko cevheri olan simitsonitin sülfürik asit çözeltisi kullanılarak çözündürülmesi araştırılmıştır. Box Behnken deneysel tasarımı kullanılarak asit konsantrasyonu, sıcaklık ve liç süresinin Zn çözünmesine etkileri modellenmiştir. Deneysel çalışmalar ışığında aşağıdaki çıkarımlarda bulunulabilir:

- Simitsonit mineralinin sülfürik asit çözeltisi içerisinde çözündürülmesi ile %95 üzerinde kazanma verimi ile Zn çözündürülebilmektedir.
- Katı/sıvı ayırımından sonra elde edilen liç kalıntılarının XRD analizleri sonucu cevher içerisindeki simitsonit mineralinin kayda değer ölçüde azaldığı, daha az çözünen hematit, götit gibi demir mineralleri ile çözünmeyen kuvars minerallerinin pik şiddetlerinin arttığı, çözünen kalsit mineralinin jips ve sulu jips minerallerine dönüştüğü belirlenmiştir.
- Box Behnken test dizaynı ile gerçekleştirilen deneylerden elde edilen Zn çözünme değerleri kullanılarak gerçekleştirilen ANOVA analizi sonucunda Zn çözünme karakteristiğinin 2FI modeline uyduğu belirlenmiştir.

IV. INTERNATIONAL ISTANBUL SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

APRIL 2-4, 2021

- 1 ve 3 M sülfürik asit çözeltisi ile gerçekleştirilen ek deneyler sonucunda 5 dakikalık kısa bir liç süresi neticesinde dahi Zn çözünme değerlerinin %70-83 arasında değiştiği ve Zn çözünmesinin çok hızlı olduğu belirlenmiştir.
- Sülfürik asit ile liç işlemi sonucu Zn kazanımı, flotasyon yönteminin çok verimli olmadığı simitsonit türü karbonatlı cevherlere uygulanabilir.
- Liç çözeltisinin demir ve kalsiyum gibi istenmeyen elementlerden arındırılması için pH ayarlama ile çöktürme ve solvent ekstraksiyonu türü yöntemler kullanılabilir. Sonrasında saf Zn çözeltisinden elektroliz ile Zn metali elde edilebilir.

KAYNAKLAR

Al-dhubaibi A , Vapur H , Top S 2019. Effective Processing of Specularite Ore by Wet Magnetic Separation and Reverse Flotation Techniques. Hittite Journal of Science and Engineering, 6(3): 201-208.

DEM (Government of South Australia, Department for Energy and Mining), Lead-Zinc, Uses, https://energymining.sa.gov.au/minerals/mineral_commodities/lead_-_zinc, Erişim tarihi: [01.02.2021].

Kalkınma Bakanlığı, On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), Madencilik Politikaları Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2018.

Brest KK, Henock MM, Guellord N, Kimpiab M, Kapiamba KF 2021. Statistical investigation of flotation parameters for copper recovery from sulfide flotation tailings. Results in Engineering, 9: 2590-1230.

Kurşunoğlu S, Top S, Kaya M 2020. Recovery of zinc and lead from Yahyali non-sulphide flotation tailing by sequential acidic and sodium hydroxide leaching in the presence of potassium sodium tartrate. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 30(12): 3367-3378.

Wills BA, Finch JA 2005. Wills' mineral processing technology: an introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery. England: Butterworth-Heinemann, pp. 258