

Atık Katalitik Konvertörden Safsızlıkların Giderilmesinde Kullanılan Parametrelerin Optimizasyonu

Muhammet Yunus PAMUKOĞLU¹, Nilüfer GÖNEN¹

ÖZET: Katalitik konvertörler araçların egzoz emisyonlarındaki yanmamış hidrokarbonları azaltmak, oluşan azot oksitleri parçalamak için kullanılmaktadır. Fosil yakıtların önemli bir oranda tüketildiği araç motorlarında egzoz emisyonlarının kontrolü ve sınır değerlerini aşan araçların gerekli sistemleri değiştirmeleri çevresel problemlerden biri olan hava kirliliğini azaltmak için son derece önemlidir. Bu çalışmada, benzinli araçlardan elde edilen katalitik konvertörlerinden safsızlıkların giderilmesinde kullanılan parametreler optimize edilmiştir. Bu çalışma sonucunda, benzinli araç atık katalitik konvertörünün sülfürik asit ile gerçekleştirilen safsızlık giderimi işleminde katı/sıvı oranını, sıcaklık, karıştırma hızı, asit konsantrasyonu ve liç süresinin etkileri araştırılmış ve en uygun koşullar tespit edilmiştir. 10 N asit konsantrasyonunda, 2 saatlik liç süresinde, 300 dev dk⁻¹ karıştırma hızında, 1/10 katı/sıvı oranında ve 90 °C sıcaklıkta yaklaşık % 30-35 gibi bir safsızlık giderimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Çevresel etkiler, hava kirliliği, katalitik konvertör, safsızlıkların giderimi.

Optimization of The Parameters Used in Removing Impurities from Used Catalytic Converter

ABSTRACT: Catalytic converters are used to decrease the amount of unburned or partially oxidized hydrocarbons and nitrous oxides in vehicles' exhaust emissions. It is vitally important to control and to alter the catalytic systems of the vehicles having an exceeding exhaust emissions by usage of fossil fuels in large quantities. In this study, the parameters used in removing the impurities of the used catalytic converter has been optimized derived from gasoline-powered vehicles. In this study, the effects of solid/liquid ratio, stirring rate, acid concentration, and leaching time were investigated and optimum conditions for the removal of base metals (impurities) from the waste catalytic converter obtained from gasoline using vehicle were determined. The impurity removal of 30-35% by weight was obtained using the 10 N acid concentration, 2 hours of leaching time, 300 rpm mixing rate, 1/10 solid/liquid ratio and at 90 °C.

Keywords: Environmental impacts, air pollution, catalytic converters, removal of impurities.

¹ Süleyan Demirel Üniversitesi, Mühendislik, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Muhammet Yunus PAMUKOĞLU, yunuspamukoglu@sdu.edu.tr

GİRİŞ

Günümüzde artan araç sayısı hava kirliliğinin önemli nedenlerinden biridir. Bu süreç özellikle büyük şehirlerde daha yoğun hissedilen bir durumdur. Hem benzinli hem de dizel araçlarda egzoz emisyonlarındaki yanmamış hidrokarbon (UHC), karbonmonoksit (CO) ve azot oksit (NO_x) miktarlarını minimize etmek için katalitik konvertörler kullanılması yeni üretilen araçlarda bir yasal zorunluluk haline gelmiştir. Katalitik konvertörde tam yanmamış hidrokarbonların ve CO'nin tam yanmasını sağlamada; NO_x gibi azot oksitlerin de azot ve oksijene parçalanmasında Platin (Pt) paladyum (Pd) ve Rodyum (Rh) metalleri katalizör olarak bulunmaktadır. 1970 yıllarda sadece karbonmonoksit ve hidrokarbon oksidasyonunda kullanılan iki yollu konvertörler; 1980'lerde NO_x emisyonlarını azaltmak için kullanılmaya başlanan üç yollu konvertörler ilk defa Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya tarafından zorunlu hale getirilmiş ve günümüzde kullanımları daha da artmıştır (Kuczynski et al., 1995; Fornalczyk and Saturnus, 2009; Davis Recycling Inc., 2011). Ülkemizin de mevzuat olarak uyum sağlamaya çalıştığı Avrupa Birliğinde 1993 yılında çıkan direktif (94/12/EEC) ile bu konuda bir düzenleme getirilmiştir (Aberasturi et al., 2011).

Bu yasal düzenlemeler hava kirliliğine neden olan bu gazların miktarlarının azalmasında önemli rol oynamıştır. 1974 yılında ilk katalitik konvertörün kullanılmaya başlanmasından bugüne yaklaşık 12 milyar ton tehlikeli gazın oluşumu engellenmiştir (Davis Recycling Inc., 2011). Günümüzde dünyada 500 milyonun üzerinde araçta katalitik konvertör bulunmaktadır. Dolayısı ile ömürlerini tamamlamış konvertörlerin yapısındaki değerli metallerin geri kazanımı hem sürdürülebilirlik hem de ekonomik açıdan bir zorunluluktur. Ülkemizde işlevlerini yitirmiş katalitik konvertörler piyasadan toplanmakta ve bazı fiziksel işlemlerden geçirilerek yurtdışına satılmaktadır.

Katalitik etkiye sahip metallerin doğada eser miktarlarda bulunmasından dolayı bu ürünlerin geri kazanımında bir zorunluluk oluşturmuştur. Bu geri kazanım aşamasında ise en önemli problem teşkil eden kısım ise atık konvertör yapısındaki ana taşıyıcı faz olarak korderit yapısında bulunan Al, Mg metallerinin ve konvertör yapısında oksijen sağlayıcı olarak bulunan Ce metalinin ayrıştırılması işlemleridir. Bu çalışmada, benzinli araç atık katalitik konvertörünün sülfürik asit ile gerçekleştirilen safsızlık giderimi işleminde katı/sıvı

oranını, sıcaklık, karıştırma hızı, asit konsantrasyonu ve liç süresinin etkileri araştırılmış ve en uygun koşullar tespit edilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Deneylerde kullanılan atık katalitik konvertörler Isparta'da yerel sanayi sitesinde egzozculardan satın alınmıştır. Atık katalitik konvertörlerden safsızlıkların giderilmesi için uygulanan liç işleminde en uygun parametreler belirlenirken öğütülüp 106 mikron altına elenen benzinli araçtan çıkan atık konvertör örnekleri kullanılmıştır. Katalitik konvertörlerin liç işleminde sülfürik asit (H_2SO_4 hacimce %96, Merck); işlem sonunda fazla asitliği nötralize etmek ve pH ayarlamak için sodyum karbonat (Na_2CO_3 ağırlıkça %99, Tekkim) ile sodyum hidroksit (NaOH ağırlıkça %99, Tekkim) kullanılmıştır. Katalitik konvertör tozlarının karakterizasyonunda X-ışını toz difraktometresi (XRD), ICP OES ve termal gravimetrik analiz (TGA) kullanılmıştır. Deneylerdeki tartım işlerinde analitik terazi (Precisa XB 220A) kullanılmıştır. Ayrıca laboratuvardaki mevcut olan cam malzemeler, ekipmanlar vs. kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Literatürdeki çalışmalar doğrultusunda (Moldovan et al., 1999; Angelidis, 2001; Aberasturi et al., 2011; Nicol and Nikoloski, 2011) belirlediğimiz yöntemle göre atık konvertör yapısındaki ana taşıyıcı faz olarak korderit yapısında bulunan Al, Mg metallerinin ve konvertör yapısında oksijen sağlayıcı olarak bulunan Ce metalinin ayrıştırılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu doğrultuda katı/sıvı oranı, sıcaklık, karıştırma hızı, asit konsantrasyonu, ve liç süresi değiştirilerek uygun parametreler belirlenmiştir.

Katı/Sıvı Oranının Etkisi

Atık katalitik konvertör yapısındaki safsızlıkların giderilmesinde ilk olarak katı/sıvı oranının etkileri araştırılmıştır. Katı/sıvı oranının 1/5 ile 1/20 arasında olacak şekilde 4 farklı oran denenmiştir. Bu liç işlemlerinde sıcaklık 90°C , karıştırma hızı 300 dev dk^{-1} , kullanılan asit konsantrasyonu $10\text{ N H}_2\text{SO}_4$ ve liç süresi 2 saat olarak sabit tutulmuştur. Farklı Katı/sıvı oranlarında katalitik konvertörlerden çözeltilen safsızlıkların miktarları Çizelge 1'de verilmiştir.

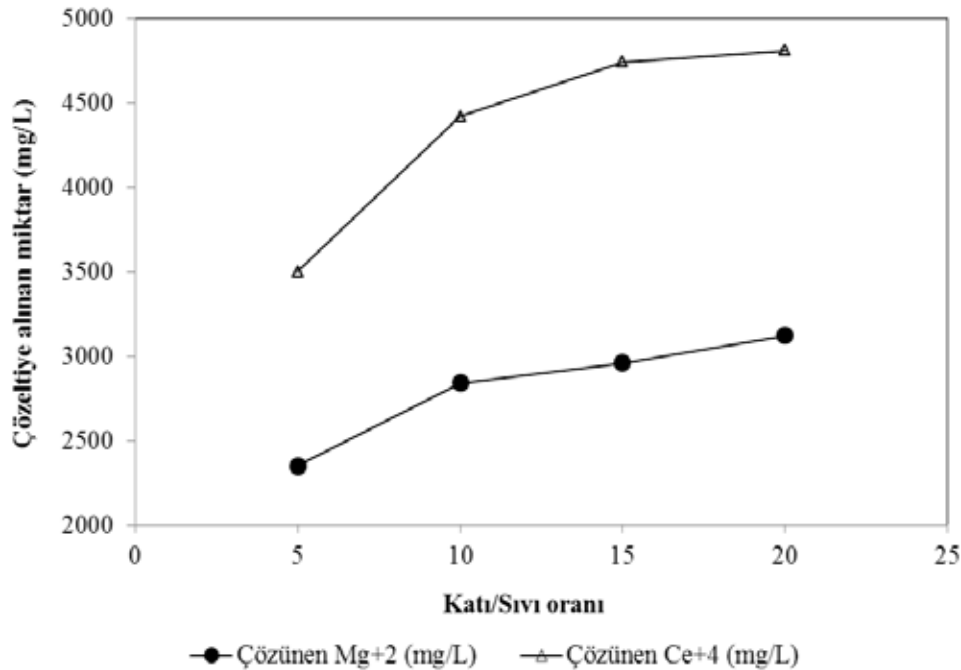
Çizelge 1. Farklı katı/sıvı oranlarında katalitik konvertörlerden çözeltilmeye alınan safsızlıkların miktarları

Katı/Sıvı Oranı	Çözünen Al ³⁺ (mg L ⁻¹)	Çözünen Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Çözünen Ce ⁴⁺ (mg L ⁻¹)	Toplam Kütle Kaybı (%)
1/5	21000	2540	3500	27
1/10	25900	2840	4420	32
1/15	26940	2960	4740	35
1/20	27540	3120	4810	37

Çizelge 1’de görüldüğü üzere katı/sıvı oranının artırılması ile çözünen Al³⁺, Mg²⁺ ve Ce⁴⁺ metallerinin konsantrasyonları da artmıştır. Katı/sıvı oranının 1/5’ den 1/20’ye artırılması ile çözünen Al³⁺ konsantrasyonu sırası ile 21 000 mg L⁻¹’ den 27 540 mg L⁻¹’ ye artmıştır. Buna bağlı olarak kütle kayıpları da %27’ den %37’ ye çıkmıştır.

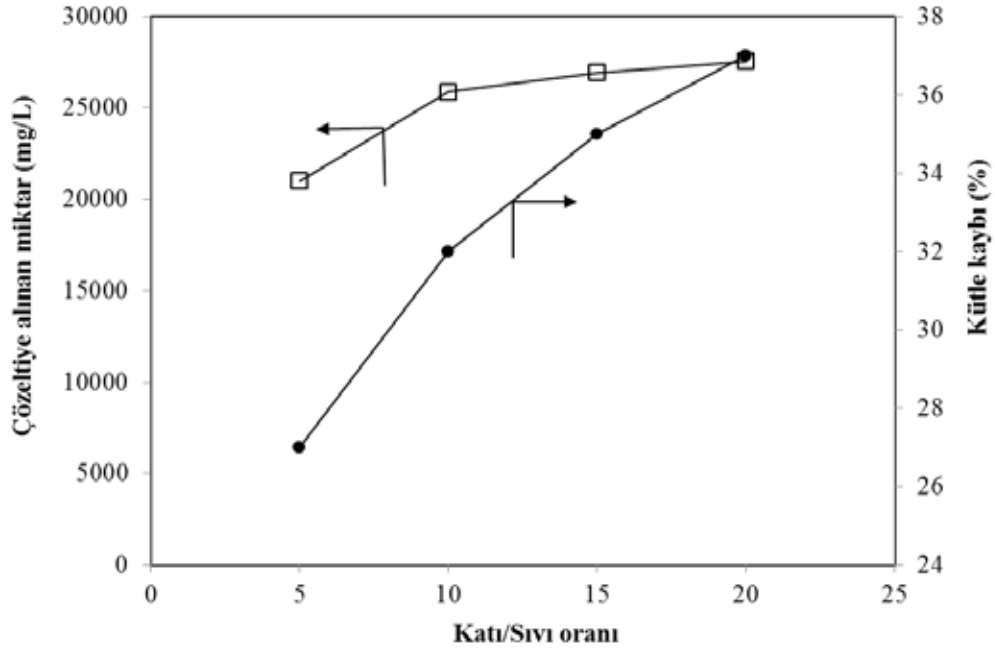
Farklı katı/sıvı oranlarında katalitik konvertörlerden çözeltilmeye alınan safsızlıkların

miktarlarının değişimleri Şekil 1’de verilmiştir. Katı/sıvı oranının artırılması ile çözeltilmeye alınan Mg²⁺ ve Ce⁴⁺ miktarları da artmıştır. Katı/sıvı oranının 1/10’ un üzerinde olması çözünen madde miktarında çok ciddi bir artış göstermemektedir. Bununla birlikte oranın artırılması ile hem kullanılan asit maliyeti hem de atık asit miktarları artacağından optimum katı/sıvı oranı 1/10 olarak belirlenmiş ve diğer çalışmalarda bu oran kullanılmıştır.

Şekil 1. Farklı katı/sıvı oranlarında katalitik konvertörlerden çözeltilmeye alınan Mg²⁺ ve Ce⁴⁺ iyonlarının miktarlarının değişimleri

Farklı Katı/sıvı oranlarında katalitik konvertörlerden çözeltilmeye alınan Al³⁺ ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Katı/sıvı oranının artırılması ile çözeltilmeye alınan

Al³⁺ ve yüzde kütle kayıpları da artmaktadır. Katı/sıvı oranı 1/10 olduğunda çözünen Al³⁺ ve yüzde kütle kayıpları sırası ile 26 000 mg L⁻¹ ve %32 olarak ölçülmüştür.



Şekil 2. Farklı katı/sıvı oranlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Al^{3+} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri

Sıcaklığın Etkisi

Katalitik konvertör yapısındaki safsızlıkların giderilmesinde bir diğer parametre olan sıcaklığın etkileri belirlenmiştir. Bu amaçla çözelti sıcaklıkları 60, 75, 90 ve 105 °C arasında olacak şekilde 5 farklı

sıcaklıkta değiştirilmiştir. Bir önceki bölümde bulunan optimum katı/sıvı oranı 10, karıştırma hızı 300 dev dk^{-1} kullanılan asit konsantrasyonu 10 N H_2SO_4 ve liç süresi 2 saat olarak sabit tutulmuştur. Farklı sıcaklıklarda katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı sıcaklıklarda katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları

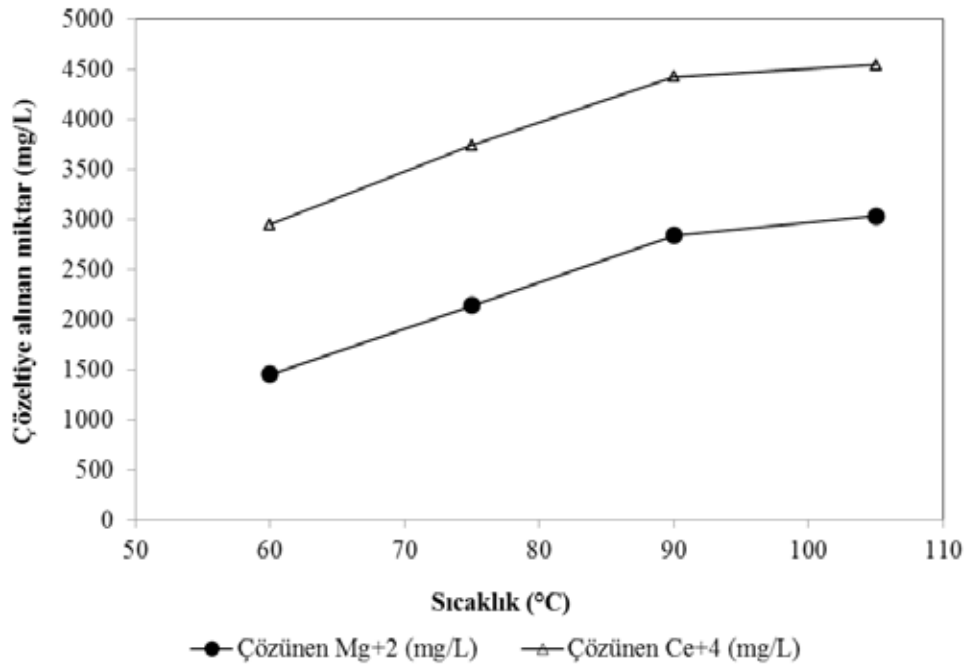
Sıcaklık (°C)	Çözünen Al^{3+} ($mg L^{-1}$)	Çözünen Mg^{+2} ($mg L^{-1}$)	Çözünen Ce^{+4} ($mg L^{-1}$)	Toplam Kütle Kaybı (%)
60	13420	1450	2945	18
75	19450	2140	3740	24
90	25900	2840	4420	32
105	27940	3030	4540	35

Çizelge 2'te görüldüğü üzere sıcaklığın artırılması ile çözünen Al^{3+} , Mg^{+2} ve Ce^{+4} metallerinin konsantrasyonları da artmıştır.

Sıcaklığın 60 °C'den 105 °C'ye artırılması ile çözünen Al^{3+} konsantrasyonu sırası ile 13 420 $mg L^{-1}$ 'den 27 940 $mg L^{-1}$ 'ye artmıştır.

Buna bağlı olarak kütle kayıpları da %18' den %35'e artmıştır.

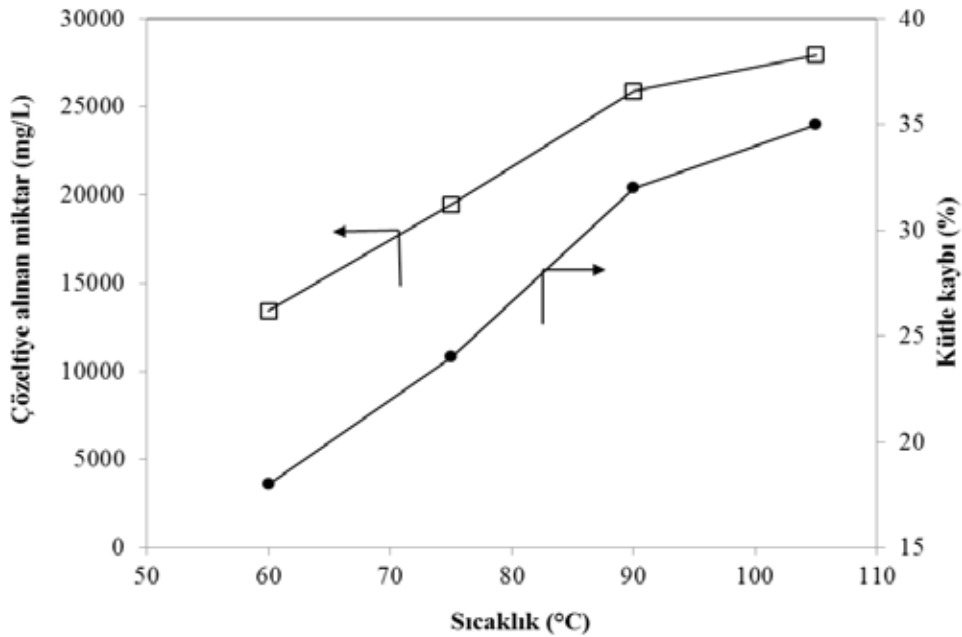
Farklı sıcaklıklarda katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarlarının değişimleri Şekil 3'de verilmiştir. Sıcaklığın artırılması ile çözeltiliye alınan Mg^{+2} ve Ce^{+4} miktarları da artmıştır. Sıcaklık 90 °C'nin üzerinde olması çözünen madde miktarında çok ciddi bir artış göstermemektedir. Bununla birlikte sıcaklığın artırılması ile ısıtmadan kaynaklı maliyet artacağından optimum sıcaklık 90 °C olarak belirlenmiş ve diğer çalışmalarda bu sıcaklık kullanılmıştır.



Şekil 3. Farklı sıcaklıklarda katalitik konvertörlerden çözeltiye alınan Mg⁺² ve Ce⁺⁴ iyonlarının miktarlarının değişimleri

Farklı sıcaklıklarda katalitik konvertörlerden çözeltiye alınan Al⁺³ ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri Şekil 4’ de gösterilmiştir. Sıcaklığın artırılması ile çözeltiye alınan Al⁺³ ve yüzde kütle

kayıpları da artmaktadır. Sıcaklık 90 °C olduğunda çözünen Al⁺³ ve yüzde kütle kayıpları sırası ile 25 900 mg L⁻¹ ve %32 olarak ölçülmüştür.



Şekil 4. Farklı sıcaklıklarda katalitik konvertörlerden çözeltiye alınan Al⁺³ ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri

Karıştırma Hızının Etkisi

Katalitik konvertör yapısındaki safsızlıkların giderilmesinde bir diğer parametre olan karıştırma hızının etkileri araştırılmıştır. Karıştırma hızları 100, 200, 300 ve 400 dev dk⁻¹ olacak şekilde 4 farklı karıştırma hızları denenmiştir. Bir önceki bölümde

bulunan optimum katı/sıvı oranı ve sıcaklık değerleri sırası ile 1/10 ve 90 °C, kullanılan asit konsantrasyonu 10 N H₂SO₄ ve liç süresi 2 saat olarak sabit tutulmuştur. Farklı karıştırma hızlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları Çizelge 3’de verilmiştir.

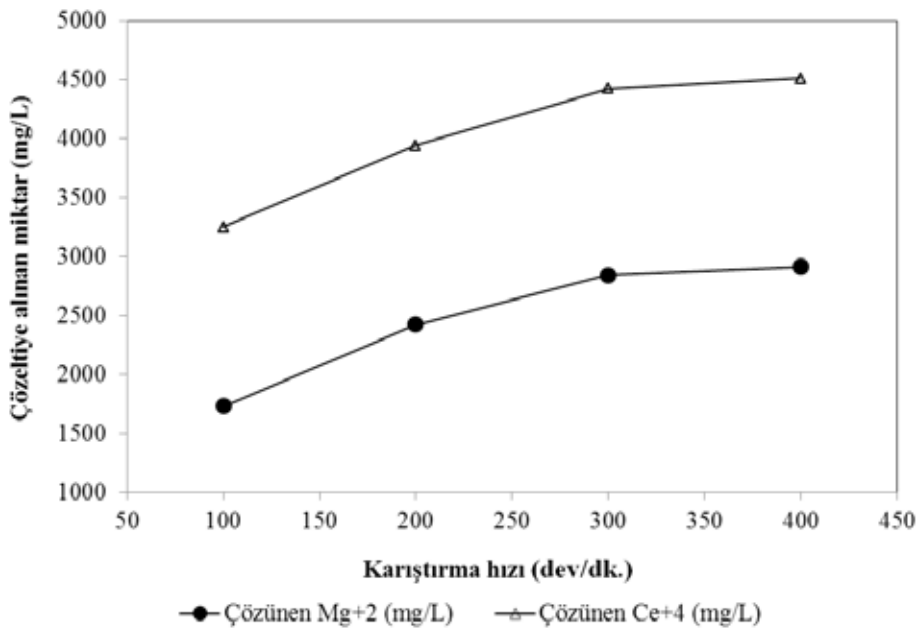
Çizelge 3. Farklı karıştırma hızlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları

Karıştırma Hızı (dev dk ⁻¹)	Çözünen Al ⁺³ (mg L ⁻¹)	Çözünen Mg ⁺² (mg L ⁻¹)	Çözünen Ce ⁺⁴ (mg/L ⁻¹)	Toplam Kütle Kaybı (%)
100	16400	1730	3250	21
200	21400	2420	3940	27
300	25900	2840	4420	32
400	26400	2910	4510	33

Çizelge 3’de görüldüğü üzere karıştırma hızının artırılması ile çözünen Al⁺³, Mg⁺² ve Ce⁺⁴ metallerinin konsantrasyonları da artmıştır. Karıştırma hızının 100 dev dk⁻¹’ dan 400 dev dk⁻¹’ ya artırılması ile çözünen Al⁺³ konsantrasyonu sırası ile 16 400 mg L⁻¹’den 26 400 mg L⁻¹’ye artmıştır. Buna bağlı olarak kütle kayıpları da %21’ den %33’ e artmıştır.

Farklı karıştırma hızlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların

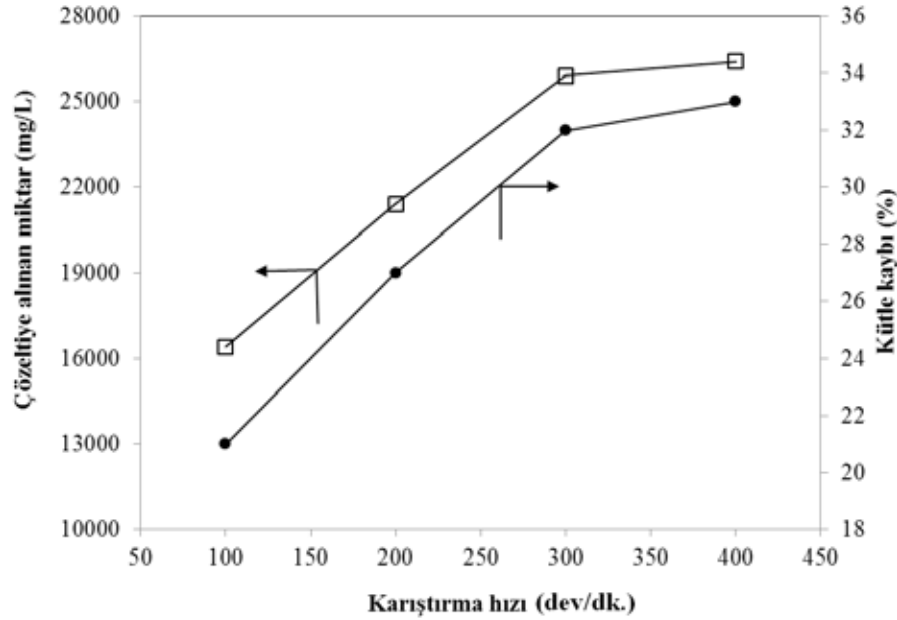
miktarlarının değişimleri Şekil 5’de verilmiştir. Karıştırma hızının artırılması ile çözeltiliye alınan Mg⁺² ve Ce⁺⁴ miktarları da artmıştır. Karıştırma hızının 300 dev dk⁻¹’in üzerinde olması çözünen madde miktarında çok ciddi bir artış göstermemektedir. Bununla birlikte karıştırma hızının artırılması ile enerji kaynaklı maliyet artacağından optimum karıştırma hızı 300 dev dk⁻¹ olarak belirlenmiş ve diğer çalışmalarda bu karıştırma hızı kullanılmıştır.



Şekil 5. Farklı karıştırma hızlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Mg⁺² ve Ce⁺⁴ iyonlarının miktarlarının değişimleri

Farklı karıştırma hızlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Al^{+3} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Karıştırma hızlarının artırılması ile çözeltiliye alınan

Al^{+3} ve yüzde kütle kayıpları da artmaktadır. Karıştırma hızı 400 dev dk^{-1} olduğunda çözünen Al^{+3} ve yüzde kütle kayıpları sırası ile 26400 mg L^{-1} ve %33 olarak ölçülmüştür.



Şekil 6. Farklı karıştırma hızlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Al^{+3} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri

Asit Konsantrasyonunun Etkisi

Katalitik konvertör yapısındaki safsızlıkların giderilmesinde değiştirilen diğer bir parametre olan asit konsantrasyonunun etkileri araştırılmıştır. Kullanılan asit konsantrasyonları 6, 10, 14, 18 N olacak şekilde 4 farklı H_2SO_4 konsantrasyonunda gerçekleştirilmiştir.

Bir önceki bölümde bulunan optimum katı/sıvı oranı, sıcaklık, karıştırma hızı değerleri sırası ile 1/10, $90 \text{ }^\circ\text{C}$ ve 300 dev dk^{-1} ve liç süresi ise 2 saat olarak sabit tutulmuştur. Farklı asit konsantrasyonlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Farklı asit konsantrasyonlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları

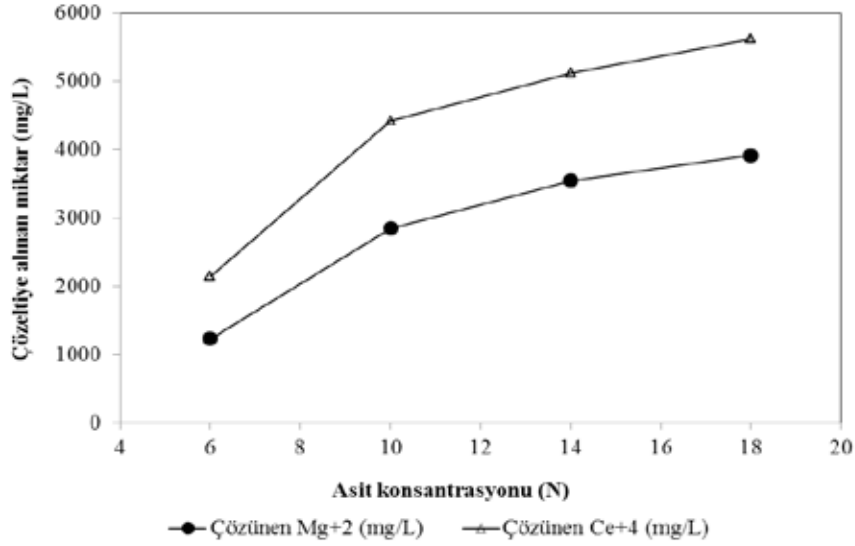
Asit Konsantrasyonu (Normalite)	Çözünen Al^{+3} (mg L^{-1})	Çözünen Mg^{+2} (mg L^{-1})	Çözünen Ce^{+4} (mg L^{-1})	Toplam Kütle Kaybı (%)
6	11200	1230	2140	14
10	25900	2840	4420	32
14	29750	3540	5120	37
18	33250	3910	5620	43

Çizelge 4'te görüldüğü üzere asit konsantrasyonunun artırılması ile çözünen Al^{+3} , Mg^{+2} ve Ce^{+4} metallerinin konsantrasyonları da artmıştır. Asit konsantrasyonunun 6 N' den 18 N'

e artırılması ile çözünen Al^{+3} konsantrasyonu sırası ile 11200 mg L^{-1} ' den 33250 mg L^{-1} 'ye artmıştır. Buna bağlı olarak kütle kayıpları da %14' den %43'e artmıştır.

Farklı asit konsantrasyonlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarlarının değişimleri Şekil 7’de verilmiştir. Sıcaklığın artırılması ile çözeltiliye alınan Mg^{+2} ve Ce^{+4} miktarları da artmıştır. Asit konsantrasyonunun 10 N’ in üzerinde olması çözünen madde miktarında ciddi bir artış göstermiştir. Fakat literatürde

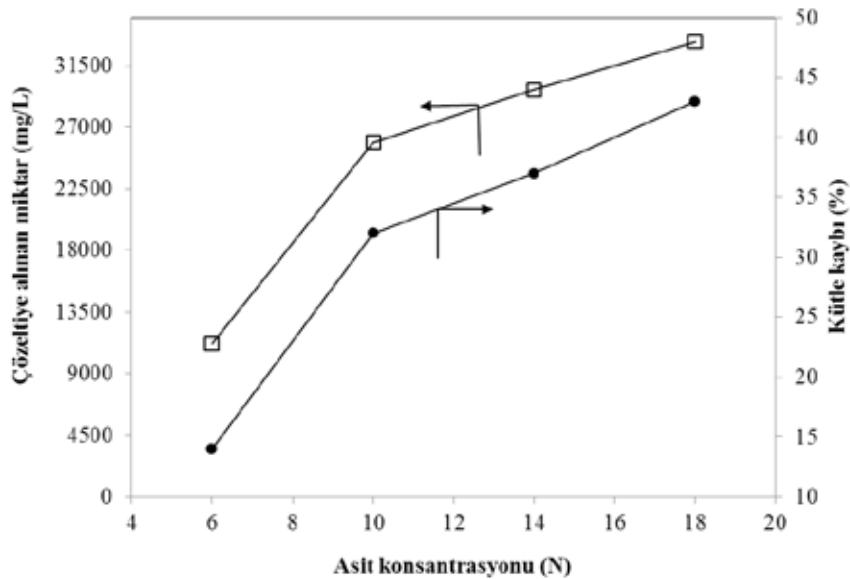
yapılan çalışmalar göstermektedir ki H_2SO_4 konsantrasyonunu 10 N’ in üzerine çıkarıldığında özellikle Pd ve az miktarda da olsa Pt çözünmektedir. Bu sonuç yaptığımız ölçümlerle de doğrulanmıştır. Bu yüzden optimum asit konsantrasyonu 10 N olarak belirlenmiş ve diğer çalışmalarda bu asit konsantrasyonu kullanılmıştır.



Şekil 7. Farklı asit konsantrasyonlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Mg^{+2} ve Ce^{+4} iyonlarının miktarlarının değişimleri

Farklı asit konsantrasyonlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Al^{+3} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri Şekil 8’de gösterilmiştir. Asit konsantrasyonunun artırılması ile çözeltiliye alınan

Al^{+3} ve yüzde kütle kayıpları da artmaktadır. Asit konsantrasyonunu 10 N olduğunda çözünen Al^{+3} ve yüzde kütle kayıpları sırası ile $25\ 900\ mg\ L^{-1}$ ve %32 olarak ölçülmüştür.



Şekil 8. Farklı asit konsantrasyonlarında katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Al^{+3} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri

Liç Süresinin Etkisi

Katalitik konvertör yapısındaki safsızlıkların giderilmesinde son olarak araştırılan parametre ise liç süresinin etkilerinin incelenmesidir. Liç süresi 60, 120, 180, 240, 300 dk. olacak şekilde 5 farklı liç süresinde

gerçekleştirilmiştir. Bir önceki bölümde bulunan optimum katı/sıvı oranı, sıcaklık, karıştırma hızı, H_2SO_4 konsantrasyonu değerleri sırası ile 10, 90 °C, 300 dev dk^{-1} 10 N olarak sabit tutulup, liç süreleri değiştirilmiştir. Farklı liç sürelerinde katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Farklı liç sürelerinde katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarları

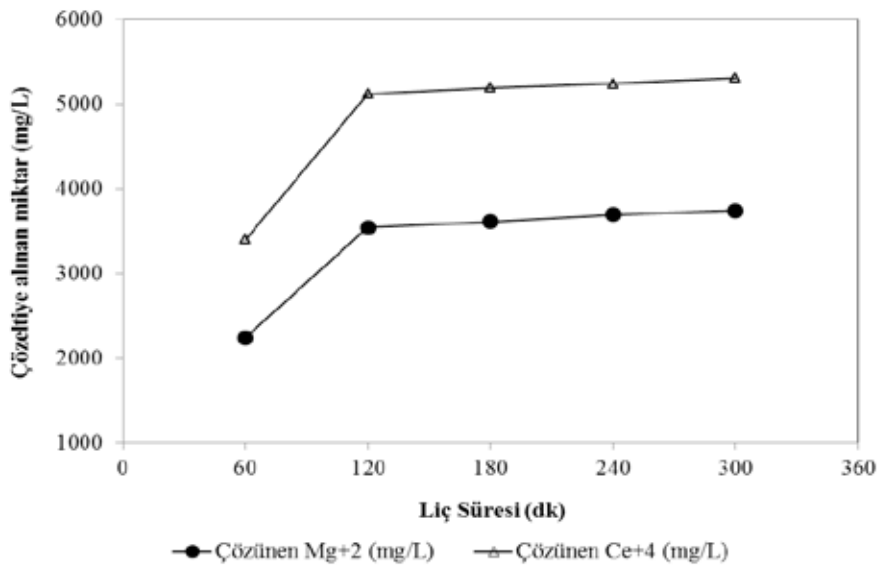
Liç Süresi (dakika)	Çözünen Al^{+3} ($mg L^{-1}$)	Çözünen Mg^{+2} ($mg L^{-1}$)	Çözünen Ce^{+4} ($mg L^{-1}$)	Toplam Kütle Kaybı (%)
60	14250	2240	3400	19
120	29750	3540	5120	37
180	31240	3610	5190	39
240	32210	3690	5240	40
300	32610	3740	5305	41

Çizelge 5’de görüldüğü üzere liç süresinin artırılması ile çözünen Al^{+3} , Mg^{+2} ve Ce^{+4} metallerinin konsantrasyonları da artmıştır.

Liç süresinin 60 dk.’ dan 300 dk.’ ya artırılması ile çözünen Al^{+3} konsantrasyonu sırası ile 14 250 $mg L^{-1}$ ’den 32 610 $mg L^{-1}$ ’ ye artmıştır.

Buna bağlı olarak kütle kayıpları da %19’ dan %41’ e artmıştır.

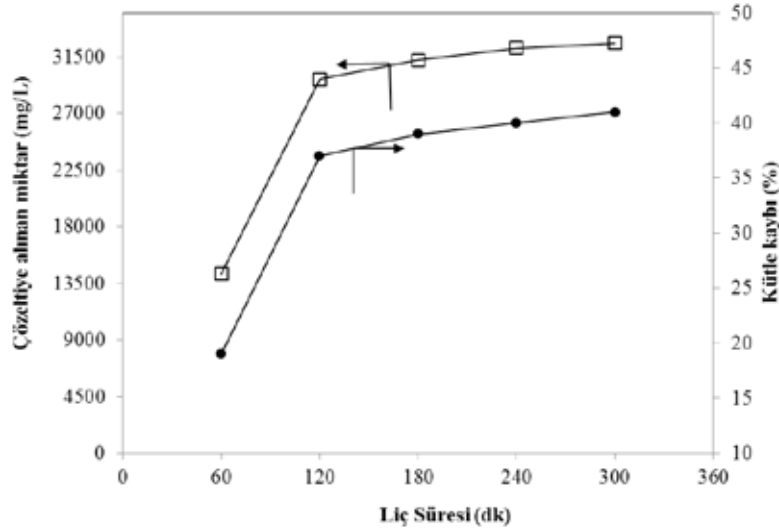
Farklı liç sürelerinde katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan safsızlıkların miktarlarının değişimleri Şekil 9’da verilmiştir. Liç süresinin artırılması ile çözeltiliye alınan Mg^{+2} ve Ce^{+4} miktarları da artmıştır. Liç süresinin 120 dk.’ nın üzerine çıkarılması ile olması çözünen madde miktarında çok ciddi bir artış gözlenmemiştir. Liç süresinin artırılması proses maliyetini arttıracığından optimum liç süresi 120 dk. olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Farklı liç sürelerinde katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Mg^{+2} ve Ce^{+4} iyonlarının miktarlarının değişimleri

Farklı liç sürelerinde katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Al^{+3} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri Şekil 10'da gösterilmiştir. Liç süresinin arttırılması ile çözeltiliye alınan Al^{+3} ve yüzde

kütle kayıpları da artmaktadır. Liç süresi 120 dk. olduğunda çözünen Al^{+3} ve yüzde kütle kayıpları sırası ile $23\ 750\ mg\ L^{-1}$ ve %37 olarak ölçülmüştür.



Şekil 10. Farklı liç sürelerinde katalitik konvertörlerden çözeltiliye alınan Al^{+3} ve yüzde kütle kayıplarının değişimleri

SONUÇ

Benzinli araç atık katalitik konvertörünün sülfürik asit ile gerçekleştirilen safsızlık giderimi işleminde katı/sıvı oranının, sıcaklık, karıştırma hızı, asit konsantrasyonu ve liç süresinin etkileri araştırılmış ve en uygun koşullar tespit edilmiştir. 10 N asit konsantrasyonunda, iki saatlik liç süresinde, 300 dev dk^{-1} karıştırma hızında, 1/15 katı/sıvı oranında ve $90\ ^\circ C$ sıcaklıkta yaklaşık %30-35 gibi bir safsızlık giderimi gerçekleştirilmiştir. Safsızlık giderimi işleminde katalitik konvertör yapısında ciddi miktarlarda seryum (Ce) varlığı tespit edilmiştir. Hidrometalurjik yöntem çevreci bir yöntem olarak görünmemesine karşın

pirometalurjik yöntem sonrasında elde edilen Platin Grubu Metal (PGM) alaşımlarının saflaştırılmasında kullanılmaktadır. Uygun çözücü ve şartlarda bu yöntem atık konvertörlerden PGM liç işleminde de kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Koordinasyon Birimi tarafından 3533-YL1-13 kodlu desteklenen proje kapsamında yapılmıştır. Desteği sağlayan Bilimsel Araştırma ve Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Aberasturi JD, Pinedo R, Ruiz L, Ruiz JI, Rojo T, 2011. Recovery by hydrometallurgical extraction of the platinum-group metals from car catalytic converters, *Minerals Engineering*, 24: 505-513.
- Angelidis, TN, 2001. Development of Laboratory Scale Hydrometallurgical Procedure for Recovery of Pt and Rh from Spent Automotive Catalyst, *Topics in Catalysis*, 16: 1-4.
- Davis Recycling Inc., 05.11.2011 <http://davisconverters.com/catalyticconverters.shtml>, USA.
- Fornalczyk A, Saturnus M, 2009. Removal of Platinum Group Metals from the Used Auto Catalytic Converter, *META-BK*, 48: 133-136.

- Kuczynski RJ, Atkinson GB, Dolinar WJ, 1995. Recovery of Platinum Group Metals from Automobile Catalysts — Pilot Plant Operation, In: *Third International Symposium on Recycling of Metals and Engineered Materials*. (ed. Queneau P.B. and Preston R.D.), The Minerals, Metals & Materials Society, Warrendale, Pennsylvania: 527-541.
- Moldovan M, Gómez M, Palacios M, 1999. Determination of platinum, rhodium and palladium in car exhaust fumes, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 14: 1163-1169.
- Nicol M, Nikoloski A, 2011. Recovery of Platinum Group Metals from Metal-Containing Materials, *World Intellectual Property Organization*, WO2011/140593 A1.