

SİKLON TİPİ GAZ YIKAYICISI İLE BACA GAZINDAN KÜKÜRT DİOKSİTİN UZAKLAŞTIRILMASI

Hakan EKİNCİ, Doğa ALEVER, Emre GÜRLEYİK, Gülnur ŞAHİN,
Ö. Murat DOĞAN, B. Zühtü UYSAL*

Gazi Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Maltepe, 06570 Ankara

ÖZET

Yanmadan kaynaklanan baca gazındaki kükürt dioksitin uzaklaştırılmasında, çevreye zararı olmayan kalsiyum magnezyum asetat çözeltisinin kullanılabilirliği ve veriminin diğer çözeltiler ile karşılaştırılması incelenmiştir. Bu amaçla, 14 cm çapında, 60 cm yüksekliğinde ve 2 cm çapında gaz giriş hattı olan siklon tipi bir gaz yıkayıcısı kullanılmıştır. Çözelti siklonun çıkış borusuna yerleştirilen bir püskürtme sistemi ile kolona beslenmiştir. Çözeltilerin kütleli akış hızı 0 – 0,25 kg/s aralığında, siklona beslenen gazın kütleli akış hızı ise $1,9 \times 10^{-3}$ – $9,4 \times 10^{-3}$ kg/s aralığında değiştirilmiştir. Deneylerde SO₂'nin absorpsiyonu için su, 0,01 M sodyum hidroksit (NaOH) ve 0,01 M kalsiyum asetat (KA) çözeltileri kullanılmıştır.

Yapılan deneylerin sonuçlarına göre, SO₂'yi tutmada kalsiyum asetat çözeltisinin en az sodyum hidroksit kadar etkili olduğu belirlenmiştir. Gaz ve sıvı hızına bağlı olarak giren SO₂'nin % 85'inin kalsiyum asetat çözeltisi ile tutulduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Baca Gazı Desülfürizasyonu, Kalsiyum Magnezyum Asetat,
Siklon Gaz Yıkayıcı

ABSTRACT

The use of calcium magnesium acetate was investigated for sulphur dioxide removal from flue gases. A cyclone wet scrubber with 14 cm diameter, 60 cm height and 2 cm diameter gas inlet line was used for this purpose. Scrubbing solution was sprayed into the cyclone by a spray system mounted in the outlet pipe of the cyclone. Mass flow rate of solution was varied in the interval of 0-0.25 kg/s and gas flow rate in the interval of 1.9×10^{-3} - 9.4×10^{-3} kg/s. Water, 0.01M sodium hydroxide, 0.01M calcium magnesium acetate solutions were used in the experiments.

According to experimental results, calcium magnesium acetate solution was found to be effective for removal of SO₂ as much as NaOH solution. SO₂ removal efficiencies as high as 85 % was obtained under the flow conditions employed in the experiments.

Keywords: Flue Gas Desulphurization, Calcium Magnesium Acetat, Cyclone Scrubber

* bzuysal@gazi.edu.tr

GİRİŞ

Islak gaz yıkayıcı, sıvı yardımıyla kirletici gazların tutulması işleminde kullanılan ekipmanları tanımlayan bir terimdir. Gaz yıkayıcılar hem partikül tutmak için hem de gaz kirleticileri uzaklaştırmak için kullanılabilir. Pek çok farklı şekilde tasarlanmış gaz yıkayıcı vardır. Hepsinin ortak amacı, sıvı gaz temasının çok iyi bir şekilde gerçekleşmesini sağlayabilmektir. Siklon gaz yıkayıcılar da bunlardan bir tanesidir.

Siklon gaz yıkayıcılar, gaz ve partikül kirleticileri tutabilmek için hem siklon hem de püskürtmeli kolonun özelliklerini kullanır. Genellikle gaz siklona teğet olarak girer ve girdap hareketi yaptıktan sonra siklondan çıkar. Bu arada siklona sıvı püskürtülür. Gaz burada girdap hareketi yaparken, gaz kirleticiler sıvı damlacıklar tarafından tutulur ve siklon duvarlarından aşağıya süzülen sıvı ile dışarı atılır.

Siklon gaz yıkayıcılar genellikle basınç düşüşü 4 ile 25 cmSS arasında olan düşük veya orta seviye enerjili yıkayıcılardır (Brown ve Schnelle 2002). Basit ve ucuz oluşu, hareketli parçaların bulunmaması ve makul herhangi bir malzemeden yapılabilmesi en önemli avantajlarından. Yaş sistemlerde 2-6 µm'ye kadar olan partiküller tutulabilir (<http://yosemite.epa.gov>).

Yaş yıkama tekniklerinden birisi olan siklon gaz yıkayıcıyla baca gazı desülfürizasyonunda çeşitli çözeltiler kullanılabilir. Bu çözeltilerden günümüzde en yaygın kullanılanı kireç veya sönmüş kireç çözeltileridir. Fakat sudaki çözünürlüğünün az olması sebebiyle, sıvı fazındaki SO₂ ile reaksiyona giren kalsiyum iyonlarının miktarı sınırlı olmaktadır. Bu sebeple, çözünürlüğü kireç ve kireçtaşından daha fazla olan kalsiyum magnezyum asetat (KMA) çözeltisi kullanılmıştır. 25°C sıcaklığında ağırlıkça %28'lik çözünürlüğe sahiptir (Demiray vd, 1993). Ayrıca kalsiyum magnezyum asetat çözeltisinin baca gazı desülfürizasyonun da kullanılması, yaş sistemlerde berrak çözelti kullanımına ve kullanılan sıvının kolayca tekrar değerlendirilmesine imkan vermesi bakımından da avantajlı sayılmaktadır.

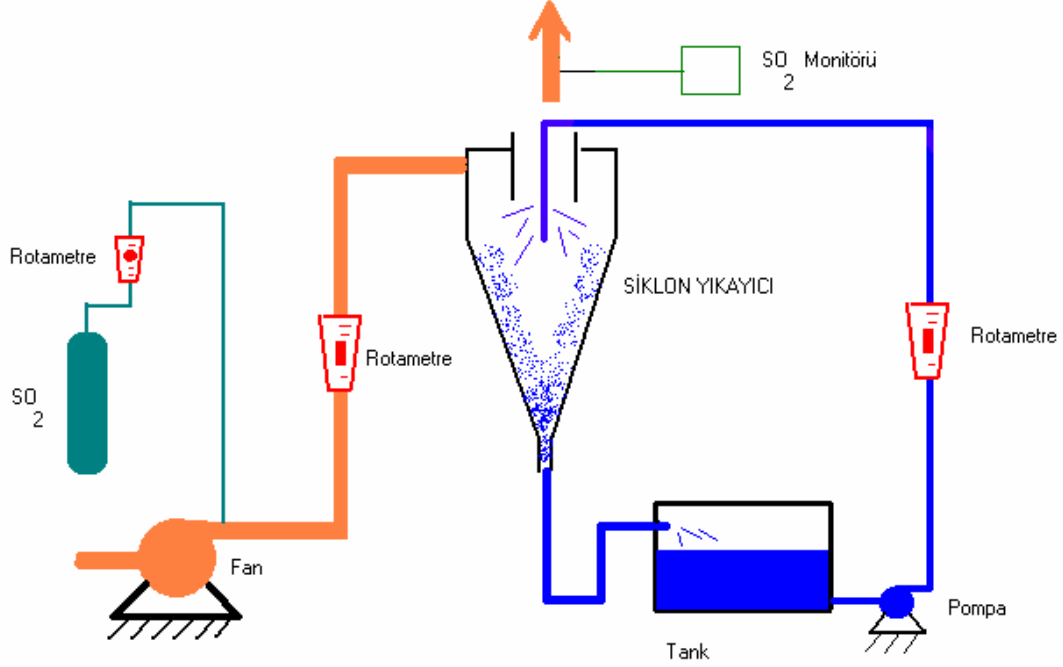
Su ile SO₂ yıkanması eskiden beri bilinmektedir. Dolayısıyla su ile yapılacak olan çalışmalar, diğer çözeltiler için referans alınabilmektedir (Vidal ve Ollero, 2001).

NaOH oldukça iyi çözüldüğünden ve SO₂ ile ani reaksiyon vermesinden dolayı sıvı tarafındaki direnci sifira indirecek referans bir absorbenttir ve gaz yıkayıcı sistemlerde tıkanmalara neden olmamaktadır.

MATERYAL VE METOD

Yapılan çalışmalarda, toplam uzunluğu 60 cm ve 14 cm'lik çapa sahip siklon gaz yıkayıcı kullanılmıştır (Şekil 1). Gaz giriş hattı ise 2 cm çapındadır. Gaz tüpünden alınan saf SO₂, fan ile basılan havayla karıştırılıp siklona gönderilmektedir. SO₂ ve hava miktarlarını ayarlayabilmek için, SO₂ silindiri çıkışına ve siklon gaz yıkayıcıya girişten önce karışım hattının üzerine toplam iki adet rotametre yerleştirilmiştir. Bu şekilde elde edilen baca gazı, siklon gaz yıkayıcıya gönderilir ve üzerine tutucu çözelti püskürtülür. SO₂ çözelti içinde tutularak siklonun altındaki bir tankta biriktirilir. Tutulamayan SO₂, siklon gaz yıkayıcının gaz çıkışında SO₂ monitörü vasıtasıyla tespit edilir. Tanktaki çözelti, pompa vasıtasıyla siklon

gaz yıkayıcıya tekrar püskürtülmek üzere pompalanır. Bu işleme çözelti doygunlaşınca kadar devam edilir.



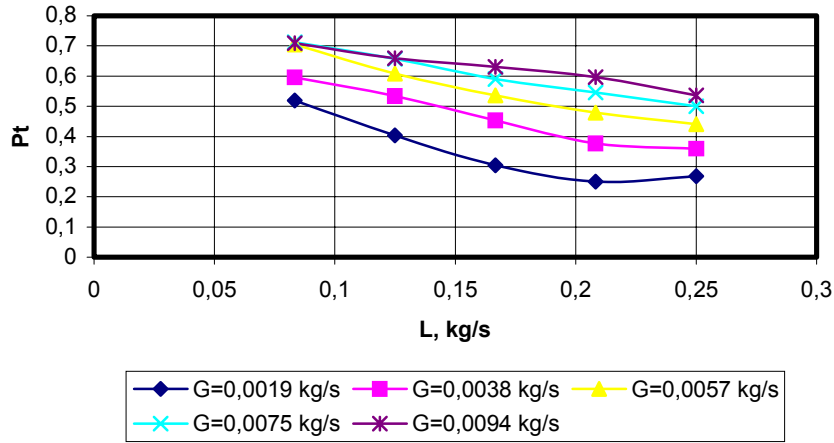
Şekil 1. Deney düzeneği

Bu çalışmada, farklı gaz ve sıvı akış hızlarında su, 0,01 M NaOH ve 0,1 M KMA (kalsiyum magnezyum asetat) çözeltileriyle SO₂ tutulma oranları incelenmiştir. Burada KMA çözeltilisinin hazırlanması daha önce geliştirilen yöntem (Demiray vd, 1993) göre yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

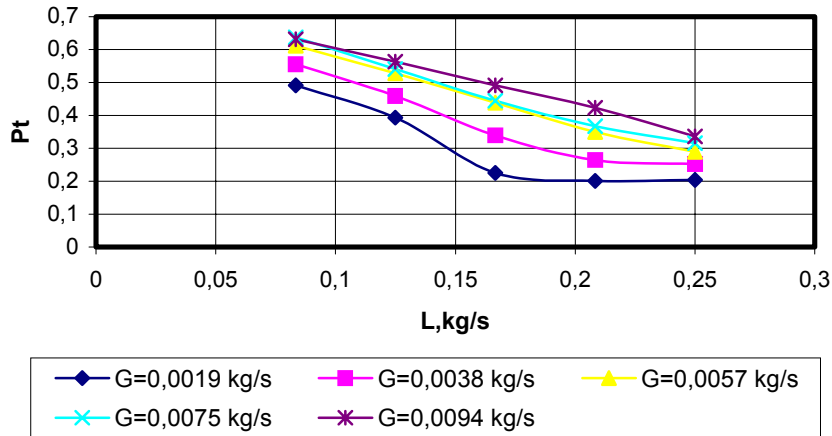
DeneySEL bulgular, çıkan gazın içindeki SO₂ konsantrasyonunun giren gazın içindeki SO₂ konsantrasyonuna oranı olarak tanımlanan penetrasyon (Pt) cinsinden sunulmuştur.

Çalışmanın ilk aşamasında deneylerde su kullanılmıştır. Sabit gaz akış hızında ve artan sıvı akış hızları ile yapılan deneylerde, sıvı akış hızının artmasıyla penetrasyon değerinin azaldığı, dolayısıyla SO₂ tutulma miktarının arttığı ve baca gazından çıkan SO₂ miktarının azaldığı görülmüştür. Sıvı akış hızı yaklaşık 0,21 kg/s olduğunda, Pt miktarının yaklaşık olarak minimum değeri aldığı gözlenmiştir. Su ile yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir.



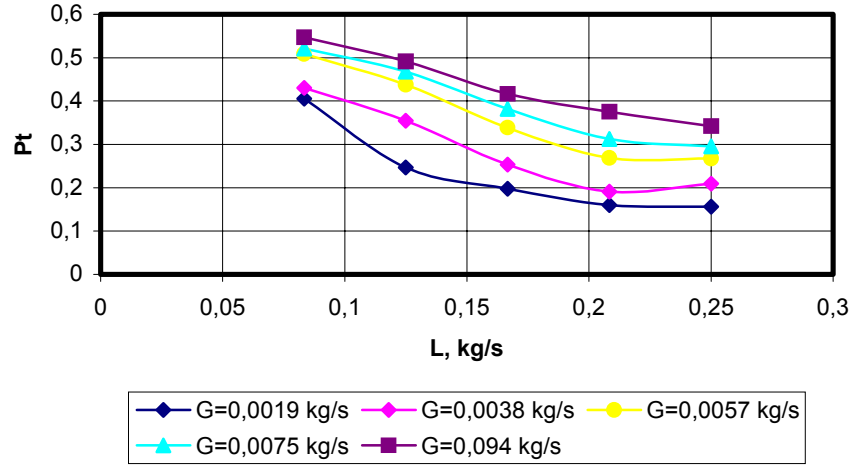
Şekil 2. Farklı gaz ve sıvı akış hızlarında su ile SO₂ tutulması

Yıkayıcı sıvı olarak NaOH çözeltisinin kullanıldığı deneysel çalışmalarda da, yine su ile yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiş, gaz akış hızı 0,0019 kg/s ve sıvı akış hızı 0,21 kg/s olduğunda minimum Pt değeri 0,201 olarak bulunmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Farklı gaz ve sıvı akış hızlarında NaOH ile SO₂ tutulması

Yine benzer sonuçlar, KMA çözeltisi kullanıldığında da elde edilmiştir. Sıvı akış hızı 0,25 kg/s, gaz akış hızı 0,0019 kg/s olduğunda Pt değeri 0,156 olarak bulunmuştur. Şekil 4, sabit gaz hızlarında ve artan sıvı akış hızlarında Pt değerinin değişimini göstermektedir.

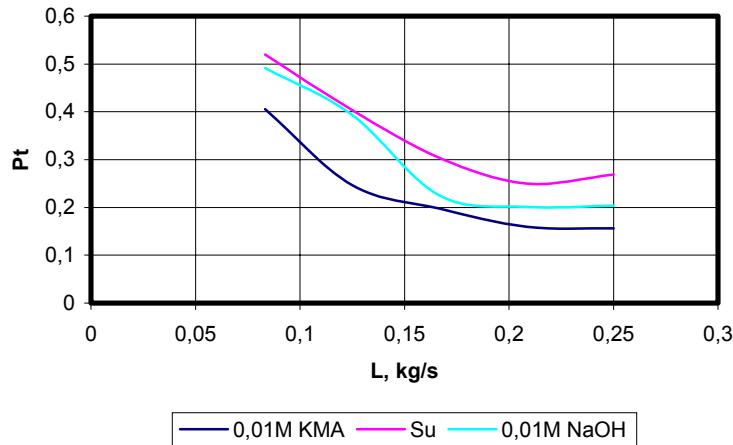


Şekil 4. Farklı gaz ve sıvı akış hızlarında KMA ile SO₂ tutulması

SONUÇLAR

Şekil 2-4 incelendiğinde kullanılan bütün çözeltiler için artan sıvı hızıyla ve azalan gaz hızıyla Pt değerlerinde azalma gözlenmiş, başka bir ifadeyle SO₂ tutulmasında artış elde edilmiştir. Yine aynı şekillerin yakından incelenmesi sonucunda, 0,2 kg/s sıvı akış hızı maksimum SO₂ tutulma miktarına ulaşmak için yeterli gözükmemektedir. Deneysel çalışma şartları dikkate alındığında, incelenen siklon gaz yıkayıcısı için kütleli sıvı/gaz akış hızı oranının yaklaşık 100 olduğu durumda, en yüksek verimin elde edildiği bulunmuştur. Bundan sonraki çalışma şartlarının belirlenmesinde bu sonuçtan yararlanılabilir.

Bu çalışmada kullanılan çözeltilerin performansını göreceli olarak sunabilmek için Şekil 5 hazırlanmıştır. Burada 0,0019 kg/s gaz akış hızı için penetrasyon değerinin sıvı akış hızı ile değişimi su, NaOH ve KMA çözeltileri için gösterilmektedir. Bu şekilden anlaşıldığı gibi 0,01 M'lık NaOH çözeltisinden bile daha iyi performans vermiştir. KMA çözeltisi ile yapılan çalışmada, aynı zamanda kükürt dioksitin yaklaşık olarak % 85'inin çözelti içinde tutulduğu gözlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. 0,0019 kg/s gaz hızında, artan sıvı akış hızlarına göre su, NaOH ve KMA çözeltilerinde SO₂ tutulma oranları

Siklon yıkayıcının orta ölçekli işletmelerde verimli olacağı düşünülmektedir. Deneysel çalışmalar sırasında gözlemlenen basınç düşüşü değerleri düşük olduğu göz önüne alınarak, seri halde kullanılacak bu tip basit ıslak yıkayıcı sistemleri ile tatmin edici tutma miktarlarının sağlanabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi MMF 06/2002-29 nolu Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında yapılmıştır. Katkılarından dolayı Gazi Üniversitesi Rektörlüğüne teşekkür ederiz.

SEMBOLLER

- C : Konsantrasyon (mol/litre)
G : Gaz akış hızı (kg/s)
L : Sıvı akış hızı (kg/s)
M : Molarite (mol/litre)
Pt : Penetrasyon ($C_{SO_2, çıkış} / C_{SO_2, giriş}$)

KAYNAKLAR

Cabbar, H., C., Doğan, Ö., M., Gündüz U., Uysal, B., Z., Kalsiyum asetat ile baca gazı desülfürizasyonu, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü V. Ulusal Sempozyumu Bildiri kitabı, ed. D. Pehlivan, C. Yıldız, H.L. Yücel, 351-359, 2000.

Demiray, S., Doğan, Ö., M., Uysal, B., Z., Kalsiyum magnezyum asetat (KMA) ile yıkanmış kömürün yanması ve SO₂ emisyonu, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü II. Ulusal Sempozyumu Bildiri Kitabı, ed. S. Kara, 171-191, 1993.

Schnelle K. B., Brown C. A. Air Pollution Control Technology Handbook, CRC Pres, Boca Raton, 2002.

<http://yosemite.epa.gov/oaqps/EOGtrain.nsf/DisplayView/NT0000204E?OpenDocument>.

Vidal, F., B., Ollero, P., A kinetic study of the oxidation of S(IV) in seawater, *Environ. Sci. Technol.*, 35, 2792-2798, 2001