

KALSİYUM MAGNEZYUM ASETAT İLE PÜSKÜRTMELİ KOLONDA BACA GAZI DESÜLFÜRİZASYONU

Gülden ÖZDİL GÖK¹, Bekir Zühtü UYSAL^{2(*)}

¹ Niğde Üniversitesi, Aksaray Müh. Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 68100 Aksaray
² Gazi Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Maltepe, 06570 Ankara

ÖZET

Kükürtdioksit en önemli ve yaygın hava kirleticilerden biridir. Kükürtdioksit emisyonunu kaynağında en aza indirmek, hava kirliliğini önlemede en etkin yöntemlerdendir. Bu amaçla kuru veya yaş desülfürizasyon sistemleri kullanılabilir. Veriminin yüksek olması ve gaz kirleticilerini tutmasının yanı sıra partikül emisyonunu da azaltması bakımından, yaş sistemler özellikle termik santral gibi büyük işletmelerde tercih edilmektedir. Yaş sistemlerde aktif madde olarak en çok kireçtaşı/sönmüş kireç kullanılmaktadır. Ancak bu maddelerin sudaki çözünürlüklerinin küçük olması, desülfürizasyon sisteminin verimliliğini etkiler. Bu sistemlerin performansının artırılabilmesi için, bu araştırmada aktif madde olarak kalsiyum magnezyum asetat (KMA) kullanılmıştır.

0,4 m x 0,4 m kesit alanlı ve 2,5 m yüksekliğindeki bir püskürtmeli kolon kullanılarak yapılmış deneylerle KMA çözeltilisinin desülfürizasyon sisteminde kullanılma potansiyeli araştırılmıştır. 7,5 kW gücündeki bir fan ile beslenen hava içine SO₂ karıştırılarak kolona gönderilen gazın, kolon çıkışında konsantrasyonu ölçülmüş, kolonun SO₂ tutma verimi incelenmiştir. Hava ve sıvı akış hızlarının ve KMA konsantrasyonunun SO₂ giderme verimi üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

Kalsiyum magnezyum asetat konsantrasyonunun 0,13 mol/L veya daha yüksek olduğunda elde edilen performansın, referans hal olarak kabul edilen 0,01 M NaOH çözeltisinden daha iyi olduğu bulunmuştur. Ağırlıkça yaklaşık %1,6 KMA konsantrasyonu kullanılmasının endüstriyel uygulamalar için yeterli olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Baca Gazı Desülfürizasyonu, Kalsiyum Magnezyum Asetat,
Yaş Yıkama, Püskürtmeli Kolon

ABSTRACT

Sulfur dioxide is one of the most important and common air pollutants. The most effective way of air pollution control is to minimize the emission of SO₂ at its source. Dry and wet desulfurization systems can be employed for this purpose. Wet systems are usually preferred in big processes such as thermal power stations due to its high efficiency and its ability to remove particulates as well as gas pollutants from the gas streams. Generally lime and slaked lime are used in wet systems. But the efficiency of such systems is effected by the limited solubility of lime and slaked lime in water. In order to improve the performance of such systems calcium magnesium acetate (CMA) is used as active component in this research.

(*) bzuysal@gazi.edu.tr

A spray column with 0,4 x 0,4 m cross-section and 2.5 m height was used in the experiments. Use of CMA solution in wet desulfurization system was investigated. The experiments were performed for absorption of SO₂ into CMA solutions of various concentrations. SO₂ was first mixed with air supplied by a 7.5 kW fan and introduced to the column. Then the exit concentrations of SO₂ was measured and SO₂ removal efficiency was calculated. Effects of the flow rates of gas and liquid and inlet SO₂ concentration on the efficiency was determined.

The performance of the column with CMA solution of 0,13 mol/L or higher concentration was found to be equivalent to and even better than 0,01 M NaOH solution, which is accepted as the reference solution in such applications. It has been determined that a CMA solution of 1,6 wt- % was sufficient for industrial applications.

Key Words : Flue Gas Desulfurization, Calcium Magnesium Acetate, Scrubbing, Air Pollution

GİRİŞ

18. ve 19. yüzyıllardan itibaren sanayiinin gelişmesi, kentleşmenin artması ve tabii olaylarla oluşan doğal dengenin bozulması sonucu, önemli çevre problemleri ortaya çıkmıştır. Canlıların temel ihtiyaçları olan hava ve su en çok kirlenmeye maruz kalan maddelerdir. Bu maddelerin kirlenmesi, insan hayatını da tehdit etmektedir. Ülkemizde de endüstriyel tesislerin yaygın olduğu yerleşim bölgelerinde ve büyük kentlerde hava kirliliği bir sorun oluşturmaktadır. Özellikle kış aylarında yakıt olarak kömür kullanan site ve konutların bacalarından ve yine kömür veya fuel oil yakan sanayi tesislerinin bacalarından çevreye yayılan zararlı emisyonların insan sağlığına etkisi önemli derecede olmaktadır. Tüm bu zararlı etkilerin tamamıyla yok edilmesi mümkün olmamakla birlikte, azaltılması gerçekleştirilebilir. Ancak bu konuda ciddi tedbirler alındığı takdirde, sürdürülebilir yaşam ve kalkınma mümkün olabilir.

Ülkemizde yakıt olarak genellikle kömüre bağımlılık görülür. Öte yandan kömürlerimiz önemli miktarda kükürt, kül ve nem içerirler ve ısıl değerleri de düşüktür (Akçura ve Gerger, 1981; Karatepe vd, 1998; Müezzinoğlu, 1987; Tekin ve Ekinci, 1989). Ülkemizde sanayiide kullanılan fuel oil da yüksek kükürt içermektedir. Bu nedenle, enerji elde etmek için kaçınılmaz olarak kullanılması gereken yanma işlemi sonucu, atmosfere SO₂ yayılımı önemli miktarlarda oluşmaktadır. Bu sebeple desülfürizasyon işleminin önemi artmaktadır. Atmosferdeki SO₂ oksijenle yükseltgenip havanın nemi ile birleşerek H₂SO₄ oluşmasına neden olur. Yağmur damlacıkları ile toprağa düşen H₂SO₄ bileşeni asit yağmurunu oluşturur. Hem insan sağlığı hem toprak ve bitkiye verdiği zarar ve hem de yapı sistemlerinde korozyona neden olarak verdiği zarar yönlerinden, havadaki SO₂ miktarının mümkün olduğunca azaltılması gerekir. Bununla en etkin yolu, SO₂ yayılımını daha kaynağında en aza indirmek ile gerçekleştirilebilir.

Desülfürizasyon amacıyla kuru veya yaş sistemler kullanılabilir (Brouer ve Varma, 1981; Calvert ve England, 1984; Karlsson vd, 1983; Krishna, 1995; Miller, 1986; Perkins, 1974; Samuel vd, 1981; Stern, 1977; Stern, 1981). Veriminin yüksek olması ve kirlenici gazları tutmasının yanı sıra partikül emisyonunu da azaltması bakımından, yaş sistemler özellikle

termik santraller gibi büyük işletmelerde tercih edilmektedir. Günümüzde endüstride yaş yıkama tekniği ile baca gazı desülfürizasyonunda çeşitli çözeltiler kullanılmaktadır (Krishna,1995; Karatepe,1998). Bunlar arasında, CaO/CaCO₃, Na₂SO₃, MgO, MgSO₃, NH₄OH çözeltileri sayılabilir. Ucuzluğundan ve kolay bulunabilirliğinden dolayı en yaygın kullanılan ise kireç veya sönmüş kireç çözeltilisidir. Ancak, sudaki çözünürlüklerinin çok düşük olmasından dolayı, kireç veya sönmüş kireç bulamaç halinde kullanılmak zorundadır. Sudaki çözünürlüğün küçük olması sıvı fazına absorbe olan SO₂'nin reaksiyona girebileceği kalsiyum iyonlarının miktarını da sınırlamaktadır. Bu durum desülfürizasyon sisteminin verimliliğini etkiler. Bu durumu iyileştirmek için sıvı fazında kalsiyum magnezyum asetat (KMA) kullanılması önerilmiştir (Demiray vd.,1993;Mutlu vd.,1996;Scuckeraw et al.,1996; Cabbar vd, 2000; Uysal, 2001). Su içindeki çözünürlüğü ağırlıkça %26 olan kalsiyum magnezyum asetatın baca gazı desülfürizasyonunda kullanılması yaş sistemlerde berrak çözelti kullanımına ve kullanılan sıvının kolayca tekrar değerlendirilmesine imkan vermesi bakımından avantajlı görülmektedir. Çevre dostu ve biyolojik bozunabilirliği nedeniyle de kalsiyum magnezyum asetat dikkat çeken bir maddedir.

KMA, ülkemizde bol miktarda bulunan dolomit ve kireç taşından kolayca elde edilebilecek bir maddedir. Bu amaçla, yapılan bu çalışmada, piyasada satılan kireç taşı kullanılarak önce KMA çözeltisi hazırlanmıştır. Daha sonra da SO₂ içeren gazın, püskürtmeli kolon içerisinde KMA çözeltisi ile yıkanması ve SO₂ emisyonunun azaltılması incelenmiştir.

MATERYAL VE METOD

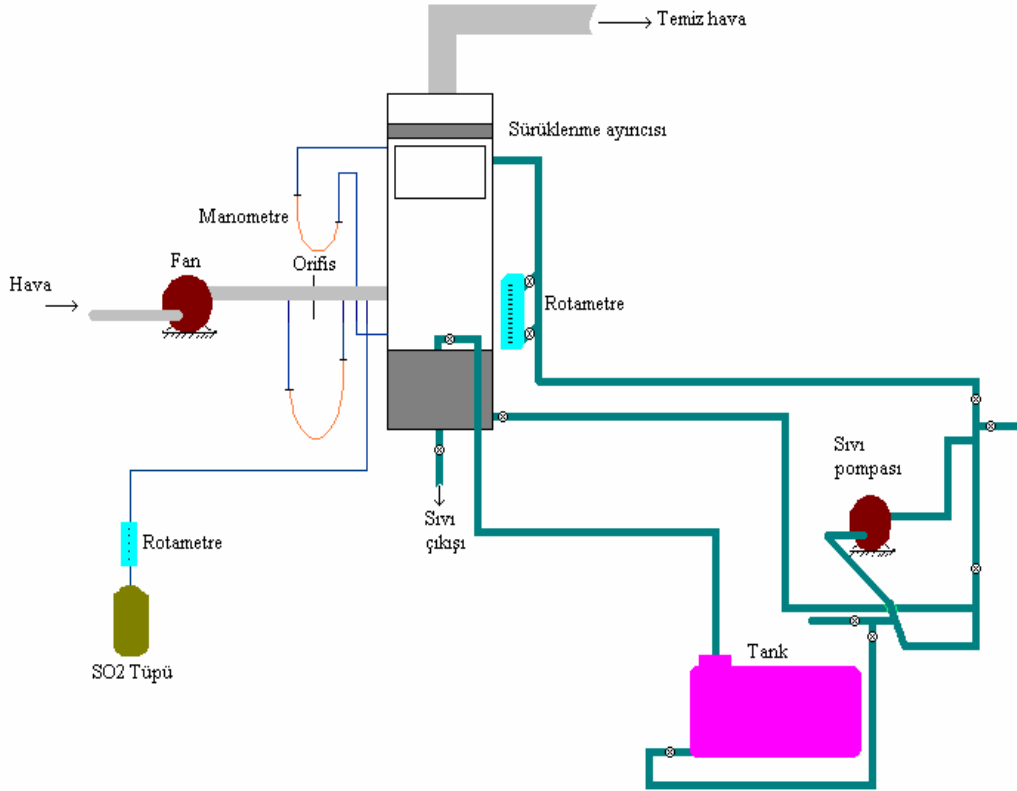
Yapılan deneylerle kalsiyum magnezyum asetat çözeltilisinin püskürtmeli kolonda SO₂ tutma kapasitesi belirlenmiştir. Sonuçlar *penetrasyon* değerleri olarak verilmiştir. Yaş kolondaki SO₂ absorplanması sistemlerinde kullanılan bu kavram,

$$Pt = \frac{(ppm)_e}{(ppm)_g}$$

olarak tanımlanmıştır. (1-Pt) değeri giren SO₂ miktarının ne kadarının kolon içinde tutulduğunun göstergesidir.

Deney Sistemi

Kükürtdioksitin KMA çözeltilisine absorblanma deneyleri Şekil 1'deki sistem kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde kolon; 0,4x0,4 m kesit alanlı ve 2,5 m yüksekliğinde, saç levhadan yapılmıştır. Kolona gelen hava 1200 m³/h'lik kapasiteye sahip olan fanla beslenmektedir. Fan 7,5 kW'lık güç ile çalışan, dakika da 2930 devire sahip, bir motorla çevrilen ve 400 mm su sütununa basabilme özelliğine sahiptir. Hava hızı, bir vana ile ayarlanıp, çapı 133 mm olan bir borudan geçerek kolona girmektedir. Boru üzerine yerleştirilen ve iç çapı 60 mm olan bir orifis ile gaz akış hızı belirlenmiştir. Orifisteki basınç düşmesi bir U-tüp manometre ile ölçülmüştür. Kolona sıvı, bir santrifüjlü pompa yardımıyla verilmektedir. Sıvı pompası, 7 m³/h'lik kapasiteli, 1 beygir gücünde ve dakika da 2800 devir yapma özelliğine sahiptir. Yine aynı şekilde sıvı hızını belirlemek için rotametre kullanılmıştır. Kolona gelen sıvı, sürüklenme ayırıcısının altından, ana boru üzerine dik olarak yerleştirilmiş yaklaşık 10 mm çaplı yedi borudan ve bunlar üzerine birer santimetre aralıklarla delinen deliklerden oluşan bir dağıtıcı sistemiyle kolona beslenmiştir (Gök, 2001). Sıvı dağılımının yeterliliği kolonun üst tarafındaki gözleme camından rahatlıkla izlenmiştir.



Şekil 1. Deney Sistemi Akım Şeması

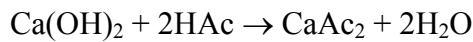
Bu çalışmada kullanılan çözelti sıvı olarak 100 L'lik bir tankta hazırlanmıştır. Kolon giriş ve çıkış noktalarındaki endüstri tipli vanalar açılıp, dönen sıvı tekrar aynı tanka verilerek, sıvının sirkülasyonu sağlanmıştır.

Kükütdioksitin KMA çözeltisine absorplanması deneylerinde, değişik sıvı ve gaz hızlarında gazın giriş ve çıkış SO₂ konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu deneyde, akış hızı bir rotametre ile ölçülen SO₂ gazı kolonu beslemektedir. Rotametre deneylerde yaklaşık 5 ft³/h olarak ayarlanmıştır. SO₂'nin konsantrasyonu gaz içerisinde ölçülmüştür. Bu ölçme işlemi "Madur GA20 Flue Gas Analyzer" ile yapılmıştır. Sonuçların karşılaştırılabilmesi için benzer deneyler pH'ı yaklaşık 12'ye ayarlanmış NaOH çözeltisi kullanılarak da tekrarlanmıştır.

DeneySEL Yöntem

KMA üretim metodu

Kalsiyum asetat baz alınarak ve sönmüş kireç kullanılarak,



reaksiyonuna göre kalsiyum asetatın üretilmesi mümkündür. Bu reaksiyon stoikiyometrik oranlar kullanılarak kolayca başarılabilir (Demiray, Doğan ve Uysal, 1993). Saf CaCO₃ veya

saf Ca(OH)_2 'in baz alınarak hazırlanan CaAc_2 doygun çözeltisi ağırlıkça %26 CaAc_2 içerir ve bu da 2,22 mol/L veya mol-%3,85'e karşılık gelir.

Deneylerde kullanılan ve piyasadan torbalar içinde temin edilen kirecin analizi yapılmış (Tablo 1) ve safsızlıklar ile mağnezyum içeriği de KMA hazırlanmasında dikkate alınmıştır. Deney esnasında HAc, karışımı azar azar ilave edilmiştir. Aksi taktirde, reaksiyon ekzotermik olduğundan sıcaklık kolayca 80-85 °C'ye çıkabilmektedir. Reaksiyon karışımı hazırlanmış ve gerekli işlemlerden geçilerek KMA çözeltisi hazırlanmıştır.

Tablo 1. KMA üretiminde kullanılan kirecin analizi (w-%)

%CaO	94,5
%MgO	3,75
%SiO ₂	0,5
%R ₂ O ₃	1,25

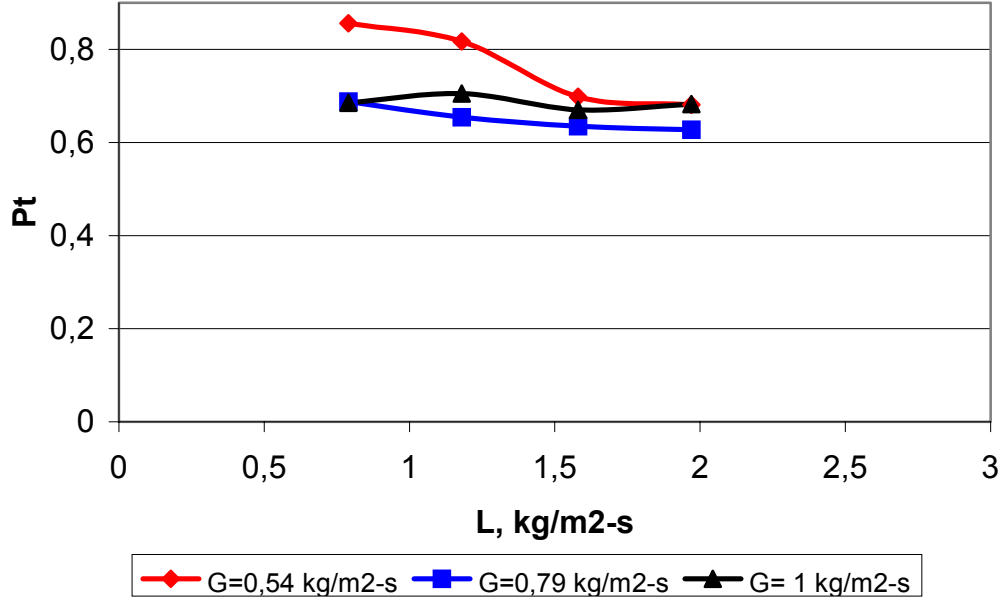
Deneyin yapılışı

Kontrol amacı ile ilk olarak yapılan deney, su ile yapılan deneylerdir. Kolona giriş ve çıkış noktaları tanka bağlanmıştır ve vanalar açılmıştır. Sistem çalışmaya başladıktan sonra SO₂ tüpü açılıp, orifis basınç düşmesi 10 mmHg olacak şekilde ayarlanmıştır. Daha sonra ilk olarak kuru sistemdeki SO₂ konsantrasyonu yani giriş konsantrasyonunu bacadan çıktığı noktada Madur GA20 Flue Gas Analyzer ile tespit edilmiştir. İkinci işlem olarak da; sıvı pompası çalıştırılıp, değişik sıvı hızlarında 2,3,4,5 ve 6 GPM seviyeleri için SO₂ çıkış konsantrasyonları ayrı ayrı okunmuştur. Daha sonra bu işlemleri gaz orifis basınç düşmesinin 20 mmHg ve 30 mmHg olduğu değerleri için de ayrı ayrı uygulayarak giriş ve çıkış konsantrasyonları okunmuştur.

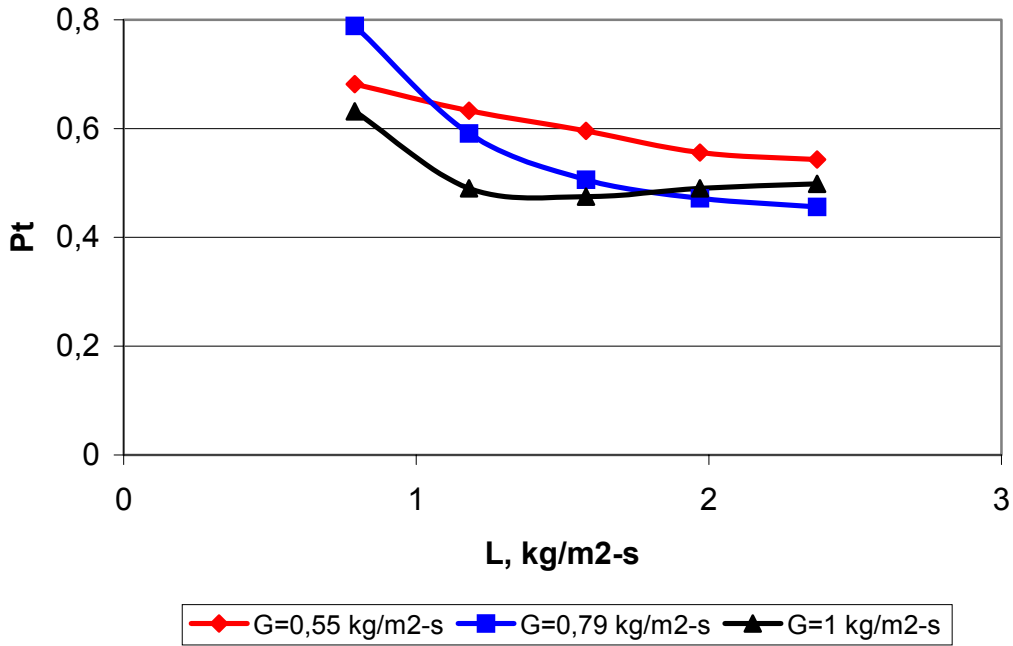
Daha sonra yapılan bu deneye paralel olarak sırasıyla 1,425 L; 2,85 L; 5,7 L ve 11,4 L doygun CMA çözeltisi 100 L'ye seyreltilerek yine sırasıyla 0,0316 mol/L; 0,0633 mol/L; 0,1265 mol/L ve 0,253 mol/L konsantrasyonlarında çözeltiler elde edilerek, bunlar bir tankın içerisine konularak yukarıdaki yöntem izlenmiş ve ayrı ayrı giriş ve çıkış konsantrasyonları okunmuştur. Benzer deneyler 0,01 N NaOH çözeltisi ile de tekrarlanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

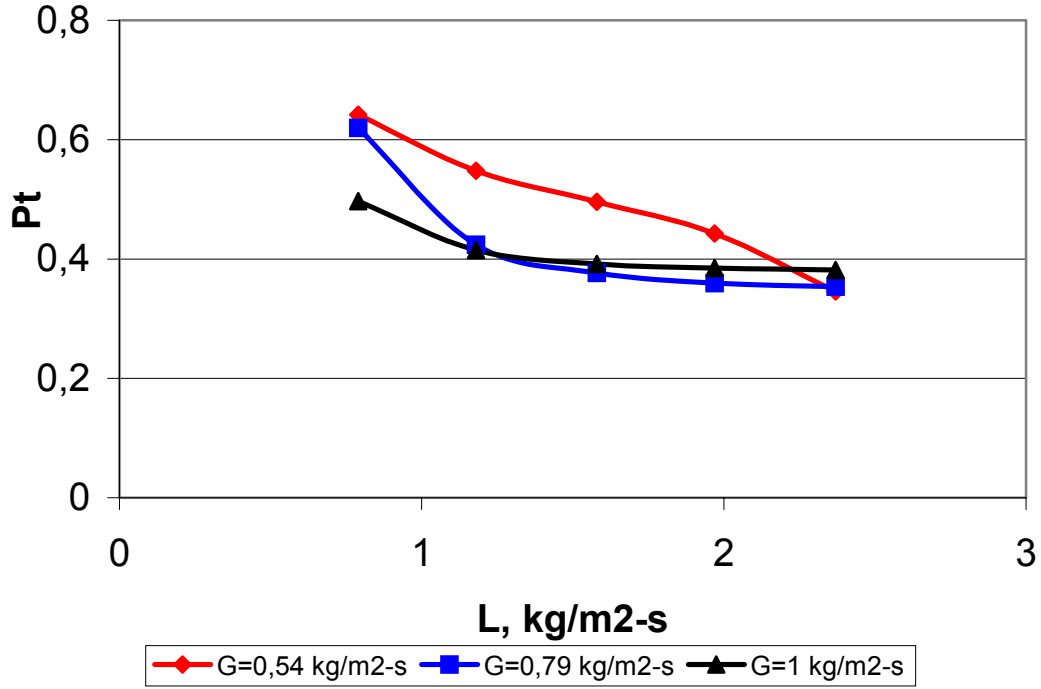
Kullanılan tüm çözeltiler için, değişik gaz ve sıvı hızlarında elde edilen sonuçlar, penetrasyon değerleri cinsinden aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda deneysel elde edilen eğrilerin hepsinin aynı paralelde olduğu görülmektedir. Şekil 2-7'deki bulgular incelendiğinde, deneylerde kullanılan gaz hızı aralığında (yaklaşık 0,5-1 kg/m²-s), gaz hızının penetrasyon üzerine etkisi deneysel hata payı içinde net olarak gözlenememiştir. Teorik olarak, sıvı hızı ve diğer çalışma şartları sabit olduğunda, gaz hızı arttıkça penetrasyonun da artması beklenir. Fakat deneysel sonuçlar birbirlerine yakın olarak elde edildiğinden, deneysel hata sınırları içinde gaz hızından çok sıvı hızının penetrasyon üzerinde daha belirleyici etkisi olduğu ifade edilebilir. Genel olarak, sıvı hızı arttıkça penetrasyonun düştüğü ve SO₂ tutma kapasitesinin artmakta olduğu görülmektedir. Hatta sıvı hızı 2 kg/m²-s'den büyük olduğunda Pt değerlerinin yaklaşık sabit kaldığı ifade edilebilir.



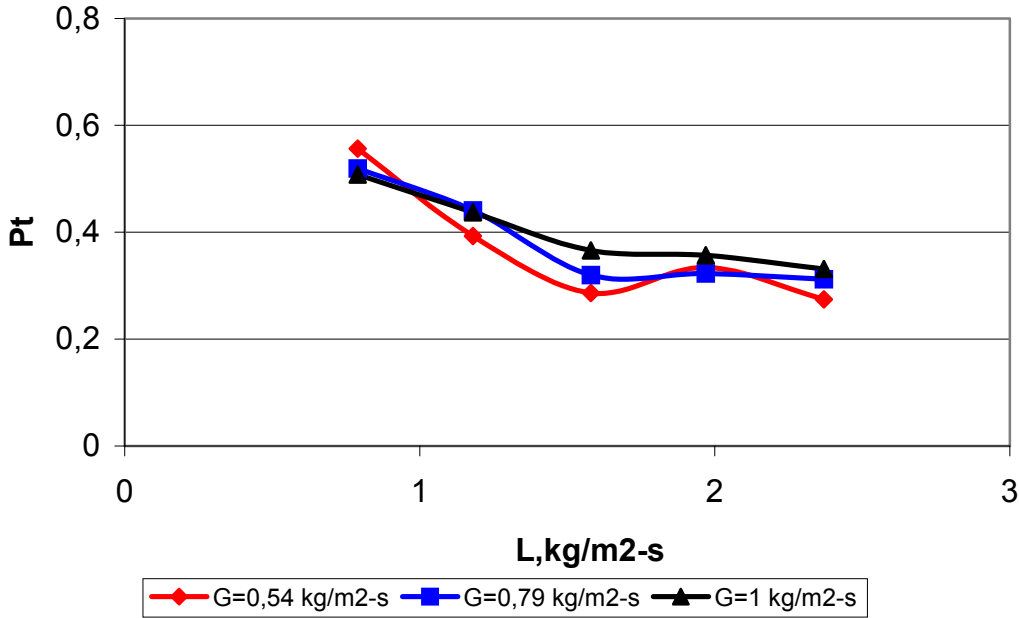
Şekil 2. Su kullanılarak yapılan deneylerde SO₂ tutulması



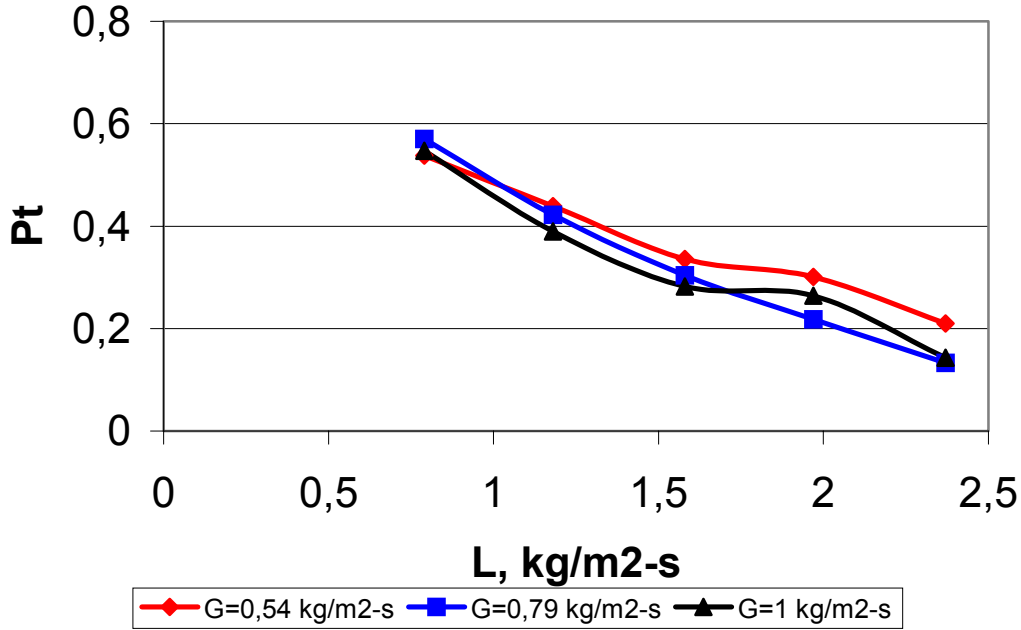
Şekil 3. 0,0316 mol/L CMA kullanılarak yapılan deneylerde SO₂ tutulması



Şekil 4. 0,0633 mol/L CMA kullanılarak yapılan deneylerde SO₂ tutulması



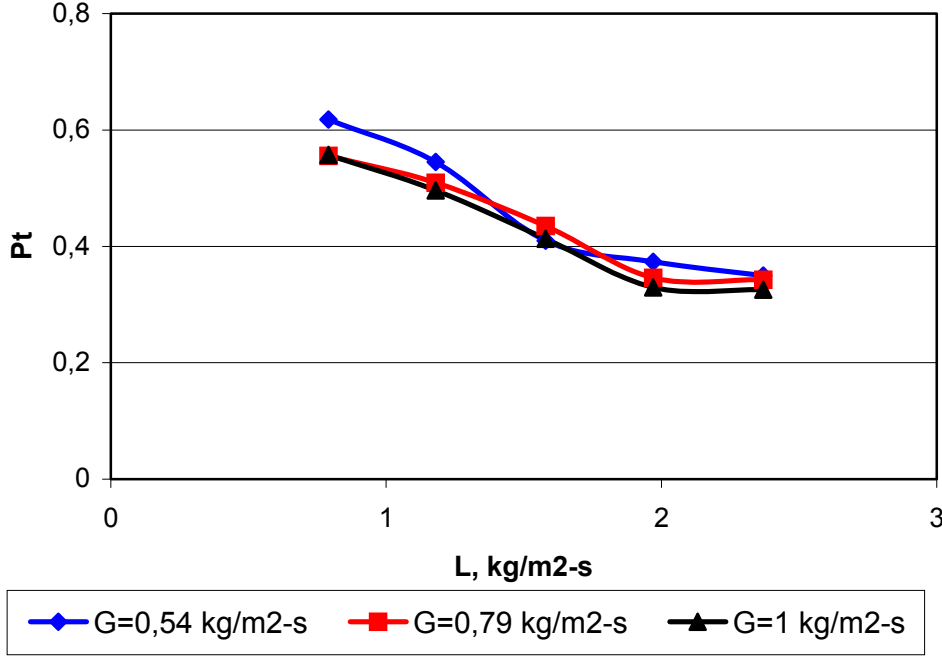
Şekil 5. 0,1265 mol/L CMA kullanılarak yapılan deneylerde SO₂ tutulması



Şekil 6. 0,253 mol/L CMA kullanılarak yapılan deneylerde SO₂ tutulması

Şekil 2-6 hepsi birlikte karşılaştırıldığında, bir limit hal olarak sıvı hızının 2 kg/m²-s olduğu durumlar dikkate alındığında, KMA konsantrasyonunun 0; 0,0316; 0,0633; 0,1265 ve 0,253 mol/L olduğu durumlarda, Pt değerleri ortalama olarak sırasıyla yaklaşık 0,65; 0,50; 0,38; 0,36 ve 0,25 değerlerine ulaştığı görülmektedir. Başka bir ifadeyle, belirtilen konsantrasyon değerlerinde SO₂ tutma verimi sırasıyla %35, %50, %62, %64 ve %75 olarak belirlenmiştir. KMA'nin en düşük konsantrasyonunda bile deneylerde kullanılan en basit yıkayıcı tipi olan püskürtmeli kolon ile bile %50 verime ulaşılması çok ilgi çekicidir. Hele KMA konsantrasyonu 0,253 mol/L olduğunda %75'lik bir verim elde edilmesi basit yıkayıcılar için bir başarıdır. 0,253 mol/L konsantrasyon değerinin doymuş KMA çözelti konsantrasyonunun yaklaşık 1/8,8'i olduğu dikkate alınır, böylesine düşük konsantrasyonda bile %75'lik verim çok iyi bir sonuç olarak nitelendirilebilir. İlginç olan bir başka husus KMA çözeltileri ile ilgili elde edilen bu verilerin NaOH çözeltisi ile elde edilen verilerle karşılaştırılmasında görülmektedir. 0,01 M NaOH çözeltisinin SO₂ konsantrasyonu ile sıvı kütleli akışı değerleri değiştiğinde elde edilen grafik aşağıdaki Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil 5'in Şekil 7 ile karşılaştırılması, Pt eğrilerinin her iki şekilde de yaklaşık aynı olduğunu göstermektedir. Şekil 7'nin elde edilmesinde kullanılan şartlar, yani 0,01 M NaOH çözeltisi kullanılması, sıvı tarafındaki direnci tamamen ortadan kaldırmak için yeterli şartları oluşturan şartlardır ve bir limit hal olarak değerlendirilir (Danckwerts, 1970; Uysal, 1996). Bu durum yani sıvı tarafı direncinin ihmal edilebileceği durum, KMA kullanıldığında 0,1265 mol/L konsantrasyonu ile başarılabilmektedir. Bundan daha büyük konsantrasyonda örneğin Şekil 6 ile verildiği gibi 0,253 mol/L değerindeki KMA konsantrasyonu kullanıldığında NaOH ile elde edilenden daha da iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu, KMA kullanıldığı durumda ara yüzeyin sıvı tarafında meydana gelen reaksiyonlar sonucunda SO₂ tutma kapasitesinin daha da arttığını göstermektedir. Bu değerlendirmenin ışığı altında, endüstriyel uygulamalarda 0,1265 mol/L konsantrasyonunda KMA çözeltisi kullanılması önerilebilir. Bu konsantrasyon değeri KMA'nın doymuşluk konsantrasyonunun 1/17,5'i dir. Böylesine düşük KMA

konsantrasyonunun bile endüstriyel açıdan yeterli performans sağlaması ekonomik açıdan da bu prosesin uygunluğunu göstermektedir.



Şekil 7. 0,01 M NaOH çözeltisi ile SO₂ tutulması

SONUÇLAR

- Deneysel hata sınırları içinde ve yaklaşık 0,5-1 kg/m²-s aralığında gaz hızının SO₂ tutulmasında net bir etkisi gözlenmemiştir. Sıvı hızının etkisi daha belirgindir.
- Sıvı hızları arttıkça SO₂ tutma kapasitesinin arttığı görülmüştür.
- KMA konsantrasyonu arttıkça SO₂ tutma verimi de artmaktadır.
- Sadece su kullanıldığında SO₂ tutma verimi ancak %35 iken KMA konsantrasyonu 0,0316 mol/L'den 0,253 mol/L'ye değiştirildiğinde verim %50'den %75'e kadar artmıştır.
- KMA konsantrasyonunun 0,1265 mol/L olduğu durumda, 0,01 M NaOH çözeltisine eşdeğer bir performans gözlenmiştir.
- KMA'nin doygunluk konsantrasyonunun 1/17,5'i (ağırlıkça %1,6) endüstriyel uygulamalar için yeterli ve ekonomik performansı sağlayabilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma Gazi Üniversitesi tarafından Bilimsel Araştırma Projesi olarak (G.Ü.-AFP - 06/2001-13) desteklenmiştir. Yazarlar, sağlanan bu imkan için Gazi Üniversitesi Rektörlüğüne teşekkürlerini sunarlar.

SEMBOLER

L	Sıvı fazı kütle akısı, kg/m ² -s
Pt	Penetrasyon
İndisler	
ç	Çıkış
g	Giriş

KAYNAKLAR

Akçura, F., Gerger, M., Başlıca Türk Kömürlerinin Özellikleri, MTA Raporu, 1981.

Alever, D., S. Kozoğlu, Ö.M. Doğan and B.Z. Uysal, KMA Çözeltisi İle Yıkanmış Çanakkale-Çan Linyiti Külünde Kükürt Tutulması, 5. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2002.

Brouer, H., Varma, Y.B.G., Air Pollution Control Equipment, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 1981.

Cabbar, H.C., Ö.M. Doğan, U. Gündüz ve B.Z. Uysal, Kalsiyum Asetat İle Baca Gazı Desülfürizasyonu, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü V. Ulusal Sempozyumu, Ed. D. Pehlivan, C. Yıldız, H.L. Yücel, s.351-359, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 2000.

Calvert, S., and Englund H.M., Handbook of Air Pollution Technology, Wiley-Interscience Publication, New York., 1984.

Danckwerts, P.V., Gas-Liquid Reactions, McGraw Hill Co., New York, 208-209, 1970.

Demiray, S., Doğan, Ö.M. ve Uysal, B.Z., Kalsiyum Mağnezyum Asetat İle Yıkanmış Kömürün Yanması ve SO₂ Emisyonu, YHKK-II Ulusal Sempozyumu Bildiri Kitabı, Ed. Serap Kara, Eskişehir, s.171-194, 1993.

Gök, Gülden Özdi, Yaş Sistem Baca Gazı Desülfürizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2001.

Karatepe, N., Meriçboyu, A.E., Küçükbayrak, S., Baca Gazlarındaki Kükürtdioksidin Giderilmesi, Kömür, Ed. Orhan Kural, İstanbul, 423-434, 1998.

Karlsson, H.T., Klingspor, J., Linne, M., Bjerle, Activated Wet-Dry Scrubbing Of SO₂, Journal of Air Pollution, Control Assoc., Vol.33, pp.23-28. 1983.

Krishna, M., K.V.S.G., Air Pollution and Control, 234-248, Kaushal Co., Kakinuda, India, 1995.

Mutlu, F., Ergun, M., Yalçın, H. ve Uysal, B.Z., Kalsiyum Mağnezyum Asetat Üretimi, UKMK-2 Bildiri Kitabı, Ed. S. Türkay vd, 1518-1523, İstanbul, 1996,

Müezzinoğlu, A., Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları, DEÜ Yayınları, İzmir, 1987.

Miller, M.J., Retrotif SO₂ and No_x Control Technologies For Coal Fired Power Plants, Environmental Progress. 5, (3), pg.171-177, 1986.

Perkins, H.C., Air Pollution, Mc. Graw Hill, New York, 1974.

Samuel, E.A., Furlong, D.A., Brna, T.G., SO₂ Removal Using-Dry Sodium Compound, AIChE Symposium Series, Vol.77, No.211, pp.54-57, 1981.

Scuckerow, J.I., Steciak, J.A., Control of Air Toxin Particulate and Vapor Emissions After Coal Combustion Utilizing CMA, Resources, Conservation and Recycling, 16, 15-69, 1996.

Stern, C.S., Air Pollution, Academic Press, New York, 1977.

Stern, J.L., Dry Scrubbing For Flue Gas Desulphurization, CEP, pp.37-42, April 1981.

Tekin, A., Ekinci, E., Sulphur in Turkish Lignites and Possible Remedies, International J. of Env. Studies, V.34, 105-114, 1989.

Uysal, B.Z., Kütle Transferi, Gazi Üniversitesi Yayınları, Ankara, 1996.

Uysal, B.Z., Yaş Sistem Baca Gazı Desülfürizasyonu, Gazi Üniversitesi.-Araştırma Fonu Projesi No:06/2001-13, 2001.