

Dipl.-Ing. Rudolf Rafflenbeul, Mühendis
Resmi Atanan Yeminli Atık Hava Temizleme Prosedürleri ve Havayı Temiz Tutma
[İşlemleri] Eksperti

Emisyonlar Kar'a Nasıl Dönüştürülür

Rafflenbeul Anlagenbau GmbH

Voltastraße 5
63225 Langen, Germany
Tel.: 06103 / 37272 - 00
Fax: 06103 / 37272 - 01
E-Mail: rafflenbeul@envisolve.com
Home: www.envisolve.com

Türkiye Distribütörü



Üçevler Mah. Denizciler Cad.
İstinye Sitesi, No:200/BC
16120 Nilüfer - Bursa/TÜRKİYE
Tel: +90 224 441 24 25
info@veflexioz.com
www.veflexioz.com

Çözücü bazlı kaplamanın [işleminin] geleceği var!

Bütün sonuçları dahil, küresel ısınmanın yavaşlatılması için sera gazlarının azaltılması, tüm insanoğlu için bir meydana okuma konusu halini alıyor. Baskı ve kaplama sanayii, bütün diğer sınai imalat süreçleri ile kıyasla, aşırı yüksek bir oranda organik emisyonlara ("VOC") ve buna bağlı olarak, iklime zarar verici olan karbon dioksitin oluşmasına neden olmaktadır.

Uzun yıllar boyunca, çözücülerin su ile, UV veya toz sistemleri ile süstitüsyonunun, bu durumun iyileştirilmesini mümkün kılabilceği gibi hatalı bir varsayım mevcuttu. Bugün ise, sulu baskı boyalarının, kaplama tozları ya da kimyasal olarak sertleştiren kaplama malzemelerinin genelde açık farkla daha fazla çevre kirletici olduğu [1] veya hem kalite hem de proses ekonomisi ile ilgili olarak sadece ikincil bir öneme sahip olduğu bilinmektedir.

Sulu baskı boyalarının veya lak boyalarının kurutulması için, çözücü bazlı malzemelere göre, önemli ölçüde daha yüksek bir enerji tüketimi gereklidir. Bunun üstünde çözücüler, giderek artan bir şekilde, yenilenebilen hammaddelerden üretilmekte olup, bu şekilde çok uygun bir CO2 ayak izine sahip olurlar. Belirleyici olan sürdürülebilir ve maddi avantaj, enerjinin, çözücü emisyonlarından bugün metreküp artık hava başına şimdiden 0,5 g VOC'ten itibaren, modern artık hava temizleme tesisleri ile enerji üretmek için faydalanarak ve yılda > 500 t'un kullanılmasında geri kazandırılarak, masrafsız olarak kullanıma hazır bulundurulmasıdır.

Bu şekilde, artık hava temizleme işleminin çok düşük VOC yoğunlukları halinde de, üretim yeri için çalışacak enerji santrali olarak kullanmak veya çözücülerini boya tedarikçilerine iade ederek, üretim maliyetlerini belirleyici ölçüde indirmek üzere, ilk defa bir yol açılmaktadır.

Yakma mı, geri kazanma mı?

Artık hava temizleme tesislerinin amortismanı, yılda yaklaşık 400 ton çözücü emisyonundan itibaren, üç yıldan kısa bir sürede elde edilebilir. Özellikle Toluen ya da Ksilol gibi tekli çözücüler durumunda ise, geri kazanma, tercih edilecek prosedür olarak zaten tartışma dışındadır. Örneğin; Etanol, Etilasetat, Ketonlar ve / veya Toluen veya çözücü karışımları gibi düşük maliyetli olan çözücüler mevcut olduğunda, özellikle çözücülerin, baskı makinelerinin içindeki, püskürtme kabinlerinin içindeki ya da tüp ve teneke kutusu hatlarındaki kurutma havasının sıcaklığının artırılması için kullanılabilir olduğunda, o zaman bu referans değerinin altında gerçekleştirilen bir yakma işlemi daha iyi olan çözüm olabilir.

Birkaç yıl önce böyle bir ifadenin doğru olup olmadığı haklı olarak sorgulanacaktı. Üç yılı aşkın bir süredir ise çok büyük başarı ve en yüksek ekonomik verimlilik ile faaliyette bulunan moleküler elekli Duplex tesisleri, daha önce, artık hava temizleme tesislerinden enerji üretici olarak faydalanmasının mümkün olmadığı düşüncesinin tersinin becerilmiş olduğunu kanıtlamaktadır. Gravür baskı uygulayan büyük üretim yerlerinin çıkışında, büyük araçları ve genel yükleri lak boyası ile kaplama hatlarının çıkışında, boya ve lak boyası imalatı çıkışında faaliyette bulunan tesisler, şimdiye kadar kullanılan, rejeneratif ikincil yakma tesisleri (RTO sistemleri) [2] ile kıyasla, maliyetin olağanüstü indirilmesi ispatlamaktadır. Artık hava temizleme tesisleri, sadece o tesisler tarafından bir üretim yerinin enerji maliyetlerini çok önemli bir ölçüde düşürerek daha ekonomik hale geliyor değil, toplam hava temizleme [işlemi] için gerekli olan yatırım maliyetleri de, rejeneratif artık hava temizleme sistemlerinin tersine, artarak önemli ölçüde indirilmektedir.

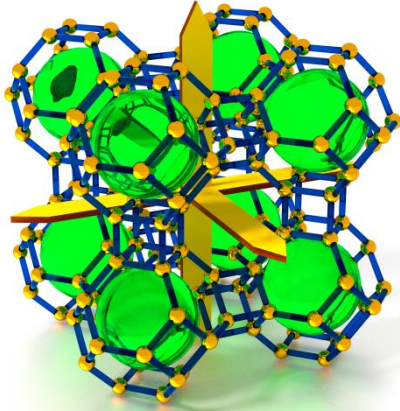
Bu teknoloji için anahtar, moleküler eleklerin ileri geliştirilmesi ve sözü edilen bu moleküler eleklerin düşük maliyetli olan moleküler elek yedek maddelerinin Duplex prosedüründeki kombinasyonudur.

Moleküler elekler neden bu kadar avantajlı?

Moleküler elekler, özel bir kristal yapısına sahiptir. Moleküler elek yedek maddelerinde olduğu gibi, kristal kafesinin içinde, içinde çözücü moleküllerinin geri tutulduğu, 8 ile 20 Å aralığında boşluk hacimleri kalmaktadır. Moleküler eleklerin ve onlara yakın olan anorganik birleşiklerin içindeki kafes aralıkları, adsorpsiyonda faal olan çok büyük bir gözenekler spektrumuna sahip olan aktif karbonun tersine, çok düz ve homojendir. Bu nedenle bırakma mekanizması, aktif karbondakinden farklı olarak, kapılar depresyonu ile gerekçelendirilmiş değil [3], daha ziyade bir elek ile kıyaslanabilir, çözücü molekülleri, kristal yapısının boşluklarına mekanik olarak eklenilir.

Aktif karbon ile kıyasla, moleküler elek sistemlerinin kendi bünyeleri içinde adsorpsiyon işlemi için gerekli enerji ihtiyacı genelde daha düşüktür. Fakat yüklenme kapasitesi daha az uygundur. Maliyeti çok uygun olan moleküler elek yedek maddelerinin üstün avantajları, bu malzemelerin yanmazlığı, kolayca rejenere edilebilirliği ve aktif karbon ile kıyasla, önemli ölçüde daha uzun olan ömrüdür. Bu, gravür ve flekso baskı işletmeleri, tüp ve teneke kutusu sanayii ya da saatte 500.000 metreküpe kadar artık hava miktarları bulunan uçak lak boyalamaları, enerjetik işletme maliyetlerinin en büyük kısmından tasarruf edebilirler veya onları çözücülerin geri kazanılması sayesinde parasal olarak telafi edebilirler demektir.

1 nolu Resim'de, özel bir moleküler elek tipinin yapısını açık ve net öğrenebilirsiniz.



Sarı renkte gösterilen her uç, aralarında oksijen atomları üzerinden bağlı olan bir Al veya bir Si kafesini simgelerler.

Kafesin, çözücülerin geri tutulduğu boş hacimleri yeşil renkte gösterilmiştir.

VOC moleküllerinin kafesin içine ulaşan gaz kanalları veya gaz yolları mavi renkle işaretlidir [8'den 20 Å'ya kadar].

1 nolu Resim: Bir moleküler eleğin yapısı

Bugün, kısmen kendi kristal yapısı bünyesinin içinde çözücü moleküllerini içeriye kapamış şekilde adsorbe eden, çok sayıda moleküler elek varyantı ve moleküler elek yedek maddesi mevcuttur. Dolayısıyla, örneğin; bir tüp ve teneke kutusu kaplama işletmesinde, bir matbaada veya lak boyama prosedürlerini uygulayan büyük üretim hatlarında, her ayrı durumdaki ilgili uygulama ile ilgili olarak, özel moleküler eleklerin kombinasyonu sayesinde, basit ve maliyeti uygun enerji santralleri ya da artık hava temizleme tesislerini kurmak mümkündür. Burada, artık hava temizleme [işlemi] alanında, madeni kristalin yapıya sahip anorganik birleşiklerin tamamı, moleküler elekler olarak birleştirilmiştir. Gelecekte büyük ihtimalle, bilimsel olarak doğru olan jenerik terimler ile, başka alt bölümlere gerekli olacak, pratikte çalışan ve teknik uygulama için ise, MOLEKÜLER ELEK terimi bugün genel olarak kullanılan bir niteliklidir.

Rakam ve olgular

Pratikten örnekler

Teknolojinin son durumu olarak, şu anda rejeneratif ikincil yakma tesisleri kabul edilmektedir [4].

(Metreküpte < 100 mg) çok düşük VOC yoğunlukları mevcut olduğunda, düşük sıcaklıklara sahip plazma sistemleri, havanın temizi tutulması için, genelde maliyet açısından en uygun ve çevreye en iyi dost olan prosedür teknolojisidir. Artık havanın içindeki VOC yoğunlukları artar ise, bugün tekrar absorpsiyon prosedürleri sunulur [5]. Fakat su kullanımı nedeniyle, çözücülerin depolandıkları enerji, üstün dezavantajlı bir şekilde yok edilir. Bunun üstünde, atık su arıtması için ve çözücü karışımlarının ileri işlenmesi için külfetli prosedürler gereklidir. İşbu absorpsiyon prosedürlerinde, artık havanın su ile adiyabatik soğutulması sayesinde, hissedilebilen mevcut ısının çok büyük bir kısmı geri dönülemez şekilde yok edilir. Bu nedenle, su ile gerçekleştirilen geri kazanma prosedürleri genelde işletme maliyetleri açısından masraflıdır.

Konvansiyonel yakıcı artık hava temizleme tesisleri, metreküp artık hava başına yaklaşık 2 g'lık bir VOC yoğunluğundan itibaren, sözde ototerm bir çalışmayı mümkün kılar. Bu, asıl artık hava temizleme [işlemi]nin devamı, ek yakma olmadan, sürdürülebilir demektir. Bu, katalitik veya termik ikincil yakma tesisleri ile kıyasla, büyük bir ilerleme idi. Yine de yalnızca Avrupa'da, yılda birkaç yüz milyon metreküp doğalgaz sadece artık hava temizleme tesislerinin içinde yakılır. Enerjiden tasarruf yapmaya doğru giden gelişme, sözde rotasyonlu yoğunlaştırıcıların kullanılmasıyla başlamıştır. Onlarla, düşük derecede yoğunlaştırılmış olan artık hava başarılı bir şekilde daha fazla yoğunlaştırılabilir. Fakat işbu rotasyonlu yoğunlaştırıcılara, artık hava kütleleri akışını en yüksek derecede düşürebilmek için, homojen ve sabit bir VOC giriş yoğunluğu gerektirir. İşbu düz olan VOC yoğunluğu sınıai pratikte daha ziyade istisna olarak mevcuttur. Doğrusu baskı makinelerinin çalışma modları ile ilgili olarak, farklı lak boyama işlemleri ile ilgili olarak veya farklı tüp büyüklükleri ile ilgili olarak, durumların çoğunda çok dalgalanan ve birbirlerinden ayrılan çözücü yük eğrileri görülebilir.

Bu nedenle, aslında çok avantajlı olan yoğunlaştırma tekerlerinin yayılması çok sınırlıydı. Bir rotasyonlu yoğunlaştırıcının kullanımında elde edilen ekonomik fayda, sadece az sayıda istisna durumunda gerekçelenebilirdi ve sonunda yeterli ölçüde amortize edilebilirdi.

Bu olgu, ilk başta aktif karbonu, rotasyonlu yoğunlaştırıcıların yukarı akımında düzleştirme malzemesi olarak kullanarak, VOC tampon sistemlerinin geliştirilmesine sebep olmuştur [6].

Yukarı akımındaki işbu tamponlarda çıkan yangınlar, aktif karbon için gerekli yüksek harcamaların yanı sıra, çok hızlı bir şekilde işbu aktif karbonlu tampon sistemlerinden vazgeçilmesine sebep olmuştur. Özellikle baskı sanayiinde, fakat otomotiv alanında da meydana gelen büyük hasar durumları, tekerlerin yayılmasını, yaklaşık 2005 yılından itibaren, ara sıra gerçekleştirilen uygulamalar ile sınırlandırmıştır. Bu yayılma, ancak 2008 yılında, dünyaca ilk olarak moleküler elekli bir tampon kademesinin kullanılması sayesinde genişletilebilmiştir. 2003 yılından beri emniyet teknolojisi uygulamaları için başarılı bir şekilde kullanılmakta olan, yanmaz moleküler eleklerin kullanımı ile, yangın ve patlamaların yüzde 100 güvenli engellenmesinin yanı sıra, yoğunlaştırma tekerlerinin sık sık, bu maddelerin çok ucuz olan, yukarı akımındaki moleküler eleğin içinde geri tutulduğu için, Silikonlar, Silanlar veya kül haline getirilebilen başka maddeler tarafından oluşan mevcut inhibisyonunun engellenmesi de başarılmıştır. Dünya çapında ilk Duplex tesisinin Dortmund şehrinde Stork şirketinde kurulması ile, (20 çarpanına kadar) VOC bileşenlerinin aşırı uygun olan yoğunlaştırma oranlarının devamlı bir şekilde ayarlanması ve bu şekilde, asıl hacmi ile kıyasla, termik temizleme [işlemi]ne kalan artık havanın oranının yüzde 5'e kadar düşürülmesi mümkün hale gelmiştir.

Bununla, örneğin; Stork şirketinde mevcut olan ve içinde metreküpte yaklaşık 0,5 g VOC bulunan, saatte 60.000 metreküplük artık havayı saatte sadece 6 metreküp doğalgaz ile temizleme başarılmıştır. Rejeneratif bir artık hava temizleme tesisi için aslen planlanmış olan doğalgaz harcamaları yaklaşık bir değer ile saatte 70 metreküp olarak bütçelendirilmiş idi.

Örneğin; uçak lak boyama tesislerinin çıkışında veya askeri araçları için kullanılan lak boyama tesislerinin çıkışında, kaplama sanayiine, içecek kutularını ve tüpleri lak boyama işlemine uygulanabilen, ilginç olan ikinci bir örneği, bir gravür baskı işletmesinde yapılmış olan pratik tecrübeler göstermektedir.



2 nolu Resim: Dortmund'teki Stork şirketindeki büyük parça lak boyama tesislerinin çıkışındaki moleküler elekli Duplex tesisi

Sözü edilen bu üretim yerinde, saatte toplam 80.000 metreküp artık hava üreten üç gravür baskı makinesi çalıştırılmaktadır. Daha eski iki tesis, Duplex tesisinin kurulmasına kadar, baştan kapasitesi saatte 50.000 metreküp olan, mevcut, rejeneratif bir artık hava temizleme tesisi üzerinden temizleniyordu. Bu tesisin, üçüncü (modern olan) gravür baskı makinesini dahil ederek, yeni bir artık hava temizleme tesisi ile değiştirilmesi gerekiyordu. Artık hava temizleme tesisinin çalışması için ve baskı makinelerinin enerjetik harcamaları için kalkülasyonu yapılmış maliyetler aşağıdaki gibiydi:

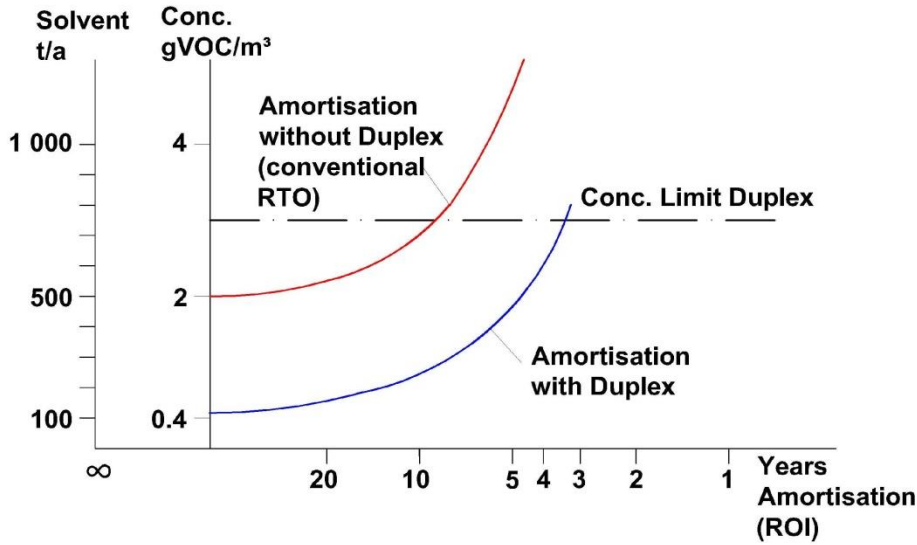
6.000 çalışma saatiyle işletme maliyeti: yılda 450.000,00 €
(hava temizleme [işlemi için] olan gaz ihtiyacı)

Baskı makinelerinde doğalgaz için oluşan işletme maliyeti: yılda 500.000,00 €

Üretim yerinde emisyonlara neden olan bütün tesislere (yıkama makinesi, giriş baskı cihazları v.s.) ait toplam gaz alım maliyeti: yılda 950.000,00 €

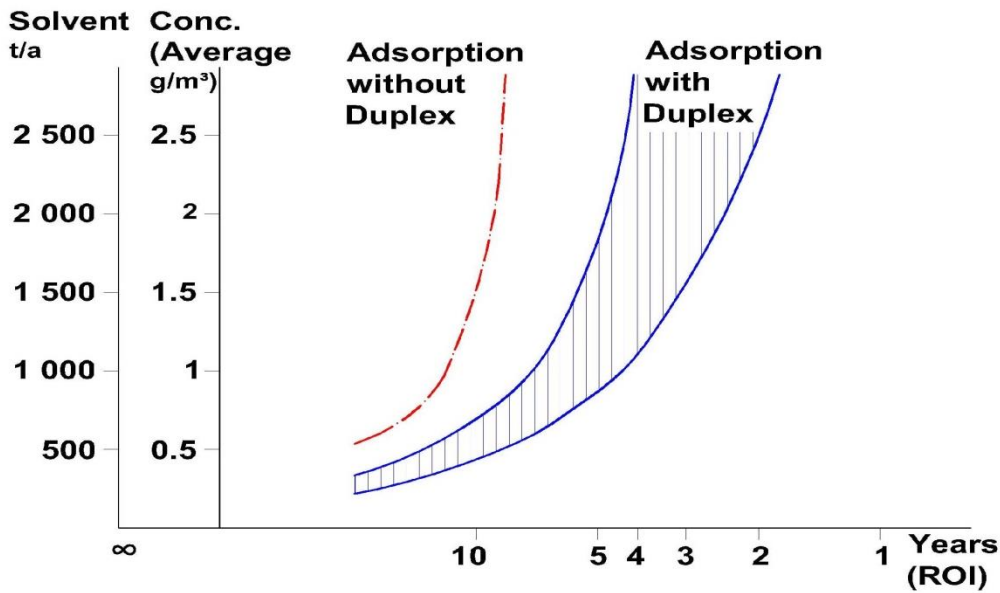
Hessen Eyaleti'nin teşekküre layık teşviki (196/09-26 nolu HA projesi) sayesinde, oluşan artık havanın, yeni makinenin dahil edilmesiyle de, bir Duplex prosedürü üzerinden saatte < 45.000 metreküpe düşürülmesi başarılmıştır. Mevcut olan artık hava temizleme tesisi kullanılmaya devam ediliyordu, termal yağı üzerinden bir artık hava geri kazanma [ünitesi] kurulu olup, bundan sonra fazlalıkta oluşan enerji üretim yerine geri gönderilir. Çok kötü çalışan rejeneratif artık hava temizleme tesisi (ototermi metreküpte yaklaşık 5 g VOC) tamir edildikten sonra, yaklaşık 800.000,00 €'dan yüksek bir yatırım yapıldığında, işletme maliyetlerinin yılda yaklaşık 600.000,00 €'luk bir düşürülmesi elde edilmeye çalışılmaktadır.

Bu, artık hava temizleme [tesis]nin amortismanı, < 3 yıl ile transparan hale getirilebilir demektir. Rejeneratif ikincil yakma [ünitesi] bulunan konvansiyonel bir artık hava temizleme tesisinin amortismanı, Duplex teknolojsi ile kıyaslama 3 nolu Resim göstermektedir.



3 nolu Resim: Duplex takılı olan ve olmayan, yakma etkisi olan artık hava temizleme tesislerinde amortisman

Büyük kaplama veya gravür baskı işletmeleri için, yoğunlaştırılmış artık havanın yakılması ile değil, çözücü geri kazanma [işlemi] için ebatlarının artık büyük derecede küçültülmüş bir adsorpsiyon tesisinin içine verilmesi ile, daha da iyi ve daha da yüksek tasarruf potansiyellerine ulaşılabilir. Bu alanlarda çalışan ve yılda 3.000 tondan yüksek çözücü kullanımı bulunan işletmeler, bir buçuk yıldan sonra amortismanlara ulaşabilirler. Özellikle eskiden külfetli ve kapsamlı aktif karbonu yenisiyle değiştirme işlemleri küçültülmüş artık hava hacmi sayesinde maliyetler açısından olağanüstü olarak azaltılır, çözücü geri kazanma ünitesi olarak [kullanılan] artık hava temizleme tesisi için yapılan yatırım yüzde 60'a kadar daha ucuz hale getirilir.

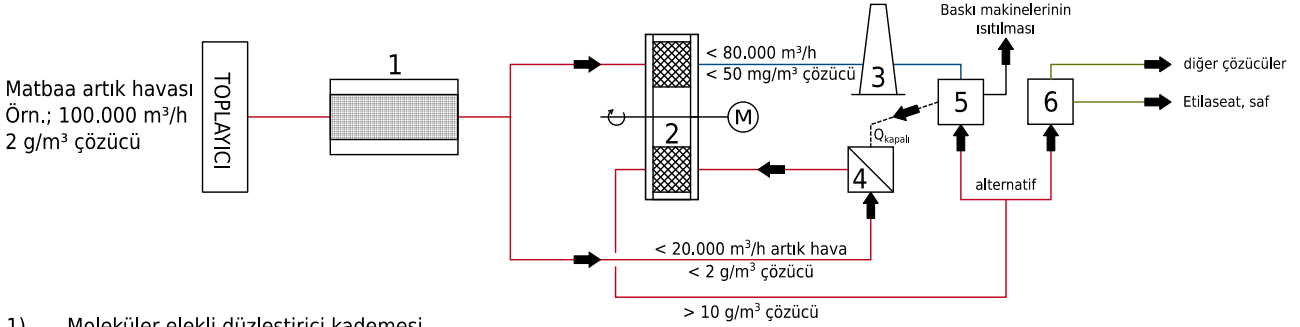


4 nolu Resim: Çözücü geri kazanma tesislerinin amortismanı

İşbu teknolojinin avantajları, büyük [parça] kaplama işini yapan başka bir işletmede (Bucyrus şirketi, Dortmund) şu anda saatte 100.000 metreküp artık hava için metreküpte ortalama 0,4 g VOC ile maliyetsiz bir artık hava temizleme operasyonuna ulaşılmış olmasıyla, başka örneklerle desteklenebilmektedir. Orada yoğunlaştırılmış çözücüler, ısı enerjisinin (kızgın su) üretilmesi için termik olarak kullanılır ve enerji, püskürtme odalarına geri gönderilir. Tesis, 2011/2012 yılında saatte 200.000 metreküp artık hava [kapasitesine] genişletilecektir.

Duplex teknolojisi nasıl çalışır?

Basit devre şeması 5 nolu Resim'den anlaşılır.



- 1) Moleküler elekli düzleştirici kademesi
- 2) Yoğunlaştırma tekeri
- 3) Temizlenmiş hava bacası
- 4) Desorpsiyon havası ısındırması
- 5) Isı geri kazanım [işlem]li yoğunlaştırılmış hava için yakma tesisi (< 500 t çözücü)
- 6) Damıtma yeri ile çözücü geri kazanımı (> 500 t çözücü)

- temizlenmemiş artık hava
- temizlenmiş artık hava
- çözücü

5 nolu Resim: Yakma [ünitesi]ne + alternatif çözücü geri kazanma [ünitesi]ne sahip moleküler elekli yoğunlaştırma tesisi

Bu prosedürde, toplanan artık hava ilk başta moleküler elekli tampon (1) üzerinden homojenleştirilip, adsorpsiyon işlemine engel oluşturan ek maddelerden arındırılmış olur. Dolayısıyla, tamponun içinde kullanılan, çok ucuz olan moleküler elek, aşağı akımındaki tekerin (2) içinde bulunan, çok pahalı olan moleküler elekleri korur ve bu şekilde rotasyonlu yoğunlaştırıcının çok uzun bir ömrüne ulaşması sağlanır.

Dolayısıyla, bir gravür baskı işletmesi tarafından, lak boyalama ve kaplama tesisleri tarafından veya tüp ve teneke kutusu hatlarından dışarıya verilen artık havanın yüzde 80'i, herhangi başka işleme olmadan, doğrudan baca (3) üzerinden açık havaya verilebilmektedir.

Artık hava kütlesinin yüzde 5'ten < yüzde 20'sine kadar, şimdi bir ısıtıcı üzerinden gönderilip (4), yoğunlaştırma tekerinin (2) içinde, depolanmış olan çözücülerin desorpsiyonu için kullanılır. Bu düşük artık hava miktarı bunu müteakip küçük, rejeneratif bir artık hava temizleme tesisinin içinde yakılır. Rejeneratif ikincil yakma [işlemi] o zaman hem desorpsiyon [işlemi] için hem de püskürtme odalarının ya da matbaalardaki veya tüp ve teneke kutusu fabrikalarındaki kurutucuların operasyonuna ısı temin eder.

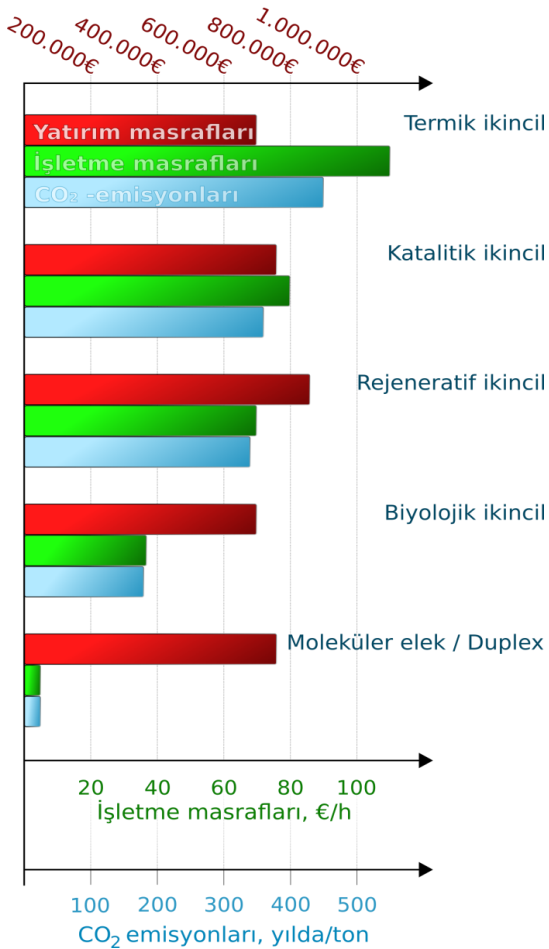
Ne atık su ne de kayda değer olan bir enerji kaybı oluşmaktadır.

Buna alternatif olarak, yoğunlaştırılmış artık havayı, bir adsorpsiyon tesisinin (6) içinde temizleyip, burada, örneğin; matbaalarda Etilasetat, saf çözücülerini geri kazanmak mümkün olur.

Yukarıda gösterilen örnek, pratikten alınan bir örnektir. Burada da, en düşük enerji tüketimi ile, sıvı kullanmadan ve atık su oluşmadan, çok büyük artık hava miktarlarını, artık havanın içinde mevcut, hissedilebilir enerjinin büyük bir kısmının, ama çözücünün içerdiği entalpinin de işletmenin içine geri gönderilecek şekilde temizlenmesi başarılmıştır. Gerçekleştirilmiş tesisi 6 nolu Resim göstermektedir.



6 nolu Resim: Dortmund'daki Bucyrus şirketindeki büyük [parça] lak boyama tesislerinin çıkışındaki Duplex tesisi



7 nolu Resim: Farklı artık hava temizleme prosedürlerinin ekonomik verimliliği ve sürdürülebilirliği kıyaslanması

Günümüzde uygulanan artık hava temizleme prosedürlerinin ekonomik verimliliği, sürdürülebilirliği ve karbon dioksit emisyonu kıyaslaması

7 nolu Resim'de gösterilen genel bakış da pratiğe dayalıdır.

7 nolu Resim, kimyevi bir büyük işletmenin (Naarden'deki Givaudan şirketi) çıkışında saatte 60.000 metreküp ile, çok düşük olarak yoğunlaştırılmış bir artık hava kütlesi akışı için yapılan kıyaslama ile ilgilidir. Yoğunluk burada, başta favori kabul edilen Duplex teknolojisinden, plazma teknolojisi lehine vazgeçildiği şekilde, metreküpte < 100 mg VOC'tur. Bu şirkette daha önce mevcut olan biyolojik artık hava temizleme tesisleri, çok yüksek enerji harcamalarına (buhar ile nemlendirme) ve biyo malzemesinin üç yılda bir değiştirilmesine rağmen, resmi dairelerce şart koşulan düşürmelere ulaşmamıştır. Bu nedenle başta rejeneratif bir artık hava temizleme tesisi yedek olarak planlanmış idi. Duplex tesisi ile, 7 nolu Resim'de görülebildiği gibi, işletme masraflarının olağanüstü düşürülmesi ve ekolojik sürdürülebilirliğin artırılması sağlanmış olacaktı. Çok düşük VOC yoğunlukları (normal durumda metreküpte 30 mg) nedeniyle plazma teknolojisinin mümkün olan kullanımı, yüzde 99,99 oranında bir koku azaltma performansı sayesinde doğru prosedür olarak kendisini ispatlamış durumdadır [7].

Gelecek için görüşler

Moleküler eleklerin ileri geliştirilmesi devamlı bir ilerlemeye tabidir. Özellikle sözde metal-organik kafesler ("MOF") [8] gram başına en fazla 4.000 metrekarelik adsorpsiyon yapan yüzeylere ulaşma olanaklarını işaret etmektedir. Onlar, aktif karbonu (g başına < 1.400 metrekare) bu konuda önemli ölçüde geçerler. Bu malzemelerin teknik bir

uygulamadaki kullanımı özellikle maliyet sebeplerinden dolayı, ama henüz öngörülebilir olmayan yangın tehlikesi nedeniyle de, şu anda mümkün değildir. Tüp ve teneke kutusu imalatı için, esnek ambalaj için, ama lak boyama [işlemi] için de fiyatı uygun olan moleküler elekler ve moleküler elek yedek maddeleri, çevre dostu ve işletme masraflarını azaltıcı artık hava temizleme prosedürlerine olan anahtardır. Çocuklarımızın dünyası, modern artık hava temizleme prosedürleri sayesinde, yeni artık hava temizleme tesislerinin önemli ölçüde daha az miktarda karbon dioksiti dışarıya vererek ve temizleme [işlemi] kendisi için primer enerji harcamayarak, daha fazla olumlu ve daha fazla umutlu şekilde tasarlanabilmektedir.

Rudolf Rafflenbeul

Resmi Atanan Yeminli Atık Hava Temizleme ve Havayı Temiz Tutma [işlemleri] Eksperti

Referanslar

- [1] Rolf Rafflenbeul: Lösemittelrückgewinnung und Energiekostenreduktion nach Druckprozessen. Flexo+Tief-Druck. 3/2011.
- [2] Felix Stork, Hans Stork, Rolf Rafflenbeul: Nanomaterialien für kostengünstige Abluftreinigungsverfahren.
- [3] Rolf Rafflenbeul: Fortschritte in der Adsorptionstechnologie. Chemie Ingenieur Technik. 11/1996. Seiten 1413 bis 1423.
- [4] Rolf Rafflenbeul: Geringe Kosten für gering konzentrierte Abluft. wlb. 6/2008. Seiten 36 bis 41.
- [5] Stricken für die Umwelt. http://www.straehle-hess.de/D/html/news_stricken_umwelt.html
- [6] Information Herr Staschik, Fa. airprotech srl.
- [7] Jan van den Berg, Rolf Rafflenbeul: Plasma löst Geruchsprobleme. Umweltmagazin. Dezember 2009.
- [8] DECHEMA-Jahrestreffen des Fachausschusses Adsorption. 24. bis 25. März 2011 in Würzburg.