
SERİ

B

CİLT

55

SAYI

1

2005

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



ATIK KAĞITLARDA MÜREKKEP GİDERMENİN KİMYASAL YÖNÜ

Doç. Dr. Bahattin GÜRBOY¹⁾

Kısa Özet

Mürekkep giderme işlemi, atık kağıt liflerinin tekrar kullanılabilmesi için kağıt üzerindeki baskı mürekkepleri ve kağıt yapımı sırasında olumsuzluk yaratan diğer maddelerin uzaklaştırılmasını kapsamaktadır. Tatminkar düzeyde gerçekleştirilemeyen işlem sonucu bu liflerden elde edilen kağıtta düşük parlaklık ve lekeler neden olmaktadır. Mürekkebin atık kağıtlardan etkin olarak uzaklaştırılması mürekkep özelliklerine, kağıt kalitesine ve kağıda uygulanan yüzey işlemlerine bağlı olarak bir çok yöntemle gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler sırasında katılan kimyasal maddeler ile uzaklaştırılması gereken mürekkep parçacıkları (pigmentler) arasında çeşitli reaksiyonlar meydana gelmektedir. Bu makalede mürekkep giderme işleminin kimyasal yönü ayrıntıları ile ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mürekkep giderme, Yüzdürme işleminin kimyasal yönü, Yıkama işleminin kimyasal yönü

CHEMICAL ASPECT OF DEINKING PROCESS IN WASTEPAPER

Abstract

The purpose of deinking is to remove printing inks and other substances that might affect the papermaking process or final properties of paper. Unsatisfactory separations give a paper with low brightness and dirt specks. Effective deinking depends on the ink properties, paper quality and paper coating process. Deinking process are applied by using different methods. Various reactions occur between added chemicals and separate substances during deinking process. The chemical aspect of deinking process has been detailed in this study.

Keywords: Deinking, Flotation chemistry, Washing chemistry

¹⁾ İ.Ü Orman Fakültesi Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı

GİRİŞ

Son madde ya da mamul madde olduğu halde, kullanım amacına hizmet edip atıldıktan sonra, bir ham madde gibi yeniden kağıt endüstrisinde değerlendirilebilen kağıtlar atık kağıt olarak tanımlanmaktadır (BOSTANCI 1987). Atık kağıtlar karton üretim tesisleri ile baskı ve dönüştürme (converting) ünitelerinden çıkan ıskartaları kapsıyor ise ilk tüketim atıkları, yayınlar, ofis kağıtları ve sargılık kağıtlardan oluşuyor ise son tüketici atıkları olarak tanımlanmaktadır. Atık kağıt özel kağıtlar da dahil olmak üzere her tür kağıt ve karton üretimi için önemli miktarlarda kullanılmaktadır (ZAIMOĞLU 1993).

Kağıdın en önemli özelliklerinden biri direnci olup, liflerin aralarında yapmış oldukları bağların fonksiyonudur. Geri dönüşüm sonucu elde edilen kağıtların direnç özellikleri, kimyasal hamurlardan üretilen kağıtlarda mekanik hamurdan üretilenlere kıyasla belirgin bir oranda düşmektedir. Geri dönüşüm sayısı ile kimyasal hamurdan üretilen kağıtlarda azalan bir başka özellik ise kağıdın yoğunluğu olmaktadır. Bu belirtilen özelliklerin atık kağıdın yaşına bağlı olarak olumsuz yönde etkilendiği de bilinmektedir.

Mürekkep temelde iki ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar pigment ve bağlayıcı maddedir. Elektrostatik baskılar dışında uygulanan baskılarda bağlayıcı maddeler sıvı formda bulunan bitkisel yağlar, mineraller, doğal ve sentetik reçineler, polimerler ve solvent (çözücü) ler vb. den oluşmaktadır. Mürekkebin kuruma ve sabitlenmesi fiziksel, kimyasal veya fizikokimyasal (absorbsiyon, evaporasyon, oksidasyon, polimerizasyon, ultraviyole ve IR radyasyonu gibi) etkiler sonucu gerçekleşmektedir (CASEY 1983, TANK 1998, GÜRBOY 2001). Atık kağıtların yeniden değerlendirilmesi işlemi sırasında en büyük sorunlardan biri dönüştürme tesislerinden gelen sticky olarak adlandırılan yapışkan maddeler olup, bu maddeler üretim sırasında elek ve keçelerde tıkanmalara, presler ve kalenderlere yapışarak kopmalara neden olmaktadır. Ayrıca kağıtta lekeler oluşturmaktadır (EKLUND/LINDSTRÖM 1991). Yapışkan maddeler polimer yapıda kimyasal bileşikler olup en fazla kullanılanlar etil vinilasetat (EVA), poli vinilasetat (PVA), akrilik ve stiren polimerleridir. Atık kağıtta bulunan diğer maddeler tutkal, nişasta, ıslak direnç reçinesi, boya yanısıra zımba teli, kum, dolgu maddesi gibi yabancı maddelerdir.

2. ATIK KAĞIDA UYGULANAN İŞLEMLER

2.1 Hamur Haline Getirme (Hamurlaştırma) İşlemi

Bu işlem, düşük ya da yüksek kesafette kesintili veya devamlı çalışan hamurlaştırıcı (pulper) larda gerçekleştirilir. Klasik pulperlerde kesafet % 6 civarındadır. Sıcaklık genellikle 60-80 °C arasında tutulur. Mürekkebin giderilmesini ve hamurun liflendirilmesini kolaylaştırıcı kimyasal maddeler bu aşamada ilave edilir. Pulperlerdeki kesafet miktarı, sıcaklık, süre ve kimyasal madde miktarına, atık kağıt kalitesine, hamuru işleme prosesine ve son ürünün cinsine göre ayarlanmalıdır.

Ön temizleme aşaması, düşük kesafette çalışan pulperlerde pulper içerisine sarkıtılan ip ile sağlanırken, yüksek kesafette (% 15) çalışan pulperlerde ise çıkışa monte edilmiş tutucular ile sağlanır fakat ağır kirliliklerin giderilmesi santrifüj temizleyicilerde yapılır. Lif süspansiyonu daha sonra basınçlı eleklerden geçirilir. Basınçlı eleklerde ayırımı etkileyen en önemli faktörler elek açıklıklarının şekli ve boyutu, lif süspansiyonunun kesafeti, kirlilik boyutu, şekli ve boyutu, elekteki giriş ve çıkış basınçları arasındaki fark ve atıkların besleme hızına oranıdır. Yapışkanlar, vakırlar, sıcak tutkallar, polimer maddeler siklon temizleyicilerde temizlenirler. Bu aşamada da temizlemenin etkinliği hamur kesafeti, giriş ve çıkış basınçları arasındaki fark ve atığın temizleme hızına oranı gibi parametrelere bağlı bulunmaktadır.

2.2 Mürekkep Giderme (Deinking)

Mürekkep gidermenin ana amacı, istenen beyazlıkta ve çıplak gözle görülebilen mürekkep lekeleri içermeyen kağıt hamuru üretilmesidir. Bu işlem 40 µm den daha büyük pigment parçacıklarının kağıt hamurundan tamamen uzaklaştırılmasını gerektirmektedir. Beyazlık ya da parlaklık olarak isimlendirilen optik özelliğin artırılması için daha küçük partiküllerin de uzaklaştırılmasının sağlanması gerekmektedir (ZAIMOĞLU 1993).

Mürekkep giderme sistemi 1950 li yılların sonlarında flotasyon (yüzdürme) yöntemi kullanılarak Amerika'da başlamış olup Avrupa'da ise ilk olarak 1959 yılında Hollanda'da bir kağıt fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Mürekkep giderme konusunda en büyük kapasiteli tesisler Avrupa'da bulunmaktadır. 1997 yılı itibariyle mürekkep giderme kapasiteleri dikkate alındığında dünyadaki 25 milyon tonu bulan tüm kapasitenin % 44'ü Avrupa, %25'i Asya, % 25'i Kuzey Amerika ve % 6'sı Güney Amerika, Afrika ve Okyanusya'da bulunmaktadır. Dünyada mürekkebi giderilmiş kağıt türlerinin ham madde olarak kullanıldığı kağıt türlerine bakıldığında % 53'ünün gazete kağıdı, % 20'sinin temizlik kağıdı, % 12'sinin yazı-baskı kağıdı, %15'inin diğer kağıt türlerinde kullanıldığı görülmektedir. Avrupa'da ise bu miktar 11 milyon ton olup % 60'ı gazete kağıdı, % 15'i temizlik kağıdı, % 12'si yazı-baskı kağıdı ve % 13'ü diğer kağıt türlerinin üretiminde kullanılmaktadır (GÖTTSCHING/PAKARINEN 2000).

Atık kağıtlar üzerinde bulunan mürekkebin uzaklaştırılması işlemi iki ana kademe gerçekleştirilir.

1. Ilımlı bir kimyasal madde kullanılmak suretiyle kağıt liflendirilerek üzerinde bulunan mürekkep çözülür.

2. Mekanik bir yıkama ile çözünmüş bulunan mürekkep kağıt hamurundan ayrılır.

Etkin bir mürekkep giderme sonucu, gazete ve dergi kağıtlarında ISO parlaklığı % 15-20 kadar artabilmektedir.

Mürekkep giderme prosesinde ilk aşama pulperlerde gerçekleştirilir. Hamurlaştırıcıdaki kesafet, kağıdın hava kuruşu miktarı üzerinden hesaplanması nedeniyle katılacak kimyasal madde miktarı bakımından önemlidir. Yüksek kesafet yüksek kimyasal etkinlik sağlar. Bu aşamada kullanılan kimyasal maddeler sodyum hidroksit (NaOH), hidrojen peroksit (H₂O₂), sodyum silikat (Na₂SiO₃), sabun, deterjan gibi dağıtıcı maddeler ile çelat yapıcı maddeler ve yüzey aktif maddelerdir. Alkali özellikteki maddelerden NaOH istenilen pH'yı sağlayarak kağıtta bulunan ve asidik özellikte olan reçineyi çözerek ortamın pH'ını yükseltip mürekkepteki bağlayıcı maddeyi yumuşatarak sabunlaştırmakta ve pigmentin açığa çıkmasını sağlamaktadır. Sodyum silikat yüksek değerlikli iyonları bağlayabilen suda çözünür bir polimerdir ve koloidal partiküllerin yüzeylerine yapışarak adsorbe olur. Sodyum silikatın bir başka etkisi baskı mürekkeplerinin dispersiyonunu geliştirerek onun lifler üzerinde birikmesini önlemek aynı zamanda ortamın pH'ını istenilen düzeyde tutarak tampon görevi yapmaktır. Hidrojen peroksit mekanik liflerde sodyum hidroksidin neden olduğu sarılık etkisini yok etmek için ağartıcı olarak hamura ilave edilir. Peroksit ağartması yüksek sıcaklık ve kesafette başarı ile gerçekleşir. Çelat yapıcı maddeler ise ağır metal katyonlarını ve diğer katyonları tutarak hidrojen peroksidin olumsuz yönde etkilenmesini önlemektedir. Sodyum silikat, sabun ve deterjan mürekkepleri yumuşatarak stabilizatör görevi de yapmaktadır.

Mürekkebin etkin olarak temizlenebilmesi, öncelikle kimyasal yapısının, kağıda uygulanan kuşeleme şeklinin, kağıtta kullanılan tutkal cinsinin iyi bilinmesi ve bunlara uygun kimyasal maddeler kullanılması ile mümkün olmaktadır (BOSTANCI 1987).

Mürekkebin kağıt yüzeyinden ayrılmasındaki etkinlik, mürekkebin özelliklerine bağlı bulunmaktadır. Tipo baskı mürekkeplerini lif yüzeyinden uzaklaştırmak kolaydır. Ofset baskı mürekkepleri, kağıdın yaşlanması ve mürekkebin alkid reçinesi ile kağıda bağlanması halinde problemler çıkarabilir. Rotogravür baskı yapılmış kağıtların mürekkebinin giderilmesi ofset baskı yapılmış olanlara kıyasla daha kolaydır. Yüzdürme işlemi ile mürekkep giderme su bazlı flekso baskı mürekkeplerinde etkili değildir fakat yıkama işlemi, su bazlı mürekkepleri giderebilmektedir. Mürekkep giderme aynı zamanda kullanılan kağıt kalitesine de bağlı bulunmaktadır. Kuşeli kağıtların mürekkebinin giderilmesi kuşesizlere kıyasla çok daha başarı ile gerçekleştirilebilmektedir.

Mürekkep parçacıklarının lifler üzerinden ayrıldığı ve sulu fazda disperse olduğu zaman ağır olan mürekkep parçacıklarının kolloidal stabilitesi yeteri kadar yüksek değil ise lifler üzerinde tekrar toplanma riski bulunmaktadır. Lümene toplanma, lif yüzeyinde kimyasal ve mekanik olarak tekrar toplanma olmak üzere üç tip yeniden toplanma mevcuttur. Mürekkep parçacıkları aynı zamanda süzülme sırasında lif keçesi arasında da tutulabilmektedir.

Lümene toplanma, küçük mürekkep parçacıklarının lif çeperlerinden geçmeleri ve lümen içerisine girmeleridir. Bu olay parçacıkların yüzey özelliklerinden bağımsız olarak meydana gelebilir. Hidrofil ve hidrofob yapıdaki partiküller lümeninde toplanabilmektedir.

Daha büyük parçacıklar lif yüzeyinde tekrar toplanabilmektedir. Bu toplanma fizikokimyasal adsorbsiyon veya mekanik olarak lif yüzeyindeki düzensizliklerden meydana gelebilmektedir. Tekrar toplanmaktan sakınmak için mürekkep parçacıkları ve lifler, hidrofil yapıda olmalıdır. Hamurlaştırıcıda ilave edilen yüzey aktif maddeler, sodyum hidroksit ve sodyum silikat mürekkep partiküllerine hidrofil özellik kazandırmaktadır. Eğer liflerin kısmen hidrofob özelliği var ise bu özellik mürekkebin tekrar toplanmasına yardımcı olur. Böylece artan hidrofob lif özelliği lifler üzerinde biriken kalıntı mürekkep giderme kimyasal maddelerinden veya mekanik hamurdan kaynaklanan odun ekstraktiflerinden kaynaklanabilmektedir (GÖTTSCHING/PAKARINEN 2000).

Liflerden ayrılmış pigmentlerin uzaklaştırılması yıkama ve yüzdürme işlemleri ile gerçekleşir. Kuzey Amerika ülkelerinde yıkama, Avrupa ülkelerinde ise yüzdürme prosesleri daha fazla uygulanmaktadır.

2.3 Yıkama İşlemi

Bu işlemde pigmentlere hidrofil özellik kazandırılarak dolgu maddeleri ve diğer kirlilikler kağıt hamurunun su ile yıkanması sonucu uzaklaştırılmaktadır. Sistemin etkinliği tamamen parçacık boyutuna bağlı olup dispers olabilen mürekkepler (ofset, tipo vb. baskı mürekkepleri) ile dolgu maddelerinin uzaklaştırılması için uygundur. Etkin olduğu partikül boyutu 0.5-5 µm dir.

İşlemin ana prensibi, lif süspansiyonunun yoğunlaştırılması ve tekrar seyreltilerek suyun uzaklaştırılmasıdır. İşlemin verimi, yıkama ekipmanları ve atık kağıdın yapısına bağlı olmakla birlikte % 75-90 arasında değişmektedir (ZAIMOĞLU 1993, SMOOK 1989).

2.4 Yüzdürme (Flotasyon) İşlemi: Mürekkep parçacıklarının hidrofob özellik kazandırılıp seyreltik atık kağıt hamurundan yüzdürülerek uzaklaştırıldığı bir kimyasal-mekanik sistemdir. Bu sistemde mürekkeplerin heteropolar yüzey aktif kimyasal maddelerin kullanımı ile hidrofob özelliği giderilir ve hidrofil özellik kazanan pigment parçacıkları liflerden ayrılabilir hale gelir. Dispers hale gelen pigment parçacıkları, suda bulunan kalsiyum iyonları ile etkileşerek toplayıcı görevi yapan heteropolar yüzey aktif kimyasal madde molekülleri ile hava

kabarcıklarının üzerinde toplanırlar. Bu hava kabarcıklarının yükselmesi ile köpük tabakası oluşmakta ve yüzeyden köpüğün uzaklaştırılması sağlanmaktadır.

Pigmentleri toplayan heteropolar yüzey aktif maddeler olarak sabunlardan başka sentetik noniyonik yüzey aktif maddeler de kullanılır. Özel durumlarda bu maddeler organik yüzey aktif maddeler ile de birlikte kullanılabilir (ZAIMOĞLU 1993, SMOOK 1989).

Mürekkep giderme işleminin etkinliği parçacık boyutuna bağlı olup, etkinliğin en yüksek olduğu boyut 5-15 µm dir. Ancak, daha büyük parçacıkların uzaklaştırılmasında yüzdürme işlemi yıkama prosesinden daha iyi sonuç vermektedir (Mc CORMICK 1991).

Yüzdürme prosesinin verimi bir çok değişkene bağlıdır

Bunlar,

- Mürekkepteki pigmentin boyutu ve yoğunluğu,
- Hava kabarcıklarının büyüklüğü,
- Hamur (lif süspansiyonu) kesafeti,
- Hamurun sıcaklığı ve pH'ı,
- Kimyasal işlemin süresi,
- Kullanılan kimyasal maddelerdir.

Verim % 85-95 arasında değişmektedir.

2.5 Birleşik Proses

Baskı tekniklerinin gelişmesi sonucu basılı atık kağıtların mürekkeplerinin giderilmesinde yukarıda açıklanan proseslerden birinin uygulanması yetersiz kalabilmektedir. Bu durumda yıkama ve yüzdürme işlemlerinin her ikisini de içeren birleşik proseslerin kullanılması uygun olmaktadır. Örneğin atık kağıt olarak lazer baskılı büro atıkları ve ofset baskılı poster ıskartalarının birlikte bulunduğu karışımlarda birleşik prosesin uygulanması etkin bir mürekkep giderme için uygun olmaktadır.

3. YIKAMA İŞLEMİNİN KİMYASAL YÖNÜ

Hidrofil misellerin oluşumu: Hamurlaştırıcıda misel (mürekkep/sabun parçacığı) lerin devamlı oluşumunda iki reaksiyon meydana gelir. Bunlar

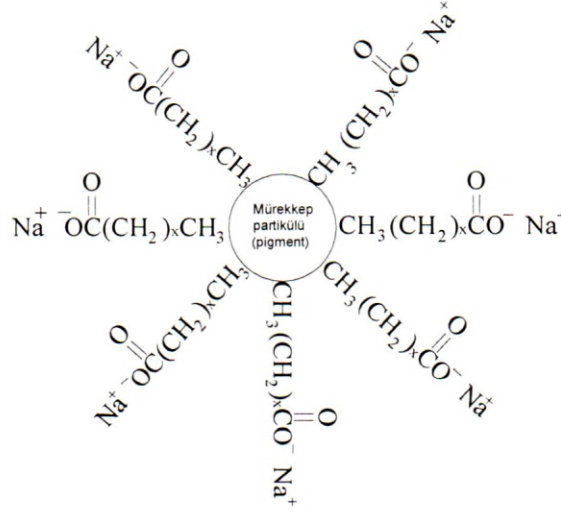
1. Alkali ile yavaş bir reaksiyon sonucu bağlayıcı maddeler (bitkisel yağ) 'in sabunlaştırılması,
2. Bitkisel yapılı mürekkep yüzeyi üzerine hızlı bir şekilde sabunun (hidrofil/hidrofob) adsorbsiyonudur.

Tamamen veya kısmen misellerin oluşumu mürekkep giderme kimyasının temelini oluşturmakta ve yıkama işleminin esası buna dayanmaktadır. Bu reaksiyonlar hamurlaştırıcıda başlamakta ve bunu takiben sabunlaştırma tankında devam etmektedir.

Sabunlaştırma: Alkali madde, sabun oluşturmak üzere mürekkebin bağlayıcısı olan bitkisel yağ ile reaksiyona girmektedir. Mürekkebin hava ile temas ederek okside olması

sabunlaşma süresini uzatmakta ve normal mürekkep giderme sıcaklığında reaksiyonun tamamlanması birkaç saati bulmaktadır.

Hidrofobik Adsorbsiyon: Hamurlaştırıcıda sabunlaştırma işlemi ile aynı zamanda yüksek moleküllü asit sabunları hızla miseller üzerinde toplanır. Sabunun hidrofob yağ fraksiyonu bir misel oluşturarak, life bağlı mürekkebin dış moleküler yüzeyine bağlanır. Sabun, süspansiyondaki tüm partiküllerin yüzeyinde adsorblanır. Bunlar bitkisel yağlı mürekkeplerde olduğu gibi polimer mürekkepleri ve yapışkan parçacıkları içerir (Şekil 1).



Tamamen solvatize mürekkep/sabun miseli
X=16 (En fazla kullanılan sabun olan stearat için)

Şekil 1: Mürekkep giderme kimyasının temeli olan misel oluşumu

Mürekkebin Liflerden Uzaklaştırılması: Adsorbsiyondan sonra sabun moleküllerinin hidrofob yapıdaki asit kısmı çözülmekte, mürekkep parçacıklarını lif üzerinden stabil olan süspansiyonun yüzeyine çekerek çıkarmaktadır. Sabunun adsorbsiyonu, mürekkep parçacığını hidrofob konumdan hidrofob konuma değiştirmekte böylece mürekkep kuvvetli sulu çözeltiler ile lif yüzeyinden alınmaktadır. Suyun pozitif yüklü hidrojen uçları sabun misellerinin karbonil gruplarına hidrojen bağları ile elektriksel çekimle bağlanmaktadır. Sabun, aynı zamanda her iki yüzeyi ıslatarak mürekkep ve lif arasındaki yüzeye suyun nüfuz etmesini sağlamaktadır.

Yıkama ile Küçük Mürekkep Parçacıklarının Uzaklaştırılması: Lif keçesinin süzülmesi sırasında daha büyük mürekkep parçacıkları tutulur ve lif üzerinden pigment parçacıklarını çıkarmak için gereken su-çözücü enerjisinin daha büyük parçacıkları kaldırılabilmemesinin yetersiz kalması nedeniyle yıkama, yalnız küçük parçacıkları uzaklaştırır.

Lifler üzerinden mürekkebi uzaklaştırmak için gerekli enerji ve mürekkep ile lif arasındaki yüzeye sabunun nüfuz etmesindeki çekim, mürekkep gidermede etkin olan iki faktör olmaktadır.

Yumuşak Su: Yumuşak su, misellerin tamamlanmasını sağlayan yıkama-yüzdürme ve yalnız yıkama sistemlerinde iyi sonuç vermektedir. Bununla birlikte yıkama-yüzdürme sistemlerinde kalsiyum, suyun sertliğini artırması ve sabunu çöktürmesi nedeniyle kullanılmamalıdır. Aslında yıkama ve yüzdürme işlemleri için ayrı su hatları kullanılması gerekmektedir.

Polimer Bağlayıcı Mürekkeplerle Misel Oluşturma: Türbülans ve makaslama etkisi ile misellerin kararlılığının kırılması, mürekkep giderme için kullanılan sabunun etkinliği ve mürekkep yüzeyine adsorblanma gücü ile belirlenebilir. Polimer bağlayıcı mürekkepler daha az miktarda stabil misel oluşturur ve sabunun daha zayıf adsorbe olduğu hidrofil gruplar içerirler. Bu nedenle bazı polimer bağlayıcı mürekkepler yıkama ile uzaklaştırılmazlar.

Yıkama İşlemi: Yıkama, süspansiyondan liflerin uzaklaştırıldığı süzme işlemidir. Süspansiyondaki mürekkep, küçük lifler, lif kırıkları ve diğer küçük hidrofil partiküller gevşek karmaşık lif keçesi arasından süzülür. Yıkama ile konsantrasyon artırımı (yoğunlaştırma) arasındaki belirgin fark, daha az etkinlikle süzülmesi ve süzütüsünün bir sonraki aşamada tekrar kullanımdan önce temizlenmesidir.

Yıkama Cihazları: Çıkarılan mürekkebin yıkanması % 1 yoğunlukta ağır kademeli bir besleme ile yapılır ve % 4.5 yoğunluklu bir keçe olarak dışarı atılır. Yıkama cihazlarının seçiminde ana faktör ya anorganik maddelerin yıkanarak çıkarılması veya stok ile muhafaza edilmesidir (Mc CORMICK 1991, GOTTSCHLING/PAKARINEN 2000).

4. FLOTASYON (YÜZDÜRME) İŞLEMİNİN KİMYASAL YÖNÜ

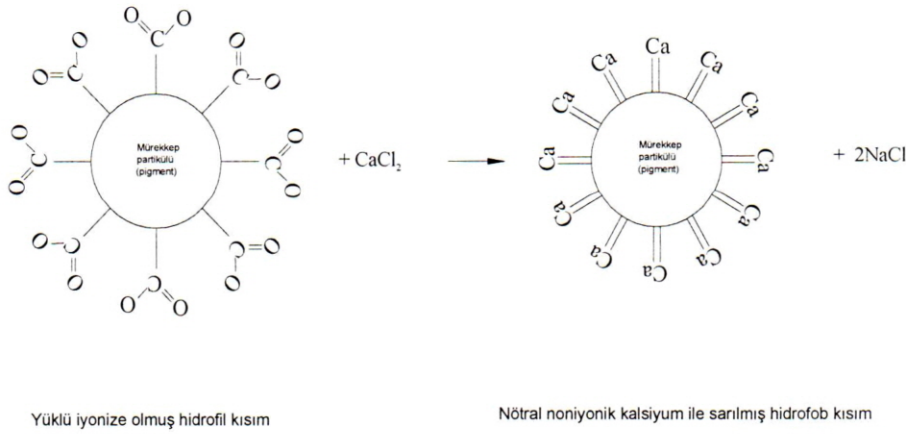
Yüzdürme İşleminin Önceki Aşamalar: Yıkama işleminde küçük mürekkep parçacıklarının çıkarılmasından sonra hamur, karıştırma tankları, elekler, pompalar, temizleyiciler ve valflere doğru akan liflerin birbirlerine sürtündüğü hamurlaştırıcıda yoğun bir işlemle yumuşak bir şekilde devam etmekte, yumuşayan daha büyük mürekkep parçacıkları liflerden çıkarılmakta ve parçalanmaktadır. Mürekkepler öncelikle hamurlaştırıcıda liflerden uzaklaştırılmaktadır. Bununla birlikte, yıkama ve yüzdürme işlemleri arasındaki herhangi bir cihazda bir kısım çok ılımlı işlemler sürdürülmekte böylece yüzdürme işleminde parçacıklar ve lifler hamurlaştırıcıdan hemen sonra farklılaştırılmaktadır. Sabun-misel oluşumu bir dispersant gibi davranarak büyük mürekkep parçacıklarını parçalamaktadır. Yüzdürme hücrelerine ulaştıkları süre içinde rastgele süspanse ve daha küçük boyutlu hale gelmektedir.

Kalıntı Mürekkep: Normal olarak hamur yüzdürme hücrelerine ulaştığı zaman mürekkebin önemli bir kısmı lif yüzeylerinden kimyasal veya fiziksel olarak uzaklaştırılabilecektir. Bir miktar kalıntı mürekkep halen yüzeyde asılı kalacak ve yüzdürme işlemi ile uzaklaştırılamayacaktır. Bu kalıntı mürekkebin liflerden uzaklaştırılması yüzdürme işleminden sonra dispersiyonu gerektirecek ve parçacık boyutunun gözle görülebilir büyüklüğün altına düşürecektir. Mürekkep giderme tesislerinin flotasyon hücrelerinden önce inatçı polimer içeren mürekkepleri ilave olarak lif-lif sürtünmesinin hakim olduğu bir dağıtıcı (dispenser)

sistemi kurmaları böylece yüzdürme işlemi ile süspansiyondaki partiküllerin daha başarılı bir şekilde uzaklaştırılması mümkün olmaktadır.

Sabun İlavesi: Süspansiyonda başarılı bir yüzdürme işlemi, mürekkep parçacıklarını hidrofob hale getirmek böylece onları hava kabarcıklarına tutunarak ve hücreden uzaklaştırarak yüzeyde yüzdürmeye bağlı olmaktadır. Kimyasal olarak yıkama işleminin tersidir. Mürekkep parçacıklarını hidrofob hale getirmek için toplayıcı olarak kalsiyum iyonu ve aşırı miktarda sodyum sabunu yıkama-yüzdürme ve sadece yüzdürme sistemleri için pompa ile vakum uygulanan yıkama hücresine ilave edilir fakat yıkama-yüzdürme sistemleri için sabun hamurlaştırıcıya ve kalsiyum yüzdürme hücresine ilave edilir. En az 200 ppm kalsiyum iyonu ya sert su olarak ya da kalsiyum tuzu olarak yumuşak suya katılması gerekmektedir.

Sabun ile Reaksiyon: Kalsiyum tuzları iki reaksiyonu paylaşır durumdadır. İlk reaksiyonda fazla sabun ile düşük çözünürlüğe sahip kalsiyum iyonları serbest, süspanse hidrofob çözünmeyen kalsiyum stearatları oluşturur. Kalsiyum sabunu (kalsiyum stearat) sodyum sabunu ile kıyaslandığında çözünmez, çünkü iki uzun hidrofob grup her bir kalsiyum iyonuna bağlanmaktadır. Su ve hidrofob stearat karışmaz böylece stearat, çökmüş ince beyaz parçacıklar olarak hava kabarcıkları üzerinde toplanır (Şekil 2).



Şekil 2: Mürekkep giderme işleminde yüzdürme reaksiyonu

İkinci reaksiyonda, pozitif yüklü kalsiyum iyonları, miselleri sararak mürekkep üzerinde adsorbe edilmiş olan sabunun açığa çıkan negatif yüklü karboksil grupları ile reaksiyona girmektedir. Bu kalsiyum stearatta olduğu gibi hidrofob büyük molekülü asit tuzları oluşturarak miseller üzerinde bulunan yüzey elektriksel yükü nötralize eder. Bununla birlikte bu stearat mürekkep üzerinde serbest süspanse çözeltiden daha iyi absorblanabilir hale gelir. Stearatın iki fonksiyonu vardır. Bunlar hidrofil halden hidrofob hale gelen mürekkep misellerinin yüzeye çıkması ve aşırı sabun varlığında misellerin yüzeyde toplanmasıdır.

Hidrofob Mürekkeplerle Çarpışma: Misellerin kalsiyum ile kuşatılmasından sonra çözeltide çarpışmada bulunan diğer hidrofob parçacıklar tarafından aranan hidrofob parçacıklar mürekkep, stearat, hava kabarcığı ve bunların kombinasyonları arasında mümkündür.

Stearat/Hava Kabarcığı Çarpışması: Stearat moleküler yapıda ve daha hidrofob özelliktedir ve hava kabarcığı yüzeyine mürekkepten çok daha büyük bir ilgi ile bağlanmaktadır. Çoğu stearat parçacıkları hava kabarcıklarına ilk çarpışmaları sırasında yapışmakta, hava kabarcığının yüzeyindeki hava-su ara yüzeyi hava kabarcığı üzerinde tutulan yüksek konsantrasyonlu stearat ile stabilize edilmektedir.

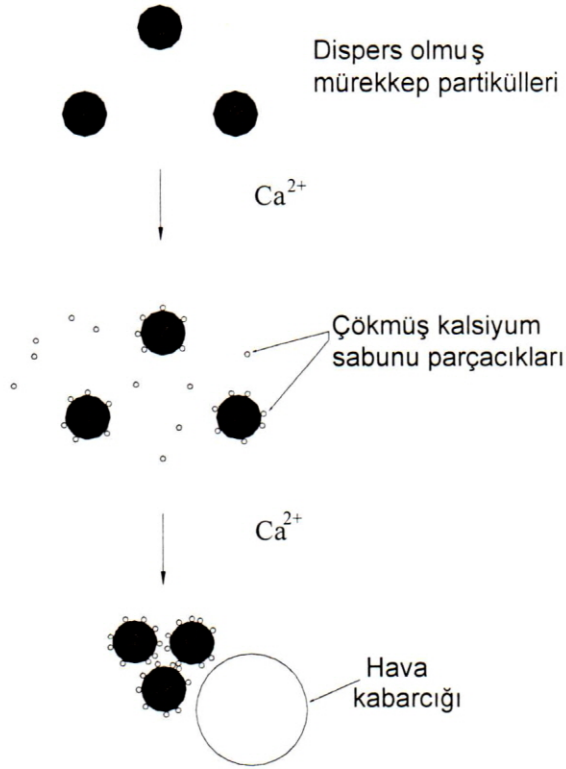
Hava Kabarcığının Hava Kabarcığı ile Çarpışması: Elektriksel etkileşim ve parçacık çarpışma hızı, parçacıkların birbirlerine yaklaşmalarını etkiler. Yeteri kadar yaklaşıncaya hidrofob/hidrofil ara yüzeylere alınır. Hava kabarcığı kütesinin küçük olması nedeniyle çarpışma sırasındaki momenti küçüktür. Normal olarak, hava kabarcıkları komşu stearatlarla reaksiyona girmeyecek uzaklıkta bulunurlar. Reaksiyona girse dahi stearatı sürüklemek için yeterli çarpışma kuvvetine sahip değildir böylece belli bir film oluşturur. Kaynaşma meydana gelmez hava kabarcığı kenara sürüklenir. Yüzeyinde daha önce olduğundan daha fazla stearat birikmesi nedeniyle hücrenin karıştırılması ile ayrılır.

Liflerle Çarpışma: Liflerle de çarpışma zincirlerinde bulunan bir çok iyonize olmuş hidroksil grupları nedeniyle lifler hidrofil yapıdadır. Bu nedenle mürekkep ve stearat gibi hidrofob parçacıkların hidrofil yapıdaki liflere tutunmaları zorlaşmaktadır.

Mürekkep/Hava Kabarcığı Çarpışması: Süspansiyonda bulunan mürekkep/sabun misellerinde bulunan sabun, hava kabarcıkları üzerinde çökelen stearata kimyasal yapı bakımından benzemektedir. Kalsiyum lineer bağlar oluşturur. Stearat/mürekkep ve stearat/hava kabarcığı parçacıkları çarpıştığı zaman kalsiyum, mürekkepli hava kabarcığına sıkı bir şekilde tutunarak doğrusal bir köprü oluşturmak üzere tekrar düzenlenecektir (Şekil 3). Stearat, mürekkebin adsorbe edildiği hava kabarcığı üzerinde aktif bir yer veya köprü oluşturur. Mürekkep misellerini saran kalsiyum bir köprü oluşturmak üzere hava kabarcığının yüzeyine aktif stearat kısımları olmaksızın yapışamayacaktır. Çünkü kalsiyum, yeniden düzenleme için hava kabarcıkları üzerinde olmaması ile diğer bir deyişle hidrofob adsorbsiyon olmaksızın gerçekleşir.

Mürekkep/Mürekkep Çarpışması: Mürekkep hava kabarcığı üzerinde adsorblandığı zaman bir kaç mürekkep/mürekkep ve mürekkep/stearat çarpışması süresinde daha büyük bir flok (toplanma) oluşur. Flokülasyon, yüzdürme hücrelerinin daha geniş (farklı) mürekkep parçacık büyüklüğünün uzaklaştırılabildiği mekanizmalardan biridir.

Mürekkebin hava kabarcıkları üzerine adsorblanması ve yukarıda verilen mekanizmaların her biri içeriye havanın alındığı yüzdürme hücrelerinin türbülans gerçekleşen kısımlarında kısa sürede gerçekleşir. Hücrenin kalan kısmı lif süspansiyonundan hava kabarcıklarının ayrılmasını sağlar fakat çarpışma enerjisinin düşük olması nedeniyle ayırma işleminde başka reaksiyonlar meydana gelmez. Pratik olarak hava kabarcıklarına tüm bağlanmalar, yüzdürme işlemi ile yapılan tüm mürekkep gidermeler havanın seyreltme tankına başlangıçta karıştırıldığı yüksek türbülans bölümünde meydana gelir.



Şekil 3 : Kalsiyum sabununun toplama mekanizması

Büyük Hava Kabarcıkları: Hücre hava kabarcıkları büyüklüğünün kontrolü verimliliğinde çok önemlidir. Hava kabarcıkları büyük ise az miktarda büyük mürekkep parçacıklarını tutarak hızla yüzeye çıkar. Büyük hava kabarcığı yüzeyi, büyük mürekkep parçacıklarının yapışması için yeterli temas alanına sahiptir. Büyük hava kabarcıkları, kabarcıklar arasındaki yüzey gerilim temas açısı nedeniyle büyük mürekkep parçacıklarını alır ve mürekkep bir çok köprü oluşumunu sağlar. Büyük mürekkep parçacıklarının bağlanmasını sağlamak için hava kabarcığı biraz şekil değiştirecektir. Yüzey gerilim, küçük mürekkep parçacıkları için hava kabarcığının şekil değişmesine engel olur.

Küçük Hava Kabarcıkları: Hava kabarcıkları çok küçük ise kaldırma kuvveti azalacak ve lif yumağı arasında tutularak yüzeye çıkmayacak ya da yüzeye çıkabilenleri ise lifler ve küçük lif kırıkları gibi süspanse katı maddeleri yüzeye taşıyacaktır.

Seçici olarak mürekkep parçacıklarının yüzmesini sağlamak için hava kabarcıklarının çok büyük ve çok küçük değil orta büyüklükte olması gerekmektedir. Yüzdürme işleminden sonra hamurda kalan hava miktarı hücrede yukarı çıkan hava kabarcıklarının ne kadarının başarısız olduğunu belirtmek esasına dayanan bir hücresel ölçümdür.

Mürekkep Adsorbe Edildikten Sonra Hava Kabarcığı Çarpışmaları Mürekkep yapışmış iki hava kabarcığı çözelti içinde çarpıştığında hava kabarcıklarının stearat ile kaplanarak stabilize olması nedeniyle birleşme gerçekleşmektedir (Mc CORMICK 1991, GOTTSCHLING/PAKARINEN 2000).

5. YÜZDÜRME İŞLEMİNDE KİL VE TALK

Flotasyonda Kullanılan Anorganik Mineraller: Yüzdürme hücrelerinde genellikle bir anorganik mineralden yararlanılır. Bu mineral süspansiyonda bulunan küçük mürekkep-hava kabarcığının yüzeye çıkarılmasına yardımcı olur. ABD’de öncelikle kaolin kullanılır. Bu kil cinsi ya doğrudan ya da kuşeli kağıt, kuşeli magazin kağıdı gibi yüksek miktarda dolgu içeren atık kağıtlarla hamurlaştırıcıya gönderilir. Bu amaç için Avrupa’da talk kullanılır çünkü daha ucuz ve kilden daha uygundur. Japonya’da üretilen gazete kağıtları dolgu maddesi olarak bir miktar kil içerir. Bununla beraber bazı Japon kağıt tesislerinde herhangi bir anorganik madde içermeyen atık gazete kağıtları da kullanılmaktadır.

Kilin Kullanılmaması Halinde: Yüzdürme işleminde kilin kullanılmaması halinde, hava kabarcıkları yüzebilecek kadar büyük olmalıdır. Kilin kullanılması halinde hava kabarcıklarının yüzeye olan mesafesi (derinliği) az olmalı ve hızla yükselmelidir. Daha fazla sayıda hava kabarcığı dolayısıyla daha büyük yüzdürme hücresi gerektirmektedir. Hava kabarcığı büyüklüğü daha iyi kontrol edilmeli ve çarpışmaların olması için daha fazla türbülans sağlanmalıdır.

Toplayıcı Olarak Kilin Kullanımı: Flotasyon hücrelerinde yaklaşık 2µm büyüklüğünde kil ve talk kullanılmaktadır. Basınçlı flotasyon hücrelerindeki hava kabarcıklarının büyüklüğü mürekkep partikül çapının 1-5 katı arasında değişmektedir. Kil, toplayıcı olarak kullanılmak için çok küçüktür. Kil-mürekkep taneciklerine gerekli kaldırma kuvvetini sağlamak üzere küçük hava kabarcıklarını toplayacak mekanizmayı oluşturmamaktadır.

Hava Kabarcığı Stabilizatörü Olarak Kil: Bir başka iddiaya göre kil, köpükteki hava kabarcıklarını ara yüzeylerde üç boyutlu boşluğun doldurulması ile birleşmeyi önleyerek köpükte hava kabarcığı stabilizatörü gibi davranmaktadır. Bununla birlikte bu mekanizma, yüzdürme hücresinde yüzdürülmesi sağlanan bireysel kil partiküllerinin büyük sayıda olmasını açıklayamamaktadır.

Kalsiyum/Lif Etkileşimi: Toplama ve stabilize etme mekanizmasının yanlış olması halinde, anorganik mineraller hava kabarcıklarının yüzeye çıkmasına nasıl yardımcı olacağına baktığımızda, hava kabarcıkları üzerine adsorblanan mürekkep parçacıkları üzerinden açığa çıkan kalsiyum, zayıf bir pozitif yüzey yüküne neden olur. Lif süspansiyonu arasından hava kabarcıklarının yükselme hareketi, selüloz lifleri üzerindeki mürekkep adsorbsiyonu ile sarılmış kalsiyum ve iyonize hidroksil grupları arasındaki yük etkileşimi ile yavaşlar.

Zayıf pozitif yüklü serbest mürekkep parçacıkları aynı zamanda lifler üzerine de zayıf bir çekim yapacaktır. Fakat serbest mürekkep, hava kabarcıklarına liflerden çok daha büyük ilgi duymaktadır. Bu, pratikte tüm serbest mürekkebin hava kabarcığı üzerine adsorblanmasını sağlar.

Küçük Parçacıkların Yüzdürülmesi: Hava kabarcıkları büyük veya hava kabarcıkları üzerindeki mürekkep ve lif üzerindeki iyonize hidroksil grupları arasındaki çekim yeteri kadar güçlü ise genellikle küçük ve kırık lifler yüzdürülebilmektedir. Hava kabarcığı küçük veya lif

büyük ise hava kabarcığı yüzeye çıkamamaktadır. Kaldırma kuvveti lif moleküllerini çözeltide kaldıracak kadar güçlü olmaktadır. Böyle gaz-lif etkileşimi, oksijen delignifikasyonu ve klor ile ağartma gibi diğer hamur elde işlemlerinde de meydana gelmektedir.

Hava kabarcıklarının yükselmesi ve yüzdürme hücreesindeki geçişin her ikisi ile yüzdürme hücreesindeki süspansiyonun normal olarak karıştırılması bu lif moleküllerinin hemen hepsinin yüzeye çıkmasına yardımcı olmaktadır.

Kil Kalsiyumu Nötralleştirir: Bir alkali çözeltide kil ve talk yüzeyinde çok sayıda iyonize hidroksil grubu bulunmaktadır. Mürekkebin hidrofob etkileşim ile hava kabarcığı yüzeyine sterat köprüsü aracılığı ile yapışmasından sonra kil, mürekkep yüzeyindeki kalsiyumun zayıf pozitif yüzey yükünü nötralize etmektedir. Kil, hava kabarcığına bağlanmış olan mürekkep parçacıkları yüzeyi üzerinde bir tabaka oluşturmaktadır. Tüm hava kabarcığı parçacığı yüzeyi zayıf bir negatif yükü yüklenir ve kendi kaldırma kuvveti altında yüzeye ulaşmak için kat ettiği mesafedeki ara yüzeyden kaçmış selüloz liflerinden ayrılarak serbest hale geçer.

En İyi Kil: Kilin yaklaşık yalnız 1/3'ü yüzdürme işleminde uzaklaştırılır. Daha çok tabakalara ayrılmış daha büyük yüzey alanına sahip ve daha küçük tanecikli kil, daha iyi performansa sahiptir ve daha fazla pigment uzaklaştırılır. Kalan kili uzaklaştırmak için sıkı bir lif keçesinden çok gevşek bir lif keçesi yıkaması uygulanmalıdır. Tekrar kullanılmadan önce süzüntü kil ve mürekkebi uzaklaştırmak üzere temizlenmelidir. Fabrikaların çok büyük kısmı doğrudan doğruya kil ilave eder, ucuz, tabakalı büyük tanecikli dolgu kili kullanır. Besleme hızları normalde ton başına 1.36-3.17 kg. dır (Mc CORMICK 1991, GOTTSCHLING/PAKARINEN 2000).

6. YIKAMA-YÜZDÜRME SİSTEMLERİ

Yüzdürme İşleminin Önce Yıkama: Yıkama işlemi yüzdürme işleminden önce yapılırsa her su geri dönüşümü, yıkamada misel oluşumu ve yüzdürme için kalsiyumun miselleri sarmasının kimyasal ara yüzeyini korumaktadır. Yüzdürme işleminden önce ilave sterat oluşumu sağlamak ve hava kabarcıklarını stabilize etmek böylece köpük oluşturmak için yeteri kadar fazla miktarda sabun ilave edilmelidir. Böylece sabun, toplayıcı olarak mürekkepleri hava kabarcıklarına bağlama ve köpük oluşturucu olarak her iki görevi de yapmaktadır.

Geri Kazanılan Çözeltilerin Ayrılması: Her birini optimize etmek üzere (pH, sıcaklık ve kimyasal madde gibi) farklı koşullarda çalışabilecek hamurlaştırma ve flotasyonu mümkün kılar. Pulpere kalsiyum geri dönüşünü, sabunun çöküşünü önlemek için iki döngüden gelen suların karıştırılmaması gerekmektedir. Hamurlaştırma/yıkama döngüsü yüksek pH ve daha yüksek sıcaklıkta işleyebilmekte fakat iki döngüde de bir sınırlama bulunmaktadır. Örneğin yüksek sıcaklık yapışkan maddelerin ortaya çıkmasına ve ince dispers hale gelmesine neden olacaktır. İkinci döngü daha yumuşak kimyasal şartlar altında işleyebilmektedir. İkinci döngüdeki durulma, isteğe bağlıdır çünkü çökelme (pıhtılaşma) ile daha küçük mürekkep parçacıkları, sonunda uzaklaştırılacaktır. Daha büyük hücrelerde durulma olmayacak ve daha fazla mürekkep dolaşacak, pahalı hamur elde edilecektir.

Su Hazırlama: Tesislerin büyük çoğunluğu mürekkep giderme bölümleri için taze su hazırlamada suyu ısıtmaya ekonomik açıdan cesaret edemezler. Bu nedenle asidik özellikte olan kağıt makinesi beyaz suyunu kullanır ve hamurlaştırma için pH'ını alkali sınırlara ayarlarlar. Bu hazır su, pH ayarlaması ile ortaya çıkan çökelmeler ile mürekkep giderme sisteminin kirlenmesini önlemek üzere durultma işleminden geçirilmelidir.

7. YIKAMA-YÜZDÜRME SU DÖNGÜSÜNDE KİMYASAL TAŞINIM

Kağıt makinesi beyaz su sistemi de mürekkep giderme tesisinden gelen kimyasal maddelerin taşınmasına bağlı kirlenmeden korunmalıdır. Mürekkebi giderilmiş stokun pH'ı sistemde mümkün olduğu kadar kısa sürede asidik olan beyaz suyun pH'ına değiştirilmelidir böylece çökeltme sonucu oluşan parçacıklar hamur ile birlikte taşınmak yerine yıkılarak uzaklaştırılır, pH ayarlanması ağartma işleminden önce yapılır ise asidik hamura peroksit ile alkali ağartma yapılamaz. Ağartma asidik koşullarda ya sodyum hidrosülfid ya da formamidin sülfirik asit (FAS) ile yapılmalıdır.

Asidik Mürekkep Giderme: Mürekkep giderme asidik koşullar altında yapılamamaktadır. Bu koşullar altında fibriller şişmeden çok liflere sıkı bir şekilde sarılır ve alkali ortamda da serbestçe disperse olur. Asit ortamda, selüloz liflerinde bulunan hidroksil grupları liflerin yüzeyini anyonikten çok katyonik yapması nedeniyle iyonize değildir. Bu farklılıklar mürekkep giderme işlemi sonucu lif yüzeyinde daha fazla mürekkep kalması ile sonuçlanır.

Çözünmüş Katı Maddeler: Yüksek iyonik direnç, selüloz lifleri üzerindeki hidroksil gruplarının, kil ve talkın iyonlaşması daha çok katyonik hale yönelimini gösterir.

Çözünürlük: Yüksek iyonik direnç aynı zamanda birikmelere neden olarak tüm çözünen tuzların çözünürlüğünü düşürür. Bazı fabrikalarda pulperde geri kazanma işleminden önce filtattan, çözünmüş katı maddeleri uzaklaştırmak için iki yönlü osmoz tipi zar teknolojisini uygulamayı hedeflemektedir (Mc CORMICK 1991, GOTTSCHLING/PAKARINEN 2000).

8. YÜZDÜRME-YIKAMA SİSTEMLERİ

Yıkamadan Önce Yüzdürme: Yüzdürme-yıkama sistemleri daha yaygın olup burada sabun, pulperde katılmamaktadır. Yıkama-yüzdürme işleminden sonra yapılıyorsa yeterli miktarda sabun hücrelerden önce katılmalıdır. Çünkü pulperde lifler üzerinden mürekkebin uzaklaştırılmasına sabunun yardımı bulunmamaktadır. Bu sabunlaştırma tankı kullanımı, bir yüzey aktif maddenin yardımı olmaksızın mümkün olduğu kadar fazla miktarda mürekkebin uzaklaştırılması için hamurlaştırma işleminden sonra alkali ve silikatların bulunması gerekli olmaktadır. Aynı zamanda dispersiyon ve yüzdürme işlemleri arasında lif yüzeylerinden inatçı mürekkeplerin çıkarılmasına yardımcı olmak üzere bir sabunlaştırma tankı kullanılabilir.

Tamamiyle Hidrofob Sistem: Besleme pompasının emişinde hamura sabundan önce kalsiyum iyonu katılmasıyla yüzdürme hücresi öncesinde stearat oluşumu hızlıdır. Kimyasal yönü yüzdürme işlemi için daha önce tanımlanan ile aynı olup yalnız geri kazanım döngüsünde tüm sistem hidrofob durumdadır. Yüzdürme hücresinde stearat hızla oluşmaktadır. Stearatın bir kısmı hava kabarcıkları üzerinde birikmekte ve miseller tarafından kuşatılmış hidrofob kalsiyum üzerine kısmen adsorblanmaktadır.

Küçük Mürekkep Parçacıklarının Yüzdürülme Zorluğu: Küçük mürekkep parçacıkları yüzdürme hücreleri delikleri arasından geçer ve bu nedenle uzaklaştırılmazlar. Çözeltide hava kabarcıkları üzerine adsorbe olmak için gerekli çarpışma enerjisi eksikliği nedeniyle askıda kalır ve bu nedenle hamur ile birlikte sürüklenirler. Suyun geri dönüşümü ile küçük mürekkep partikülleri daha büyük parçacıklarla birlikte kümeleşerek yüzdürme işlemi ile uzaklaştırılırlar.

Hidrofob Yıkama: Küçük mürekkep parçacıkları stearat oluşumu nedeniyle hidrofob özelliktedir. Bu nedenle bir yıkama-yüzdürme sisteminde yıkamaya gönderilenler yıkamanın önce yapıldığı sistemde olduğu gibi hidrofob yapıdakilerden çok hidrofob mürekkep parçacıklarını kapsayacaktır. Hücrelerden yıkayıcılara kadar olan hatta bu küçük hidrofob mürekkep parçacıkları

süspansiyondaki diğer hidrofob parçacıkları bulacaktır. Mürekkep, kil, lif ve bunların kombinasyonlarında çarpışmalar gerçekleşmektedir.

Yıkamada Çarpışmalar: Liflerin hidrofil olması nedeniyle kil ve mürekkep gibi hidrofob parçacıklar lifler üzerine tutunamayacaktır. Mürekkep-mürekkep çarpışması flotasyon hücresinde olduğu gibi stearat köprülerinin oluşumu ile daha büyük mürekkep parçacıkları oluşacaktır. Yüzeyi kaplı mürekkep parçacıklarının kullanılması halinde kil, onları disperse eder fakat kümeleşme oluşumunu önlemek için yeterli değildir. Kil-kil çarpışması, aşağıda çıkan hidroksil grupları vasıtasıyla elektriksel itme nedeniyle etkiye sahip değildir. Bununla birlikte kil-mürekkep çarpışmaları hidrofob özellikte olan kilin mürekkep parçacıkları tarafından sarılmış kalsiyum üzerine zayıf bir şekilde adsorbe olması, onun zayıf yüzey yükünü nötralize etmesi ile sonuçlanacaktır. Bu durum her bir mürekkep parçacığı tarafından kil parçacıklarının gevşek bir bulutu olarak gözde canlandırılabilir.

Zayıf Yıkama Performansı: Lifler ve küçük mürekkep parçacıkları arasındaki kil nötralizasyonu ile zayıf yük paylaşımı nedeniyle bunların bazıları yıkamada süzüntü suları ile uzaklaştırılacaktır. Kil aynı zamanda küçük mürekkep parçacıkları ile de uzaklaştırılabilmektedir. Yıkama sularından mürekkep ve kilin uzaklaştırılması parçacık büyüklüğü, dispersiyondaki mürekkep miktarı ve süzme işlemine bağlıdır. Büyük mürekkep parçacıkları daha fazla lif ile birleşecek böylece bunlar gevşek lif keçesi ile tutulabilecektir. Sabun/kalsiyum kullanıldığı zaman yıkamada uzaklaştırılan toplam mürekkep miktarı yıkama-yüzdürme sisteminde, yıkamanın flotasyondan önce uygulandığı durumdan çok daha az olacaktır. Mürekkep parçacıkları ile sarılmış kalsiyum daha büyük boyutludur ve gruplar halinde tüm süzüntüde tamamıyla küçük ve tek düze bir şekilde disperse olmasından çok kümeleşir. Bu nedenle yıkama-yüzdürme sisteminde sabun/kalsiyum kullanıldığı zaman süspansiyondaki mürekkebin sadece bir kısmı yıkama ile uzaklaştırılabilecektir. Büyük çoğunluğu hamurun dağıtıcıya aktarılması ile giderilecektir.

Basınç Altında Flotasyon: Genellikle hava kabarcığı büyüklüğünün kontrolü için kullanılan basınçlı köpük yüzdürme hücreleri çözünmüş hava ve atmosferik hücreler arasında bir çözümdür. Bazı atmosferik köpük hücreleri hava kabarcıkları büyüklüğünü kesinlikle kontrol ederler. Bütün hücreler bir dizi farklı büyüklüklerde hava kabarcığı oluşturur. Belirli bir hava miktarı için küçük hava kabarcıklarının doğru büyüklüğünü dar bir alanı, birkaç büyük hava kabarcığından daha fazla mürekkep absorblama yüzey alanı gösterir (Mc CORMICK 1991, GOTTSCHLING/PAKARINEN 2000).

9. ÇÖZÜNMÜŞ HAVA İLE DURULTMA

Mürekkep-hava partiküllerini içeren yıkanmış süzüntü çözünmüş hava filtrasyonu ile durultulur. Durultma işleminin kimyasal yönü mürekkep giderme işlemi için kullanılan köpüklü bir yüzdürme hücresinden oldukça farklılık gösterir. Mürekkep/kil parçacıkları uzun zincirli polimerler ile elektriksel toplanma sonucu bir araya toplanır ve sonra çok sayıda küçük hava kabarcığı ile mekanik olarak yüzeyden alınır. Hidrofob/hidrofil ara yüzeyler veya yüzey yükü ile yüzey çekimi yoktur çünkü stearat köprüleri bulunması hidrofob yapıdaki lifler ve diğer süspansiyon katılar küçük hava kabarcıklarının oluşturduğu sis üzerine çekim yapmaz fakat beslemeden açığa çıkan çok sayıda hava kabarcığı ile yüzeye sürüklenir. Hava kabarcıkları köpüklü yüzdürme hücresindekinden daha küçüktür çünkü bunlar basınç altında çözülür ve sonra hemen çözüldükten serbest hale geçirilir. Çözüldükten havanın dışarı çıktığı basınç emniyet noktası ya tanktaki besleme memesinde ya da besleme hattı üzerindeki emniyet vanasındadır.

Tüm Katıların Uzaklaştırılması: Çözünmüş hava flotasyonu selüloz lifleri ve küçük lifler ile kırıntılarda dahil hemen tüm askıda katı maddeleri yüzdürme eğilimindedir. Yıkama sularındaki lifler ve yoğunlaştırılmış süzüntüyü öncelikle küçük polimerlerin bulunmasını önemsemeksizin kümeleşme eğilimi gösterirler. İyi çalışan bir çözünmüş havalı durultma işleminde küçük liflerin yaklaşık % 70'i polimer kullanımına gerek kalmaksızın, %95'i polimer kullanımı ile uzaklaştırılır. Durultmadan sonra çözelti oldukça berrak olup ancak çözünmüş katı maddeler çözeltide kalırlar.

KAYNAKLAR

- ZAIMOĞLU S., 1993: Atık Kağıt ve Mürekkep Giderme. SEKA Dergisi Sayı 46.
- EKLUND S., LINDSTRÖM T., 1991: Paper Chemistry. DT. Paper Science Publications. Granculla, Finland.
- BOSTANCI Ş., 1987: Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi. Karadeniz Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No. 114/13 Karadeniz Üniversitesi Basımevi. Trabzon.
- Mc CORMICK D., 1991: Chemistry of Flotation and Washing for Deinking. Newsprint Part II Particle Interactions and Systems. Papemakers Conference TAPPI Proceedings.
- SMOOK G.A., 1989: Handbook for Pulp and Paper Technologists. TAPPI/CPA Canada.
- TANK T., 1998: Kağıt Fabrikasyonu İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını Yayın No. 4028/446. İ.Ü Basımevi ve Film Merkezi İstanbul.
- CASEY J. P., 1983: Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. Third Edition. Volume IV John Wiley and Sons. New York.
- GOTHSCHLING L.; PAKARINEN H., 2000: Recycled Fiber and Deinking. Papermaking Science and Technology. Finnish Tappi Engineers Association and TAPPI. Papet Oy. Helsinki.
- GÜRBOY B., 2001: Basımda Kullanılan Matbaa Mürekkepleri. İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 51, Sayı 1.