19. DERS

ELEKTROMETAL KAPLAMA TEKNİĞİ

METAL KAPLAMANIN MÜHENDİSLİK YÖNLERİ

ELEKTROMETAL KAPLAMANIN TEMELLERİ II

DERS 19

METAL KAPLAMANIN MÜHENDİSLİK YÖNLERİ

İÇERİK

GİRİŞ……. 1
KAPLAMA ODASI ENERJİ KAYNAĞI…… 2
BARALAR……..…… 4
KAPLAMA TANKLARI…… 6
KAPLAMA TANKLARININ ISITMA VE SOĞUTMASI…… 8
FİLTRELEME……. 10
KAPLAMADA DİYAFRAMLARIN KULLANIMI VE ÇÖZÜNMEZ ANOTLARLA KAPLAMA…… 15
BORU SİSTEMİ…….. 16
AYDINLATMA…… 20
DOLAPTA KAPLAMA…… 21
KAPLAMA ODASINDA KULLANILAN SU……. 31
ARTAN SU FİYATLARI…… 31
SÜREKLİ HAL DURUMUNA VARMAK İÇİN NE KADAR ZAMAN GEREKİR?..... 36
BİR KEZ KULLANILMIŞ OLAN KAPLAMA SUYU BOŞALTILMALIDIR……. 38
ATIKLARIN MİNİMUMA İNDİRİLMESİ İÇİN PRENSİPLER…… 39
KAPLAMA ÇÖZELTİLERİNİ AİT OLDUKLARI YERDE TUTMAK…… 40
TAŞINMA İYİLEŞTİRME METOTLARI…….. 42
DURULAMA SUYUNUN MİNİMUMA İNDİRİLMESİ…….. 43
ATIK İŞLEMLERİ…… 46
KAPLAMA BANYOSUNDA SİSTEM MÜHENDİSLİĞİ YAKLAŞIMI…… 52
DİNAMİK SİSTEM OLARAK KAPLAMA BANYOSU…… 55
İNSAN SİSTEMİ…….. 55
KAPLAMA BANYOLARININ BESLENMESİ-METAL İYON ALT SİSTEMİ…… 61
OTOMATİK KONTROL…… 67
SEÇİLMİŞ REFERANSLAR……. 71
ONDOKUZUNCU DERS KISA SINAVI……. 73

GİRİŞ

Bundan sonra elektro kaplama ve metal cilalamanın mühendislik yönlerini göreceğiz. Eğer bir önceki derse özen gösterdiyseniz bu derse hazırsınız demektir. Size ***5. Derste*** söylediğim gibi, kaplama banyolarının kimyasal kontrolünü anlayabilmeniz için bir kimyager olmanıza gerek olmadığı gibi, bu konudaki bazı mühendislik prensiplerini anlayabilmeniz için de mühendis olmanıza gerek yoktur. Tek ihtiyacınız olan kaplama üzerine **fikir yürütebilme** ve biraz sağduyudur.

Metal cilalamanın mühendislik yönlerini göreceğimizden, ilk olarak mühendis kelimesinin anlamını öğrenmek uygun olacaktır.

Mühendis, bilimsel prensipleri ve sağduyusunu kullanarak insanlığın problemlerine, pratik ve yararlı çözümler getirebilme kapasitesi olan bireydir.

Bu, üstünkörü ve basitte olsa doğru bir tanımdır. Mühendisin faaliyet alanı, daha iyi bir fare kapanı geliştirmekten, bir ay roketi tasarımına kadar geniş bir yelpazeye sahiptir. Mühendislik en basitinden en karmaşığına, elektriksel, kimyasal, mekanik olarak maddenin bütün kuvvetlerinin uygulamalarını içermektedir.

Mühendislik insanlığın problemlerine (Kaplama odasında bunlardan bolca vardır) **pratik ve yararlı çözümler getirmek üzere uygulanan tasarım, inşa veya geliştirme – ve bazı durumlarda doğru şekilde işletme – işlemleridir.**

Pekala, işte bahsettiğimiz şey işte bu. Şimdi kaplama odasında mühendisliğin nasıl kullanılacağını görelim.

Göreceğimiz başlıklar şunlar olacak (Aynı sırada olmayabilirler): **Kaplama odası güç kaynağı, kaplama odası su kaynağı, durulama ve atık madde işlemleri, kaplama odası tankları, döşemeler, havalandırma, filtreleme, ışıklandırma, kaplama dolabının çalıştırılması, kaplama odası güvenliği, kaplama odası planı ve tasarımı, sistem mühendisliği ve kaplama, diyaframların kullanılışı, kaplama tank ve banyolarının ısıtılması ve soğutulması.**

Kapsam ayrıntılı olmayacaktır. Sadece önemli fikirler ele alınacaktır. Daha detaylı bilgi için dersin sonundaki referanslara bakmanız gerekecektir.

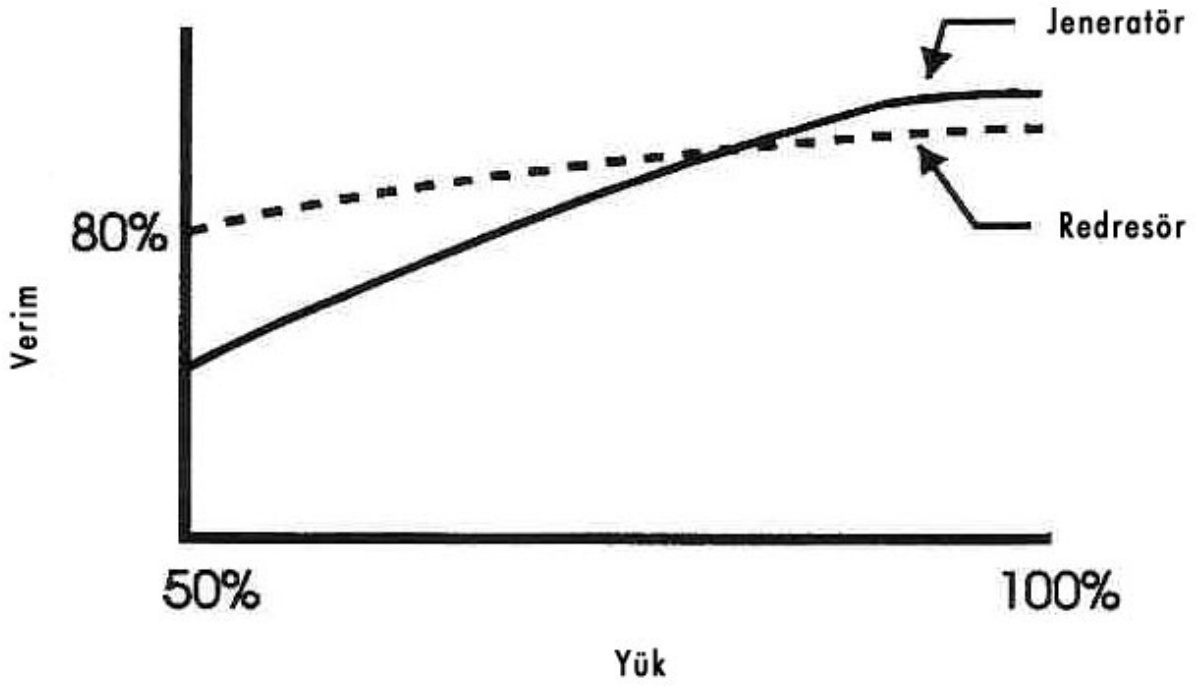
Elektro kaplama enerji olmaksızın yapılamadığından, ilk olarak kaplama odası enerji kaynağından bahsedeceğiz.

KAPLAMA ODASI ENERJİ KAYNAĞI

Elektro kaplamanın ilk yılları olan 1830'larda birincil enerji kaynağı, önceden bildiğiniz üzere Daniel hücrelerinin bir kombinasyonu olan ıslak pillerdi. 1840 ve 50'lerde elektrik motoru ve dinamonun icadıyla, elektro kaplamanın ticari yayılımı başladı. Kaplama amaçlı motor jeneratörlerinin tasarımı geliştikçe, 1920'lerde ve 1930'ların başında bu motor jeneratörlerden maksimum fayda sağlandı. Daha sonra kaplamada kullanılan selenyum redresörleri üretildi. J.B.Kushner, bu konuda öncülük etme konusunda hiçbir iddiası olmamasına rağmen, kaplama redresörlerinin gelişiminde rol oynamıştır: Kushner 1936 yılında değerli metallerin rafinerisinde özelleşmiş A. Robinson & Son adlı firmada şef elektrokimyacı olarak çalışıyordu. Patronuna, daha sonra hazırlanacak bütün altın kaplama çözelti ve tuzlarının temel taşı olacak bilimsel olarak tasarlanmış bir altın kaplama çözeltisinin (Robinson's Assayed Gold) üretim önerisini sundu. Bunun yanında selenyum hücrelerini (ITT'de ilk defa geliştirildikten sonra Avrupa'da yayılmaya başlayan selenyum ile ilgili bir kelime) temel alan bir kaplama redresörü önerisi de sundu. Patron bunu kabul etti ve Kushner redresörü tasarladı. J.B.Kushner'in patronu altın kaplama için üretilen ilk selenyum redresörlerini sattı. Kushner daha sonra bu fikri, kaplama redresörlerinde özelleşmiş Gren Electric Şirketini açacak olan Einstein (bildiğimiz Einstein değil) adında bir adama sundu. Maalesef Kushner bu adamla hiçbir kontrat imzalamadı, sadece sözünü aldı ve bu söz telif haklarının satış başına 500 dolarlık komisyon sözü verdiği durumda yetersiz kaldı. Eski bir sözde dendiği gibi "Çok erken yaşlanıyoruz fakat çok geç akıllanıyoruz!"

Tekrar konumuza dönecek olursak, kaplama odalarında artık motor jeneratörleri kullanılmamaktadır. Su veya havayla soğutulup elektronik olarak kontrol edilen silikon redresörlerin yanında en modern jeneratör bile bir dinozor gibi kalmaktadır. Bir zamanlar motor jeneratörler gerilim ayarında ilk redresörlerden daha iyiydi fakat artık redresörler bu konuda da daha üstündürler. Dahası jeneratörler çok daha fazla bakım gerektirir (hareketli parçalardan kaynaklanır) ve aynı kapasiteli redresörlerle karşılaştırıldığında çok daha büyüktürler. Aynı dinozorda olduğu gibi boyutlar ve ağırlık enekliği ve yapılan yeni düzenlemeleri imkânsız kılmaktadır. Ayrıca jeneratör maksimum verimine sadece tam yükünde ulaşmaktadır. Redresörler bütün yüklerde yüksek verimde çalışmaktadır. Eklemeliyim ki en son çalışır jeneratör gördüğümde yıl 1986 idi.

Şekil 1 bu konuda, modern bir kaplama redresörünün jeneratör üzerine avantajını göstermektedir. Kapamada hala bir jeneratör kullanabilirsiniz fakat jeneratör bozulduğunda hemen devreye girebilmesi için bir redresör kurulumu yapmanız sizin için iyi olacaktır.



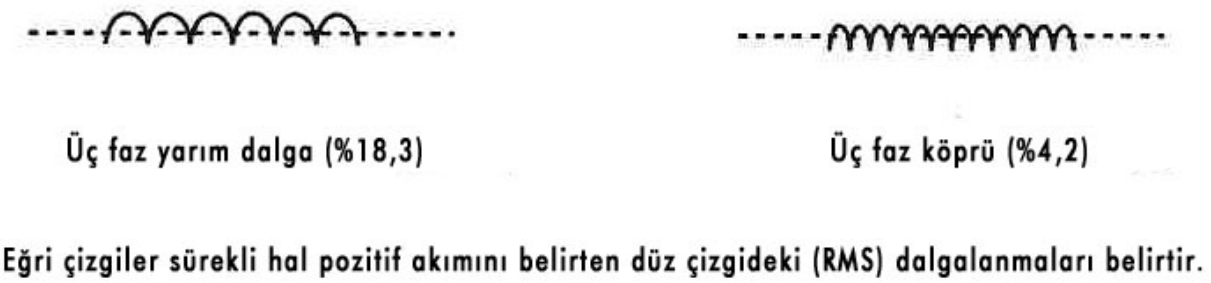
Şekil 1. Yük-Verimlilik Grafiği

Redresörün büyük avantajı esnekliği ve otomatik ve programlı kontrole uyumluluğundan gelmektedir. Yani gerilim, akım ve hatta akım yoğunluğu üzerine otomatik kontrol sağlayabilen redresörler edinmek mümkündür. Redresörler istenen bir çalışma çizelgesine göre programlanabilir. Darbe kaplama üretiminde kullanılan redresörler mevcuttur (16. Derste bundan bahsedilmişti). Üzerine alternatif akım bindirilmiş doğru akım üretebilen (hardcoat anotlamada mükemmel sonuçlar üretir) redresörler bulunmaktadır.

İki tip redresör mevcuttur: Selenyum hücrelerinden yapılanlar ve silikondan yapılanlar. Selenyum hücre tipi redresörler düşük gerilim (12 Volta kadar) ve düşük akımlar (1500 ampere kadar) için uygundur. Silikon diyot redresörler yüksek gerilim ve akımlar için daha iyidir (Dakikada 25000 ampere kadar). Düşük gerilim ve akımlarda ikisinin de verimi yaklaşık olarak aynıdır (%80).

Unutmayalım ki redresörler tamamıyla mükemmel değildir. Korunmaları gerekmektedir. Örneğin, her diyotun eşit miktarda yüklendiğinden emin olmak için, paralel kullanılan silikon diyotlarda birer dengeleyici reaktör (balancing reactor) kullanılmalıdır. Ve her, diyot çıkış akımı göz önünde bulundurulduğunda, %20 aşırı yüklenmeye dayanabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Tasarı aşamasında diyotların çevredeki hava veya suyla doğru şekilde soğutulacağından emin olunmalıdır. Aynı şekilde kaplama odasındaki korozyona sebep olan gazlara ve benzeri etkenlere karşı koruma önlemi alınmalıdır.

Kaplama odası enerji kaynağı mühendisliği ile bağlantılı başka bir nokta da dalgacık konusudur. Bir redresör, suyun akış yönünü kontrol eden tek yönlü bir vana gibidir. Elektrik geçişine yalnızca bir yönde izin verir. Fakat akım tamamen mükemmel değildir ve üstüne belli miktarda alternatif akım binmiştir. Bu dalgacık olarak adlandırılır (bkz. Şekil 2). Meydana gelen dalgacık miktarı diyot karakteristiklerine ve kullanılan elektrik devresine bağlıdır. Genelde yarım dalga devreleri, köprü devrelerinden daha fazla dalgacık üretir. Üç fazlı yarım dalga devresindeki %18,3 lük dalgalılıkla karşılaştırırsak, üç fazlı köprü devresindeki dalgalılık sadece %4,2'dir.



Şekil 2. Redresörde Ripple (Dalgalanma)

Birçok durumda güç kaynağındaki dalgacık miktarı önemsizdir, gerçekte doğru şekilde kontrol edilirse hardcoat anotlamadaki değerde olabilir. Fakat birçok durumda minimum değerde tutulması gerekmektedir.

Krom kaplamada %5 ten fazla dalgacık oluşumunda bir miktar kaplama tabakalanması meydana gelebileceği görüldüğünden, %5'in altında dalgacık değerleri tercih edilmektedir. Altın kaplamada da, bazı durumlarda %5'ten az dalgacık daha iyi sonuçlar vermektedir. Her durumda, dalgacık miktarı filtre devreleriyle istenilen miktara düşürülebilir.

BARALAR

Elektrik enerjisini kaplama tankına taşıdıklarından baralar kaplama işleminde çok önemlidirler. Elektrik kayıplarını minimuma indirmek için doğru boyutlarda olmalıdırlar. Yıllar önce, elektrik enerji maliyeti nispeten düşük olduğu zamanlarda, bir kaplama tesisi tasarlayan mühendisler baralardaki güç kaybını çok fazla önemsemiyordu. Günümüzde kamu hizmet şirketleri tarafından arttırılan fiyatlardan dolayı bu çok önemli bir etken halini almıştır.

2. Dersten de hatırlayacağınız gibi, I taşınan akım, R taşıyıcının direnci ise, güç kaybı EI ya da I^2R watt olarak belirlenir. Kaplama tankında ihtiyacınız olan akım değerinin sabit kalması gerektiğinden bu konuda bir şey yapamazsınız, fakat kaplama tankına elektrik taşıyan iletkenin direnci üzerine yapabileceğiniz birçok şey vardır! Bir kez daha ***2 Derse*** dönecek olursak, k özdirenç, A kesit alanı, L toplam uzunluk olarak alınırsa, bara gibi bir iletkenin direnci R=kL/A değerindedir. Kesit alanını değiştirmeksizin tanka olan mesafeyi mümkün olduğunca azaltırsanız R değerini, kayıpları göz ardı edebilecek kadar düşürebilirsiniz. Eğer baranın uzunluğunu arttırmak ve aynı direnç değerini korumak istiyorsanız, kesit alanını da dengeyi koruyacak şekilde arttırmalısınız.

Burada sunulan fikir, bazı mühendislik ve ekonomi problemlerine açıklık getirmektedir. Örneğin: Bara materyali olarak bakır yerine alüminyum kullanmanın herhangi bir avantajı var mıdır? Bakır ve alüminyumu karşılaştıralım.

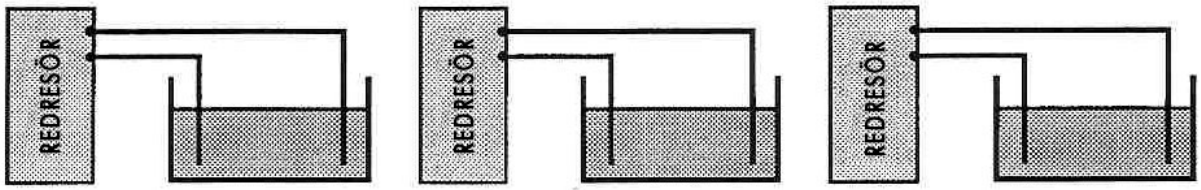
Tablo 1. Bakır ve Alüminyumun Karşılaştırılması

Özellik	Bakır	Alüminyum
Özdirenç (ohm-cm)	$1,7 \times 10^{-6}$	$2,8 \times 10^{-6}$
Yoğunluk (gr/cm)	8,94	2,70
1 gramın maliyeti ($)	0,0020	0,0016

Basit bir hesaplama yapılırsa, *aynı ağırlıktaki bara için;* alüminyum baranın direnci bakır baranınkinin 1/2'si değerindedir! Yani bağıl maliyetlere göre alüminyum bara kullanımı daha ucuz olacaktır!

Fakat alüminyum baralar kullanılırken, her bağlantıda bağlantı noktasının pozitif olmasına dikkat edilmelidir. Bu, bağlantı uçları hafif gümüş kaplanarak ve eşit basınç uygulayarak yapılabilir. Bağlantı noktaları üzerine yapılacak bir vernik kaplama, bu noktalardaki direncin sabit tutulmasını sağlayacaktır.

Genelde, her kaplama tankı ya da süreci için farklı akım kaynakları kullanılması iyi olmaktadır. Bunun için daha küçük, ayrı redresörler gerekir. Bu, kurulum masrafını arttırsa da uzun dönemde geri ödemesi daha iyi olacaktır. Her durumda, enerji birimlerini onları tanklara bağlayacak baralar uzun olmayacak şekilde kurun. Üzerlerinde önemli miktarda enerji sarfiyatı olduğundan tanklarda reosta kullanmaktan kaçının. Her farklı durum kendi erdemleri üzerine şekillendirilmelidir. Örneğin 1 kilowatt-saat enerji değerinin 10 sent olduğunu ve günde 2000 kilowatt-saat kullanacağınızı düşünün. Merkezi redresör kullanan, bara ve tank reostasındaki kayıp gerekenden %40 daha fazla olan bir kurulumda, günde 80 $'lık bir kayıp enerji.harcaması olacaktır. Bu örnek doğrultusunda bir birimin maliyetinin 20.000$ olduğunu varsayalım. Diğer yandan toplam maliyeti 40.000 $ olan, daha küçük dört birimden oluşan kurulum, aynı gücü sadece %10'luk kayıpla verecektir. Eğer elektrik ekipmanının tahmini ömrünü 10 sene olarak kabul ederek, büyük kurulumun yıllık maliyeti 2.000 $, küçük birimlerden oluşan kurulumun yıllık maliyeti 4.000 $ olur. Fakat günlük tasarruf 80.00-20.00=60 $ ve 300 günlük bir çalışma yılı için 18.000$ olur. Yani ek maliyeti olan, daha küçük birimler yıl sonunda geri ödemesini yapacak ve uzun dönemde kar edilmesini sağlayacaktır!



Şekil 3. Önerilen Redresörlü Güç Kaynağı

Bu, konu üzerine bir fikir edinebilmeniz için verilmiş kuramsal ve kaba bir örnektir. Başka bir güç artırımında yalnızca iki hatta bir redresör kullanmak daha ekonomik olabilir. Her durumda bu, mühendisliğin devreye girdiği andır!

Sıradaki başlığımız üzerinden akım geçen kaplama tankıdır.

KAPLAMA TANKLARI

Önceki derslerde kaplama tanklarından oldukça bahsedilmişti, bu yüzden tankların yapı malzemeleri hakkında söylenecek çok az şey kalmıştır. Fakat mühendislik açısından düşünüldüğünde söylenecek çok fazla şey vardır. Kullanılacak tankın boyutları ne olmalıdır ve verimlilik düşünüldüğünde nasıl bir kurulum yapılmalıdır? Eğer ısıtma ya da soğutma gerekiyorsa bu nasıl yapılmalıdır? Diyafram kullanılması gerekir mi? Filtreleme yapılmalı mıdır?

Dolapta kaplama için hangi tanklar uygundur? Tanklarda ne tür bir havalandırma kullanılmalıdır? Bütün bu soruları cevaplamayacağım—ve eğer daha fazla detaya ihtiyacınız varsa referanslara bakmanız gerekecek.

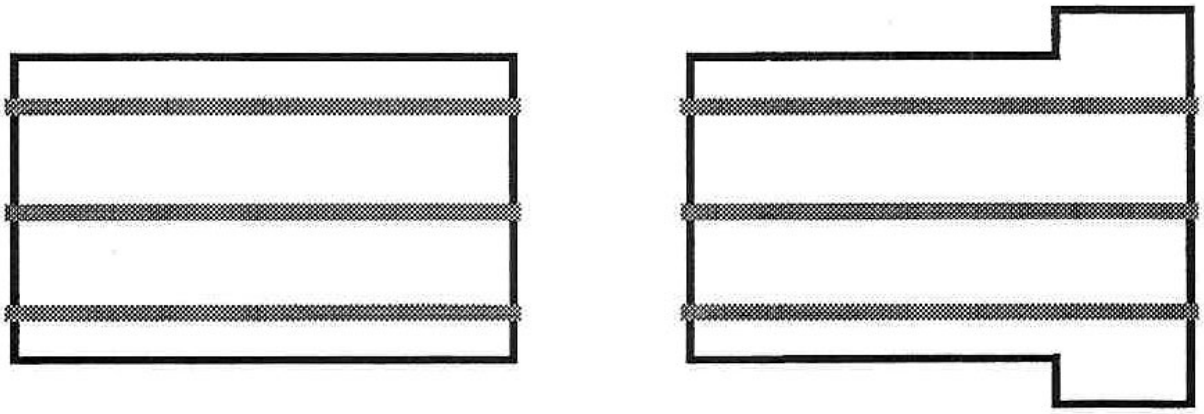
Bu dersin başında belirttiğim gibi amacım sizi bir kaplama mühendisi yapmak değil, kaplama tesislerinin tasarlanmasında ve işletilmesinde karşılaşılacak mühendislik problemleri hakkında size bir fikir vermektir. Bu konular hakkındaki bilginiz, kaplama mühendisleri ve işletme tasarımcıları ile daha rahat iletişim kurmanızı sağlayacak ve daha önemlisi **Elektro Kaplamanın Temelleri** bilginizi, kaplama üzerine **fikir yürütme yeteneğinizi** arttıracaktır. Bu yüzden bu konuların bazılarına değineceğiz.

TANKLARIN BOYUTLARI

Birim zamanda kaplanacak objelerin sayısı ve boyutları belirlenirse ya da biliniyorsa, gereken tank boyutu ve sayısı da belirlenebilir. İşin temeli budur. Ne kadar bezelye (ve tavuk!) pişirmeniz gerektiğini öğrenme için ziyafete kaç kişi geleceğini bilmek zorundasınız. Tankın gerçek fiziksel boyutları, tasarladığınız veya kaplamayı düşündüğünüz en büyük objeye bağlıdır. Kaplamanın imalatın bir parçası olduğu işletmelerdeki olduğu gibi (captive shop), ne tür objelerin kaplanacağı ve birim zamanda ne kadar kaplama yapılacağı biliniyorsa, tasarım mühendisinin işi oldukça kolaylaşır. Tank seçimini Rus ruletinden farklı hale getiren şey, bir iş için gereken sayı ve boyutların belirlenmesidir! Başlangıçta yapılacak iş ve gelecekte yapılacak işler için yapılacak genişletmeler göz önünde bulundurulduğunda, boşluk toleransı ve tank boyutları arasında bir denge sağlanmalıdır![1]

Tanklar: Yeterince büyük olmalı, doğru metalden yapılmalı ve doğru metalle astarlanmalıdır. Genelde, kaçak akımları geçirmemesi için tankların astarlanması akıllıca olacaktır. Astarlama tiplerinden ***6-11 Derslerdeki*** çeşitli kaplama prosedürlerinde bahsedilmişti. Tele arasında hava boşluğunu sağlamak için dayanak veya bacaklar kullanılmalıdır. Operatörün beline veya biraz üstüne gelmesi için tankın en üst noktası, tabandan 36 inçten daha üstte olmamalıdır. Şekil 4'te krom kaplama için kullanılan bölme tipi de olmak üzere birçok tank çubuk montajı gösterilmiştir. Çalışmaya daha esneklik kazandırdığından ve bir çözelti bozulduğunda üretim tamamen durmayacağından, bir büyük tank yerine iki daha küçük tank kullanmak daha akıllıca olacaktır.

[1] Bu yer bakımından kısıtlı tesis tasarımında da bir problem teşkil eder fakat çok riskli değildir.



Şekil 4. Tank Çubuk Montajları

KAPLAMA TANKLARININ ISITMA VE SOĞUTMASI

Kaplama tankındaki akımın yoluna bağlı olan ısınma etkisinden demir kaplamada bahsedilmişti. Ayrıca bara konusundan da hatırlayacağınız gibi enerji tüketimi IE veya I^2R ile belirlenmektedir.

Çoğu durumda, bu enerji miktarı banyo sıcaklığını doğru çalışma için gereken aralığa çıkarmak için yetersiz kalır, bu yüzden harici bir ısı kaynağı kullanılmalıdır. Fakat litre/galon başına geçen akımın yüksek olduğu diğer durumlarda, aşırı ısı üretimi sorun teşkil etmeye başlar. Kaplama banyosunun optimum koşullarda çalışması için bu ısının uzaklaştırılması gerekir.

Bu ısı şu üç yolla uzaklaştırılabilir:

1. **Mekanik soğutma**

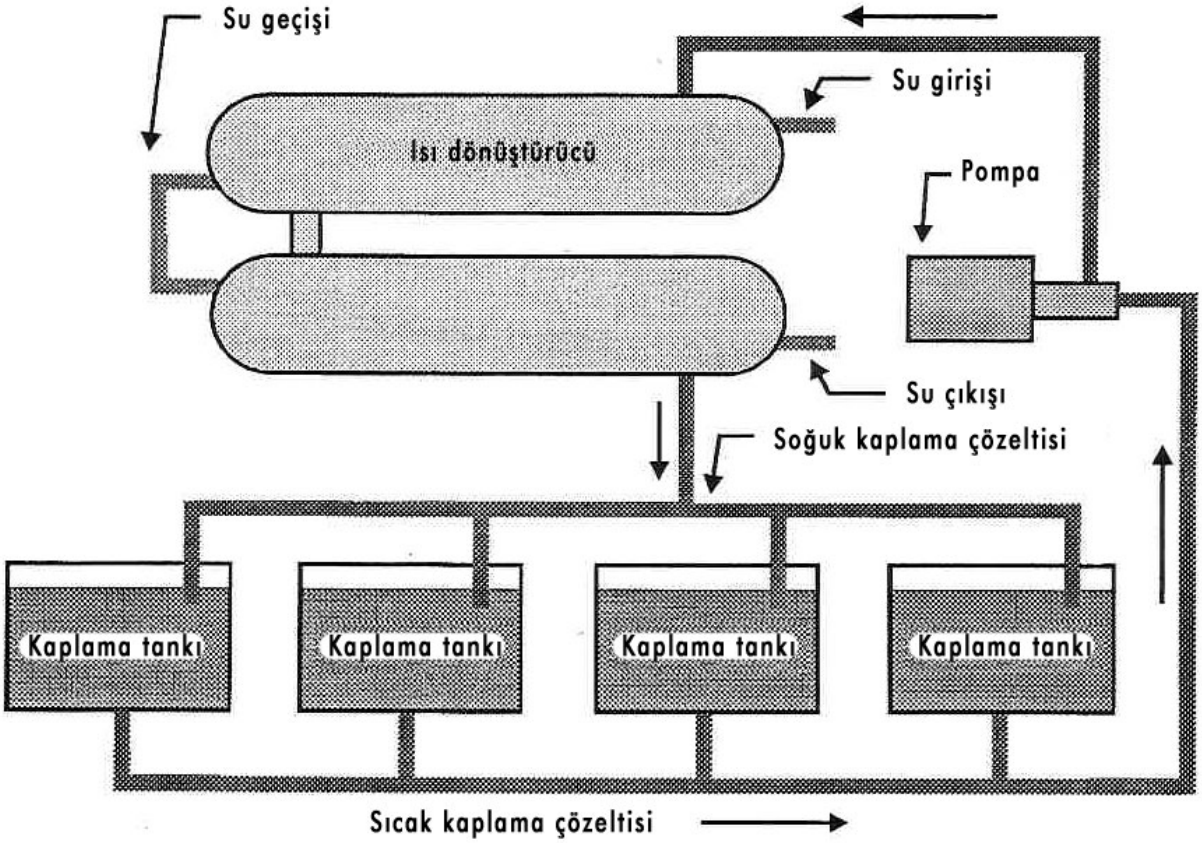
2. **Bir yoğuşturucu ya da soğutma kulesi kullanılarak, buharlaştırma ile yapılan soğutma**

3. **Isı dönüştürücü ile yapılan soğutma.**

Üçü de iyi çalışmaktadır. Karbonat uzaklaştırılması konusunda mekanik soğutmadan bahsedilmişti. Karbonat uzaklaştırması gibi düşük çalışma sıcaklığı gerektiren bir işlemde, mekanik soğutma en iyisidir. Buharlaştırma ile soğutma, çok düşük çalışma sıcaklıkları gerekmediğinde iyidir. Avantajları, basitliği ve düşük maiyetidir. Fakat bu tür soğutmada nem problemi vardır. Eğer havanın nem oranı artarsa çok az buharlaşma olur ve sonuçta çok az soğutma yapılır! Isı dönüştürücü, maliyet ve basitlik açısından aynı şekilde avantajlıdır, bunun yanında nem sorunu da ortadan kalkar.

Burada gerekli olan tek şey sıcaklığı 15,56 °C den (Ortalama musluk suyu sıcaklığı) fazla olmayan bir soğuk su kaynağıdır.

Şekil 5'te dolapta çinko kaplamada kullanılan benzer bir soğutma sistemi diyagramı verilmiştir. Sistem iki iskelet ve soğutucu olarak su kullanan ısı dönüştürücü kullanmaktadır. Aynı düzenek ısıtma maddesi olarak buhar ya da sıcak su kullanılarak tank ısıtıcısı olarak kullanılabilir.



Şekil 5. Isı Dönüştürücüsü ile Soğutma

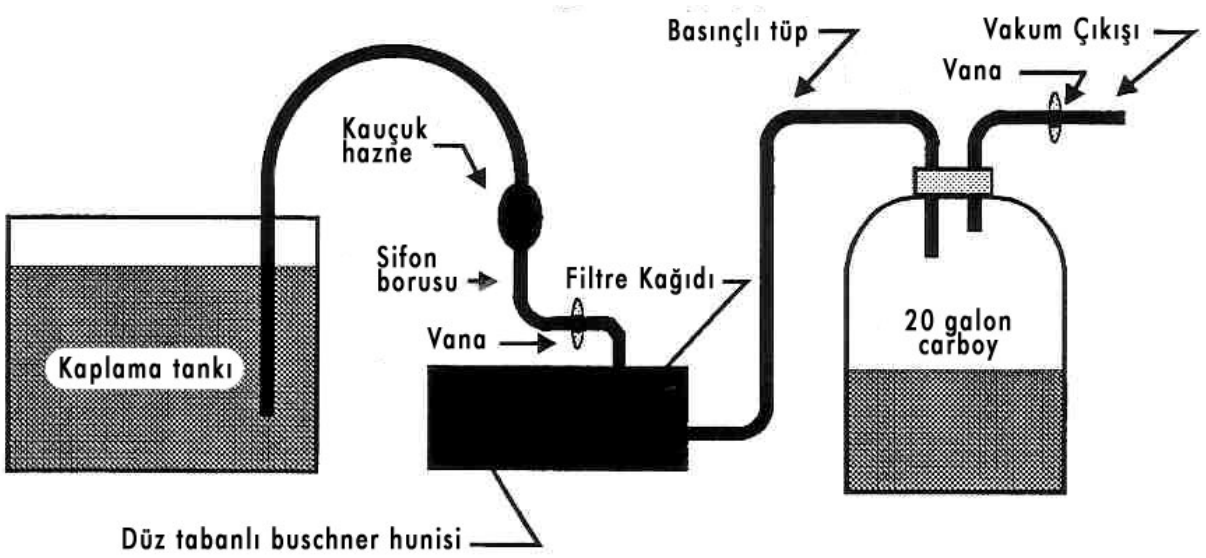
Bu ısı transferi prosesi için yapılan ufak bir hesap öğretici olacaktır. Dolapta çinko kaplama (35 x 76 santimetrelik dolap) için kullanılan tanktan 12 volt gerilimde 600 amper akım geçtiğini varsayalım. Buna göre bir saniyelik ısıtma süresinde çözelti üzerinde harcanacak enerji 600x12=7200 watt'a eşittir. Bilinen ısıtma birimleri üzerinden konuşacak olursak, 1055 watt 1 BTU/saniye olduğu için, tankta saniyede 7200/1055= 6.58 BTU üretilecektir ve 24 saatlik bir çalışma süresinde ortamdan uzaklaştırılması gereken 24x3600x6.85=590.200 BTU'luk ısı enerjisi üretilecektir. Eski moda soğutma sözleriyle konuşursak, 288.000 BTU'luk bir ısı uzaklaştırması için 2 ton buz gerektiğinden, 590.200 BTU'luk ısı uzaklaştırması için 590.200/288,000=2,2 ton buz gerekecektir. Kullanılacak ısı dönüştürücüsünün gerçek boyutlarının hesabı bu dersin kapsamını aşmaktadır.

Fakat ısı dönüşümündeki belli bir **düşüş**e karşılık ısı dönüştürücüsünün dereceli olarak kirleneceği hesaba katılırsa hesaplamalarda % 25'lik bir kirlenme faktörü göz önünde bulundurulmalıdır. Demir kaplamada belirtildiği gibi, kaplama tankı tarafından üretilen ısının bir kısmı, çevreye yayılarak, tank duvarlarından iletilerek, çözeltinin buharlaşmasından kaynaklanan soğutma etkisiyle ve malzeme yüzeyindeki ısı kaybıyla kendiliğinden ortamdan uzaklaşır. Buna rağmen bunlar, kaplama tankı için tasarlanan soğutma ve ısıtma donanımı için ilave güvenlik faktörleri olarak düşünülmelidir. Kaplama banyolarının ısıtma ve soğutmasının detayları için başvurulabilecek birçok yararlı uygulama bulunmaktadır.

FİLTRELEME

İyi kaplama sonuçları almak için çözelti temiz tutulmalıdır. Daha parlak ve iyi bir kaplama için daha temiz bir kaplama çözeltisi gerekir. Ufak kurulumlar için, kullanılan çözeltiye uyumlu, portatif bir filtre önerilmektedir. Çözeltiyi en büyük tankta, en az bir saat içinde devir daim edebilecek büyüklükte bir filtre edinin. Bu, özellikle parlak nikel kaplama banyoları için iyi bir öneridir. Eğer mümkünse filtreleme düzeneğini çözeltiyi baştan bir depolama tankına alıp sonra tekrar geri pompalayacak şekilde kurun. Daha büyük birimler için, sistemin bir parçası olan ayarlı birimler kullanan, bağlantıları doğru yapılmış, sürekli filtreleme yapan bir düzenek en iyisidir.

Çok küçük ve deneysel bir birim için, bir Buchner hunisi ve büyük bir erlen oldukça kullanışlı ve ucuz olacaktır. Bu tip bir düzenek şekil 6.'da verilmiştir.



Şekil 6. Laboratuar Tipi Bir Filtreleme Birimi

Deneysel sonuçlar da göstermiştir ki daha temiz bir kaplama çözeltisiyle daha iyi sonuçlar alınmaktadır. Kaplama içinde hapsolmuş küçük parçacıkların devrede daha sonra fonksiyon bozukluklarına yol açtığı görülmüştür. Gerçekte, elektronik kaplama çözeltilerinde çok hassas filtreleme tekniklerinin kullanılması gerekmektedir. En iyi sonuçlar için[2] 0.1 mikrona kadar olan parçacıkların uzaklaştırılması gerekmektedir.

Dersin sonundaki referanslarda filtreleme üzerine birçok bilgilendirici yazı bulunmaktadır, fakat bu konuyu geçmeden önce filtreleme hakkında akılda tutulması gereken bazı temel noktalara değinmek istiyoruz.

1. Üretici tarafından sözü verilen filtreleme oranı kesin değildir. Filtreleme oldukça karmaşık bir mühendislik prosesidir. Günümüzde bile filtreleme hakkında her şey açıklığa kavuşmamıştır. Temelde sıradan bir filtreleme tipi eleme prosesidir. Filtreleme artığı arttıkça proses yavaşlayacaktır. Çözelti ne kadar kirliyse filtreleme oranı o kadar hızlı düşecektir. Doğru filtreleme aparatlarının dikkatli kullanımı bu tıkanma olayını engeller ve filtreleme oranını belli zaman aralığında kabul edilebilir bir seviyede tutar.

2. Bir tanktan bir başkasına yapılan bir filtreleme sürekli filtreleme ile aynı şey değildir. Sürekli filtrelemede çözelti bir taraftan alınırken diğer taraftan tanka geri yollanır, sonuç olarak tanktaki çözelti hiçbir zaman tam anlamıyla temiz olamaz. Belli boyuttaki parçacıkların çözeltiden tamamen uzaklaştırılması anlamına gelen mükemmel temizlik asla tama olarak gerçeklenemez.

Bu bağlamda V galon hacminde her galonunda Wo ons ağırlığında filtrelenebilir parçacık içeren bir kaplama çözeltisi tankı ele alalım. Dakikada Q galon filtreleme oranı göz önünde bulundurulursa, çözelti bir tanktan diğer tanka V/Q=t saniyede aktarılabilir. Bu süre içinde çözelti tamamen parçacıklardan arındırılabilir.

Diğer taraftan aynı kalitede filtrelemede sürekli filtreleme yaparak[3], parçacıkların % 99'unu uzaklaştırmak istersek, bunun için gereken süre

$$T=4.6V/Q$$

olarak hesaplanır.

[2] 1.5-3.0 mikron boyutlarındaki parçacıklar katot gibi yüzeylere yapıştıklarında çok fazla sorun çıkarmaktadır.
[3] Akış oranı sabit alınmıştır.

Başka bir deyişle aynı kalitede temizliği elde etmek için yaklaşık olarak beş kat daha fazla zaman gerekecektir.

Tablo 2'de zamanın filtreleme hassasiyetiyle değişimi verimi verilmiştir.

Tablo 2. Uzaklaştırılan Parçacık Oranı İçin Gereken Zaman

Sürekli filtrelemeyle uzaklaştırılan kirletici yüzdesi	Gereken zaman (Dakika)
%90	2.3V/Q
%99	4.6V/Q
%99.9	6.9V/Q
%99.99	9.2V/Q
%100 (Sadece 2 tank metodunda)	V/Q

PROBLEM 1: Elinizde 1000 galonluk bir nikel kaplama tankı bulunsun ve filtreleme biriminiz dakikada 20 gr'lık bir akış oranı garanti etsin. Başka bir tanka transfer etme metoduyla çözeltiyi tamamen temizlemek ne kadar zaman alır? Tank devir daim oranı nedir? Devamlı filtrelemede %99 temizlik yüzdesi elde etmek için ne kadar zaman gerekir?

Cevap: 1000/20= 50 dak.

Cevap: 60/50= 1.2 devir daim/saat.

Cevap: 4.6x 50= 230 dak.

Sonuçlar filtrelemenin gece, tanktan başka hiçbir malzeme geçmiyorken yapıldığı düşünülerek elde edilmiştir. Gerçekte günlük çalışmada tanktan düzenli oranda malzeme geçmektedir (Ortalama G ons/dak oranında malzeme, anot, hazırlama suyu, kimyasallar ve hava ile ortama getirilen parçacıklar). Tekrar belirtmeliyim ki sürekli filtrelemede, gerçek çalışma sırasında en iyi temizlik derecesinde çözeltide Wo=G/Q derişiminde kirletici parçacık bulunacaktır.

Başka bir deyişle, minimum kirletici miktarı, dakikada ortama getirilen parçacık ağırlığının filtrenin dakikadaki akış oranına bölümüne eşittir. Bu kirletici oranını düşürmek için ya ortama giren parçacık miktarını düşürmek[4] ya da filtreleme oranını yükseltmek gerekir. İki metodun da avantaj ve dezavantajlarını inceleme işini size bırakıyorum! Bu konu üzerine size bir sorumuz olacak!

ÖRNEK 1: Bir filtreleme analizinde işlemin her bir dakikasında banyoya 0.01 gram filtrelenebilir parçacık girdiği görülmüştür. Parçacık derişimi 0.001 gr/lt'nin üzerine çıktığında kaplama kalitesinin bozulduğu biliniyorsa, parçacık derişimini doğru seviyede tutmak için filtreleme oranı ne olmalıdır?

Cevap: 0.01/Q=0.001.Q=10lt/dak veya birim olarak galon alındığında 2.6 gr/dak

Filtreleme ile alakalı başka bir konu da şudur: Eğer filtrelemede aktif karbon kullanılırsa, ilk akış oranı %25 düşecektir. Eğer sürekli filtrelemede organik kirleticiler vb. gibi maddelerin uzaklaştırılmasında kullanılmışsa, filtre yatağının kullanılabilir olduğu zaman aralığındaki akış oranının %50 kadar düşeceği tahmin edilmektedir.

Bu durum ilginç bir durumu gündeme getirir: Eğer bir nikel kaplama çözeltisinde organik kirleticiler ve zararlı katı kirleticiler ortama farklı oranlarda geliyorsa başarılı bir çalışma için gereken genel akış oranı ne olmalıdır? Sizden bunun üzerine düşünmenizi istiyorum. Bu konu üzerine sorumlu tutulmayacaksınız fakat bu gerçek bir mühendislik problemidir.

3. Tamamıyla tıkanmadan önce filtrenin bakımını yapmalısınız.[5] Eğer yarı akış noktasında (akış oranı orijinalin ½ kadar iken) bakım ve yenileme yapılırsa akış oranı belli bir süre içerisinde düzelecektir (3/4).

Maalesef, filtre gittikçe daha fazla tıkandığından zamanla köreleceği için bir önceki hesaplama oldukça kabadır.

[4] Bunun bir yolu anot torbaları ya da diyaframlar kullanmaktır.

[5] Eğer ağır bir tıkanıklık oluşursa çalışma basıncı artar ve belli bir basınç aşıldığında pompa contalarında taşmalar meydana gelir. Bu yüzden filtreleri daha sık temizleyin.

İşlemin önceki gibi gece vakti yapıldığı düşünülürse umulan en iyi ortalama değer şöyle elde edilir:

$$W=Wo\ [1 - (Qo/V)\ a)$$

Burada W banyodaki parçacık derişimi, Qo orijinal akış oranı, V tankın hacmi ve a'da filtre tıkanma faktörüdür(dakika başına akıştaki azalma). Tabi ki birimler doğru seçilmelidir. Bir örnekte bunu görelim.

ÖRNEK 2: Bir nikel banyosunda her 1 litre çözeltide 0.1 gr kirletici bulunmaktadır. Filtrenin başlangıçtaki akış oranı 20 lt/dak olacaktır. Tankta 1000 lt çözelti bulunmaktadır. Eğer tıkanma oranı 0.1 lt/dak ise elde edilebilecek en düşük W değeri nedir?

Cevap: W'nin en düşük veya limit değeri şöyle hesaplanır:

$$W= 0.1[1-20/1000x(0.1)]=0.08\ gr/lt$$

Yani yapılacak en iyi şey litre başına parçacık ağırlığını %20 düşürmektir! Bu koruyucunun tamamen tıkanmaya yakın olduğundaki değerdir. Bunun üstesinden gelmek için filtreyi daha fazla kullanmadan koruyucuyu değiştirmek gerekir. Filtreleme koruyucularını sık sık değiştirerek, filtreleme aparatı kullanarak a düşürülebilir ve daha iyi bir limit değer elde edilebilir. Aynı şekilde başlangıç filtreleme oranı arttırılarak ta(kapasite genişletilerek) iyi sonuçlar elde edilebilir.

Eğer iki tanklı filtreleme yapılıyorsa ve parçacık girişiyle filtreler tıkanıyorsa, sıvının aktarılması için gereken zaman kaba olarak şöyle hesaplanabilir.

$$T = (V/Qo)[1+a(V/Qo)]$$ [6]

Yani a=0.1 lt/dak, Qo=20 lt/dak ise 1000 lt çözeltiyi bir tanktan diğerine aktarmak

$$t = (1000/20)\ [1 + 0.1\ (100/20)] = 300\ dak$$ alacaktır!

[6] Bu bölümde verilen formüller mükemmel formüller değildir. Kesin sonuçlar vermezler ama bir fikir edinmenize yardımcı olacaklardır!

Ortama düzenli olarak parçacıkların geldiği sürekli çalışma durumunda, eğer mükemmel filtreleme (tıkanmanın olmadığı) yapılıyorsa en iyi limit değer şöyle elde edilir:

$$W=G/Qo$$

G birim zamanda tanka giren parçacıkların ağırlığı, Qo filtrenin sabit akış oranıdır. Filtre pedini değiştirmeksizin, filtre tıkanana kadar, parçacıkların derişiminin azalmak yerine arttığı bir durumla karşılaşmak mümkündür. Ve bu yüzden iş doğru şekilde yapılamaz.

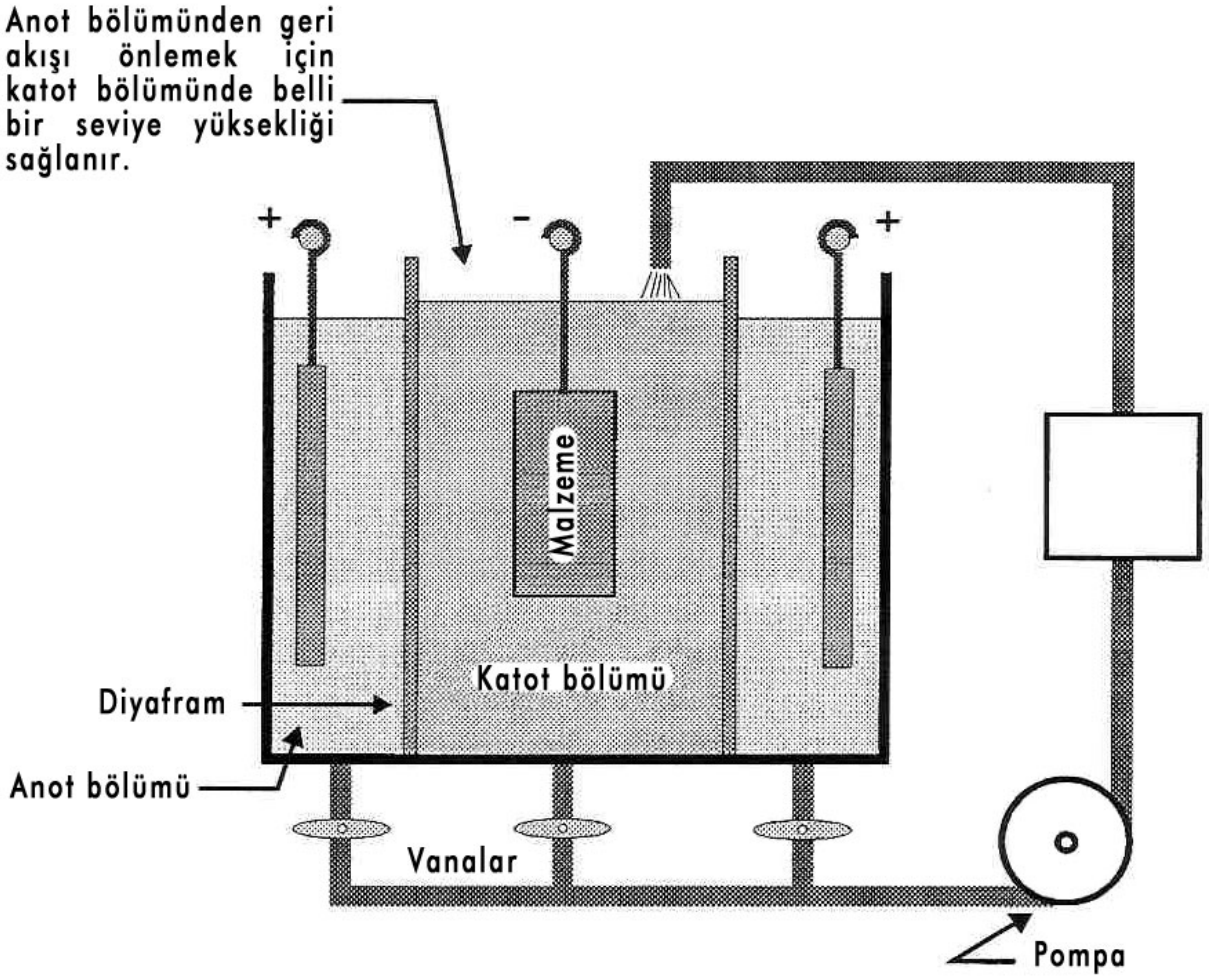
Filtreleme konusu üzerinde tahmin ettiğimizden daha fazla zaman harcadık, fakat filtreleme, kaplamada sistem mühendisliği açısından gerçekten ilginç bir şekilde devreye girer.

Eğer bu konuyla bir sorun yaşamıyorsanız diğerine geçebiliriz.

KAPLAMADA DİYAFRAMLARIN KULLANIMI VE ÇÖZÜNMEZ ANOT İLE KAPLAMA

Gözenekli ince zarların (diyafram) kaplamada kullanılması yeni bir şey değildir. Çok uzun yıllar önce kullanılıyorlardı. Fakat özellikle yüksek hızlı bakır kaplama ile bağlantılı olarak eski bir gerçek yeniden keşfedildiğinden (anottan gelen parçacıklar kaplamada pürüzlülüğe yol açar) bu metot yakın geçmişte yenilenmiştir. Günümüzde gözenekli diyaframların kullanımı, özellikle kaplamanın pürüzsüz olmasının büyük önem taşıdığı elektroformlamada, nikel ve asitli bakır gibi diğer tip banyolarda da yaygınlaşmaya başlamıştır.

Anot torbalarının kullanımı anottan kopup katoda ve katotta oluşan kaplamaya ulaşan parçacıkların miktarını azaltmaktadır fakat branda ya da dokunmuş bezden torbalarda yeterli geçirgenliği sağlamak için gözenek boyutları mikron boyutundaki soruna yol açan parçacıkların geçişine izin verecek kadar büyük tutulmalıdır. Eğer daha küçük gözenekler kullanılırsa, anot ve dış çözelti arasındaki iletkenlik azalır, anot kutuplaşması ve elektrik direnci artar ve derişik çözeltinin anot bölgesinden katot bölgesine difüzyonu yetersiz kalır. Şekil 7'de gösterildiği gibi diyaframların ve filtre pompalarının kullanımı ile, çözeltinin direncini çok fazla yükseltmeden son derece ince bir filtreleme yapmak mümkün olur.



Şekil 7. Diyaframlı Kaplama Tankı

Bu metot sadece çözünebilir anotlu kaplamada değil, çözünmez anotlu kaplamada da kullanışlıdır, bunun yanında normalde sıradan kaplamada kullanılamayacak birçok kimyasal madde tazeleme metotlarının kullanılmasına izin verir. Birçok metot geliştirilmiştir; nikelin anot kullanmaksızın kaplanmasını örnek verebiliriz.

BORU SİSTEMİ

Su, gaz, buhar ve hava basıncı taşıyabilecek birçok boru kullanılıp iyi şekilde tasarım yapılarak garip boru açıları ve karmaşaya izin vermeksizin güzel bir düzenek kurulabilir. Mümkün olan yerlerde borular birbirinde ayırt edilebilmeleri için boyanarak ya da etiketlenerek gruplanmalıdır. Burada para harcamaktan kaçınmayın — Boru düzeneğinin doğru malzemeler kullanılarak hazırlandığından emin olun.

HAVALANDIRMA

Havalandırma krom kaplama ve bu kursun diğer başlıkları altında anlatılmıştı bu yüzden konuyu burada derinlemesine incelemeyeceğiz.

Bir kaplama işletmesinin havalandırması oldukça önemlidir ama çoğu zaman doğru şekilde planlanmaz. Yani havayı ortamdan uzaklaştıran birçok egzost fanı ve vantilatör kullanılabilir ama temiz havanın içeri girişini sağlayacak doğru bir düzenleme yapılamaz. Bu, havalandırmada yapılan gene bir hatadır ve cereyan oluşumu ve tank vantilatörlerinin yanlış çalışmasına neden olur. Hava girişine izin verin, böylece kullanılan egzost tarafından kaplama odasının herhangi bir noktasına yüksek hava akımı olmaz (Krom kaplama tankında olduğu gibi). Hesaba katılan hava, tankın bireysel egzostunun gerektirdiği ve havanın her sekiz ila on dakikada değişimini sağlayan oda havalandırmasının toplamı kadar olmalıdır. Giren hava, işletmenin, havası dışarıdan çekilen ya da temiz olan başka bir odasından sağlanabilir. Soğuk iklimlerde giren bu havayı ısıtacak bir düzenek kullanılmalıdır. Yeterli giriş havasının bulunmadığı zamanlarda karşılaşılan başka bir sorun da kaplama odasındaki düşük basınçtan (yetersiz havadan kaynaklanan düşük vakumlama) dolayı odaya toz gelmesidir. Havalandırma ne kadar iyi planlandıysa kaplama odası da o kadar sağlıklı ve memnun edici olur. Siyanür kaplama tankları ve sıcak temizleyicilerdeki krom gibi maddelerin püskürmesini yapan bütün tanklarda havalandırma kullanılır. Göz ardı edilmemesi gereken başka bir nokta da tanktan çıkan havanın nereye boşaltılacağıdır. Hava işletmenin camlarından tekrar gelmeyecek şekilde boşaltılmalıdır ve eğer kanunlar gerektiriyorsa büyük işletmelerde toksik duman ve tozların uzaklaştırılması için bir yıkama ve temizleme sistemi kullanılabilir.[7]

Havalandırma ve gaz yıkayıcılar üzerine ek bilgiyi referanslarda bulabilirsiniz. Ayrıca havalandırma ekipmanı ürün sağlayıcıları da size yardımcı olabilir.

Havalandırma üzerine ek bir bilgi:

Havalandırmayı kuran kişinin bütün alana değişik tipteki borulardan karmaşık bir düzen kurmamasına dikkat edin. Metalden ağaçların oluşturduğu bir çalılığı andıran ve görüntünün bu karmaşadan dolayı tamamen bozulduğu kaplama işletmeleri gördüm. Böyle bir şeye ihtiyaç yoktur. Borular tek çeşit olmalıdır, yatay düzlemlere yerleştirilmelidir ve dikey çıkmalar genel görüntüyü bozmayacak şekilde gereken yerlerde yapılmalıdır.

[7] Günümüzde neredeyse her durumda gerekmektedir.

KAPLAMA İŞLETMESİNİN ZEMİNİ

Genel olarak bahsedecek olursak, iyi bir kaplama işletmesi, yer seviyesinden yüksek inşa edilmelidir. Olabildiğince düşük bakım harcamaları ve hasar masraflarıyla en iyi çalışma koşullarını sağlamak istiyorsanız (özellikle yer seviyesinden yüksek zeminlerde), iyi bir zemin tasarlayın.

Genelde, yüksek ölçekli bir işletme kurulmayacaksa, uygun şekilde kanallanmış ve ziftlenmiş açık tip bir zemin sağlayın. Bu basitçe, çukur ya da tümsek içermeyen düzgün bir zemin anlamına gelir. Büyük ölçekli işletmelerde kaplama tanklarının tek bir deliğe girdiği ya da her bir tankın kendi özel deliğine girdiği delikli zeminler kullanılabilir ve bu şekilde bütün tankların üst noktaları aynı seviyede olur. Eğer delikli bir zemin göz önünde bulundurulacaksa bütün zemin için tek bir delik seçilip daha yüksek derecede esneklik sağlanabilir. Delikli zeminler, işçilere kimyasal bir fabrika havası yarattığından ben açık zeminleri tercih ederim. Kaplama işletmesinin "kimyasal bir fabrika" olduğu bir açıdan doğrudur, fakat bir insan altındaki zeminin sağlam olduğunu bilirse daha iyi çalışır ve daha iyi hisseder.

Zeminden kanallara olan eğim ayak başına 1/8 ila 3/8 inç olmalıdır. Genelde kullanılan değer ¼ inç'tir. Zemindeki kanal sayısının değeri değişim gösterebilir. Eğer dikkatli operatörleriniz varsa çok azı yeterli olacaktır. Başlangıçta her 400 ayakkareye bir tane yeterli olacaktır. **Dökülmenin en olası olduğu yerlere kanal açın.**

Zemin malzemesi olarak kullanılması mümkün olan birkaç seçenek vardır. En iyi malzeme tipi diye bir şey yoktur çünkü şimdiye kadar böyle bir şey keşfedilmemiş ya da icat edilmemiştir. Ancak bununla birlikte, kullanılabilecek birkaç zemin malzemesi türü bulunmaktadır.

Yüzeyi katranla kaplayıp üzerine çatı kağıdı koyup tekrar katran kaplayarak nispeten ucuz bir kaplama odası zemini elde edilebilir. Bu zemin üzerine duck boards ve ızgaralar yerleştirilebilir. Bu yöntem küçük işletmeler için en iyisidir ve ülkenin birçok bölgesinde kabul edilmeyebilir.

Tabanı daha esnek olan daha iyi bir düzenek de ızgaralı lastik paspas kullanımıdır. Bunun dayanıklılığı daha yüksektir ve personelin üzerinde dolaşması daha kolaydır. Gerektiğinde paspaslar rulo halinde toplanıp kaldırılarak döşeme temizlenir. Kaplama işletmeleri iyi bakım gerektirir ve zemin bunun dışında bırakılmaz. Zemin, yapısından dolayı, en az iki haftada bir temizlenmelidir.

Daha iyi ve daha pahalı bir zemin maddesi kumla karıştırılmış bir asfalt bileşimi olan bir reçinedir. Bu, yaklaşık olarak 2 inç kalınlığında döşenmelidir. Bu, beton üzerine sıcak halde uygulanmalıdır. Birçok kaplama odası kimyasalına dayanıklıdır. Fakat organik çözücüler ve sıcak sülfürik asitte zarar görür. Dahası, yumuşaktır ve basınç altında akma eğilimi gösterir. Üzerine koyulacak ağır nesneler, yükü maksimum alana yayacak şekilde desteklenmelidir.

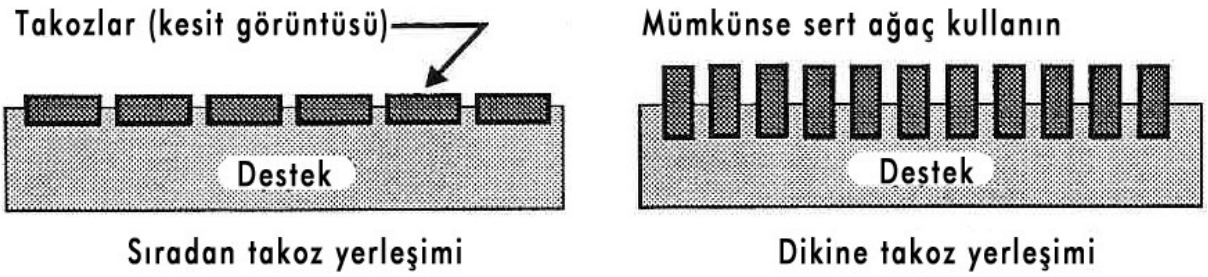
Zemininiz yer seviyesinde ise, katran sürülmüş ve 6 inçlik güçlendirilmiş beton zemin iyi bir temel oluşturacaktır. Üst zeminlerdeki ağır yükleme için, çelik iskeletlerle desteklenmiş ve 4 inçlik güçlendirilmiş beton kullanılabilir.

Doğru tipteki çimento ile uygulanırsa tuğladan çok güzel zemin elde edilir. Çimento su geçirmez ve gözeneksiz olduğu gibi aside ve alkaliye dayanıklı olmalıdır.

Plastik reçineden yapılmış zeminler son on beş yılda popülerlik kazanmıştır. Bu tip zeminler mükemmel kimyasal dayanıklılığa sahip olmasına rağmen pahalıdır.

Ağaç ya da beton alt zeminler üzerine sık sık magnezyum oksiklorür beton zeminler döşenmektedir. Bunlar her tip kimyasal ve organik çözücüye son derece dayanıklıdır ve renkli, pürüzsüz bir döşeme görünümü verir. Bu tip zemin, kimya laboratuarlarından sonra kaplama odaları ve asit odalarında da kullanılmaktadır. Pahalıdırlar.

Personelin günün çoğunda ayakta durması gerektiği yerlerde çimento, tuğla ve beton zeminler iyi değildir. Zemin için daha esnek bir malzeme kullanılmalıdır. Dahası, ortama sıçrama ve dökülme olacaksa, personelin ayaklarını kuru tutmak için koruyucu lastik ya da bot giymesi gerekir. Buna göre, tankların etrafına ve geçilen yerlere duck boards ve ızgaralar yerleştirilir. Fakat ıslandığında kırılıp parçalanacağından, Şekil 8'de gösterilene benzer sıradan bir duck board yeterli olmaz. Bunun yerine Şekilde gösterilen diğer duck board kullanılmalıdır. Bu başlangıçta daha pahalıya mal olur ancak ileride geri ödemesini yapar.



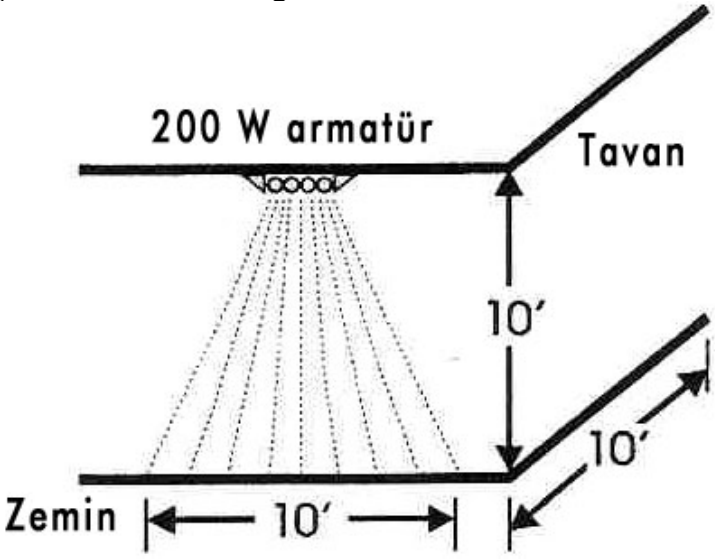
Şekil 8. Duck board Yapısı

Son on yıl içinde, bu bölümde belirtilen zemin tiplerinin yanında birçok yeni zemin tipi geliştirilmiştir. Bu zemin malzemeleri kimyasal dayanıklılığa sahiptir ve dökülme ve taşmalarda avantajlıdırlar. Daha fazla bilgi için Referanslar'a bakınız.

AYDINLATMA

Bu noktada da sağduyu önem kazanır. Kaplamada, cilalar üzerine çalışılır. Yüzeydeki pürüzlerin daha iyi belirlenebilmesi doğrultusunda, daha iyi cilalama için daha iyi aydınlatma- tamamen görülebilir bir noktadan - yapılmalıdır. Genel aydınlatmada 10 ila 20 ayak yükseklik için, her 100 ayak kare yüzeye ortalama 200 Watt aydınlatma enerjisi harcayan flüoresan armatürler kullanılmalıdır. Denetleme, temizlik ve parlatma bölümleri gibi görsel sınama gerektiren yerlere ekstra aydınlatma kullanılmalıdır. Aydınlatmayı düşük tutmayın.

Sona yıllarda, flüoresan aydınlatmaya göre ekonomik avantajları daha fazla olan aydınlatma türleri geliştirilmiştir. Elektrik teknisyeniniz ya da yerel elektrik tedarikçiniz bu yeni aydınlatma tipleri için size daha fazla bilgi verebilir.

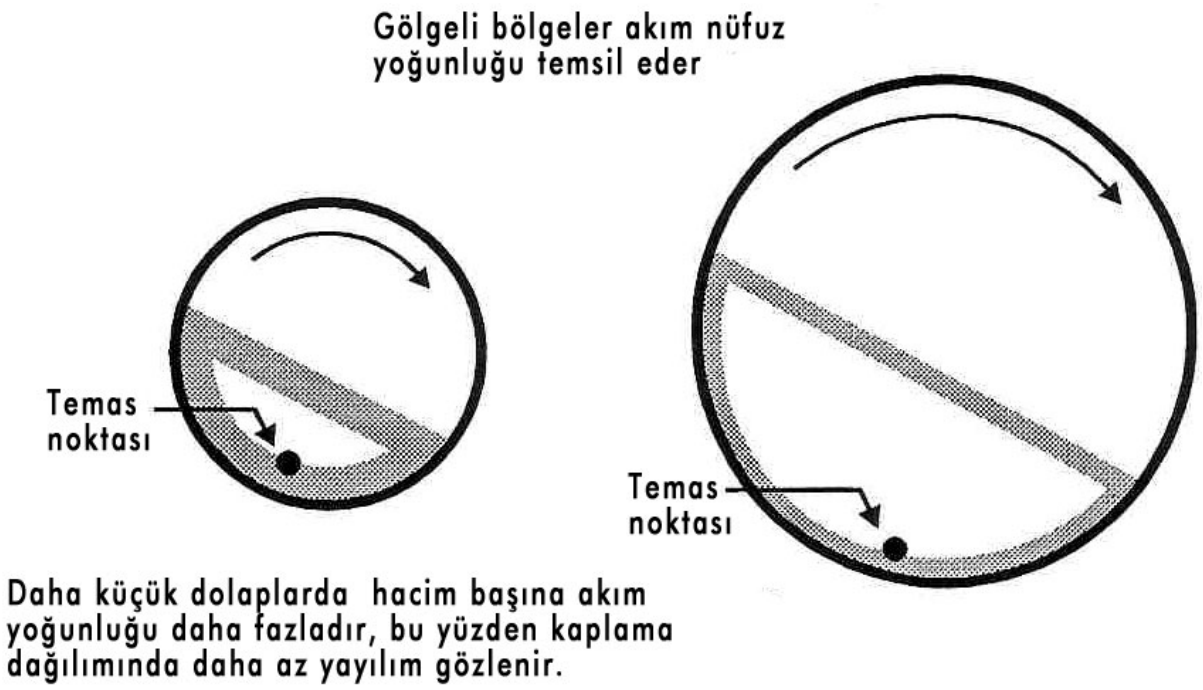


Şekil 9. Doğru Aydınlatma

DOLAPTA KAPLAMA

Dolapta kaplama önemli bir mühendislik konusudur. Ders 3'te de belirtildiği gibi, metal cilalama (kaplama değil) için dolap kullanımının uzun bir geçmişi vardır. Elektro kaplama dolaplarının kullanımı 1860'lara dayanmaktadır. İlk dolaplar oldukça kabaydı ve bunlar yıllar geçtikçe geliştirildi (Küçük malzemelerin üzerine dolapta krom kaplamada kullanılan en son sistemde, nesneler birbirileriyle ve merkezkaç hareketiyle katodik duvar ile temas halindedir ve aynı zamanda pozisyonları başka bir mekanik hareketle birbirlerine göre değişir.)

Temel fikir Şekil 10'da gösterilmiştir. Parçalar birbirleriyle temas halinde dolap içinde dönerken bir buton, çubuk, sarkaç ya da metalik duvara da temas ederler. Elektrolit dolap duvarındaki gözeneklerden girip çıkar, anotlar dolabın dışındadır (Eğik dolap kullanımında anotlar içeride olabilir, Bkz Ders 2).



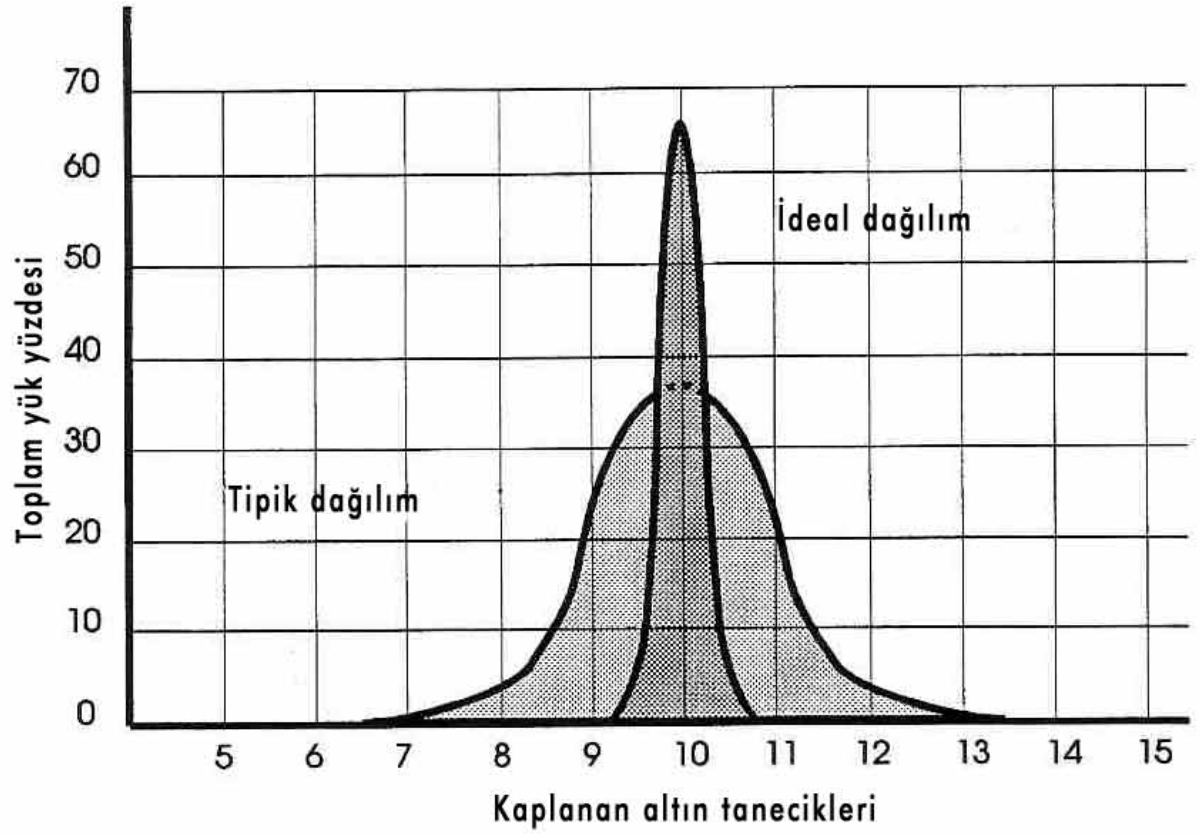
Şekil 10 – Dolapta Kaplama "Spread"

Deneysel olarak kesinleşmiştir ki sadece en dıştaki (çevresel alanlar) yüzeyler metal kaplanır. Dönel hacmin içine bir sızma olabilir ancak bu fazla değildir. Gerçekte birçok durumda (temas noktaları zayıfsa) dönel hacmin iç kısımlarında bir miktar anodik davranış görülebilir.

Kaplama sadece en dış yüzeyde gerçekleşse de kütle dönerken aynı zamanda alt üst olur. Bu yüzden yeni yüzeyler akıma maruz kalır. Eğer dolap doğru şekilde tasarlandıysa her yüzey eninde sonunda akıma maruz kalacaktır ve her nesne daha az ya da çok benzer şekilde kaplanacaktır. Üretimde en iyi ekonomikliği sağladığından temel fikir, yüzeydeki metal dağılımını mümkün olduğunca tek tip olmasıdır.

Dolapta kaplamada metal kaplama dağılımı üzerine uzun süredir çalışılmaktadır. Şekil 11, altının dolapta kaplanmasıyla bağlantılı bazı dağılım eğrilerinin (teorik) göstermektedir. Şekle göre en iyi sonuçlar Marksman'in dar dağılım eğrisini veren dolaplarla elde edilir (Bkz Der 14). Çok özel koşullar dışında böyle eğrilerin elde edilmesi mümkün değildir. Eğrilerin çoğu Şekildeki daha geniş olan eğriye benzer.

Dolap kaplamada uygulanan bir yaklaşım da kaynağını teorik olarak gözenekli elektrottan almıştır. Bu teorik yaklaşımın cevaplamaya çalıştığı soru kaplamanın gözenekli kütle (malzeme) içine ne kadar nüfuz edeceğidir. Günümüze kadar yapılan pratik denemeler ve teorik çalışmalar o kadar da derin bir cevap vermemiştir!



Şekil 11 – Dolapta Altın Kaplamada Kaplama Dağılımı (Varsayılan Durumlar)

Amerikan Elektrokaplamacı ve Yüzey Cilalayıcıları Topluluğu'nun yapmış olduğu bir araştırma projesine göre (*American Electroplaters & Surface Finishers Society*) sıradan bir kaplamada ortalama dağılım Şekil 11'deki gibidir ve kaplamadaki standart sapma ya da dağılım (Bkz. Ders 14) şu eşitlikte verilir.

$$\sigma = KT / \Theta^{1/2}$$

Burada **σ** = dağılım, T = ortalama kaplama kalınlığı, Θ = kaplama süresi, K = dolap ve kaplanan malzemenin geometrisiyle kaplama banyosuna bağlı olan ve dolabın açısal hızının (dönel hız) kareköküyle kabaca ters orantılı olan bir sabittir.

AESF eşitliğine göre, dağılım miktarını azaltmak için kaplama zamanı arttırılmalı ve dolap sabiti K mümkün olduğunca küçük tutulmalıdır. Yani dolap hızı ve tasarımı malzeme yüzeyinde en hızlı dağılım değişimini sağlayacak şekilde olmalıdır. Bütün bunlar iyi bir başlangıçtır.

Dolapta kaplama içine geçerli olan gene kurallar kırk yıl öncekiyle aynıdır.

1. İç içe girmeye eğilimli parçaları dolapta kaplamayın.

2. Parçaları, keskin köşeli ve/veya hassas yüzeyli, çok büyük ya da çok ağır parçalarla birlikte kaplamayın.

3. dolabı aşırı yüklemeyin.

4. Elektrolitin dolaba giriş çıkış sirkülâsyonunu doğru ayarlayın.

5. Anot yüzeyinin yeterli miktarda olduğundan emin olun.

Fakat asıl yapılması gereken şey, dağılımı düşürecek bir dolap tasarlamak için fikir yürütmek ve bu doğrultuda hareket etmektir. Başka bir deyişle normal tipteki dağılım aynı olacaktır ama Marksman'inki daha iyidir. Daha basitçe anlatacak olursak, sıradan bir dolapta altının sıfır 0,000111'i ya da parçaların % 99'u kaplanmak isteniyorsa parçaların % 25'ine 0.001 inç, % 50'sine 0.0005 inç kaplama yapmak gerekebilir. Büyük miktarda metal kullanıldığında elde edilen sonuçları grafikte görebilirsiniz.

Fiyatların arttığı ve metal kaynaklarının azaldığı bu zamanlarda, dağılımdaki küçük bir değişmenin ne anlama geleceğini bir düşünün.

EKİPMAN DÜZENİ VE ALAN PLANI

Bir kaplama işletmesinin düzeninin planlanması bir sanat değildir – bur bir bilimdir. Bunu kendi başlarına yapmaya çalışmak, rüyalarındaki evi kendi planlarına göre inşa etmeye benzer. Bu iyi bir şey olsa da sonunda, evinize girmek için tuvaletten geçmek zorunda kalabilirsiniz. Konunun önemini belirtmek üzere abartılı bir örnek olmakla birlikte, düşük kaliteli bir planlama sık sık binlerce dolarlık zarar ve boşa harcanmış zaman ve çabayla sonuçlanabilir. Gerçekte, en iyi çözüme ulaşmak için düzen planı bazı karmaşık matematik işlemleriyle birlikte, bundan da fazla sağduyu ve fikir yürütme gerektirir. Bu konu üzerinde sadece bir iki temel fikir vererek çok az duracağım. Bu kısa özetten sonra özel ve küçük kaplama işlemleri için size bir iki basit düzen sunacağım. Bunlar ortalama fiyatlarıyla birlikte ilk **Elektro Kaplamanın Temelleri** dersinde verilmişti. Belirli sebeplerden dolayı artık fiyatlara değinilmiyor. Fakat geliştirilebileceklerinden emin olmama rağmen, temel düzenler hala işe yaramaktadır. Tek yapmanız gereken kadınlar için bir banyo (günümüzde birçok kadın kaplamacı ve kaplama teknisyeni bulunmaktadır) ve su ve atık işlemleri için (Su ve Atık Kontrolü başlığı altında EPA'nın şartları anlatılacaktır) ve güvenlik duşları ile gözlerin temizliği için alan (OSHA şartları) ayırmak olacaktır.

Küçük ya da büyük bir kaplama dükkanının planlanmasındaki önemli nokta esnekliği sağlamak yani ekstra birimleri ve kaplama proseslerini ekleyip çıkarabilmektir. Buna göre çok fazla ekipman ve dar bir alan yerine az ekipman ve geniş bir alanla işe başlamak daha iyi olacaktır. Eğer boş alana sahipseniz, iş geliştikçe her zaman yeni prosesler ekleyebilirsiniz. Eğer yeterince geniş bir alana sahip değilseniz, bu kötü bir durumda olduğunuz anlamına gelir. Kaplama işletmesinin taşınması oldukça pahalı bir iştir.

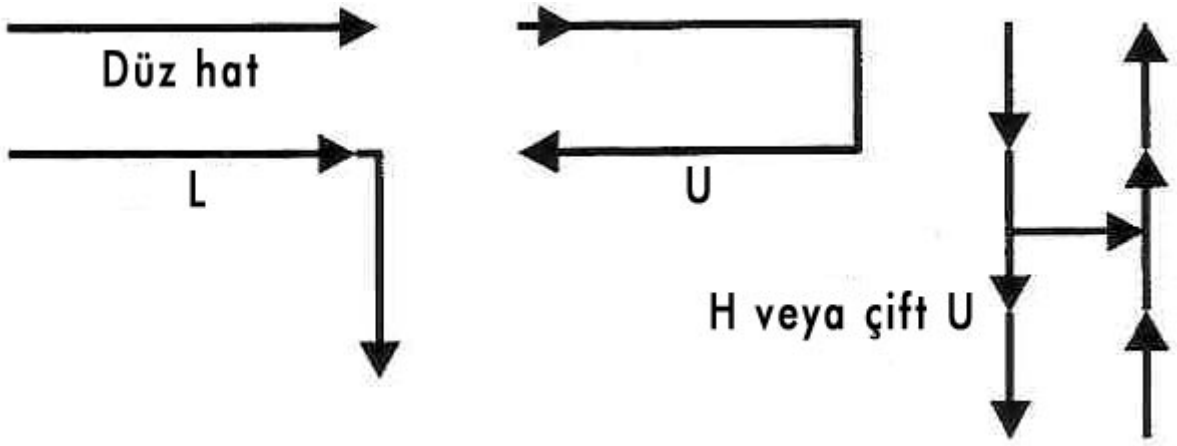
Bir kaplama odasının düzeninin planlanmasında olası birçok ekipman düzeni bulunmaktadır. İş ve yerden tasarruf etme açısından bazıları daha iyidir ama genelde her açıdan en verimli olan sadece bir düzen vardır. Bir düzen planlanması üzerine standart kurallar bulunmamaktadır. Ama genelde şunlara uyulmalıdır:

1. Ekipman dizilerini olabildiğince düz bir çizgide tutun.

2. Son ekipmanın ilkinin yanında olması işin başlangıç noktasına geri dönün.

Buna göre **U** biçimi bu iki prensibi en iyi karşılayan düzendir. Ancak bazı istisnalar olabileceğinden bunu kullanılacak tek düzen olarak kabul etmeyin. **L**, **H** ve **I** tipleri de kullanılmaktadır.

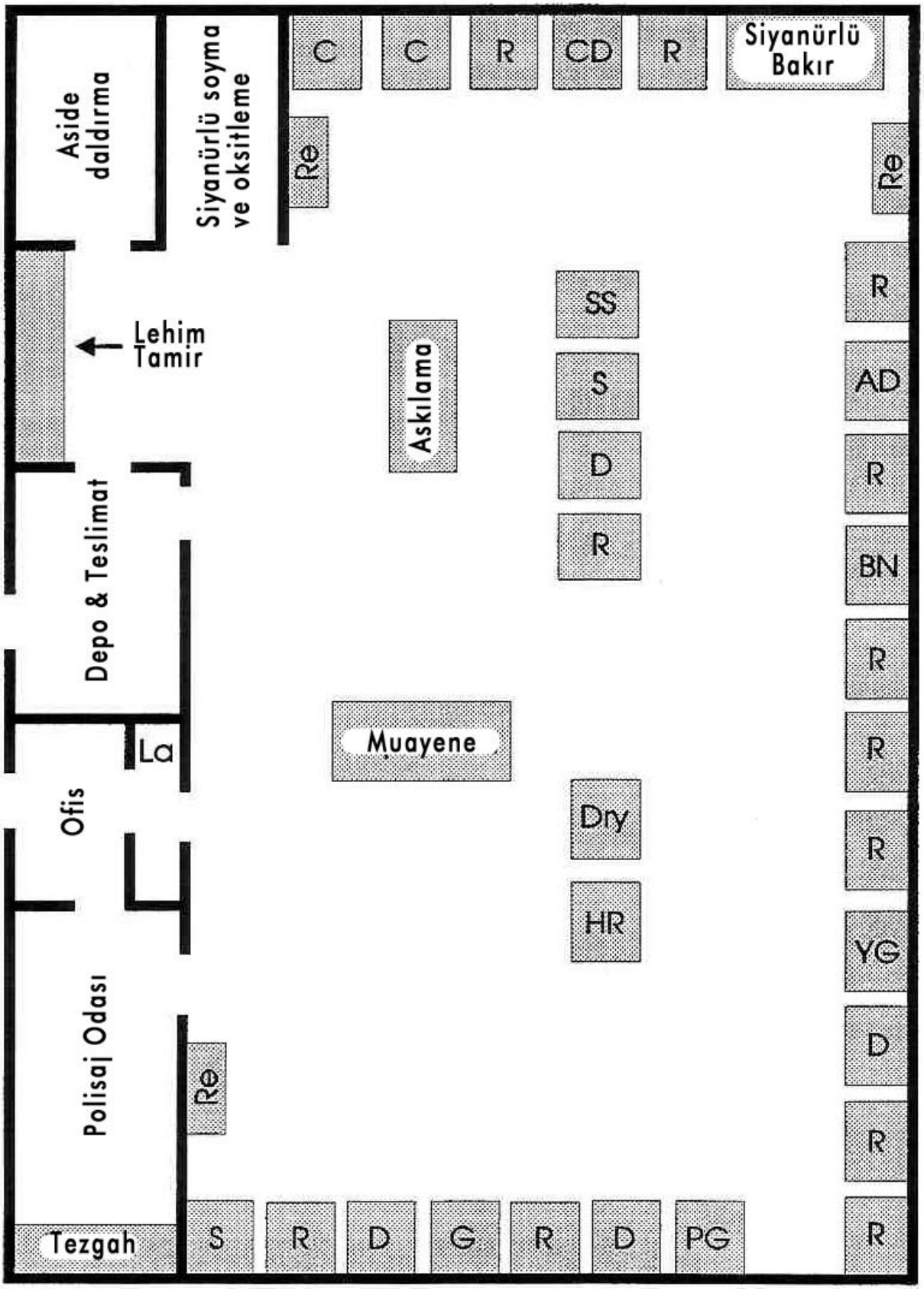
Size düzeninizi planlamada büyük yardımı dokunacak şey odanızın gerçek ölçekli bir şekli ve kullanacağınız ekipmanın ölçekli şablonlarıdır. Basitleştirmek amacıyla bunları çapraz taralı çizim kağıdı üzerine yerleştirin. Şablonları kesip çıkarmak soruna yol açabilir fakat sizi ekipmanları hareket ettirme ve yeniden düzenleme masrafından kurtaracağı için buna değecektir. Kaplama işlemi ile bağlantılı fakat direkt olarak işlemin bir parçası olmayan alanlar bölümlere ayrılmalıdır. Yani aside daldırma ve vernikleme gibi parlatma ve cilalamaya da ayrı bir oda ayrılmalıdır. Kimyasal testlerde ve analizlerde kullanılabilecek bir oda ve kimyasal malzemelerin depolanacağı bir odanın yanında, askıların bakımının ve depolanmasının yapıldığı bir oda da ayırın.



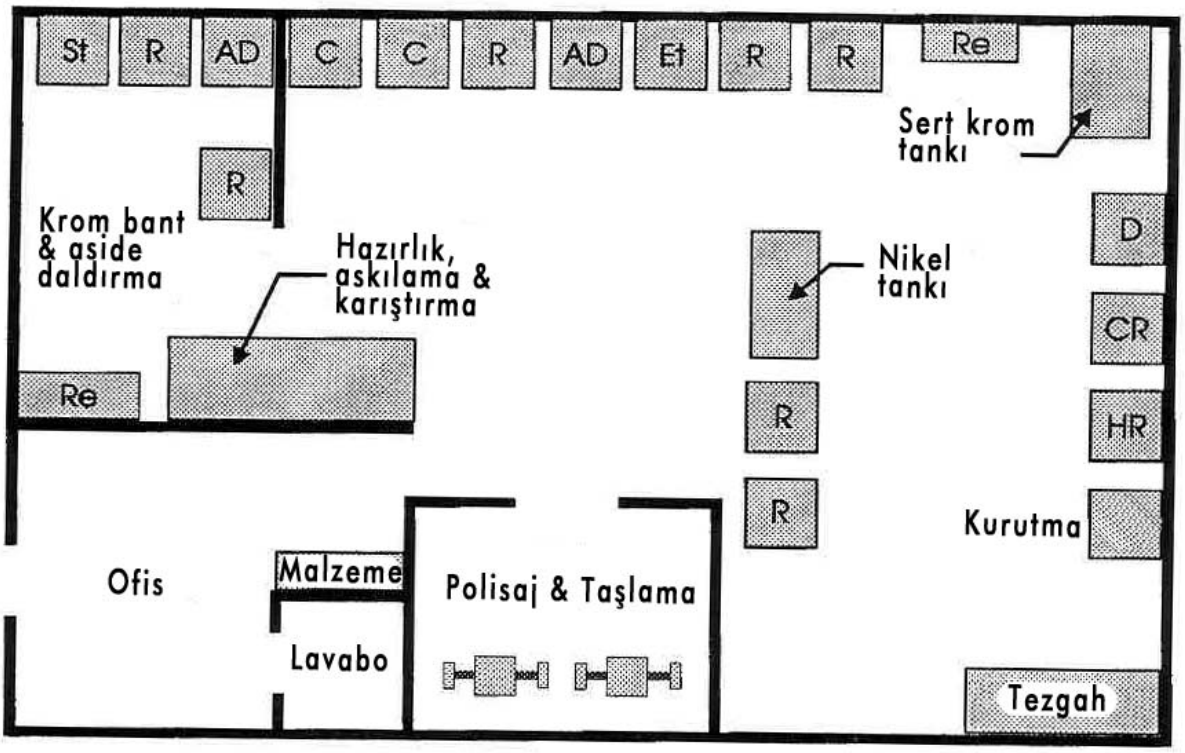
Gereken miktarda su çıkışı sağlayın, Mümkünse farklı prosesleri içine alan ve orta ara yola açılan U şekilli birimler kullanın.

Şekil 12. Verimli Düzen Ayarlamaları

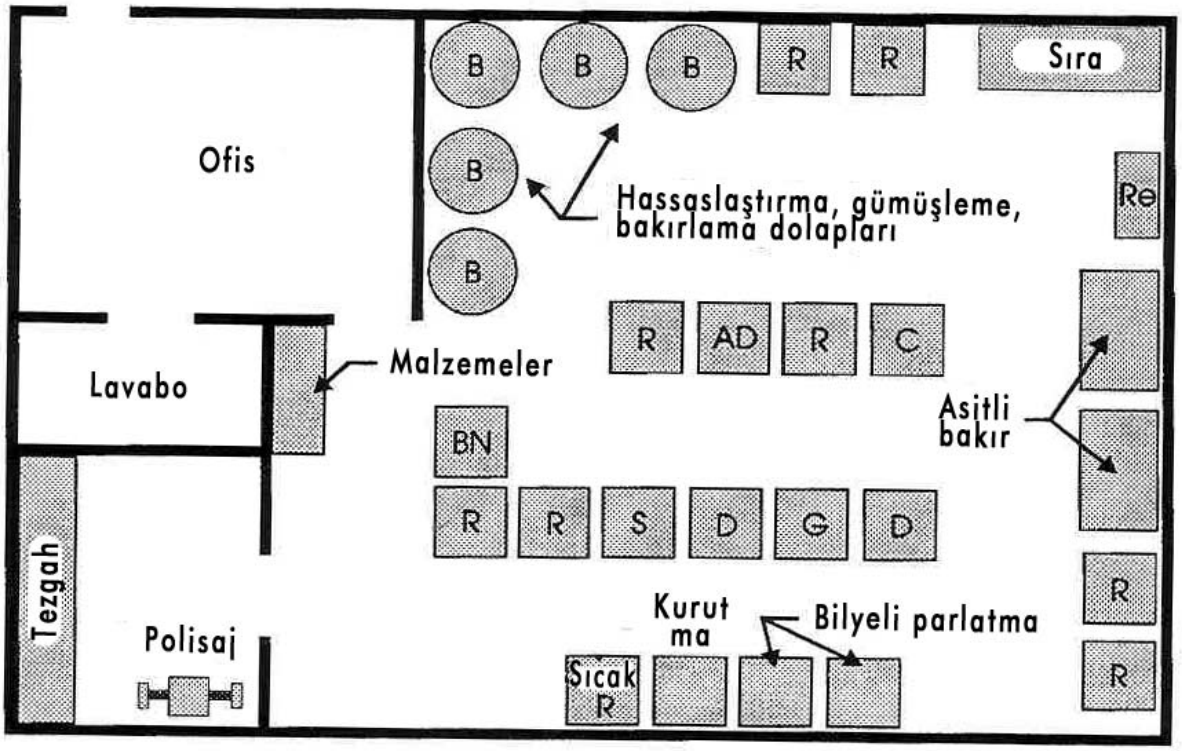
Düzenlemelerde Kullanılan Ekipman İçin Kısaltma Listesi			
AD	**Aside Daldırma**	**La**	**Lavabo**
B	**Dolap**	**PG**	**Pembe altın**
BN	**Parlak Nikel**	**Pu**	**Ponza Temizleyici**
C	**Temizleyici**	**R**	**Durulama Tankı**
CD	**Siyanüre Daldırma**	**Re**	**Redresör**
D	**Çıkarma Tankı**	**SS**	**Gümüş Strike Tankı**
G	**Altın Tankı**	**S**	**Gümüş Tankı**
HR	**Sıcak Durulama**	**St**	**Sökme Tankı**



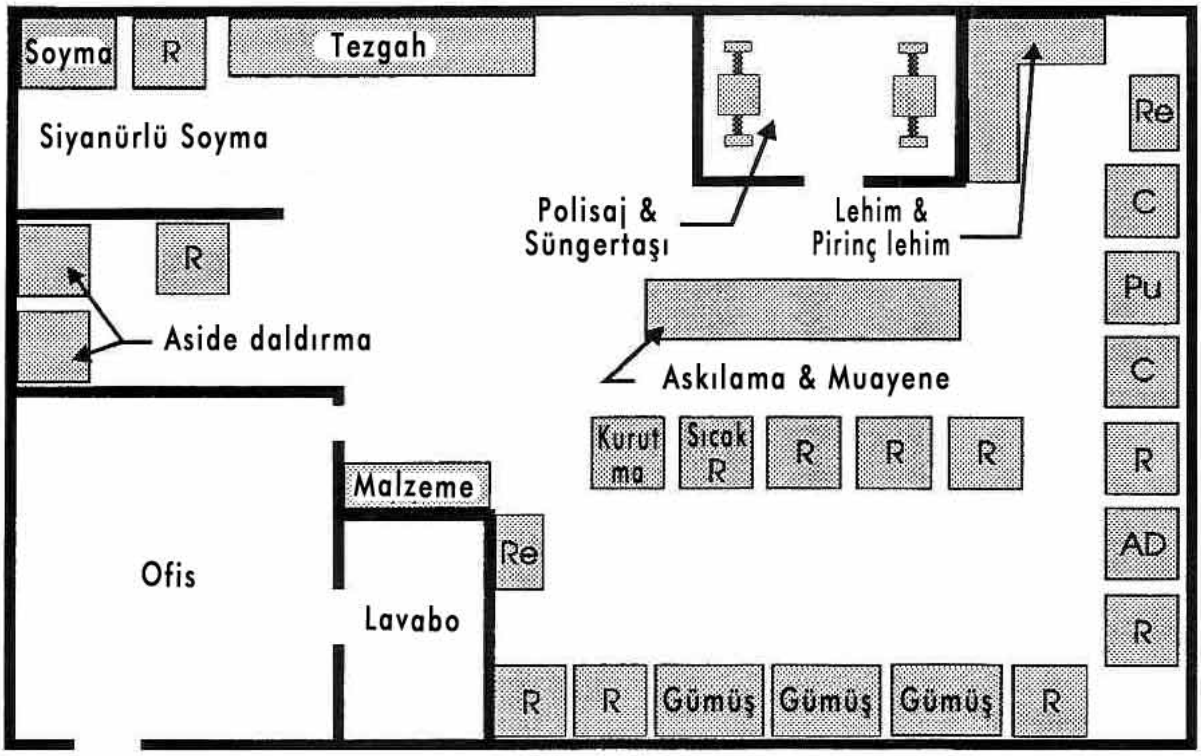
Şekil 13. Mücevherat veya Takı Kaplama Tesisi



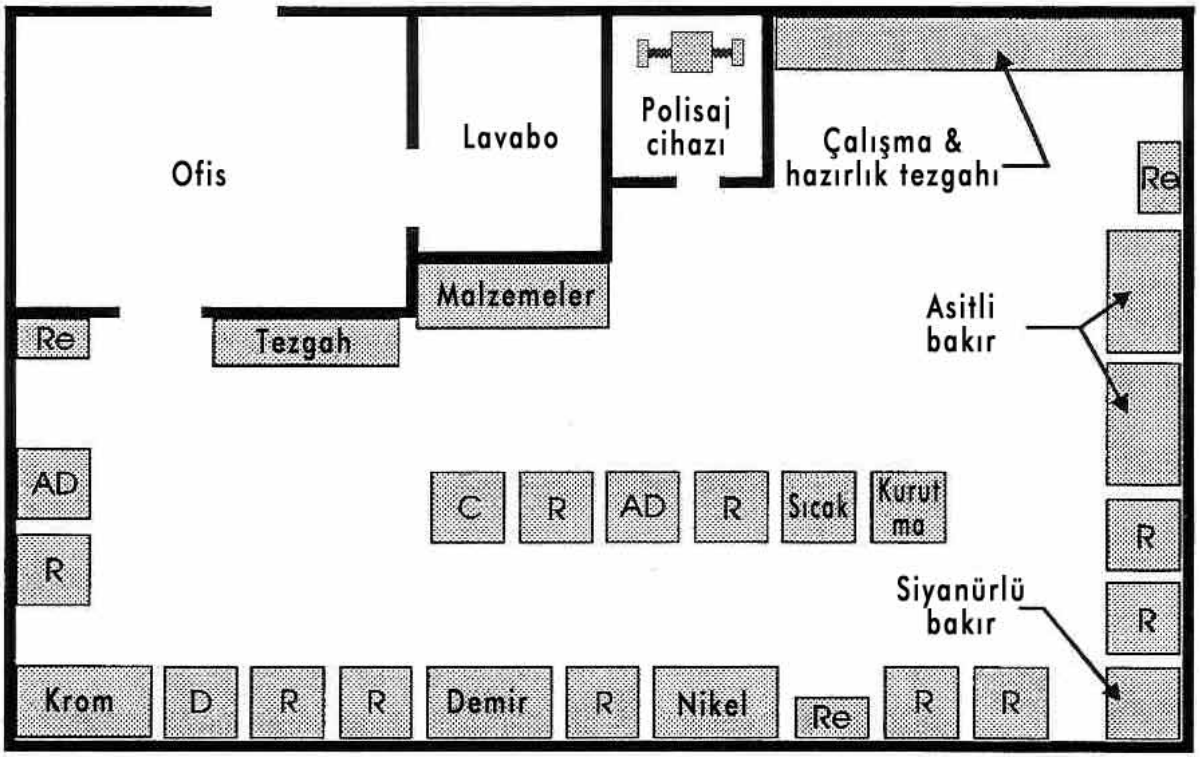
Şekil 14. Küçük bir endüstriyel krom kaplama tesisi



Şekil 15. Küçük Plastik Parça Kaplama Tesisi



Şekil 16. Küçük Bir Gümüş Yeniden İşleme Tesisi



Şekil 17. Küçük Bir Elektrikli Şekil Verme Tesisi

KAPLAMA İŞLETMESİ GÜVENLİĞİ

OSHA'yla birlikte kaplama işletmesinde güvenlik konusu etkileyici bir konu halini almıştır. Aşağıda J.B.Kushner'in bundan 50 yıl önce 1948 yılında güvenlik üzerine söyledikleri yazmaktadır. Bunlar hala geçerlidir!

" ***İşletmedeki güvenlik önlemlerine önem verin.*** *Pişman olmayacaksınız! Bir siyanür tankını asit tankının yanına yerleştirmeyin. İkisinin arasında en az bir tane durulama tankı bulundurun ve mümkünse birleşip ortaya zehirli gazlar çıkarmadan ana lağıma ulaşmaları için iki tankın atığını da ayrı kanallarla boşaltın. Trafiğin birden fazla yönde olacağı dar, sınırlı alanlardan kaçının. Zeminin kaygan olmasına izin vermeyin. Tankların, üzerine biri eğildiğinde içine düşmemesi için yeterince yüksek olmasını sağlayın. Bütün zararlı kimyasalları dikkatli şekilde kullanın ve depolayın. Asit ve alkali şişelerini boşaltmak için doğru ekipmanlar kullanın.* ***Güvenliğe her zaman birinci derecede önem verin.***

Sıfırdan bir kaplama işletmesi planlasanız da çalışmakta olan kaplama işletmenizde değişiklik yapmak isteseniz de **20. Dersteki** referanslarla beraber bu anlatılanları temel bilgi olarak kullanabilirsiniz.[8]

SU KAYNAĞI VE ATIK İŞLEMLERİ

Modern bir kaplama işletmesinde su kaynağı ve atık işlemleri sucuk ve yumurta gibi ayrılmaz konulardır. Şarkıda dendiği gibi "Biri olmazsa diğeri de olmaz".

Bu yüzden bir kaplama teknisyeni ya da işletmecisi olarak size bu konunun ne kadar önemli bir şey olduğunu söylemeye gerek bile duymuyorum.

Konuyu basit antropolojik terimlerle özetlediğimde güzel bir başlangıç yapmış olacaksınız. Su içersiniz. Vücudunuz suyu kullanır. Tuvalete gidersiniz. Suyun vücudunuzdaki döngüsü bu şekildedir. Uzun bir hayat yaşamak istediğiniz için içtiğiniz suyun saf bir kaynaktan gelmesini, zehirli veya mikroplu olmamasını istersiniz. Fakat boşaltım sırasında suyun nereye gittiğine hiç önem vermezsiniz. Değil mi? Orta çağda insanlar tuvaletini sokaklara yapıyordu. İnsanoğlu yakın zamanlarda tuvalet kullanmaya başlamıştır.

Bütün imalathanelerde de aynı medeni gelişim gerçekleşmektedir. Geçmişte aynı orta çağdaki insanların yaptığı gibi işletmelerdeki atık suyun nereye boşaltıldığı bir önem taşımıyordu. Günümüzde ise hükümet işletmelerin de tuvalet(!) kullanması üzerine ısrar etmektedir.

[8] Genelde işletmenizi tasarlamak ya da yükseltmek için bir ya da iki danışman tutmanız gerekebilir. Düzenleme şartlarına uymak istiyorsanız bu özellikle önemlidir.

Tablo3. Entegre Olmayan Elektro Kaplama Tesisleri İçin Atık Madde Sınırlamaları (ppm)[9]

Parametre	Atık Madde Sınırlaması	
	Günlük En Fazla	Dört Günün Ortalaması
Günde 10.000 galondan az boşaltımda		
Kadmiyum	1.2	0.7
Siyanür	5.0	2.7
Kurşun	0.6	0.4
Toplam Zehirli Organik Madde	4.57	---
Günde 10.000 galondan fazla boşaltımda		
Kadmiyum	1.2	0.7
Krom	7.0	4.0
Bakır	4.5	2.7
Kurşun	0.6	0.4
Nikel	4.1	2.6
Gümüş	1.2	0.7
Çinko	4.2	2.6
Toplam Metal	10.5	6.8
Siyanür	1.9	1.0
Toplam Organik Madde	2.13	---

Gördüğünüz gibi bu kurallar atıklarını belediyenin lağım sistemine boşaltan işletmeler için bile geçerlidir. Yani kaçış yolu yoktur. Bu yüzden su kaynağı ve atık işlemleri ile ilgili düşünceleri okuyun.

[9] İnşası 31, 1982 tarihinden önce başlamış tesisler için.

Çoğu kaplama odasında suyun kullanımı üzerine, geri kalanı atık işlemleri ile ilgilidir. Her öğrenci ya da pratik kaplamacı için çok önemli bilgiler içermektedir. Maalesef bu kursun kapsamı dışında olduğundan ayrıntılara girmeyeceğiz, fakat anlatılacak olan konuları oldukça kışkırtıcı (sizin akıl yürütmenizi sağlayacak) ve yardımcı (size birkaç iyi fikir sunacak) bulacaksınız Eğer burada anlatılardan daha detaylı bilgiye ihtiyaç duyarsanız referanslarda Su Kaynağı ve Atık Madde İşlemleri başlığı altındaki kitaplara başvurmanızı öneririm. Ve unutmayın ki EPA ofislerinden de daha fazla bilgi edinebilirsiniz.

EPA şartlarını veren tablo üçü göz önünde bulundurun.[10] Size 1984'ten (Bazı durumlarda 1986) bu yana atık madde boşaltımındaki alışkanlıkların nasıl değiştiği hakkında bir fikir verecektir. Atık suda siyanür bakır ve krom gibi kimyasalların olmasının tamamen yasaklanmış olduğunu göreceksiniz. Alt çizgi açıktır: Çevre kirliliğine yol açan kimyasallar sadece sınırlı miktarda boşaltılabilir.

KAPLAMA ODASINDA KULLANILAN SU

Kaplama odasında suyun kaplamacı için ne kadar önemli olduğu üç madde ile açıklanabilir.

1. **Kullanılabilir suyun fiyatı gün geçtikçe artmaktadır.**
2. **Su kaplamada birçok zorluğa sebep olabilir.**
3. **Su bir kere kullanıldıktan sonra ortaya bunu elden çıkarma problemi çıkar.**

Suyun kaplamada önemini en çok artıran üçüncü şıktır, fakat biz verilen sırayı takip edeceğiz.

ARTAN SU FİYATI

Suyu musluktan alıyorsanız, kullanılabilir suyun gün geçtikçe daha az bulunur ve daha pahalı hale gelmesi size garip gibi gelebilir ama bu gerçektir.

[10] Bu tablo sadece bir tip standartlara göre hazırlanmıştır. Uyulması gereken birçok değişik standart bulunmaktadır. Derişim dereceleri işletmenizin yaşına, atığı nereye boşaltacağınıza (lağım veya akarsu)ve günde kaç galon atık madde boşaltılacağınıza bağlı olarak değişir. Birleşik Devletler'e ait veriler minimum değerdedir. Birçok ülke ya da bölge çok daha sıkı standartlara sahiptir.

Nüfus artışı ve endüstriyel gelişim bu en doğal yaşam kaynağımızı sürekli olarak pahalılaştırmaktadır ve su tablosu (kara ile kuşatılmış alanlardaki su seviyesi) gün geçtikçe aşağıya düşmektedir. Sıcak hava ve buna bağlı kuraklık bu sürecin hızlanmasına yardım etmektedir (90'larda dünyada meydana gelen kuraklığı hatırlayın). Yakın zamanda içilemeyen ve kaplama gibi endüstriyel işler için tatminkâr olmayan sular kullanmak zorunda kalacağız.

Bu size korkutucu geldi mi? Maalesef öyle olmuyor. ABD hükümeti bunun farkına vardı ve İçişleri Bakanlığı hafif tuzlu ve tuzlu suların saflaştırılması için ticari olarak olası metotlar bulma amacı ile "Deniz Suyunun Minerallerinin Giderilmesi" adlı milyon dolarlık bir proje başlattı. Bu probleme pratik metotlar bulmuş olan mucitler ya da organizasyonlar finanse edildi. Sonuç olarak bugün düşük kaliteli suyu içilebilir hale getirmek için elimizde daha fazla metot bulunmaktadır.

Teorik varsayımlara göre 1000 galonluk deniz suyunu saf hale getirebilmek için 2.8 kW saat elektrik enerjisi gerekmektedir. (1998 senesi için 30-35 sent). Fakat enerjideki kayıplar ve düşük verimden dolayı, bu miktar yüz kat daha fazla olabilmektedir. Deniz suyunu ucuz bir yolla saflaştırmayı beceren bir mucit çok fazla para kazanacaktır!

Doğal olarak iyi su azaldıkça fiyatı da artmaktadır. Yapılan bir araştırmaya göre Birleşmiş Milletlerin farklı bölgelerinde su fiyatı % 35 ila 100 oranında artmıştır.

Bunlar açık gerçeklerdi—Peki bu konuda ne yapabiliriz?

Açık cevap şudur: **Kaplama işletmesinde suyu daha verimli şekilde kullanmalıyız.**

Takip eden iki konuda kaplama işletmesinde suyun nasıl daha verimli kullanılacağı hakkında daha fazla bilgi bulacaksınız. Fakat bu konuyu bitirirken yüksek su fiyatlarını dolar ve sent bazında örneklemek ve bu bağlamda suyu verimli kullanarak harcamalarınızı nasıl düşürebileceğinizi göstermek istiyorum.

ÖRNEK 3: *Ronson Art Metal Şirketi büyük çaplı bir kaplama işletmesini tasarlarken üçlü paralel beslenen durulama tanklarının kullanıldığı bir dizi ön işletme denemesi yaptı (yazarın önerileriyle)ve aylık 2000 dolarlık su masrafını 800 dolar gibi bir fiyata düşürebileceğini gördü(1975 fiyatları ile). Ve bu sadece sudan elde edilecek kardı. İlerleyen çalışmalarında da bu metodu kullanarak atık madde sistemlerinde ve ilerleyen bölümlerde göreceğiniz alanlarda da çok büyük kar edebileceklerini gördüler.*

SU BİRÇOK KAPLAMA PROBLEMİNE YOL AÇABİLİR

Şu deneyimi yaşadığınızı düşünün ve hayal gücünüzü zorlamama izin verin:

DENEYİM 1: *Parlatıcı kullanmaksızın 9. Derste anlatıldığı gibi bir galon gümüş kaplama çözeltisi hazırlayın ve 2 ince 6 inçlik bir metal şerit üzerine 5 dakika gümüş kaplayın. Mat bir kaplama oluşumunu gözlemleyin. Şimdi bu bir galon çözeltiye 5 damla % 60'lık amonyum tiyosülfat çözeltisi ekleyin ve birkaç dakika karıştırın. Daha sonra başka bir metal şeridi yine 5 dakika kaplayın. İki örnekteki kaplamalar arasındaki derin farkı gözlemleyin. İkinci kaplamanın çok daha ince tanecikli ve parlak olduğunu göreceksiniz.*

Bu örnek bir kaplama banyosunda belli maddelerin mikroskobik miktarlarının makroskobik etkileri olduğunu göstermek için verilmiştir. Çözeltiye toplam materyalin kabaca 0.01'i miktarda bir madde eklendiğinde bütün kaplamanın karakteri değişmektedir. Bunu kaplama üzerine karlı bir etkisi vardır. Fakat kaplama literatüründe çok az miktarda kirleticilerin çok büyük sorunlara yol açtığı birçok örnek de mevcuttur. Az miktarı kaplamaya zarar veren madde sayısı kaplamayı iyileştiren madde sayısından çok daha fazladır.

Örneğin galon başına toplu iğne başını kaplamaya yetecek kadar bakır, parlak nikel kaplamada fark edilir oranda kararmaya yol açar. Güvenli şekilde yutabileceğiniz bir alkalileştirici tabletteki magnezyum karbonat miktarı nikel ve bakır kaplamaları lekelemek ve pürüzlendirmek için yeterlidir.

Bu etkiler çıplak gözle kolayca fark edilebilir. Çıplak gözle fark edilemeyecek başka etkiler de mevcuttur.—Az miktardaki maddelerin sebep olduğu hemen fark edemeyeceğiniz zararlar. Göze iki durumda da aynı gelmesine rağmen, az miktardaki organik veya inorganik maddeler kaplamanın iç gerilmesini oldukça arttırabilir. Diğer kirleticiler ise kaplamanın korozyona dayanımını oldukça düşürür. Bu etkiler sadece malzeme tankta uzun süre bırakıldığında veya satıldığı raflarda ya da servise yollandığında fark edilebilir. Kaplama sırasında tankta hangi maddelerin bulunduğu ile aylar sonra satıcıdan ya da kullanıcıdan gelen şikâyet arasında hiçbir bağlantı kurulmaz; sadece kaprisler artar.

Eğer bu kadar az miktardaki kirleticinin kaplamada zararlara yol açtığını kabul ediyorsanız, size elektro kaplamayla direk olarak temas eden bütün maddelerin taşıyıcısı olan suyu dikkatli incelemek gerektiğini anlatmak zor olmayacaktır.

Yıllar önce bu soruna kaplama tuzlarının yol açtığı düşünülürdü. Bazı durumlarda bu durum aynıdır. Fakat kimyasal saflık üzerine şartnameler geliştikçe sorunların nadiren bu kaynaktan geldiği anlaşıldı. **Sorunun en büyük sebebi sudur çünkü:**

1. **Kaplama odasına istenmeyen maddeleri taşıyabilir.**

2. **Kaplama odasında işlenirken istenmeyen maddeler suya karışabilir.**

Kaplama için kullanılacak su çok sert veya fazla miktarda kirletici içeriyorsa su bir yumuşatma prosesinden geçirilebilir, iyon değişimi ya da saflaştırma ile mineralleri giderilebilir. Bu işlemlerin gerekliliği hemen fark edilebilir. Fakat **derişim etkisinden** dolayı kabul edilir miktarda az kirletici içeren sınır suları da diğer zararlı solar kadar kötü etkilere yol açabilir.

KAPLAMA BANYOLARINDA DERİŞİM ETKİSİ

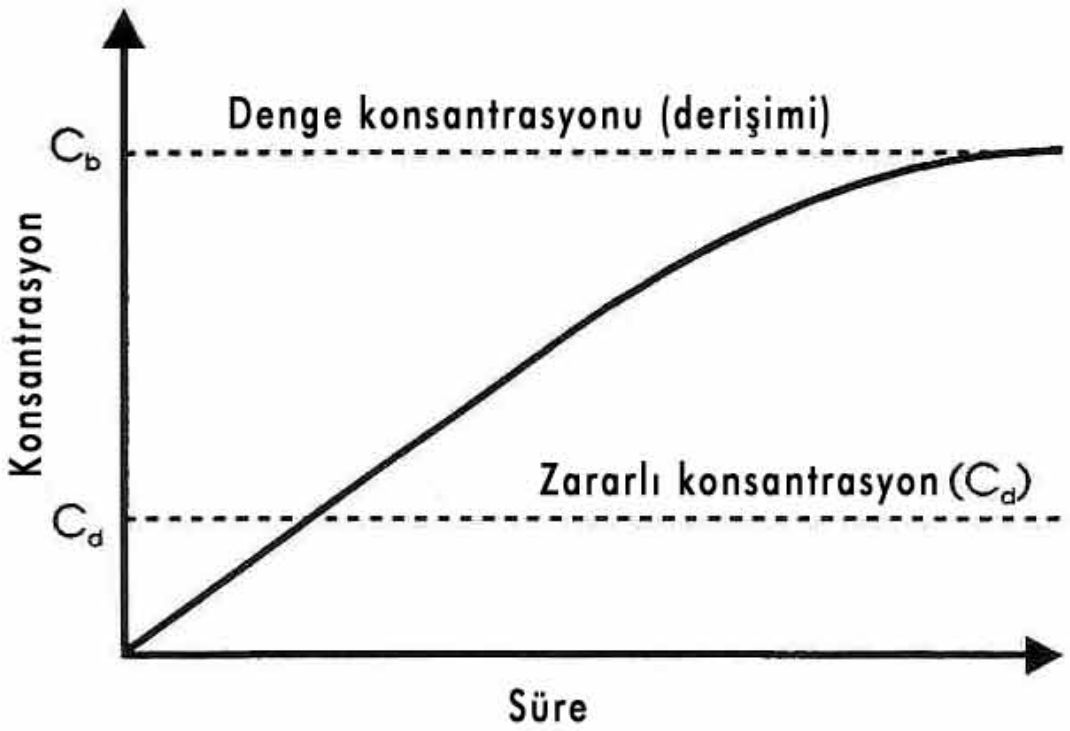
Yıllar önce Amerikalı bir kimya profesörü normal bir işlenmemiş su kaynağından gelen sudaki düşük derişimli bir maddenin derişiminin kaplama banyosunda kendiliğinden çok hızlı bir şekilde artabileceğini fark etti![11]

Eğer bir maddenin sudaki derişimine Cw ve kaplama banyosundaki derişimine Cb dersek matematiksel olarak şöyle bir denklem elde edilir:

$$Cb = Cw \times (1+E/D)$$

Burada E banyodaki birim zamandaki buharlaşma oranı, D Banyonun birim zamanda boşaltım oranıdır.

Örnek olarak herhangi bir kaplama banyosunu alabilirsiniz. Su buharlaşma ve boşaltım yoluyla azalır. Bu kaybın yerini dolduracak su musluktan gelir ve kaplama banyosu düşük sıcaklıklı bir buharlaştırıcı gibi davranarak tuzların derişimini derece derece Cb seviyesine çeker. Bu etki şekil 18'de gösterilmiştir.



Şekil 18. Derişimin Etkisi

[11] Bkz Drag-in, Aylık Bülteni, Amerika Elektro Kaplamacılar Topluluğu, Eylül 1942.

Görüldüğü gibi, bir süre sonra giriş ile çıkışın dengelendiği, zararlı tuza göre bir denge seviyesinin oluştuğu bir sürekli hal durumu oluşur. Bu denge seviyesi formül ile belirlenir.

Boşaltım oranının yüksek buharlaşma oranının düşük olduğu durumlarda derişim etkisi göz ardı edilebilir. Fakat çoğu durumda böyle olmaz. Şöyle bir örnek vereyim: Bir parlak nikel çözeltisinde buharlaşma oranının saatte 1 galon boşaltım oranının saatte 0.1 galon olduğunu düşünün, buna göre işlenmemiş sudaki milyonda 1'lik bakır oranı aşağıdaki gibi milyonda 33'e yükselir:

$$\mathbf{Cb = 3 \times (1 + 1 / 0.1) = 33\ ppm}$$

Bu bakır derişimi zararlı seviyenin oldukça üzerindedir.

Sıcak çözeltilerde çalışma koşullarına bağlı olarak tuzların derişimi yüzlerce kat artabilir.

İlginç olan şudur ki belli bir tankta derişimi artan bir tuz o tanka zarar vermezken boşaltımdan sonra bir sonraki tankı harap edebilir. Örneğin asit banyosundaki magnezyum bikarbonat taşıyan su gereksiz asit israfından başka hiçbir soruna yol açmazken, malzemeyle beraber başka bir tanka taşınan magnezyum tuzları burada lekelenmeye sebep olabilir. İşte bu birçok anlaşılmaz kaplama problemini anlamanıza yardım edecektir.

Bazı durumlarda bir tuzun derişiminin formülde verilende de yukarı çıkması mümkündür. Bu durum işlemin arada durulama yapmaksızın ardı ardına iki tankta devam ettirildiği durumlarda görülür. Bir örnek verecek olursak birçok altın kaplama işleminde malzeme başta bir altın çözeltisinde ince altın kaplanır daha sonra durulama yapılmadan parlatma ya da kaplamaya geçilir. Eğer buharlaşma kayıpları musluk suyuyla gideriliyorsa derişimi ilk tankta C'ye ulaşan musluk suyundaki herhangi bir maddenin derişimi ikinci tankta 2C'ye ulaşacaktır(İki tankın da aynı sıcaklıkta çalıştırıldığı düşünülmüştür). Bu sebeple bu tür sistemler çok hızlı bir şekilde kontol edilemez hale gelir ve bozulur.

SÜREKLİ HAL DURUMUNA VARMAK NE KADAR ZAMAN ALIR?

Bu derişim etkisine bağlı olarak şöyle bir soru sorulabilir: Çözünmüş tuz derişiminin maksimum değerinde varması için ne kadar zaman geçmesi gerekir?

Gerçekte bu pek önemli bir şey değildir çünkü sürekli çalışma durumunda sınır derişime eninde sonunda varılacaktır, bu noktadan sonra da denge değerinde çalışılmaya başlanır. Fakat bazı dikkat edilmesi gereken durumlar vardır. Bir süre kullanılıp daha sonra atılmak üzere bir banyonun ya da asit daldırmasının temizlendiği durumlar önemli olabilir. Banyonun ne kadar zaman içinde **pratik denge değerine** geleceğini bulmak için şu formülü kullanabiliriz:

$$T=(2.3V)/D$$

Burada T saat biriminde işlem süresi, V tankın galon biriminde hacmi ve D tankın saat başına boşaltım oranıdır.

Örnek olarak önceki nikel tankını alalım. Eğer tankın hacmi 100 galonsa bakırın 33 ppm'ye ulaşması ne kadar zaman alır?

$$T=(2.3 \times 100)/0.1=2300 \text{ saat veya yaklaşık 287 gün (günde 8 saat)}$$

Bu derişim etkisindeki daha önemli bir yön de derişim seviyesini bulmaktır. Eğer 10 ppm bakır parlak nikel banyosunda zararlı bir seviye ise hiçbir önlem alınmadığı takdirde bu seviyeye gelene kadar ne kadar zaman geçer? Kullanılacak formül:

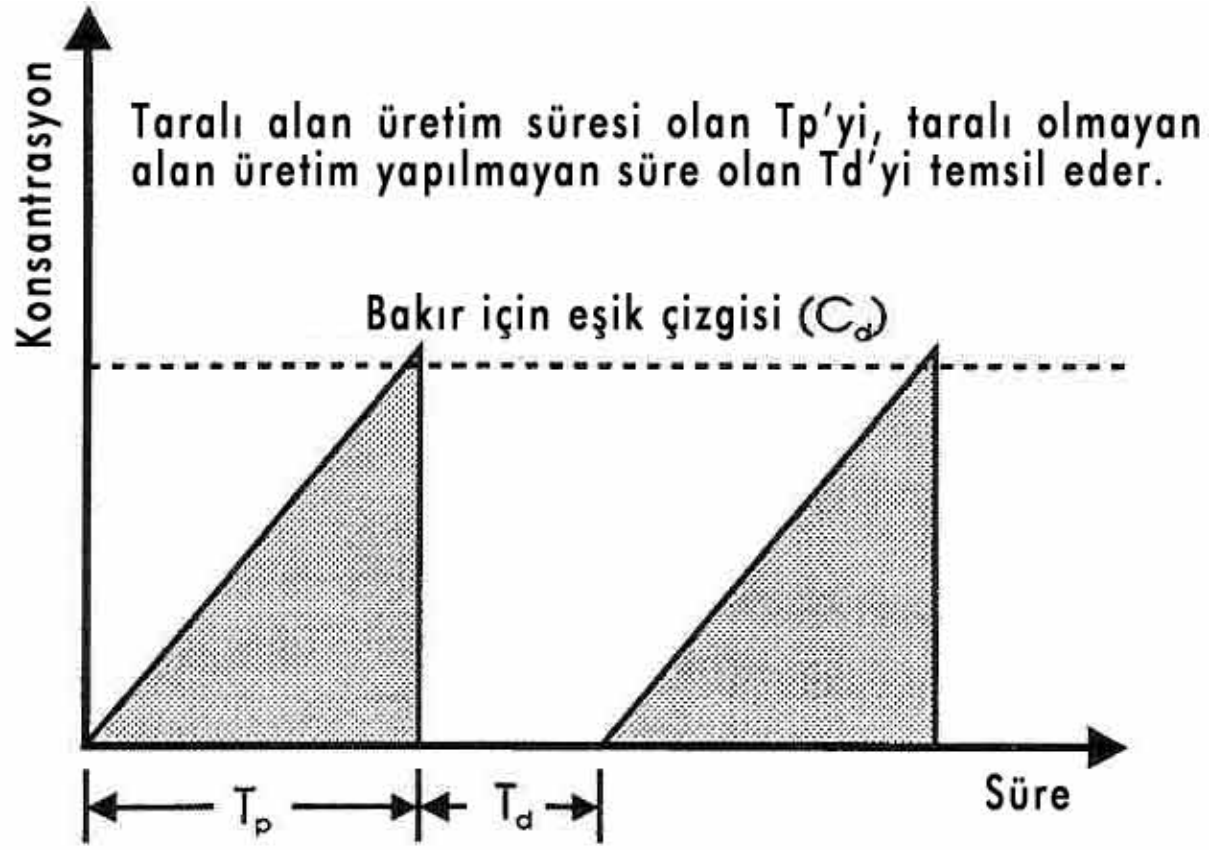
$$T= (V \times Cd)/[(E+D) \times Cw]$$

Sembollerin anlamı önceden verildiği gibidir. Bu durumda:

$$T=(100 \times 10)/(1.1 \times 3)=303 \text{ saat veya 38 gün (günde 8 saat)}$$

Problem işlenmemiş suyun içinde gelen materyalden değil de suyun banyo içindeki çevrimi sırasında aldığı maddelerden kaynaklanabilir. Sonuç olarak taşıma ve zayıf durulama onucu nikel banyosuna alınan bakırın derişimi yukarıdaki gibi artabilir. *Bu durum nikel ve diğer banyolardaki döngüsel karmaşık davranışları açıklamaktadır.* Kirletici miktarı gözle görülür etkiler oluşana kadar nikel içinde yavaş ya da hızlı bir şekilde artış gösterir. Malzeme lekelenir, işlem durdurulur ve derişim belli seviyenin altına düşene kadar (sözgelişi buradaki bakır kirliliğinde) banyo temizlenir. İşlem tekrar başlar ve kirlenme döngüsü kendini tekrar eder.

Bu döngüsel davranış şekil 19'da verilmiştir. Genelde böyle bir davranış döngüsel olarak algılanmaz çünkü önceki örnekteki oluşumun 38 günlük süresi gibi uzun bir zaman almaktadır. Fakat belirsiz zaman aralıklarında karşınıza çıkan garip banyo sorunlarıyla başınız dertte ise elinize kalem kâğıt almanız işe yarayabilir. Eğer döngüsel olarak karşınıza çıkan bir sorunla karşılaştıysanız birkaç hesaplama yaparak bu problemi çözebilir ve bir daha oluşmasını engelleyebilirsiniz.



Şekil 19. Döngüsel Kaplama İşlemi

BİR KEZ KULLANILAN KAPLAMA SUYU ATILMALIDIR

Kaplama işinde kullanılan suya birçok kimyasal madde ve tuz nüfuz eder. Eskiden bu atık suyu şehir lağımına ya da uygun bir akarsuya boşaltabilirdiniz ve daha sonra hiç başınız ağarmazdı. Bu durum artık böyle değildir. Belediyeler zehir ve zararlı kimyasallar içeren atıklarla uğraşmayı reddetmektedir ve akarsu ve nehirlerin kirletilmesine karşı yasalar bulunmaktadır. Son 15 yılda bu konuda yasalar oldukça sıkılaştırılmıştır ve bir kaplamacı olarak siz bu problemle karşı karşıyasınız.

Büyük işletmeler ceza işlemlerinden kaçınmak ve halkın tepkisini çekmemek için binlerce dolara mal olan arıtma tesisleri kurabilir, fakat küçük işletmeler böyle meblağları karşılayamaz. Ne mi yapılmalıdır?

Atık su probleminizi minimuma indirmeniz için alabileceğiniz bazı önlemleri özetleyeceğiz. Bu önlemlerin hepsi sizin durumunuz için pratik olmayabilir ama bunların birkaçını benimserseniz göreceksiniz ki:

1. **Atık madde probleminiz azalacak,**

2. **Su faturasında tasarruf edeceksiniz,**

3. **Kaplama kaliteniz artacak!**

Başlangıçta söylemeliyiz ki bunlar "teorik" metotlar değildir. Hem finansal hem fiziksel açıdan pratiktirler. Önceden belirttiğimiz Ronson Lighter Şirketi'ndeki durum buna bir örnektir.

ATIK MADDE MİKTARINI EN AZA İNDİRMEK İÇİN PRENSİPLER

Atık su problemini azaltmak için üç temel prensip vardır:

1. Kaplama çözeltilerini ait oldukları yerde, tankların içinde tutun.

2. Sızan sıvıyı mümkün olduğunca tanklara geri döndürün.

3. İyi durulama için gereken suyu en az miktarda kullanın.

Birinci ve ikinci prensipler açık olsa da üçüncü için biraz açıklama gerekebilir. Bu prensiplerin tartışıldığı yakın zamandaki bir kaplama konferansında tanınmış bir kaplama danışmanı şöyle demiştir: Bir siyanür çözeltisinin derişiklik ya da seyreltiklik derecesinden bağımsız olarak, bir poundluk siyanürü yok etmek için her durumda 2.00 dolara ihtiyaç vardır, sonuç olarak bu siyanürü temizlemek için ne kadar durulama suyunun kullanıldığının bir önemi yoktur. Bir poundluk siyanürü yükseltgemek için iki dolarlık klorür kullanmak zorunda olduğunuz bir gerçektir fakat daha önce de belirttiğim gibi minimum miktarda durulama suyu kullanırsanız işlem için daha az su pompalarsınız ve daha ufak pompalar ve tanklar kullanırsınız, benzer şekilde lagooning yapıyorsanız daha küçük lagoonlara ihtiyaç duyarsınız. Sonuç olarak bir işletmenin masrafını büyük oranda düşürürsünüz. Dahası durulama suyu kurtarma metodu, kimyasal veya elektrokimyasal metotlarla yapılan işlemlerden elde edilen derişik çözeltiler daha verimlidir.

KAPLAMA ÇÖZELTİLERİNİ AİT OLDUKLARI YERDE TUTMAK

Kaplama çözeltisi tanktan 4 ayrı şekilde dışarı çıkar:

1. **Çözelti dışarı sızabilir**
2. **Çözelti atılabilir**
3. **Çözelti dışarı püskürebilir**
4. **Çözelti dışarı taşınabilir**

Birinci madde fazla zarara sebep olabilir fakat çok sık görülen bir durum değildir ve başlangıçta doğru tank seçimi ve düzenli gözlem ve bakım ile önüne geçilebilir.

İkinci madde pek göz önünde bulundurulmaz. Belli tipteki kaplama banyolarının tükenene kadar kullanılıp daha sonra atılması genel bir şeydir; diğer tip işlemlerde içeriğin derişiminin yüksek seviyelere varmasına izin verilir, bu yapılırsa kontrolü sağlamanın tek yolu banyonun bir kısmını dışarı alıp atmaktır.

Banyoların malzeme yüzeyinden gelen materyallerle dolduğu ve kısa sürede kullanılmaz hale geldiği temizleme ve asitle temizleme banyoları söz konusu olduğunda, atma işlemini azaltacak çok az şey yapılabilir. Fakat kaplama banyolarında atma işlemini elimine edecek çok şey yapılabilir ve ana kural şudur.

Bütün kaplama çözeltilerinizi optimum kontrol altında tutun.

Bu çözeltilerin düzenli olarak analiz ve test edilmesi, kirleticileri uzaklaştırmak amacıyla arındırılması ve işlenmesi ve içeriğin derişiminin optimum seviyede tutulması anlamına gelir. Örneğin Bir altın banyosu iki yolla çalıştırılabilir, birincisi tükenene kadar(altın bitene kadar) kullanılıp atılabilir, ikincisi düzenli kontrol altında çalıştırılır ve nadiren atılır. Örneğin atma metodunda her hafta taze altın kaplama çözeltileri hazırlanması gerekebilir. Kontrol metodunda ise aynı çözeltiler bir yılı aşkın süre aynı kalitede sonuç verebilir.

Verilen çözüm için atma metodundaki atık madde miktarının 50 katı giderilmiş olur.

Bu konuya geldiğimizde göreceğiniz gibi kaplama çözeltisini her zaman için sıkı kontrol altında tutmak sadece atma açısından değil durulama açısından da kara geçmenizi sağlar. Aynı zamanda kaplama kalitesi de gelişecektir.

Özellikle krom kaplama ve diğer düşük verimli elektrolitik proseslerdeki gibi, püskürme tanktaki kaplama çözeltisinin kaybında sebep olur fakat bu bir su kirliliği değil de daha çok hava kirliliği sorununa yol açar bu yüzden göz önünde bulundurulmayacaktır (Fakat havadaki bu püskürme kirliliğini temizleyip tekrar tanka geri döndüren ekipmanlar mevcuttur).

Sonuç olarak su kirliliğinin ana sebebi olan **taşınma** ya da **sürüklenme** işlemini göreceğiz.

İsimden de anlaşılacağı gibi bu, kaplama banyosunun üzerine malzemeyle birlikte taşınan özetli anlamına gelir.

Taşınma kayıplarını azaltmak için uyulması gereken 11 prensibi kısaca listeleyeceğiz. [12]

1. Bütün katı nesneleri süzülme akışının güçlenmesi için düz ya da tek eğimli yüzeylere eğin.

2. Derinlemesine daha fazla yayılmaları için nesneleri asın.

3. Sıvının süzülme yolunu uzatacağından nesneleri üst üste asmayın.

4. Süzülme için verilen zamanı göz önünde bulundurarak en uzun süreyi kullanın.

5. Nesne tankta ne kadar derine daldırıldıysa o kadar yavaş dışarı çıkarılmalıdır.

[12] Bu prensiplerin ve bunları incelemenin yolları önceden belirtilmiş olan **Kaplama Dükkanında Su ve Atık Madde Kontrolünde** belirtilmiş yazarlar tarafından ayrıntılı olarak verilmiştir.

6. Doğru çalışma için bütün çözülmüş tuzların derişimini minimumda tutun.

7. Banyoya gereksiz maddeler eklemeyin.

8. Önünüzde seçme şansı varsa çalışma sıcaklığını yüksek tutun.

9. Kaplama çözeltilerinizi her zaman yakın kontrol altında tutun.

10. Eğer banyoda kullanılacak geçirgen tuzlar üzerine bir seçim yapabiliyorsanız birim derişimde minimum viskoziteyi gösteren tuzları kullanın.

11. Banyoda etkili nemlendirme maddeleri kullanın.

Tanktaki kaplama çözeltisini maksimumda tutmak için bu 11 prensip gerekli metotları içermektedir. Bunlar korunma yöntemleridir. Şimdi iyileştirme yöntemlerine geçeceğiz.

TAŞINMA İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Kaplama çözeltisi tanktan dışarı çıktığı an ilk koruma kurallarını aşmış olur. Çözeltinin lağıma gitmesini engellemek için ikinci yola, koruma metotlarına başvurmamız gerekir.

Burada da sadece olasılıkları kısaca özetleyeceğiz. Şunları kullanabilirsiniz:

1. Tank üstü spreyleri.

2. Damlatma tankları.

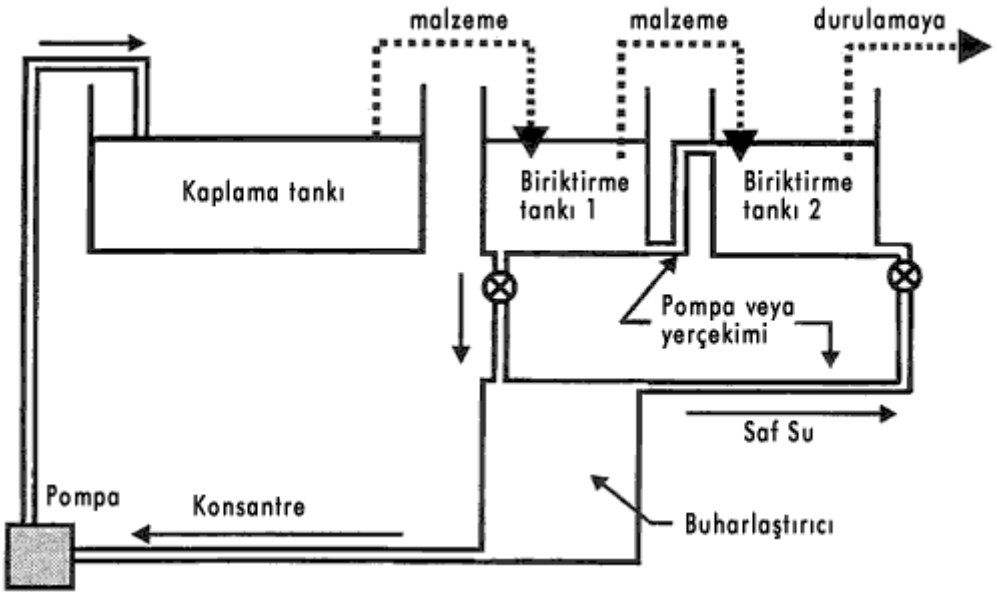
3. Buğu püskürtme tankları.

4. Tuz giderici tanklar.

5. Durulama iyileştirme tankları.

6. Bunların bir bileşimi.

Buradaki amaç dışarı kaçan sıvının mümkün olduğu kadar çoğunu yakalayıp tanka geldiği yere geri döndürmektir. Şekil 20'de böyle mümkün bir sistem verilmiştir.



Şekil 20. Basit Bir İyileştirme Sistemi

Şimdi burada anlatılan hafifletme metotlarından biri olan üçüncü koruma yöntemini göreceğiz.

DURULAMA SUYU MİKTARINI MİNİMUMA İNDİRMEK

Koruma ve iyileştirme metotlarını uygulamış olsak ta ortamda hala durulama tankları yoluyla lağıma karışacak düşürülemeyecek miktarda zehirli madde ve zararlı kimyasallar bulunur. Eğer bu metotları uygulamazsak kanallara ulaşan madde miktarı çok fazla olur ve büyük bir atık uzaklaştırma problemi ortaya çıkar, ama uygularsak bu atık problemi oldukça azalır.

Durulamadaki amaç bütün çözünmemiş, yapışık tuzları ve katı parçacıkları yıkayarak uzaklaştırmaktır. Mutfakta kullanılan verimli bir bulaşık makinesi bulaşıkları güzel bir şekilde temizlemek için yaklaşık olarak 5 galon su kullanır, verimsiz makine ize bu iş için 10 hatta 20 galon su kullanabilir ve sonuç olarak ortaya iyi bir iş çıkmaz. Aynı şekilde kaplama işinde, başka birisi 100 galon suyla iyi sonuçlar alamazken 1 galon su kullanarak mükemmel durulama işleri yapabiliriz. Fikir, kaplama suyunun mümkün olan en verimli şekilde kullanılmasıdır.

Kaplama suyunun verimli kullanımı, suyun verilen miktarının en azının kullanılmasıdır. Efektifliği en az olan sisteme tek bir durulama tankının kullanıldığı sistemdir. Örneğin bir seri testin yapıldığı Ronson Art Metal Şirketini örneğinde 1 tank kullanıldığında günlük 8 saat çalışma süresinde durulama için 2160 galon su gerektiği ortaya çıkmıştır. Üç durulama tankıyla aynı durulama işinin 43 galon suyla yapılabildiği görülmüştür. Ayrıca zehirli kimyasalları yok etmek için böyle az miktarda suyun işlenmesi de daha ucuza mal olacaktır.

Durulama bir nesneyi sadece tanka daldırıp çıkarmak anlamına gelmez. Durulama:

1. **Su ile malzeme arasında bağıl bir hareket sağlamak.**
2. **Su ile malzemenin temasını yeterli süre devam ettirmektir**

İlk prensip karıştırma türlerini içerir. Bu karıştırma.

1. **Suyun direk akışı.**
2. **Malzemenin suya göre hareketi.**
3. **Su içine hava püskürterek.**
4. **Suyu pompalayarak(döngü)**
5. **Pervane ile karıştırma.**
6. **Ultrasonik titreşimlerle** gerçekleştirilebilir.

İlk metot su kullanımı açısından en verimsiz ve kaplama işletmelerinde en çok kullanılan metottur!

İkinci maddede otomatik bir mekanizma kullanılmadığı sürece, karıştırma sadece operatörün sabah ne yediğine ve aklında ne olduğuna bağlıdır!

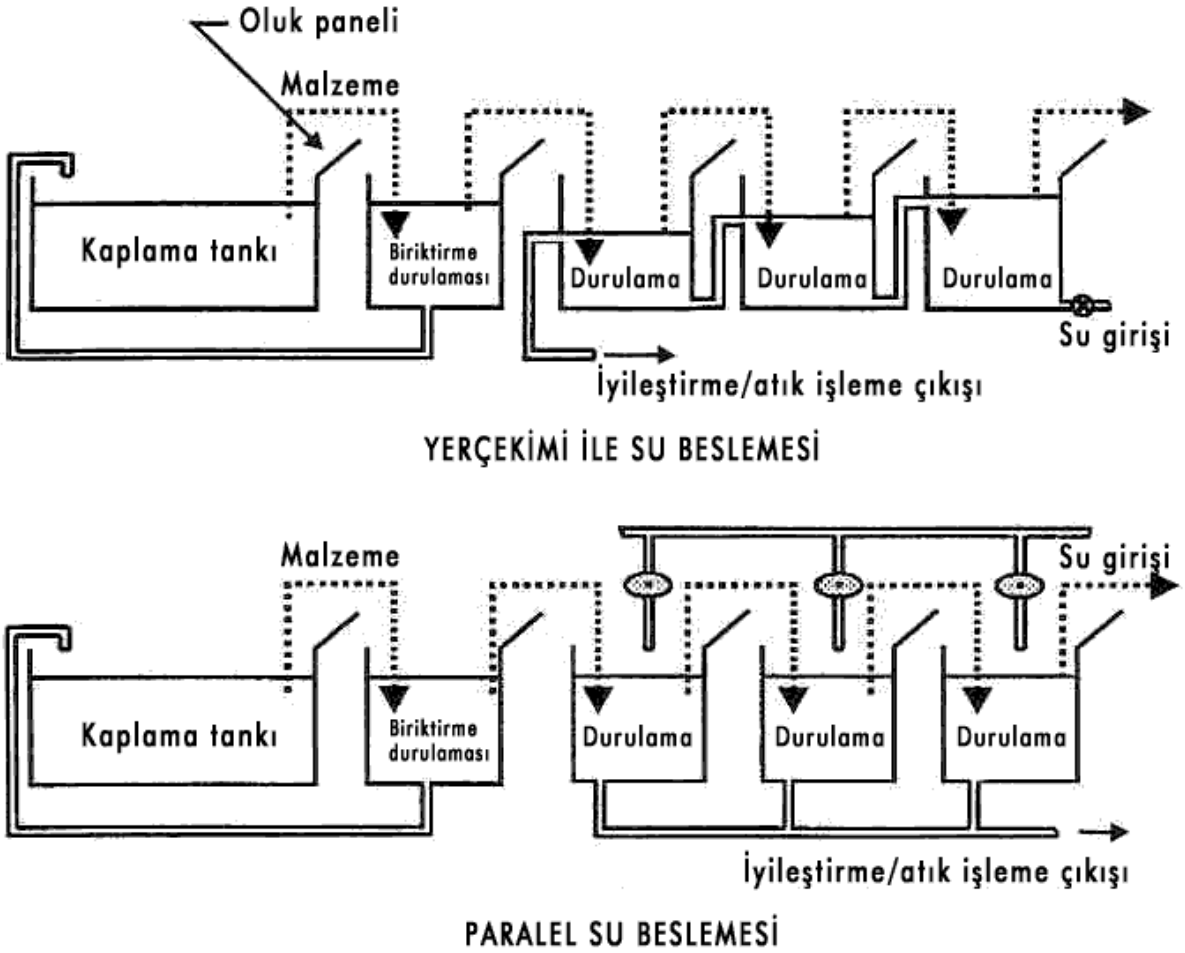
Üçüncü metot muhtemelen durulamada kullandığımız en verimli yoldur. Filtrelenmiş ve temiz hava tabandan ve yan pompalar ile içeri püskürtülür. Su besleme hattında aspiratör kullanılarak durulama tankına ilave hava verilebilir.

Sonraki üç metot birçok uygulama için iyidir. Üçüncü metot kadar verimli değildirler.

Ek bir bilgi: Sıradan su kaynağının yanında tankı az miktarda nemlendirme maddesi ile besleyin. Bu malzemeye yapışmış derişik çözeltinin ve taze suyun karışımını hızlandırır.

Difüzyonun vuku bulması için zaman gerektiğinden su ile malzemenin temas süresi yeteri kadar uzun tutulmalıdır. İşlem, karıştırma iyiyse az kötüyse çok zaman alır.

En verimli yol kaskad ya da paralel beslenen iki veya daha fazla seri durulama tankı kullanmaktır(bkz şekil 21). Eğer yeterli yükseklik farkı sağlanırsa kaskad (yerçekimiyle) besleme paralel beslemeden daha iyi sonuçlar verir.



Şekil 21. Düşük Hacim Kaybıyla Kısmi İyileştirme Sistemleri

Doğru su akışına izin veren durulama tankları kullanın. Düşünülen en büyük malzemeyi alabilecek kadar büyük boş alan ve su için daha büyük hacimlerin ayrıldığı durulama tankları kullanın.

Ek bilgi: Durulama suyunu mümkün olduğunca sıcak tutun. Sıcak suyla daha iyi durulama yapılır.

Pekâlâ, bu konu üzerine söyleyeceklerim bu kadar. Konu üzerine düşündüğümden daha fazla zaman harcadım—fakat bu benim ilginç bulduğum favori konumdur!

ATIK İŞLEMLERİ

Kaplama işletmesinin birincil atık kaynağı durulama suyudur. (Tabi ki başka kaynaklar da mevcuttur: Kullanılmış temizleme banyoları, asit daldırma çözeltileri ve doğru olmayan uygulama ve kötü bakım sonucu kullanılmaz hale gelmiş banyolar). Üzerinde duracağımız ana kaynak budur.

Eğer bir kaplama idarecisi iseniz iki temel seçiminiz olacaktır.

1. Kaplama atıkları kimyasal işlemler ve çökeltme yoluyla zararsız hale getirilir ve lağıma gitmeden önce işletme atık sıvısından ayrılır. Daha sonra atıklar uygun bölgelere aktarılır.

2. Arıtma ve diğer gerekli işlemler yardımıyla atıklar geri kazanılır ve kaplama tankına geri gönderilir. Buharlaştırıcılardan, filtrelerden iyileştirilemeyen asit daldırma çözeltilerinden ve temizleyicilerden kaynaklanan indirgenemeyen atıklar kimyasal olarak işlenir ve onaylanmış bölgelere transfer edilir.

İlk seçim günümüzde geniş olarak kullanılmaktadır. Bu 30-35 yıl önce kaplama işletmelerinin zehirli atıklar ile ilgili ilk defa bir şeyler yapmaya ihtiyaç duyduğu zaman kullanmış oldukları metottur. Su, metal ve kimyasal madde kısıtlaması olacağını ya da yerel kanunların yerini kirlilikle alakalı uluslar arası kanunların alacağını kimse tahmin etmemişti.

İkincisi daha nadir bir uygulamadır. Bu metotta banyo atıklar uygun arıtmanın yapıldığı kapalı bir çevrimden geçirilir ve hiçbiri kanala yollanmak zorunda kalmaz. Sadece çok az miktarda çökelen atık geriye kalır ve işlendikten sonra gömülmeye yollanır.

Bu yöntem başta bir şüphe uyandırabilir fakat birçok durumda geri dönüşüm metodunun kaplama sonuçlarını etkilemediği ve gerçekte yok etme metodundan karlı olduğu görüldükçe önyargılar ortadan kalkacaktır.

Kimyasal işleme ve çökeltme metodu günümüzde hala kullanılabilmektedir. Temel prosesler klorlama ile siyanürün yok edilmesi ve kromik asidin sülfür dioksitle işlenerek indirgendikten sonra ağır metal tuzlarının çökeltilmesinden ibarettir. Bu proseslerin detayları iyi bilinmektedir ve bazılarını dersin sonunda bulabileceğiniz referanslardan elde edebilirsiniz. Fakat 1983 yılından beri bu kimyasal yok etme metotları sonucu oluşan hafif metal sülfatlarının ve klorürlerinin suyollarına boşaltılması yasaktır.

Yok etmede temel olarak yanlış olan bir şey vardır. Değerli metaller ve iyi kimyasallar gereksiz yere israf edilmektedir. Dünyadaki kaynakların sonsuz olarak görüldüğü bolluk zamanlarında kimse bu konu hakkında endişe duymuyordu. Fakat günümüzde su, metaller ve kimyasalların sonsuz kaynaklar olmadığı ve bu maddelerin fiyatlarıyla ulaşılabilirliği arasında bir ters oranı olduğu anlaşılmıştır. Yok etme metotları insanların zenginliklerinin bir göstergesi olarak purolarını 10-20 dolarlık faturalarla yaktıkları günleri hatırlatır. Güvenin bana o günler sonsuza dek geride kalmıştır. Eve bugün puroyu yakmak 10 dolara mal olabilir fakat bu israfa ne gerek var?

Sonuç olarak problemi gidermek için geri dönüşüm metotlarını kullanmak doğru bir iştir. Neden mi? Çünkü su, metal ve kimyasal maddeler korunmuş olur. Bütün bu maddeler gün geçtikçe daha az bulunabilir ve daha pahalı hale gelmektedir. Birçok durumda geri dönüşüm metodu yok etme metodu üzerine ekonomik olarak avantajlıdır. Öyle olmadığı birkaç durum için de birkaç yıl içinde işler değişecektir. Bu yüzden konu üzerine düşünmeyi bırakıp uygulamaya geçin çünkü eninde sonunda bunu yapmak zorunda kalacaksınız.

Bu tartışma sadece koruma metotlarını içermektedir. Yok etme metoduyla ilgili bütün ayrıntıları önerilen referanslardan elde edebilirsiniz. Tek yapacağım şey mühendislik konularını göz önünde bulundurursak birkaç olasılığı özetlemek olacaktır.

Koruma metodunun felsefesi en ekonomik şekilde ve banyoyu bozmadan işlem sırasında tanktan uzaklaştırılan bütün suyu, kimyasal maddeleri ve metal tuzlarını geri kazanmaktır.

Bunu yapmanın çeşitli yolları vardır ama özetle yapılacak şeyler şunlardır:

1. **Taşınma işini minimuma indirecek prosedürleri uygulayın.**

2. **Durulama suyu miktarını minimuma indirmek için seri bağlı tanklar ve spreyler kullanın.**

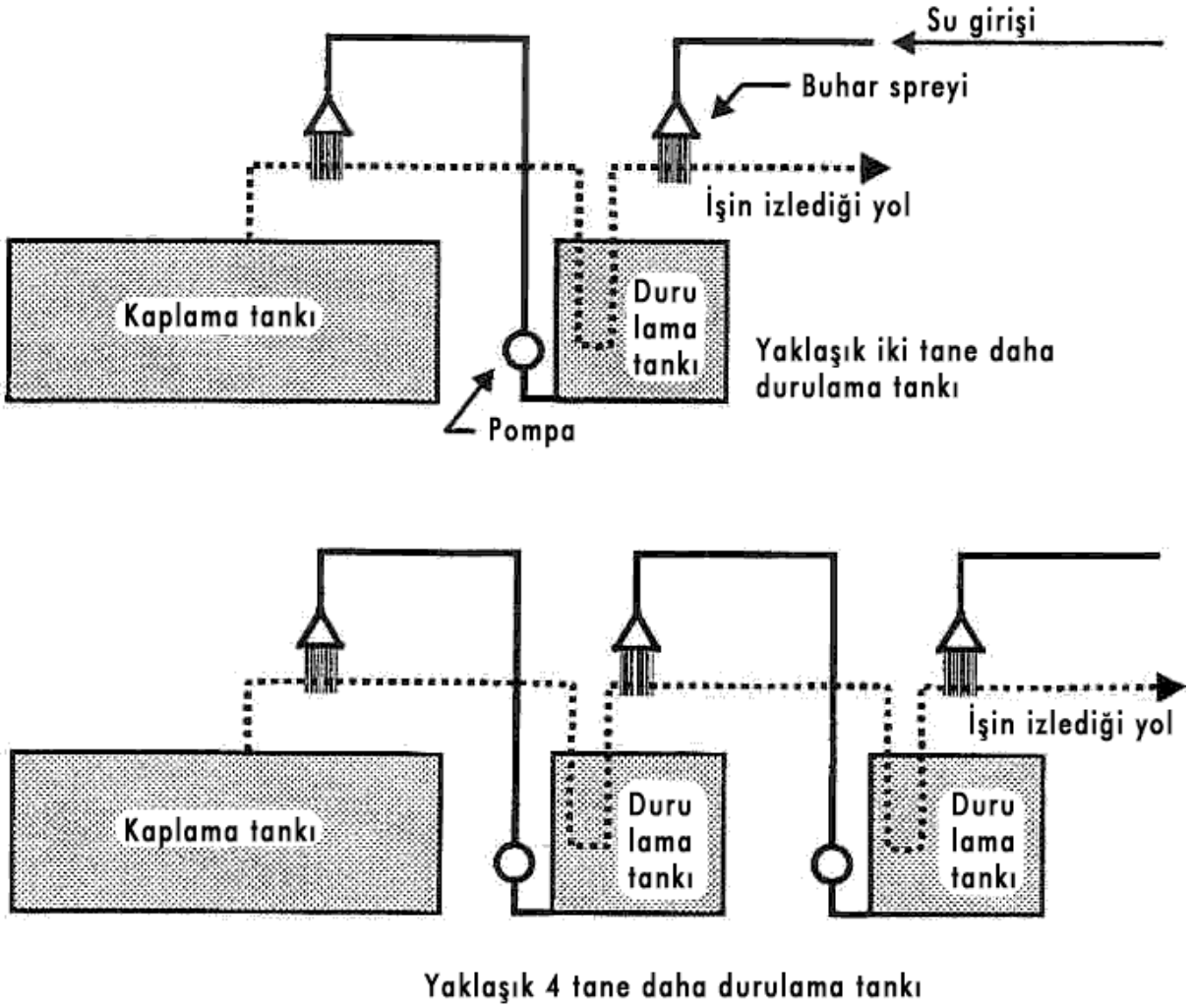
3. **Kullanılan bütün durulama suyunu tanka geri besleyin.**

Birinci madde bir önceki bölümde incelendiğinden burada tekrar üzerinde durulmayacaktır.

İkinci madde de belli derecede incelenmişti. Malzemeyi yeterli derecede durulamak için gereken en az su miktarına Şekil 22' gösterildiği gibi seri bağlanmış birkaç durulama tankı ya da yeterli alan varsa durulama tanklarının yanında spreyler kullanılarak varılır. Bu kombinasyonların mühendislik hesaplamaları için bu konu üzerine olan yazıma göz atmanızı öneririm.

Üçüncü madde bunların arasında en kapsamlı olanıdır. Bunun sebeplerini anlamak zor değildir.

İlk olarak eğer bütün kimyasal maddeleri ve tuzları(ve beraberinde suyu) tanka geri döndürmek istiyorsanız, bunun için tankta yeriniz olması gerekir. Bu, kaplamada kullanılan suyun buharlaştırılması ya da durulama suyunun buharlaştırılması (ya da yoğunlaştırılması) ya da bu ikisinin bir kombinasyonun gerektiği anlamına gelir. Kaplama tankında buharlaştırma söz konusu olduğunda kabul edilebilir bir seçim söz konusudur. Örneğin doğal buharlaştırma(ek bir aygıt kullanmadan) yoluyla durulama ile banyoya gelen suyu gidermek mümkündür. Ben bu prosese doğal geri dönüşüm diyorum.



Şekil 22. Sınırlı Alanda Efektif Durulama

Başka bir çözümde, seyreltik durulama suyu, banyoyu terk eden su hacmine kadar yoğunlaştırılmak üzere buharlaştırıcıya yollanır ve aynı zamanda durulama işlemi için saf durulama suyu üretilir.

Alternatif olarak, durulama suyu yoğunlaşacak olan bir evaporation tower içinden beslenir: Buharlaşan su atmosfere verilir veya durulama tanklarına saf su sağlamak için yoğunlaştırılır.

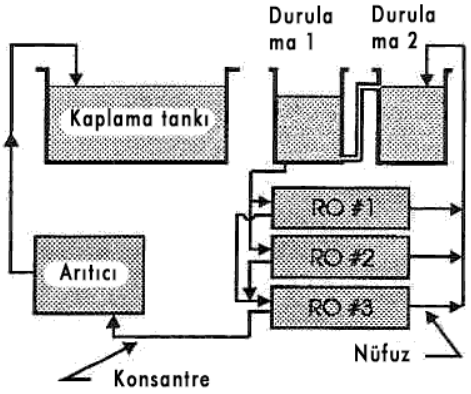
Başka bir çözümde, seyreltik durulama suyu, elektrolitin içindeki tuzların derişimini ısı kullanmaksızın arttırarak kaplama tankına geri gönderip geride durulama tankı için temiz su oluşturan ters osmoz birimine yollanır.

Tuzları durulama suyundan uzaklaştırıp temiz durulama suyu elde etmek için özel iyon gidericiler de kullanılabilir. İyon gidericinin basınçlı su ile temizlenmesi sonucu elde edilen çok daha derişik tuzlar daha sonra tekrar kaplama tankına yollanabilir.

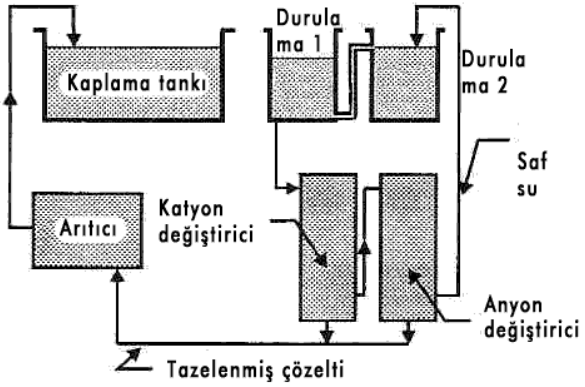
Son olarak kaplama çözeltisinin kendisine, kaplama banyosunun hacmini sürekli durulama suyu eklenmesini karşılayacak şekilde azaltmak için vakum compression stil veya tower evaporator ile kuvvetlendirilmiş buharlaştırma uygulanabilir.

Bütün bu metotların avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bazıları sürekli, bazıları da yarı-süreli işlemler için uygundur. Şekil23-27'de bazı olasılıklar verilmiştir. Yer ve zaman sınırlamasından dolayı fazla detaya girilmeyecektir.

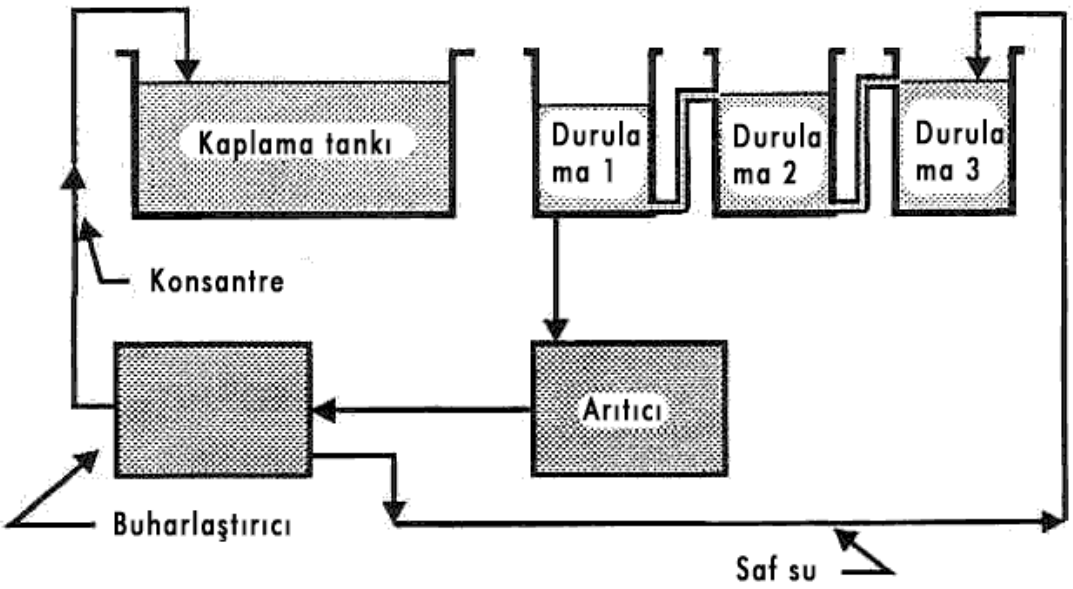
Koruma konusu üzerine göreceğimiz son nokta kaplama banyosuna geri gidecek elektrolitin arıtılmasıdır. Bir önceki bölümü okuduysanız kirleticilerin birçok yolla kaplama banyosuna girebildiğini görebilirsiniz. Bu kirleticiler genelde koruma metodunda kullanılan ağır akışlı durulama sularında yoğunlaşmaktadır. (Bu, güçlü karıştırmaya sahip olmayan tanklar anlamına gelmemektedir. Metodun mükemmel şekilde işlemesi için böyle bir karıştırma gerekmektedir. Yavaş akış sadece seri durulama tankları arasında görülmektedir.) Bu sebeple mükemmel çalışma için, geri dönen atık sıvının sürekli arındırılması gereklidir. Bunun yapmanın yolu Şekil 23-27'de örneklenmiştir. Bu sürekli arıtma fikri dersin son başlığı ile yakından bağlantılıdır: Kaplama Banyosunda Sistem Mühendisliği Yaklaşımı.



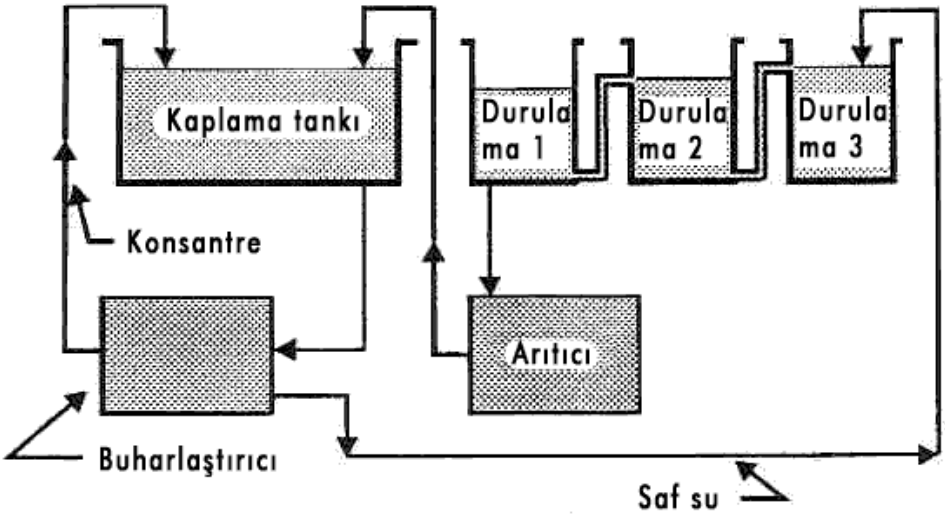
Şekil 23. Ters Osmoz Sistemi



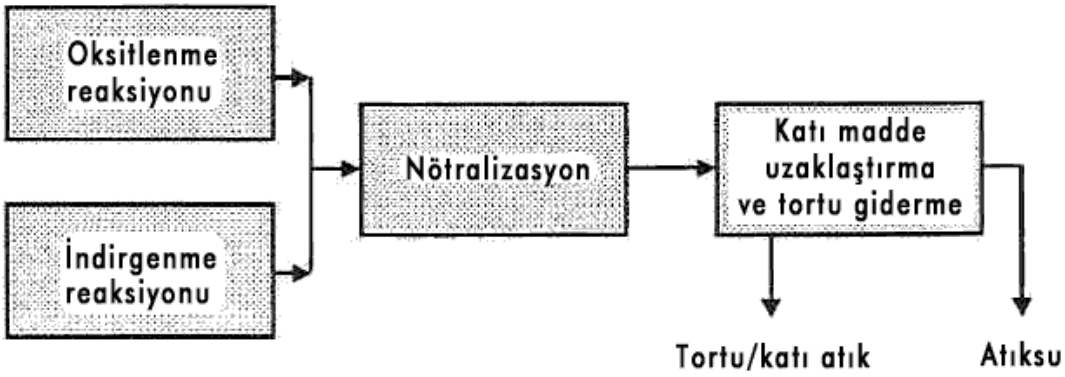
Şekil 24. İyon Dönüşüm Sistemi



Şekil 25. Durulama Suyu Buharlaştırma Sistemi



Şekil 26. Kaplama Çözeltisi Buharlaştırma Sistemi



Şekil 27. Geri Dönüşümsüz Kimyasallar İçin Bir Sistem

Örneklenecek ilk sıfır boşaltım sistemi J.B.Kushner'in 1954'teki **Kaplama Dükkânında Su ve Atık Madde** kursundaki bir fikre dayanmaktadır. Bu yüzden direk olarak size ilettiğimde daha iyi anlayacaksınız.

"Atık madde uzaklaştırmasını azaltmak için bazı olasılıklar sunan, şahsen deneyimlediğim sudan çok daha az yüzey gerilimine sahip sıvıların suyun yerine kullanıldığı başka bir ilginç fikir bulunmaktadır. Malzeme böyle bir sıvı içeren tanka daldırılır ve kaplama çözeltisi kendisiyle karışmayan organik sıvı ile yer değiştirir. Kaplama çözeltisi daha sonra dibe çöker ve buradan tazeleme amaçlı olarak tanktan çekilebilir."

Günümüzde birçok kaplama dükkânı sıfır boşaltım sistemlerini benimsemektedir. Bildiğim kadarıyla günümüzde birçok işletme atık su kanalları kullanmamaktadır. İşletmeyi terk eden tek su temizlik amaçlı kullanılan sudur.

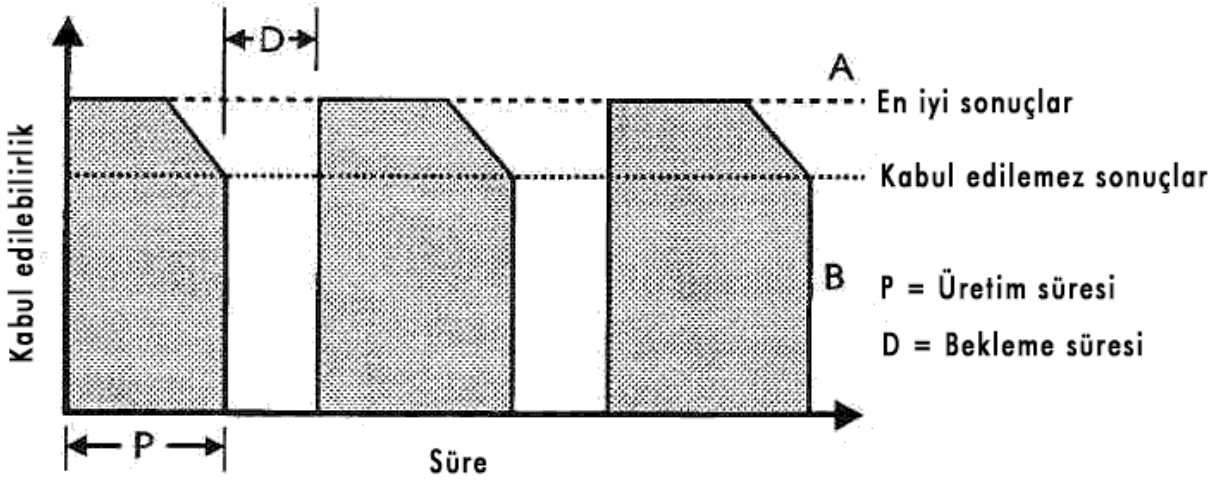
KAPLAMA BANYOSUNDA SİSTEM MÜHENDİSLİĞİ YAKLAŞIMI

Bir kaplama mühendisi olarak amacınız kaplama banyonuzdan sürekli olarak mümkün olan en iyi sonuçları almak olmalıdır. Belli nadir istisnalardan biri olmadığınız sürece (eğer kendinize karşı dürüst olabiliyorsanız) şöyle bir kaplama döngüsü gerçekleştiriyor olmalısınız:

1. **Banyoyu hazırlarsınız.**
2. **İyi sonuçlar alana kadar ayarlamasını yaparsınız.**
3. **Banyoyu kullanmaya devam edersiniz.**
4. **Sorunlar ortaya çıkar.**
5. **Bazı orun giderme metotlarına başvurursunuz (zaman geçer)**
6. **Banyoyu arındırıp ayarlamaları yaparsınız (zaman geçmeye devam eder)**
7. **Döngüye üçüncü maddeden devam edersiniz.**

Bugünkü kaplama banyolarının %75'inde olan şey budur. Bu sizin kaplama banyosunu sürekli olarak çalıştırmak istemeyişinizden kaynaklanmamaktadır. Olanla yetinmek insanın doğasında vardır. Maalesef kaplamada olanla yetindiğinizde sorunla karşılaşmaya başlarsınız.

İstikrarsız periyotlu döngü şekil 30'da verilen gibi bir şeydir.[13] İstenen şey düz A çizgisidir; elde edilen şey ise döngüsel B eğrisidir. Eğer yılın çalışılmayan zamanlarını D ve üretim zamanlarını P ile gösterirsek takınızın üretim verimliliğini 100P/(D+P) olarak elde edebilirsiniz (%80'den az). [14]



Şekil 28. Döngüsel Kaplama İşlemi

Eskiden böyle zayıf yüzdeler ile yetinebilirdiniz çünkü kaplama banyoları garip kaprisleri ve sayısı değişik davranışları olan gizemli hayvanlar gibi görülüyordu. Bu yüzden karşılıklı konuşma ve birbirini suçlama ile neden uzun süre çalışılmadığını açıklamak kolaydı. Fakat artık yönetim kaplama banyosu zaaflarını kayıp çalışma zamanının bir özrü olarak kabul etmemektedir. Sorumluluğu başkasına yükleme günleri sona ermiştir. Peki, ne yapılabilir? İşte Kaplama banyosunda sistem mühendisliği yaklaşımı burada devreye girmektedir.

İlk olarak sistem mühendisliğinin tanımını yapacağız.

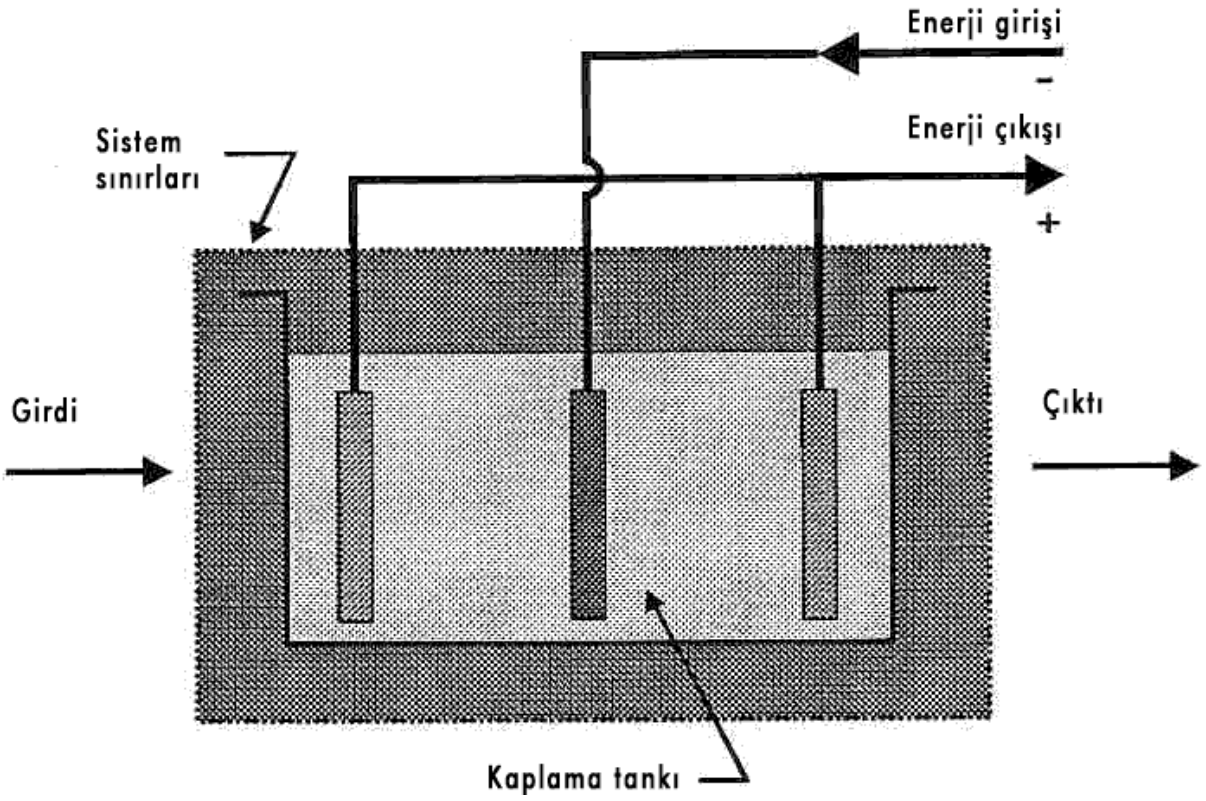
Sistem mühendisliği, bütün ilgili bilgi dallarının optimum bir sistem tasarlamak, yapmak ve işletmek için kullanıldığı bir tekniktir.

Sistem bir iş, bütünüyle bir endüstri ya da bir işin ya da endüstrinin bir bölümü olabilir. Bir ay roketinden kaplama banyosuna kadar her şeyi içerebilir. Bilim, biyoloji, psikoloji, sosyoloji gibi bütün ilgili dallar konuya dahil olabilir. Bazı sınırlı bakış açılarından **işletme analizleri** olarak adlandırılabilir ama daha genel kullanılan isim **sistem mühendisliğidir.**

[13] Su ve atık madde bölümünde verilen eğriye benzemektedir ve bununla bağlantılıdır.
[14] Üretim günlerini normal mükemmel üretim günlerine indirgeyip kabul edilebilir sonuç alınan günler ile kabul edilebilir günleri mükemmel günlerin 2/3'ü olarak alırsak daha gerçekçi bir sonuç elde ederiz.

Genelde izlenen prosedür (uygulamadan uygulamaya çeşitlilik gösterir) belli soruları sorarak (Hangi koşullarda sistem optimum sonuçlar üretir? Sistemin ömrü boyunca sürekli olarak optimum sonuçlar üretmesi için ne yapılabilir?)bir sistemi bir bütün olarak kabul etmektir. Sistemi etkileyen her şey sistemin bir parçası olarak kabul edilir ve alt-sistem olarak adlandırılır. Bunlar matematiksel, biyolojik, mekanik ya da kimyasal modeller olabilir. Mühendis bu modeller üzerine çalışarak (çalışma ilerledikçe modellerde geliştirmeler yapılır) alt sistemlerin optimum değerlerini elde eder ve bunları bütün sistemin optimum sonucunu elde etmek üzere ayarlayıp birleştirir. Bunun nasıl olduğunu anlamanın en iyi yolu kaplama banyosunda nasıl yapıldığını görmektir. Şimdi kaplama banyosunu bir sistem olarak inceleyelim.

Şekil 29 kaplama banyosunu çalışan bir sistem olarak göstermektedir.



Şekil 29 Basitleştirilmiş Kaplama Sistemi

Noktalı çizgiler sistemin sınırlarını belirtmektedir. Bir metal parçası ya da malzeme bir miktar sıvı ile beraber sistem sınırından giriş yapar(taşınma). Elektrik enerjisi sistem sınırından geçerek tanka giriş yapar. Çözülebilir anottan gelen metal atomları(çözünmez anot durumunda elektrolitin kendisinden gelirler) elektrolit yoluyla taşınır ve malzeme üzerine kaplanır.

Belli bir süre sonra malzeme belli miktarda elektrolit ile beraber dışarı taşınır ve sistem sınırını geçer.

İşte sistem olarak bir kaplama banyosu budur basit değil mi? Evet - ve hayır.

DİNAMİK SİSTEM OLARAK KAPLAMA BANYOSU

Eğer hazırlanan kaplama banyosu öksürük ilacı gibi bir statik sistem olsaydı, gereken içeriğin kesin miktarlarını tartıp, karıştırıp daha sonra bunu boş verebilirdiniz (Çünkü öksürük ilacı örneği gibi aynı kalacağını ve aynı şekilde davranacağını bilirdiniz). Fakat kaplama sistemi dinamik (hareketli) bir sistemdir. İçinden akım (enerji) geçmeye başladığında olaylar vuku bulmaya başlar. Birleşme ve ayrışma meydana gelir, istenilen ve istenmeyen olaylar sonucu içindeki maddelerin oranları değişir. Yaşayan bir sistem olarak bakacak olursak insan sistemine benzerlik göstermektedir.

Kaplama banyosu sisteminden optimum sonuçlar elde etmek isteriz. Bu optimum sonuçların sürekli olmasını isteriz. Bunu yapabilir miyiz? Bu basit sistem üzerine bir şeyler yapmayı denemeden önce dünyadaki en karmaşık sistem olan insan sitemine bir göz atalım.

İNSAN SİSTEMİ

İnsan ırkının çok önemli olan üç yanı vardır.

1. Doğa insanı, düşünme, icat etme, tasarlama ve uzun süre üretken kalmasını sağlayacak şekilde hayatını uzatmak için fayda sağlama yetenekleriyle donatmıştır. İnsanı diğer bütün yaşam formlarından üstün tutan şey işte budur.

2. Doğa insanı arzu, içgüdü ve vücut aklı ile donatmıştır, bu yüzden insan sürekliliğini sağlamak için yemek yer, devamlılığı için ürer, bilinçli olarak zehir yutmaz, giden bir arabanın önüne çıkmaz ve ana annesine hakaret etmez.

3. Yaşam süresince insan birçok alt sistem tarafından değişik şekilde uzaklaştırılan zehirler üretir. Eğer bu zehirler uzaklaştırılmazsa yaşam devam edemez.

Birinci maddeden başlayalım. Göreceğiniz üzere birinci madde insanın en iyi yönüdür. Bu idealist yönüdür. İnsanın kendini ve bütün ırkını aynı tanrı vergisi özelliğini kötüye kullanarak yok edebileceğini biliyoruz. Fakat bu konunun felsefik yönüdür ve bizim aradığımız şey kaplamayla bağlantı kurabileceğimiz pratik bakış açılarıdır. İkinci ve üçüncü maddeler bu açıdan daha kullanışlı olduğundan onlara geçeceğiz.

Bir insan kendisi için zararlı olan maddelerin sistem sınırından geçmesine nasıl engel olur? Birkaç örnekte bunu inceleyelim. İnsanın burun deliğindeki çok ince kıllar zararlı parçacıkları filtreleyerek solunum sistemine (akciğerler ve bronşlar)girmesini engeller. İnsanlarda belli istisnalar dışında zehirli maddeler, katıların ve gazların tespit edilip tükürülmesine yol açan içgüdüler mevcuttur.

Burada yine, insanın koruyucu metabolizması öne çıkar. Bozulmuş yemekler kusularak dışarı atılır ve böylece metabolizmayı terk eder. Ya da kurban ishal olur ve bozuk yiyecekler başka bir yol bulup metabolizmayı terk eder! Daha az miktardaki zehirler (eğer miktar olarak yeterince az ise), bunları karıştıran, çökelten, ayrıştıran karaciğer ve böbrekler tarafından devre dışı bırakılır ve böyle devam eder. Ancak bu zararlı maddelerin miktarı artarken, "modern" uygarlığımızı öldürmeye devam ederken, korunan tek şey insanın **düşünme** yeteneğidir! İşte burada, yararlı ve kullanılabilir hale gelir. Örneğin, vücudun ihtiyaç duyduğu ama kendisinin üretemediği C vitaminini ele alalım. C vitamini doğanın en güçlü zehir gidericilerinden biridir. Bir bardak portakal suyundan alabileceğimiz normal miktardaki C vitamini artan bu zehir yükünün bir miktarının giderilmesine yardım edecektir ama tamamının giderilmesini sağlamaz. Aşırı C vitaminin varlığı hiçbir şekilde zararlı olmadığından ve idrar yoluyla metabolizmandan dışarı atılabildiğinden, düşünen insan fazladan C vitamini alabilir. E vitamini gibi insanın vücudunda bulunan küçük miktardaki zararlı maddeleri zararsız hale getirmek için başvurabileceği başka koruyucu maddeler de bulunmaktadır.

Peki, yaşam sürecimizde üretilen bu atıklar ne olacak? Hepimiz vücudun katı atıklarla nasıl başa çıktığını biliyoruz. Eğer bilmiyorsanız, evime misafir olarak gelmeseniz iyi olur! Sıvı atıklar da buna benzer şekilde atılır. Bunlar düzenli (ya da düzensiz) aralıklarla vücuttan atılırlar.

Vücutta iki tutucu depo olan kalın bağırsak ve idrar torbasının varlığı bize bunun kesikli proses olduğunu düşündürse de vücut tarafından yürütülen atık işleme prosesi süreklidir! Bu iki sistemin yanı sıra akciğerler, karaciğer, böbrekler ve deri gibi diğer sistemler de sistematik olarak zehirli atıkları vücuttan dışarı atmakta görevlidirler.

Şimdi kaplama banyosuna geri dönelim!

Kaplama banyosu cansızdır. Dili yoktur. Bir kaplama banyosunun bir teknisyene söyleyebileceği tek şey sonuçların iyi, kötü ya da vasat olduğudur. Zehirli maddelerin içine girmesini engellemek gibi koruyucu bir içgüdüsü yoktur. Var olmak, gerektiği gibi çalışmak ya da var olmaya devam etmek için neye ihtiyacı olduğunu bilmez. Zehirlendiğini ya da uygulanmasında dikkatli olunup olunmadığını da bilmez. Yaşayan bir metabolizma gibi, o da işletilme sürecinde atık açığa çıkarır. Kaplama teknisyeni işte burada devreye girer. Banyoya doğru miktarda akım verme, uygun anotları ya da kimyasalları tedarik etmek ancak onun işidir. Kimsenin çözeltiye zehirli madde katmadığından emin olmak da onun işidir. Atık maddelerin icabına bakacak tek kişi odur. Yani, metabolizma gibi işleyen başarılı bir uygulama için, bazı durumlarda araçlardan ve diğer ekipmanların da yarımıyla teknisyen, erken uyarı, besleme, zehir giderme ve atık işlemlerini bir arda yürüten bir sistem gibi olmalıdır! Burada insan metabolizmasının işleyişinden faydalanabiliriz. Vücuttaki ve kaplama banyosundaki atık işleme ve uzaklaştırma sistemlerini karşılaştıran Tablo 4'e göz atın.

Tablo 4. Muhtemel Zehir Giderici Prosesler

İnsan Metabolizması	**Kaplama Banyosu**
BAĞIRSAKLAR	Boşaltım Türü Arındırma.
AKCİĞERLER	Oksidasyon prosesleri, yüksek ve düşük akım yoğunluğu, oksijenleme ve ozonlama, peroksit işleme
BÖBREKLER	Filtrasyon, sulandırma, aktive edilmiş kil ve karbon filtrasyonu, iyon değişimi, diyaliz, ozmoz, elektrodiyaliz ve elektroozmoz.
DERİ	Buharlaşma, diyaliz, ozmoz, tersine ozmoz, yüzey oksidasyonu ve katalizörlerle işlem.
KARACİĞER	Kıskaçlama bileşikler. Çökelme ve keseleme (kapsülleme).

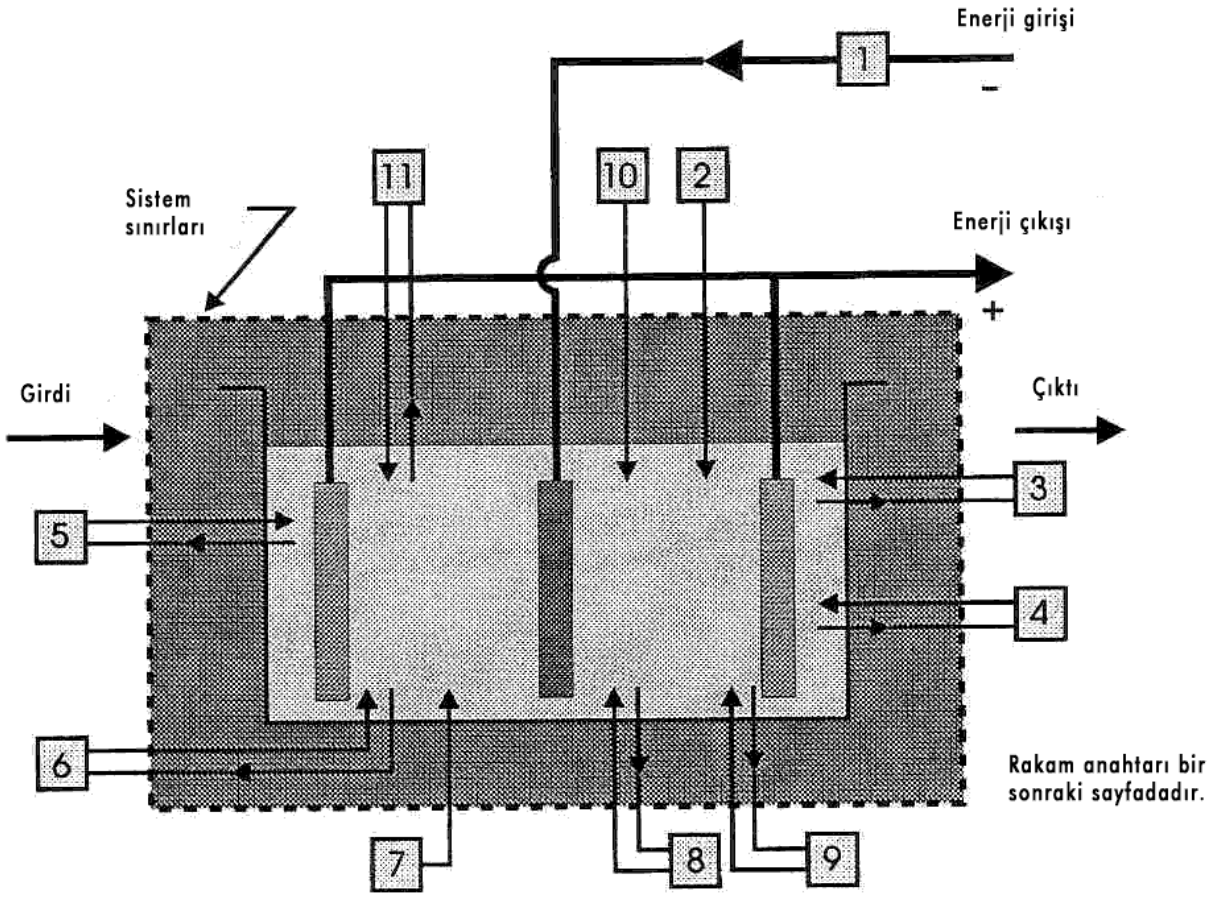
Bu tablo bir fikir edinmenizi sağladı mı? Umarım sağlamıştır.

Mühendislerle teknisyenler doğadaki bazı iyi fikirleri benimsemişlerdir. Örneğin "temiz oda" ne demektir? İçeriye giren havanın filtrelendiği ve bu yüzden hiçbir zararlı parçacığın içeri giremediği odadır.

Peki ya kaplama banyosundaki erken uyarı sistemi? Kaplama banyosu tadı kötü olan bir şeyi tüküremeyeceğine göre teknisyen mecazi olarak bu işi onun yerine yapmalıdır. İyi ama nasıl? Bu bağlamda henüz çok fazla şey yapılmamıştır. Fakat zararlı maddelerin varlığını önceden tespit eden sürekli bir örnekleme sistemi mümkün olabilir mi? Açıcı için kromatografi ve polarografiyi göz önünde bulundurun. İkisi de çok az miktarda iyona ve moleküle karşı son derece duyarlıdır. Bu iş için kullanılabilecek başka fikir ve ekipmanlar da mevcuttur.

Ya sürekli arıtma sistemleri? Doğanın çok uzun zamandır kullandığı fikirleri daha yeni benimsemeye başlıyoruz: Kıskaçlama, diyaliz, ozmoz, iyon değişimi -- hepsinden biraz. Meydana getirilmesi gereken birçok gelişme bulunmaktadır.

Bütün bunların ışığında tekrar orijinal basit kaplama banyosu sistemimizi tekrar çizelim. Gördüğünüz gibi bu sistemde birçok alt sistem bulunmaktadır.



Şekil 30 – Kaplama Banyosu Sisteminin Alt sistemleri

ŞEKİL 30 İÇİN NUMARA ANAHTARI

1. Banyoya giden akımı besleyen sistem.
2. Erken uyarı koruma sistemi.
3. Banyoya giden metal iyonlarını besleyen sistem.
4. Anyon sistemi
5. Parlatıcı sistemi.
6. Arındırma, zehir giderme ve atık boşaltma sistemi.
7. Yüzey aktif madde sistemi
8. Asitlik (pH) sistemi
9. Sıcaklık kontrol sistemi.
10. Karıştırma sistemi.
11. Su tedarik sistemi.

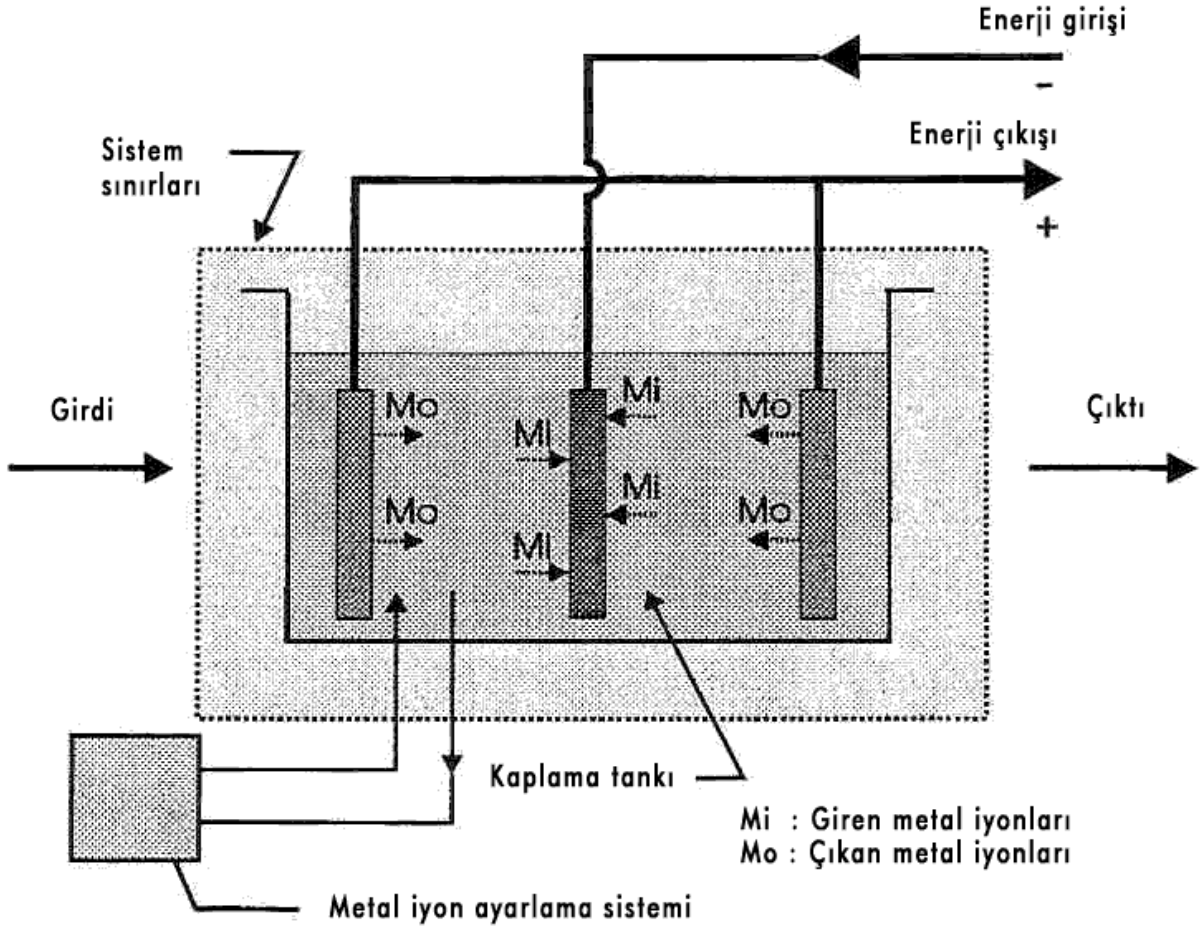
Yani bu basit bir sistem aslında o kadar da basit değildir. Aslında bir şey dışında o kadar da kötü olmazdı. Bütün bu alt sistemler kendi doğrultularında işlerler. İnsan metabolizmasında durum çok daha karmaşıktır ama insan kaplama banyosunda olmayan bir avantaja sahiptir. Bu alt sistemlerin tümü aynı yönde yani beynin yönelttiği doğrultuda ilerler. Kaplama banyosunun alt sistemlerini koordine etmek ve birbirleriyle uyum içinde işlemelerini sağlamak sistem mühendisinin ve kaplama teknisyeninin işidir. Birbirleriyle karmaşık bir ilişki içinde olduklarından, bu kolay bir görev değildir! Sonunda sürekli olarak optimum sonuçların elde edilmesi için bütün kaplama banyosu alt sistemlerini koordine eden bir kara kutu (minyatür bilgisayar) çıkacağını umuyorum. Bunu çok uzun zaman önce tahmin edenler olmuştu [15] ve biz bu büyük değişimin kıyısındayız fakat şu an kaplama teknisyeni bütün alt sistemleri kontrol etmek ve kaplama banyosunun "beyni" olmak zorundadır. Düşünebilen bir kaplama teknisyeni mükemmel bir şekilde olmasa da bunu yapabilir.

Kaplama banyosu sisteminin bütününü oluşturan on bir tane alt sistemi özetledik. Bu sistemleri detaylı olarak incelemek başka bir dersin konusudur. Bu yüzden biz sadece bir alt sisteme, metal iyon kaynağı sistemine sistem mühendisliği yönünden bakacağız. Bu konuyu, neler içerdiği, üzerinde bir geliştirme yapılıp yapılamayacağı ve bu sistemin nasıl çalıştığını öğrenmenin kaplama banyosunun otomatik ve manuel kontrolünün geliştirilmesinde ne işe yarayacağını öğrenmek için inceleyeceğiz. Bu size sistem mühendisliğinin neye benzediği hakkında bir fikir verecektir.

[15] "Elektro Kaplamada Elektronik Uygulamaları", Joseph B. Kushner, Metal Finishing, Eylül 1949.

KAPLAMA BANYOLARININ BESLENMESİ -- METAL İYON ALT SİSTEMİ

Şekil 31'de gösterilen metal iyon alt sistemi hassas bir dengeye sahiptir. Eğer çözeltiye anot tarafından çok fazla metal gelirse, çözelti koyu ve çamurumsu bir hal alır ve çökelti oluşur (katılaşma?). Eğer anottan kaplama için yeterli metal sağlanmazsa çözelti seyreltik ve soluk bir hal alır. İki durumda da kötü sonuçlar doğar.



Şekil 31 – Metal İyon Sistemi

İşlerin tamamen düzgün işlemesini sağlamanın doğru yolu insan vücudunun yaptığı gibi dinamik bir denge sağlamaktır. Şimdi ilk modelimizi ele alacağız. Burada bir miktar matematik işlemi yapacaksınız, ama çok fazla değil.

V kaplama banyosunun hacmini temsil etmektedir. ΔC, küçük ΔT zaman aralığında banyodaki metal iyon derişimindeki değişikliktir. Sonuç olarak ΔT zaman aralığında bütün banyodaki metal iyonların değişimi $V\Delta C$ 'ye eşit olacaktır.

Oluşan toplam değişimle ilgileniyoruz çünkü metal iyonları elektrolite anot yoluyla gelir ve sistemi kaplama olarak ve bir miktar da malzemeye yapışmış (taşınma) olarak terk eder.

Eğer banyodan geçen sabit (basitlik için) akımı I, anot verimini e_a (verilen koşullarda bu da sabit alınmıştır), ΔT zaman aralığında anottan çözünene metal miktarı $kIe_a\Delta T$ olarak verilir. Burada k Faraday sabitidir. Benzer şekilde e_c'yi katot verimliliği olarak alırsak katot üzerine kaplanan metal miktarı da $kIe_c\Delta T$ olarak verilir. Son olarak sistemi taşınma yoluyla terk eden metal miktarı da θC olarak verilir(Burada θ taşınan hacim C o anki metal iyon derişimidir).

Şimdi hepsini bir araya getirelim. ΔV zaman aralığında banyonun metal içeriğindeki değişim, bu süre içinde banyoya giren madde miktarından banyodan çıkan madde miktarını çıkararak bulunur. Sembollerle açıklayacak olursak:

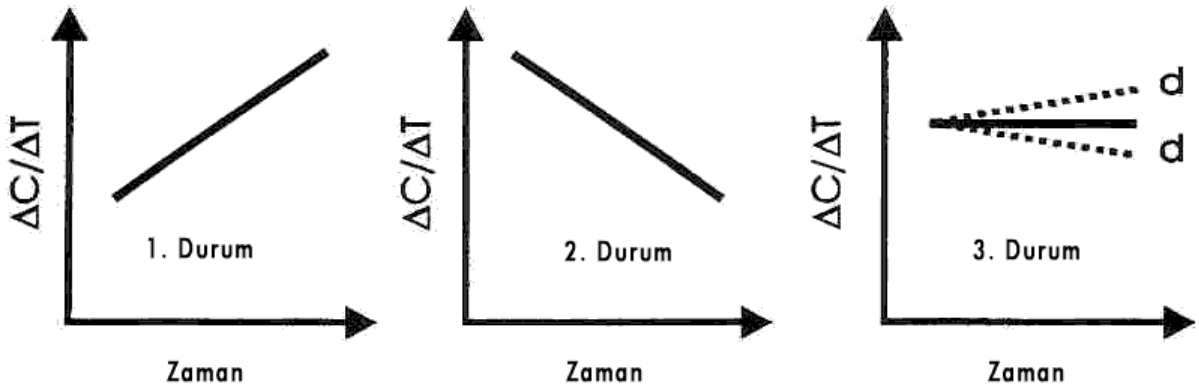
$$\mathbf{V\Delta C = k\, Ie_a\, \Delta T - k\, Ie_c\, \Delta T - \theta C\, \Delta T}$$

Eğer eşitliğin iki tarafında V ve T'ye bölersek, metal iyon alt sistemimizin ilk dinamik modelini (Oran eşitliği)elde ederiz.

Bu eşitlikten şu sonuç çıkar: Metal iyon derişiminin birim zamandaki artma ya da azalma oranı, anot tarafından sağlanan metal iyon derişim artışı, katot tarafından üretilen metal iyon derişimi azalması ve taşınma yoluyla üretilen metal iyon derişimi azalmasının toplamına eşittir.

Şimdi kendisinden başka ne tür bilgiler elde edebileceğimizi görebilmek için bu basitleştirilmiş modeli test edeceğiz. Buna **trend analizi** denmektedir.

Trend analizi basitçe, oranın ($\Delta C/\Delta T$) ne kadar hızlı değiştiğini ve neye bağlı olarak değiştiğini araştırmaktır. Şekil 32 olası 3 durumu göstermektedir.



Şekil 32. Kaplama Banyosu Trend Analizleri

Model eşitliğinin test edilmesiyle görülebilecek iki nokta şunlardır:

1. **Banyo hacmi küçüldükçe trend değişim hızı da küçülür.**
2. **Eğer birim zamandaki taşınma yeterince az ise taşınmadan kaynaklanan derişim değişimini göz ardı etmek mümkündür.**

1.Durum: (ΔC/ΔT) pozitif.

$$(\Delta C/\Delta T) > V\Delta C = kIe_a/V - kIe_c/V - \theta C/V$$

Çizginin eğimi yukarı doğrudur. Yani anottan gelen metal iyonu miktarı, katot ve taşınma ile çekilen metal iyonu miktarından fazladır.

Eğer artış oranı çok düşükse trend çok yavaş artıyor demektir, Bu da aşağıdakilerden bir ya da ikisinin doğru olduğu anlamına gelir.

A. **Bu normal çalışma modu olabilir ya da yük tipi ve yükleme frekansı öncekine göre birim zamanda daha az taşınmaya sebep olacak şekilde değiştirilmiştir.**

B. **Katot verimi önceye göre daha düşük veya anot verimi önceye göre daha yüksek olacak şekilde (ya da her ikisi de) yük üzerindeki akım yoğunluğu koşulları değiştirilmiş.**

C. **Sıcaklık, karıştırma ya da bileşimde değişiklikler meydana gelmiş. En olası olanlar anyonlarla alakalı bileşim değişimleri ve katkı maddesi değişimleridir. Bu değişimler anot veriminde artışa, katot veriminde azalmaya ya da her ikisine birden sebep olur.**

Eğer trend keskin şekilde yukarı eğimliyse, tehlikeli bir durum söz konusudur. Çünkü bu yukarıdaki maddelerin yanında şunlara da işarettir.

D. **Katot verimini düşüren zararlı bir madde (veya anot verimini yükselten—çok nadir görülür)banyoya yüksek miktarlarda giriş yapmaktadır.**

E. **Alt sistem akım yoğunluğu, karıştırma veya bileşime bağlı olarak kontrol dışına çıkmıştır.**

2. Durum: Bu birçok kaplama banyosunda görülen normal durumdur. Çözünmez anotların kullanıldığı banyolarda görülen ek durum budur. Bu banyodan çekilen madde miktarının anot tarafından sağlanan madde miktarından fazla olduğuna işarettir.

$$kIe_a/V < kIe_c/V + \theta C/V$$

trend aşağıya doğrudur.

Burada da düşüş oranı bazı değerli bilgiler vermektedir. Eğer düşüş oranı yumuşaksa.

A. Normal çalışma durumudur ya da yük tipi ve yükleme frekansı taşınmayı arttıracak şekilde değiştirilmiştir.

B. Katot verimi önceye göre daha yüksek veya anot verimi önceye göre daha düşük olacak şekilde (ya da her ikisi de) yük üzerindeki akım yoğunluğu koşulları değiştirilmiş.

C. Katot verimi önceye göre daha yüksek veya anot verimi önceye göre daha düşük olacak şekilde (ya da her ikisi de bir sıcaklık, karıştırma veya bileşim değişimi olmuştur.

Çok sert bir trend azalması durumunda tehlike söz konusudur çünkü:

D. Tank üzerindeki zayıf süzülme veya yanlış asma sonucu taşınma artmıştır.

E. Anot verimini düşüren zararlı bir madde (veya katot verimini yükselten—çok nadir görülür)banyoya yüksek miktarlarda giriş yapmaktadır.

F. Alt sistem normal koşullara göre kontrol dışına çıkmaktadır ya da tamamen çıkmıştır.

3. Durum: Bu ideal durumdur. Aradığınız ama çok nadiren bulduğunuz durumdur. Anotlar katot ve taşınma için gereken doğru metal iyonu miktarını sağlamaktadır.

$$(\Delta C/\Delta T)=0;\ \ kIe_a/V= kIe_c/V- \theta C/V$$

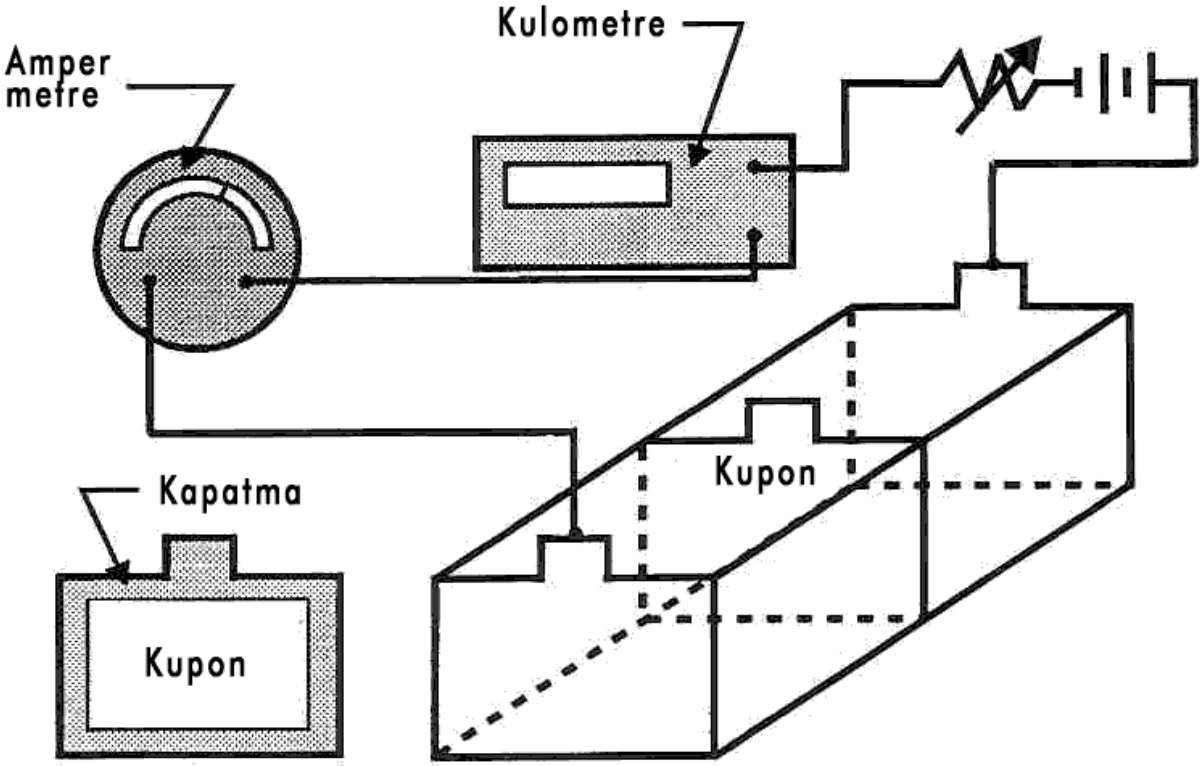
Bu durumda x eksenine paralel bir çizgi elde edilir. Pratikte bu durum normal manuel kontrolle çok nadiren elde edilebilir. Normalde erişilebilecek en iyi durum şekle 32 (3d)'de gösterildiği gibidir.

Metal iyon alt sisteminin manuel kontrol durumu için, yetenekliyseniz hazırlayıp kullanabileceğiniz, trendi belirlemedeki ana faktörün anot ve katot verimlerinin farkı olduğu gerçeğine dayanan bir alet bulunmaktadır. Ben buna trend kutusu diyorum.

Şekil 33'te görüldüğü gibi bir slotla beraber bir kaplama hücresi içermektedir. Söz konusu metal bipolar elektrot olarak davranır. Metal (bakır, gümüş, çinko vb) 18 ayardan yüksek olmamalıdır. Elektrot slota yerleştirilmeden önce yıkanmalı, durulanmalı ve doğru şekilde tartılmalıdır. Akım açılıp 5-10 dakika beklenir. Elektrot çıkarılır, yıkanıp kurutulduktan sonra tekrar tartılır. Eğer Wa kaplamadan sonraki, Wb de kaplamadan önceki ağırlık olarak alınırsa

$$e_c-e_a =(Wa-Wb)/Ikt \text{ olur.}$$

Burada bütün semboller önceki anlamlarındadır. I kullanılan toplam akım ve t test süresidir ve bütün birimler tutarlıdır.



Şekil.33 Kushner Kaplama Trend-Ölçer'i

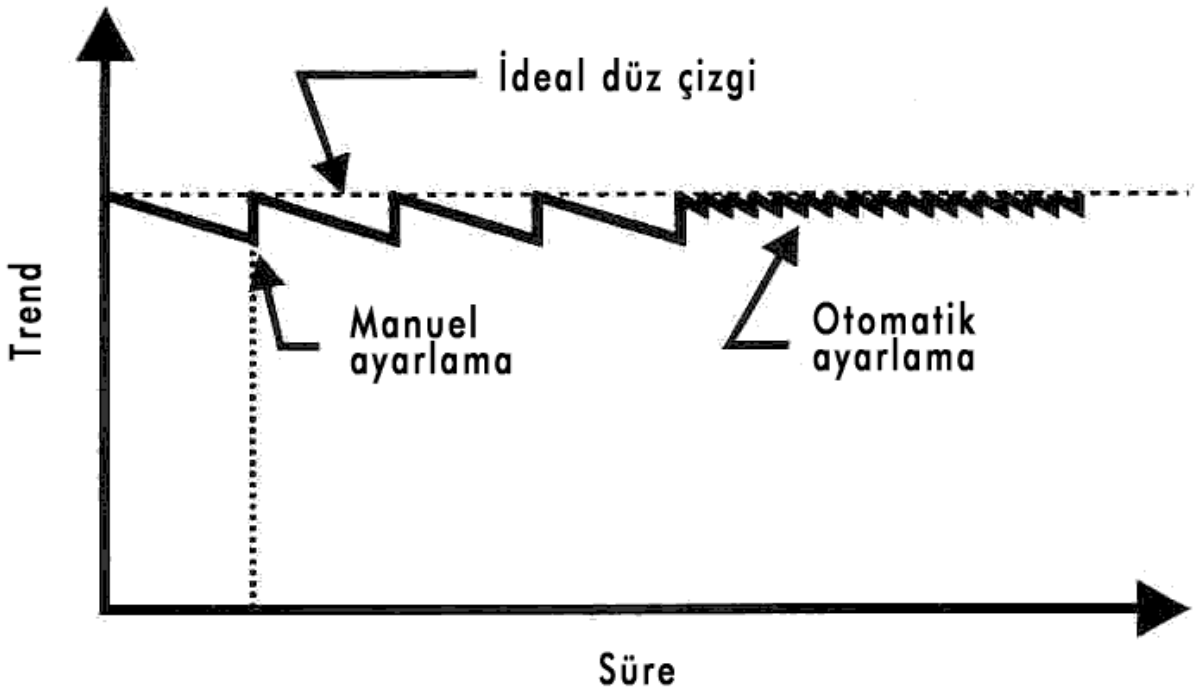
Buna göre

(ΔC/ΔT)=(Wb-Wa)/IktV olur. (Taşınma ihmal edilmiştir.)

Bu test anot alanının katot alanına eşit olduğu koşullarda yapılır. Farklı anot-katot alanı oranları için, şekilde gösterildiği gibi değişik anot –katot oranları yakalamak amacıyla, anot veya katot alanı kapatılmış bipolar elektrotlar kullanılır. Bu bilgiler doğrultusunda optimum akım yoğunluğunu belirlemenize ve bu koşullarda meydana gelecek derişim değişimini tahmin etmenize yardım edecek bir eğim ailesi elde edilir.

Metal iyon sisteminin manuel kontrolünde metal iyonu tazelenmesi (normal durum), şekil 34' gösterilen grafiksel çizelgeye göre yapılabilir.

Manuel kontrol ile elde edilecek olan budur. İdeal düz çizgiye çok daha yakın bir sonuç **otomatik kontrol** vasıtasıyla elde edilebilir.



Şekil 34. Manuel ve Otomatik Ayar

OTOMATİK KONTROL

Metal iyon alt sisteminin otomatik kontrolü için kullanılan matematik modele başka bir büyüklüğün de eklenmesi gerekir. Bu büyüklük G harfiyle gösterilir ve kısa ΔT zaman aralığında, ΔC/ ΔT=0 eşitliğini sağlayacak şekilde banyoya eklenmesi gereken ya da banyodan çıkarılması gereken metal iyonu miktarını verir. Çalışmanın her anında

$$G = Ie_c \; k/V - Ie_a \; k/V + \theta C/V$$ eşitliği sağlanmalıdır.

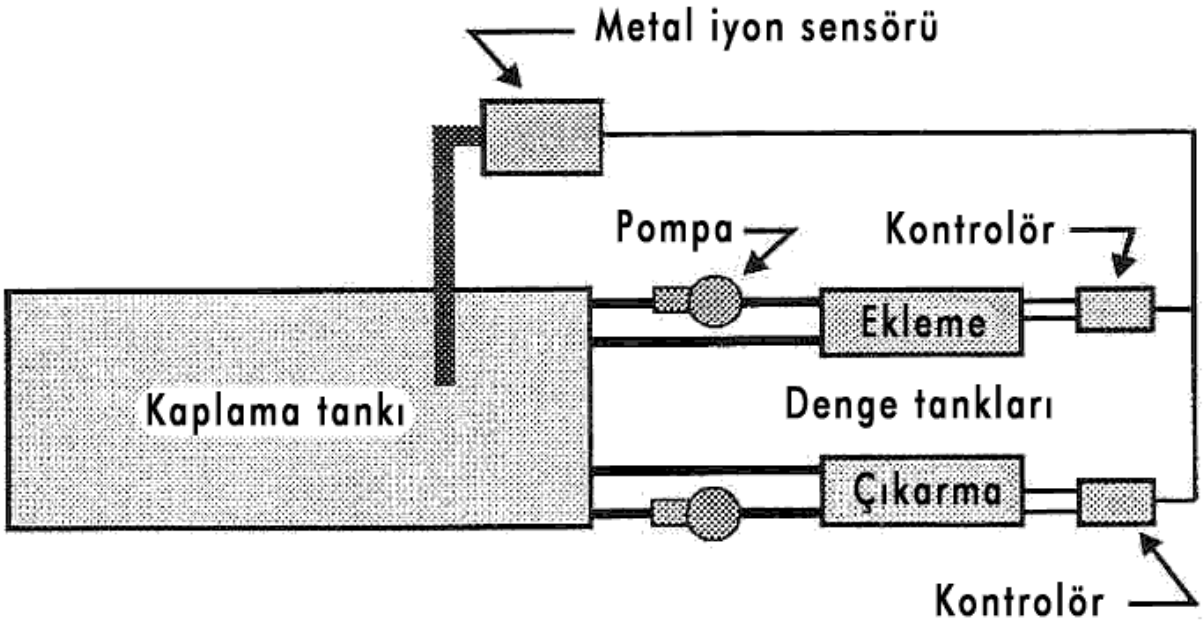
Bu, metal iyon sisteminin gerçek otomatik kontrolü için banyoya, herhangi bir anda metal iyon derişimini belirleyip banyoya eklenmesi gereken ya da banyodan çıkarılması gereken iyon miktarını gösterecek bir sensör takılması gerektiğini gösterir.

Metal iyon durumunu düzeltebilecek böyle sensörler(örneğin özel bir iyon elektrodu) mevcuttur. Fakat burada ortaya bir problem çıkar. En iyi çalışmayı sağlamak için, bu metal iyonları nasıl eklenmeli ya da çıkarılmalıdır? Bir şey kesindir—Metal iyonlarının metal tuzları olarak eklenmesi, büyük ihtimalle anyon alt sistemini ya da pH alt sistemini bozacaktır. Tank hacmi sabit tutularak iyonlar elektrolitle beraber alınırsa bu da aynı şeylere sebep olacaktır.

Cevap şudur: Ekleme ve çıkarma işlemi sadece işlemi sadece metal iyonlarının eklenip çıkarılmasından ibaret olmalıdır ve bu da tankın dışında yapılmalıdır. Örneğin, anotların

kauçuk anahtarlar kullanılarak, bakır içeriğini (ve/veya pH) azaltmak için tanktaki anot devresine sokulup çıkarıldığı asit bakır kaplama için olan düzeneği hatırlayın. Şüphesiz böyle bir düzenek elektronik olarak tank içinden açılıp kapanabilir fakat bu pek istenen bir şey değildir çünkü alan kaybına sebep olur ve bakır derişimini etkili bir şekilde arttırmaz.

Metal iyonu alt sistemini kontrol etmenin daha iyi bir yolu benim deyişimle **balans** tankları kullanmaktır. Düzenek şekil 35'te verilmiştir. Balans tanklarının enerjisi kaplama tankından ayrı olarak verilir. Bu tankların tek yaptığı sensörden gelen bilgilere dayanarak tanka metal iyonu eklemek ve tanktan metal iyonu çıkarmaktır. Tek bağlantı, çözeltinin balans tanklarına ve tekrar kaplama tankına aktarılmasını sağlayan boru ve pompa düzeneğidir. Birçok olasılık mevcuttur. Şekilde gösterilen gibi iyi bir düzenekte ekleme ve çıkarma tankları kaplama çözeltisinin kendisi tarafından çalıştırılan sıvı röleleriyle kontrol edilir. Kazara böyle bir fikrin patentini alırsanız, telif ücretinizin bir kısmını da eğitmeninize yollarsınız herhalde.

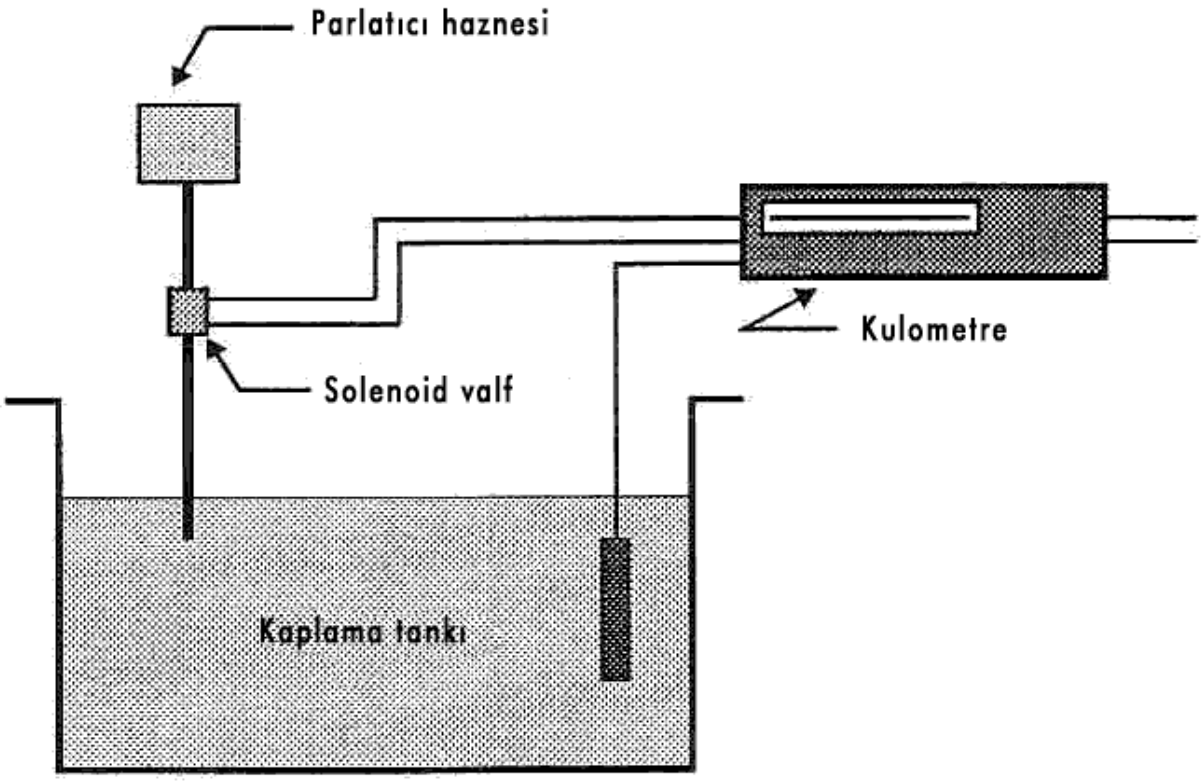


Şekil 35. Metal İyon Denge Tanklarıyla Otomatik Kontrol

Metal iyonlarını ekleyip çıkarmak yapılacak tek şey değildir çünkü metal iyon alt sistemi tek alt sistem değildir. Peki diğer alt sistemler? Anyon ve pH alt sistemi nasıl etkilenir? Asit bakır gibi basit bir banyo sisteminde, pH ve anyon alt sistemleri birbirlerine metal iyon alt sistemi ile bağlandıklarından tek bir balans tankı setiyle birçok alt sistemi kontrol edebilirsiniz. Diğer daha karmaşık kaplama banyosu sitemlerinde ayrı balans tanklarına ihtiyaç duyulabilir.

Peki zehir giderme alt sistemi? Kullanılmakta olan bazı iyi teknikler mevcuttur ve bazıları da gelişim aşamasındadır. Fakat parlatıcı alt sistemi sorun teşkil etmektedir.

Parlatıcı taşınma, ayrışma ve adsorpsiyondan dolayı azaldığından, bu alt sistem kesinlikle farklı doğrultuda çalışmaktadır. Bu doğrultuyu değiştiren şey parlatıcının ayrışma yoluyla kaybıdır. Şu an için parlaklık derecesini belirleyip buna göre balans tanklarına parlatıcı ekleme veya çıkarma bilgisini ulaştıracak bir sensör mevcut değildir ama bulunması yakındır. Elbette, şekil 36'da gösterildiği gibi eklenen parlatıcı miktarını bir yük ölçer ile kabaca ölçebiliriz. Fakat bu gerçekten yeterli değildir. Kontrol için gereken şey gerçek özelliği ölçebilecek (parlaklık) bir aygıttır.



Şekil 36. Otomatik Parlatıcı İlavesi

İlk alt sistem modelimiz olan iyon alt sistemine dönecek olursak, yapılacak diğer gelişme, eşitliğe, akım yoğunluğunun anot ve katot verimlerindeki etkisini temsil edebilecek terimler eklemek ve alt sistemi bu doğrultuda geliştirmek olacaktır. Ve diğer alt sistemler de aynı şekilde birleştirilir. Daha sonra bütün alt sistemler bir ana kumanda altında toplanarak şekil 28'deki düz A çizgisine yakın bir çizgi elde edilir.

Sanırım bunun gelişmeye açık devasa bir alan olduğunu görmüşsünüzdür. Eğer üzerine fikir yürütürseniz belki de bir kontrol koordinasyon fikri ortaya atabilir ya da en azından hedefimize biraz daha yakınlaşmamıza yardımcı olabilirsiniz.

SEÇİLİ REFERANSLAR

Kitaplar:

Electroplating Engineering Handbook, L. J. Durney, Editor, 4. Baskı, Van Nostrand Reinhold Co., New York, NY, 1984. Mükemmel bir referans kitabı.Tedarik: Metal Finishing Publications, Elsevier Science Inc.,Avenue of the Americans, New York, NY 10011,(212)633-3199.

Surface Preparation and Finishes for Metals, J.A. Murphy, Editor, McGraw Hill Book Co., New York, NY, 1971.

Installation and Maintenance in Plating Shops, F. A. Ollard, 1967.

Electroplaters' Process Control Handbook, D. Gardner Foulke, Editor, Robert E. Krieger Publishing Company, Huntington, NY, 1975.

İkinci ve üçüncü kitapların şu an bulunması zordur ama değerli kaynaklardır. Kütüphaneleri deneyin ya da bir metropolde iseniz kitapçılara başvurun. Dördüncü kitap tedarik: American Electroplaters and Finishers Society, Central FloridaResearch Park, 12644 Research Parkway, Orlando, FL 32826. Birkaç daha eski kitap www.amazon .com adresinden tedarik edilebilir.

Rehber Kitap:

Metal Finishing Directory and Guidebook, 2003 Edition.Tedarik: Metal Finishing Publications,Elsevier Science Inc., 360 Park Avenue South, New York, NY 10011, (212) 633-3199.

Ekipman ve Prosesler:

Fume scrubbers: J.H. Clark, Plating, 57, 707(1970)

Fume Ducts: A. Mornheim, Metal Finishing, 68, Eylül,67 (1970).

Aside dayanıklı Zeminler: G. Gabriel, Materials Protection. 4, Mayıs, 49(1965).

Filtreleme: P.G. Evans, Electroplating, 26 Ocak, 24 (1973); J. Berg, Metal Finishing, 70, Aralık, 48 (1972). C.Buck, Products Finishing, 36, Mart, 64 (1972).

Isıtma: W. Alina, Products Finishing, 37, Mart, 108 (1970), Nisan, 93 (1973)

Güç Kaynakları, J.A. Von Fraunhofer, Products Finishing, (British), 25, Nisan, 28 (1972).

Dolapta Kaplama: S. E. Craig, Jr. And R. E. Harr, Plating, 66, 617 (1973). A.L. Nanis, Plating,58,805 (1971).

The Metal Finishing Directory and Guidebook kitabı kaplama dükkanı ekipmanı üzerine birçok değerli bilgi içermektedir.

Su ve Atık İşlemleri:

Water and Waste Control of the Plating Shop,J.B Kushner and A.S Kushner, 3. baskı, Hanser Gardner Publications, Cincinatti, OH, 1994, Tedarik: Kushner Electoplating School.

Plating Waste Treatment, K.F. Cherry, Butterworth Publishers, Soneham, MA, 1982.

Electroplating Wastewater Technology, G.C. Cushnie, Jr., Noyes Publications, Park Ridge, NJ07656,1985.

The Operating and Maintenance of Surface Finishing Wastewater Treatment Systems, Clarance H. Roy, American Electroplaters and Surface Finishers Society, Orlando FL, 1988.

İlk kitap su ve atık madde işlemleri hakkında detaylı teorik ve pratik bilgiler içermektedir. Diğer üç kitapta daha çok pratik bilgiler bulunmaktadır. İlk kitabı Kushner Elektro Kaplama Okulundan tedarik edebilirsiniz. İki ve üçüncü kitap artık basılmamaktadır ama bunları büyük kütüphanelerde bulabilirsiniz. Son kitap tedarik: American Electroplaters and Finishers Society. Bu kitaplar için aynı zamanda www.amazon.com web sitesine bakabilirsiniz.

Makale:

J.B Kushner, Metal Finishing, 69,Haziran, 36 (1971), tarihi bilgi

19. DERS KISA SINAVI

(10) 1. Kaplama dükkanı için enerji kaynağı planlanmasında göz önünde bulundurulacak bai noktaları listeleyin

(10) 2. 2 adet dolapta kaplama kurulumu çalışma sırasında 11 voltta 600 amper kullanmaktadır. 24 saatlik çalışma durumunda, çalışma sıcaklığını normal değeri olan 70 °F' da tutmak için kaç tonluk buz gerekir.

(10) 3. Elinizde 2000 galonluk nikel kaplama çözeltisi olsun. Filtreleme biriminiz dakikada 20 galonluk kaplama oranını garanti etmektedir. Çözeltiyi başka bir tanka aktararak temizlemek için ne kadar süre gerekir? Devir daim oranı nedir? Sürekli filtrelemede %90'lık temizliğe varmak ne kadar zaman alır?

(10) 4. Kaplama dükkanının planlanmasındaki bazı önemli noktaları listeleyin.

(10) 5. 50 ppm sülfat içeren su 1000 galonluk krom kaplama banyosunun tazelenmesinde kullanılacaktır. Banyonun buharlaşma oranı günde 50 galon ve taşınma oranı günde 10 galondur. Eğer banyo derişimi 250 gr/lt ve sınır sülfat/kromik asit oranı 1/25 ise ulaşılabilecek maksimum sülfat derişimini tahmin edin. Bu banyo sorunsuz şekilde kaç gün çalışabilir?

(10) 6. Aşağıdaki boyutlarda bir kaplama odası için en az kaç tane 200 watt'lık fluoresan armatür kullanılmalıdır?

(15) 7. Bir bakır siyanür kaplama banyosunda Kushner Trend-ölçer testi yapılacaktır. Anot akım yoğunluğu 40 A/ft²'dir. Katot akım yoğunluğu 40 A/ft'dir. Katot olarak kullanılan bakır test kuponunun ilk ağırlığı 200.0000 gr 30 dakikalık kaplamadan sonraki ağırlığı 200.5928 gr olarak ölçülmüştür. Teste katot akım yoğunluğu sabit tutulup anot akım yoğunluğu 0'a indirilerek devam edildiğinde başka bir 200.0000 gr'lık parça 30 dakikalık kaplamadan sonra 201.8968 gr'a ulaşmıştır. Kupon boyutları 2x3 inç'tir. 40 A/ft²' deki anot verimliliği nedir? 40 A/ft²' deki katot verimliliği nedir?

(15) 8. Sabit metal içeriği elde etmek için yukarıdaki banyoyu hangi şekilde çalıştırmanız gerektiğini açıklayın. Yaptığınız varsayımları açıklayın.