

KİMYA

YIL : 9

CİLT : 4

SAYI : 42

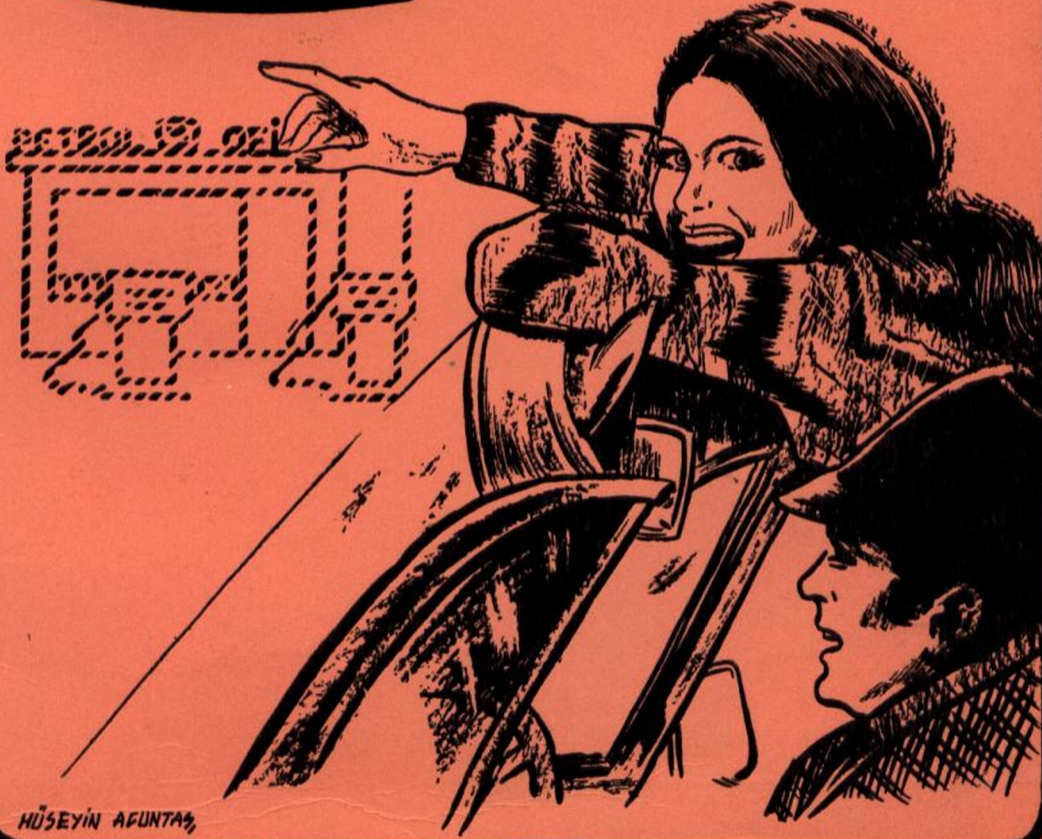
AĞUSTOS 1970

MÜHENDİSLİĞİ

PETROL OFİSİ



MAMULLERİ
aracınızın
dostu,
yolculuğunuzun
teminatıdır...



HÜSEYİN AĞUNTAŞ

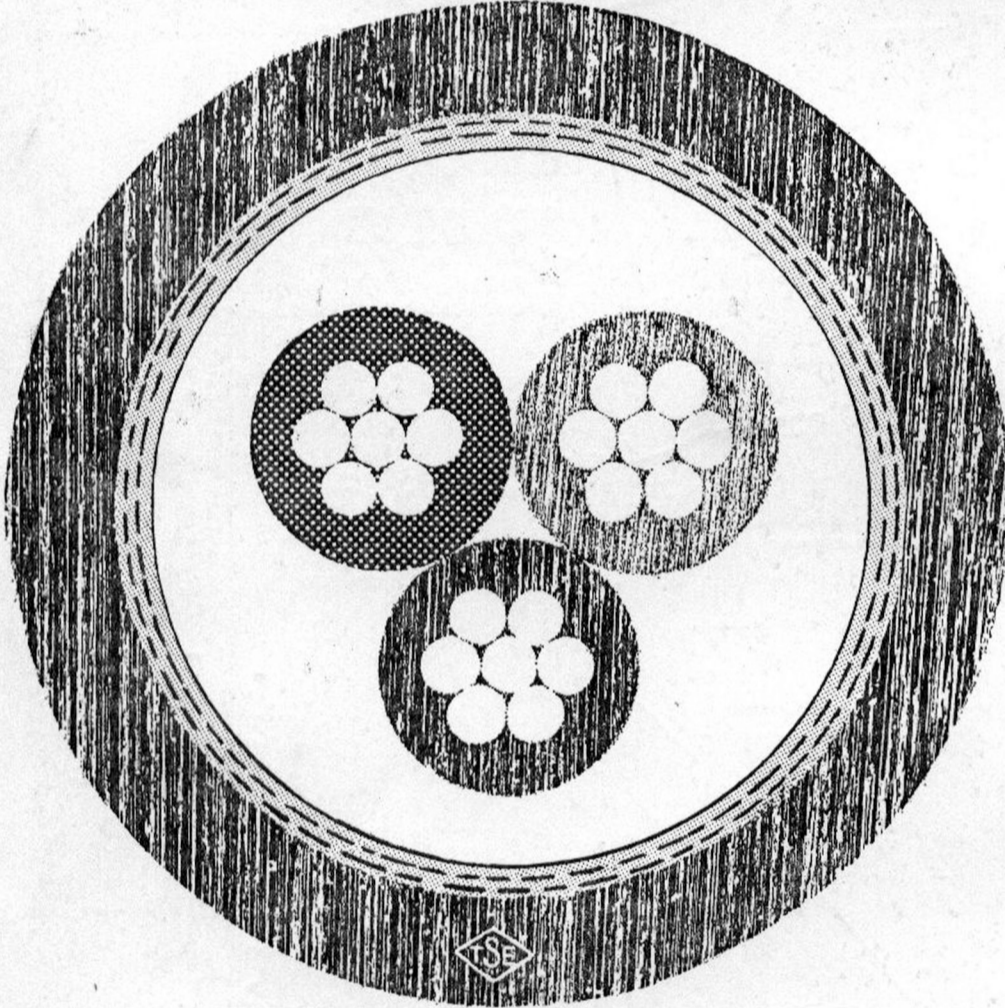
ENERJİ NAKLİNDE

Candamarı

Bir sınaî tesis insan vücuduna benzer. Her ikisinin de enerjiye ihtiyacı vardır. Sınaî tesisin enerjisi elektrik, candamarı da enerjiyi nakleden yeraltı kablosudur.

Devamlı enerji için daima KAVEL'e güveniniz.

KAVEL



KABLO VE ELEKTRİK MALZEMESİ A.Ş.
İSTİNYE - İSTANBUL tel: 63 34 00

adimar - 48 42 36

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ MECMUASI

ENDÜSTRİYEL — EKONOMİK — TEKNİK
T.M.M.O.B. KİMYA MÜHENDİSLERİ ODASI YAYIN ORGANI

TURKISH CHEMICAL ENGINEERING REVIEW
INDUSTRIAL, ECONOMICAL AND TECHNICAL TOPICS

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ MECMUASI

T.M.M.O.B.

KİMYA MÜHENDİSLERİ ODASI adına
İmtiyaz Sahibi ve Sorumlu Müdür
Hicri YALÇINSOY

★
Kimya Mühendisliği Mecmuası
Yayın Kurulu

Prof. Dr. Temel ÇAKALOZ
Azmi MÜZZİNOĞLU
Kâmuran AĞANER
Ütku SADIK
Y. Nadi YÜCESOY

★
İdare Merkezi :
Ziya Gökalp Cad. No. 22/9
Yenişehir - Ankara
Tel. : 12 79 28

★
Dizilip Basıldığı Yer :
T. Odalar Birliği Matbaası

★
Klişeler :
Klişecilik K.

★
Abone Bedeli :

Sayısı 5 TL.
Yıllık (6 sayı hesabile) 30 TL.

★
İlan Tarifesi :

Dış kapak tam sahife (Renkli) 1000
Dış kapak yarım sahife (Renkli) 600
İç kapaklar tam sahife tek renk 700
İç kapaklar yarım sahife tek renk 400
İç kapak 1/4 sahife tek renk 200
Metin sayfeleri tek sütun cm² 20
Devamlı ilânlardan %20 indirme yapılır.

- ★ Yayınlanan bütün yazılara telif ve tercüme bedeli ödenir.
★ Gönderilen yazılar negredilsin veya edilmesin iade edilmez.
★ İki ayda bir çıkar.
★ Yazılardaki düşünce ve kanaatler ve bunlardan doğacak sorumluluk yazarlarına aittir.
★ Dergimizdeki yazılar izinsiz ve kaynak gösterilmeden aktarılamaz.
★ KİMYA MÜHENDİSLİĞİ MECMUAMIZ'da çıkan ilânlardan yazı işleri ve sorumlu müdür mesul değildir.

İÇİNDEKİLER

Hasan ÇİL	
<i>Türkiye'de Amonyak Üretimi</i>	3
Ali ESİN — Gürbüz GÜNDÜZ	
<i>Kademeli Destilasyon Kolonlarında Isı Transferinin Etikisi</i>	11
Akın ÖKTEM	
<i>Kimya Tesislerinde Soğutma Suyu Olarak Deniz Suyunun Kullanılması</i>	17
Saadet ÜNERİ	
<i>Elektrokimyasal Korrozyon Metodları</i>	27
Odadan Haberler	
Dış Haberler	
<i>Meslektaşlarımızı tanyalım</i>	

KİMYEVİ MADDELERDE HİZMETİNİZDEYİZ



- ASİTLER
- SINÂİ TUZLAR
- „ BAZLAR
- „ GAZLAR
- DETERJAN HAM MADDELERİ
- MİNERAL TOZLARI
- SOLVENTLER



Teknik Ticaret

"KİMYEVİ MADDELER"

Merkez Büro : Unkapanı, Gümüşpala Caddesi No. 2 İSTANBUL
Telefon : 22 43 35 (4 hat). Telgraf : NURTEKNİK - İSTANBUL

TÜRKİYE'DE AMONYAK ÜRETİMİ

Hasan ÇİL
Kimya Yük. Müh.
T. P. A. O.
Genel Müdürlük Uzmanı

Abstract

It will not be possible to obtain enough crop yields from the present arable land in case the growth of Turkey's population continues at the present rate.

A partial solution to such problem is being achieved through increased use of chemical fertilizer. The use of chemical fertilizer has proven to be the fastest and most effective way of raising farm efficiency.

Ammonia is the principal source of nitrogen for fertilizer. This article deals with the process scheme and economy of modern ammonia plant.

Ö Z E T

Artan Türkiye nüfusunu doyurmak için ekilen tarım alanından daha fazla ürün elde etmek zorunluğu doğmuştur. Bunun için tarım alanını bolca gübrelemek gerekmektedir. Gübreyi meydana getiren ana bileşimlerden birisi de amonyaktır. Bu yazımızda amonyak prosesini, prosesin yapıldığı modern bir tesisi ve projenin ekonomisi hakkında bilgi verilmiştir.

GİRİŞ

Bugün dünyanın üzerine eğildiği en önemli problemlerden biri de nüfus artışı yüzünden meydana gelecek açlığı tez elden önlemektir.

Dünya nüfusu Şekil : 1'de gösterildiği gibi sür'atle artmaktadır. 1930 yılında 2 milyar iken 1960 yılında 3 milyar olmuştur. Bu nüfusun 1990 yılında 5 milyara yükseleceği sanılmaktadır.

Türkiye nüfusu ise % 2,5 gibi çok yüksek bir oranda artmaktadır. 1927 yılında 13 milyon olan nüfusumuz 1965 yılında 31 milyona yükselmiştir. Aynı artış hızıyla devam ettiği takdirde 1985 yılında da 55 milyon olacaktır.

Nüfus artışına paralel olarak tarım alanını genişletip fazla ürün almak imkânı da azalmıştır.

Türkiye sınırları içerisinde ekilebilen arazinin yüz ölçümü 15 milyon hektardır. Ayrıca 8 milyon hektarlık arazi de her sene nadasa bırakılmaktadır. Artan nüfusun yiyecek ihtiyacını karşılamak için eldeki arazinin her hektarından daha fazla ürün elde etmek zorunluğu vardır. Bu da ancak tarım alanının sun'i gübre yardımıyla verimini artırmakla mümkündür.

İstatistiklere göre dünyada kimyevi gübrelerden dolayı tüketilen azot miktarı 1930 ile 1960 yılları arasında % 600 oranında bir artış göstermiştir. Yapılan tahminlere göre 1990 yılında kullanılacak azot miktarı 1960 yılına kıyasen % 400 daha fazla olacaktır.

Türkiye'nin 1967 yılında kullandığı çeşitli gübrelerin miktarı 1,5 milyon tondur. Bunun 675.000 tonunu azotlu gübre meydana getirmektedir.

1960 yılında ekilebilen arazinin her hektarına düşen ortalama azot miktarı dünyada 7 Kg., Amerika'da 21 Kg., Batı Avrupa'da 28 Kg. ve Hollanda'da ise 107 Kg. dır.

Türkiye'de hektar başına düşen azot miktarı 1967 yılında ortalama 7,5 Kg. dır. Bu miktar dünya ortalamasının 1960 yılındaki miktarına eşittir.

Azotlu gübrelerin birleşiminde bulunan amonyaka (NH₃) duyulan ihtiyaç dünyada hızla artmaktadır. Örneğin, 1967 yılında dünyanın amonyak üretim kapasitesi 33 milyon ton olup 1972 yılında da 55 milyon tona çıkacağı sanılmaktadır.

Türkiye'de kurulmakta olan Akdeniz Sun'i Gübre Tesisinin amonyak ihtiyacı takriben 250.000 t/y' dır.

Türkiye'de amonyak üreten tesisler henüz kurulmuş değildir. Fakat bu konuda çalışmalar yapılmıştır. Alınan neticelere göre memleketimizde elde edilen hafta ve rafineri gazlarından amonyakın ekonomik koşullarda üretilmesi mümkün gözükmektedir.

TESİSİ KURARKEN DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

Amonyak ihtiyacını karşılamak ve aynı zamanda yeteri kadar kâr sağlamak amacıyla tesisin kapasitesini, tesisin yerini ve teknolojik gelişmeleri göz önünde bulundurmak lazımdır.

Kapasite. Son yıllarda 1000 ilâ 1500 ton/gün kapasitede amonyak tesisleri kurulmaktadır. Halbuki 1955 yılında 400 ton/g. amonyak üreten bir ünite büyük sayılırdı. Büyük üniteler kurulması neticesinde sağlanan yararlar şöyledir :

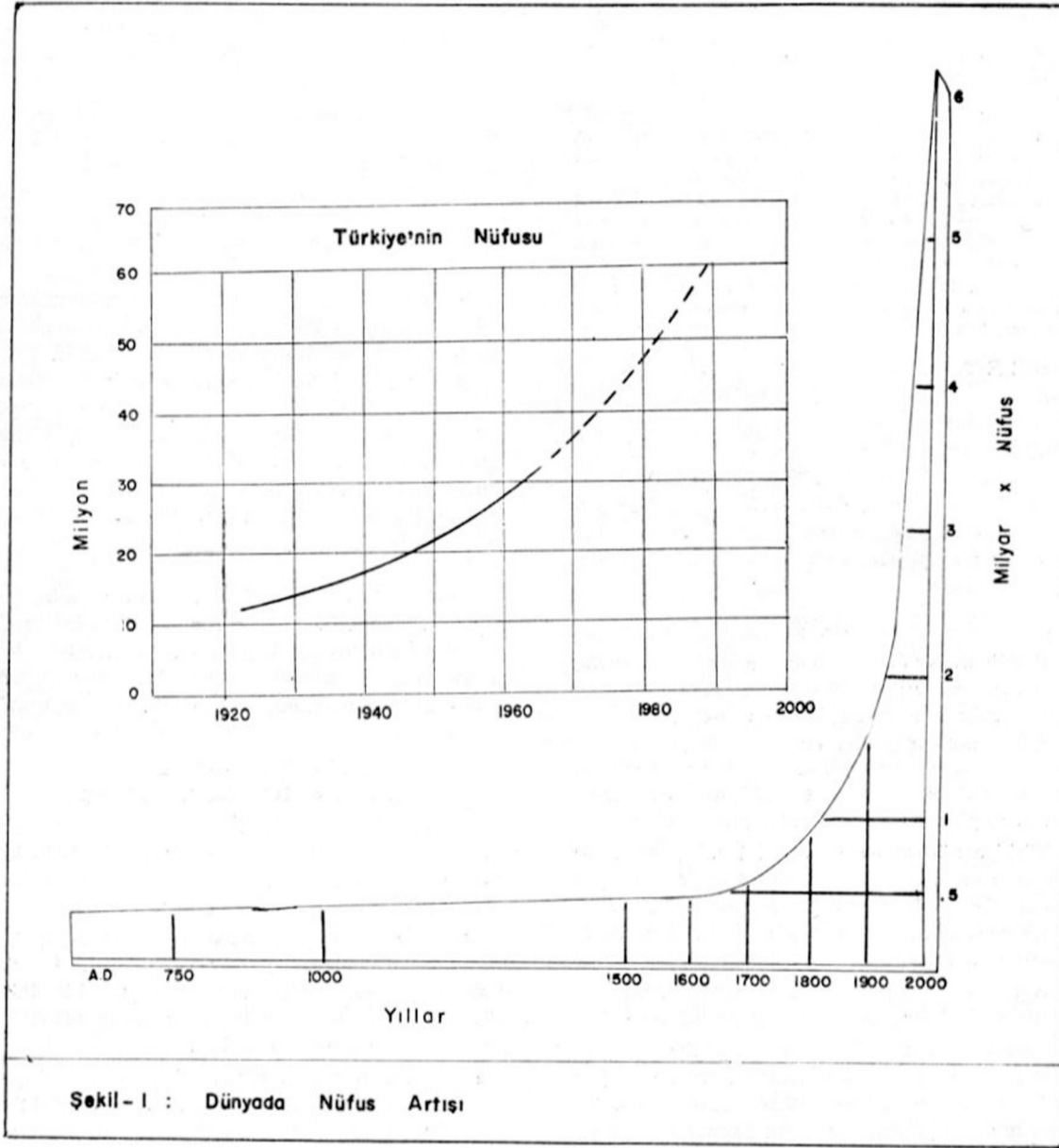
- ★ Büyük ünitelerin bir ton kapasitesine düşen yatırım küçük tesislere kıyasen daha düşüktür. Bu sebepten her ton amonyaka düşen sabit işletme maliyeti de düşük olmaktadır.
- ★ Bu ünitelerin işletilmesi proses bakımından karışık ve zor olmadığı için amonyakın ton başına düşen işçilik giderleri küçük ünitelere kıyasen daha azdır.
- ★ Bazı hallerde büyük ünitelerin termik verimi yüksek olduğu için utilite tüketimi az olmaktadır.

Örneğin, günde 250 ton amonyak üreten bir ünitenin işletme giderlerinde ton başına düşen ma-

liyet, 1000 ton/g kapasiteli bir üniteye kıyasen ütilite'de 8 TL., işçilikte iki katı, dolayı giderlerde de aşağı yukarı 27 TL. daha yüksek olmaktadır.

Ancak büyük tesisler kurarken tam kapasitede çalışıp çalışmayacağına da dikkat etmek lâzımdır. İhtiyacın üstünde bir kapasite seçip düşük verimle

çalıştırıldığı takdirde üretim maliyeti yükselmektedir. Örneğin, 1000 ton/g amonyak işlemek üzere plânlanan bir tesisin % 80 verimle çalıştırıldığı zaman işletme maliyeti tam verimle çalışan 600 ton/gün kapasiteli bir ünitenin işletme maliyetine eşit olmaktadır.



Şekil-1 : Dünyada Nüfus Artışı

Tesisin Kuruluş Yeri. Büyük tesisler kurulurken ham maddeye yakınlığı ve elde edilecek ürünün tüketim merkezlerine ulaşımındaki kolaylıklar dikkate alınır.

Amonyak üretiminde kullanılan ham maddeler arasında ucuzluk sırasına göre tabii gaz ve nafta gelmektedir. Bu sebepten tesisler rafineri yakınına veya tabii gaz bölgelerinde kurulmaktadır.

Teknolojide Gelişmeler. Son yıllarda amonyak üretim ünitelerinde yapılan teknolojik gelişmeler yardımı ile tesis ve üretim maliyetleri düşürülmüştür. Gelişmeler daha çok santrafuj kompresörlerinin kullanılması, ısı ekonomisi, yeni katalizörler bulunması ve büyük kapasiteli tesisler kurulması yönünden olmuştur.

- ★ Santrafuj konpresörlerinin geliştirilmesi neticesinde günde 600 tondan fazla amonyak üreten tesisler kurmak imkânı sağlanmıştır.
- ★ Ünitelerde meydana gelen ısıdan daha çok yararlanarak yüksek basınçlı buhar üretimi arttırılmıştır.
- ★ Karbon dioksitin sistemden giderilmesi için MEA, sıcak karbonat, Sulfinol, Catacarb ve Vetricoke gibi çeşitli prosesler bulunmuştur. Bu çözeltilerde korozyon yapmaması, az rejenerasyon ısısına ihtiyaç göstermesi gibi nitelikler aranmaktadır.
- ★ Katalizör alanında yapılan gelişmeler : Karbon monoksit dönüştürücüsünde düşük suhnetde çalışan katalizör kullanılması neticesinde dönüşüm oranı yükselmiş ve işletme maliyeti de azalmıştır. Metanlaşma prosesi yeni tip katalizör yardımıyla düşük basınçta da kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek sıcaklıkta çalışan reaktörlerdeki katalizörlerin sülfür ve benzeri maddelerden zehirlenmesi önlenmiştir.

PROSES ÜNİTELERİNİN TANIMI

Naftadan başlayarak amonyak üretilmesine kadar geçen devre, aşağıda belirtildiği gibi dört kademeye ayrılır. Bu kademelerde,

- ★ Hidrokarbonların sülfürü giderilir.
- ★ Hidrokarbonlardan sentez gazı hazırlanır.
- ★ Sentez gazı arıtılır.
- ★ Amonyak sentezi yapılır.

Amonyak sentezinde kullanılan naftada sülfür yüzdesinin çok düşük olması gerekmektedir. Bu sebepten üniteye sokulacak ham maddenin içindeki sülfür, sülfür ayırma ünitesinde en az düzeye düşürülür.

Amonyakı meydana getiren elementler (H₂, N₂) reformer ünitesinde nafta, su buharı ve havanın kimyasal reaksiyona girmesi neticesinde elde edilir. Bu bölümde aynı zamanda metan, karbon monoksit, karbon dioksit ve su buharı gibi yan ürünler de meydana gelir.

Sentez gazı içindeki işe yaramıyan elementler, sentez gazı arıtma bölümünde ya giderilirler veya başka moleküllere dönüştürülerek zararsız hale getirilirler.

Sentez bölümünde nitrojen ve hidrojen gazları belirli oranlarda yüksek basınç ve suhnetde birleştirilerek amonyak meydana getirilir.

Amonyak tesisi, zincirleme çalışan altı üniteden (Şekil : 3) meydana gelmektedir. Bu ünitelerde sıra ile şarjın sülfürü giderilir, sentez gazı hazırlanır ve zararsız gazlardan arıtıldıktan sonra susuz amonyak sentezi yapılır.

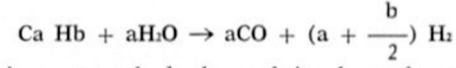
Nafta Sülfür Giderici. Sülfür giderici yardımıyla naftanın sülfürü en az seviyeye düşürülür. Ünite; fırın, reaktör, sıyırma kolonu, soğutucular, ısı de-

ğiştiriciler, pompa ve boru donanımını kapsamaktadır.

Ham nafta hidrojen gazı ile karıştırılıp fırında buharlaştırıldıktan sonra Kobalt - Molipten tipi katalistle yüklü reaktöre sokulur. Reaktörü terk eden buhar soğutulduktan sonra sıyırma kolonunda H₂S den ayrılır.

ZnO Yüklü Kap. Stim reformer katalizörü sülfüre karşı çok hassas olduğundan bu reaktörlere giren gazın içindeki sülfürü tutmak amacıyla gazlar ZnO yüklü bir kaptan geçirilir. Gazın içindeki hidrojen sülfür ile çinko oksit birleşerek çinko sülfür meydana gelir. Sıralaşma ile çalışan iki adet koruyucu kap vardır. Her kap en az üç gün dayanacak kapasitededir.

Stim Reformer Ünitesi. Amonyak ünitesi için lüzumlu hidrojen reforming prosesi yardımı ile elde edilir. Prosesin temel prensibi stim ve hidrokarbonları özel katalist karşısında reaksiyona uğratarak karbon monoksit ve hidrojen meydana getirmektedir.



Aynı zamanda başka reaksiyonların da yer alması neticesinde karbon dioksit ve metan meydana gelir.

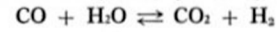
Sentez gazları iki kademeli reformer sisteminde hazırlanır. Her iki kademede de nikel oksitli katalist kullanılır. Normal koşullarda bu katalistin dayanma süresi takriben beş yıldır.

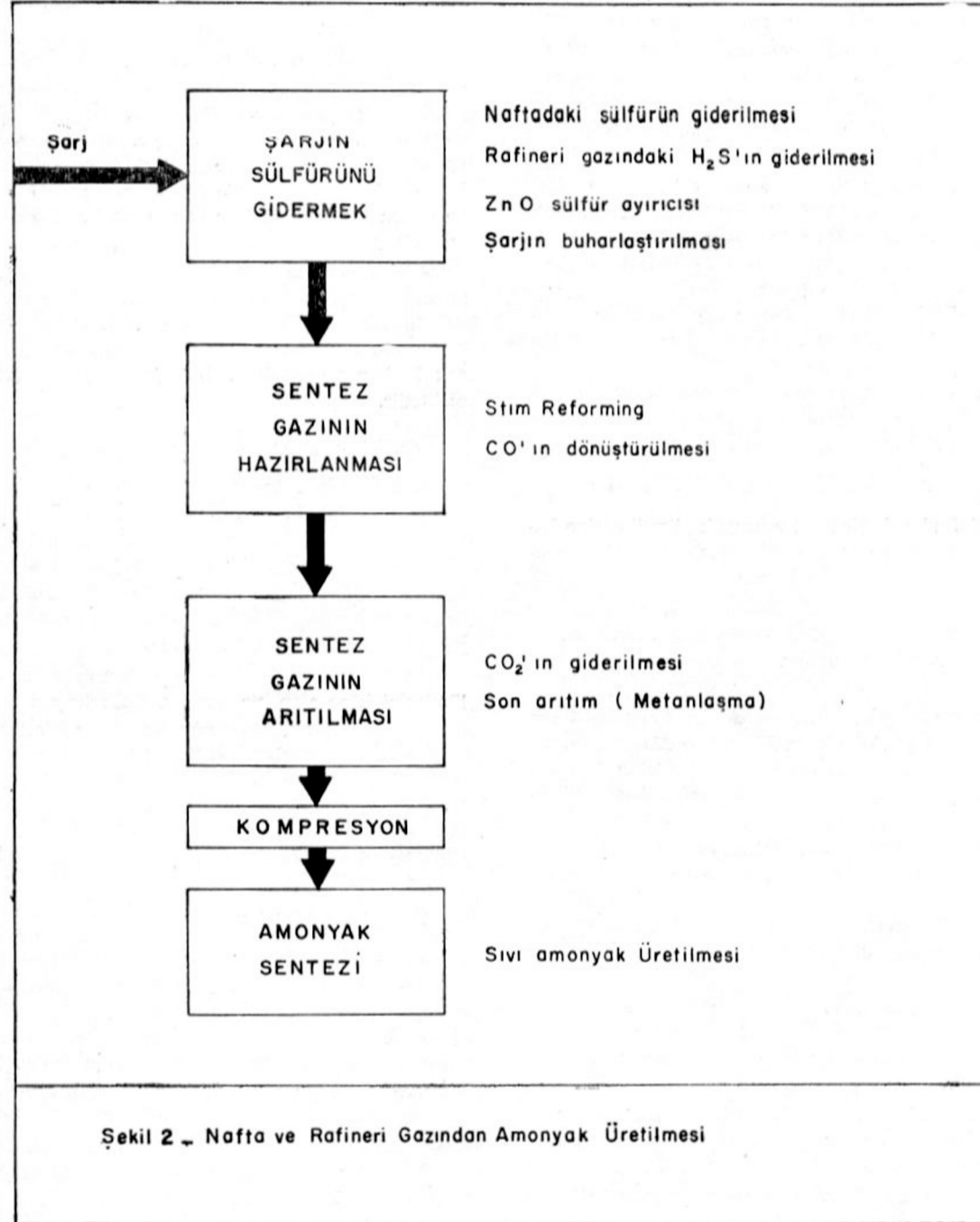
İlk Reformer - Radyasyon ve konveksiyon bölümlerini içine alan bir fırındır. Konveksiyon bölümünde ünite şarjı, proses havası, kazan besleme suyu ve buhar ısıtılır. Radyasyon bölümlerinde ise katalistle dolu tüpler vardır. Bu tüpler içerisinde geçiren hidrokarbonlarla buhar reaksiyona giren karbon oksitleri, metan, hidrojen ve su buharını meydana getirirler. Fırında yakıt olarak nafta veya gaz kullanılır.

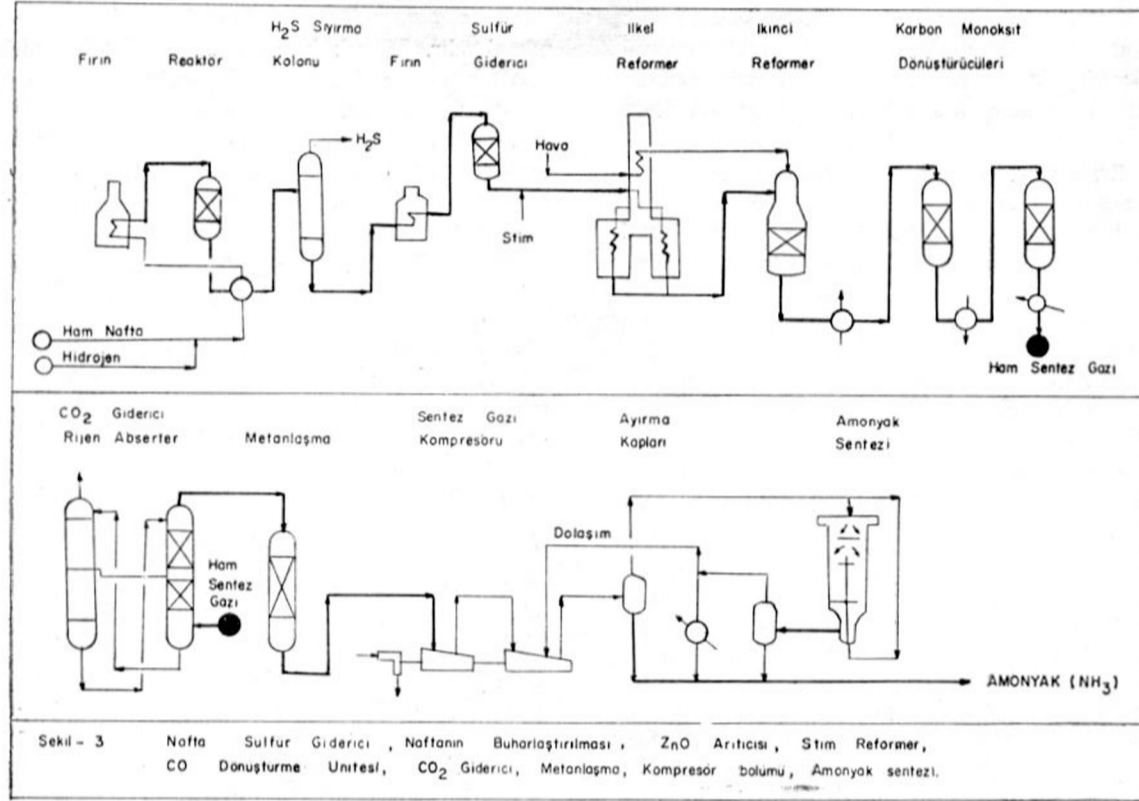
İkinci Reformer - İlk reformerde kısmen değişikliğe uğrayan gazlar ile hava karışımı ikinci reformere sokulur. Burada havanın oksijeni ile metanın ve hidrojenin yanması neticesinde sistemin sıcaklığı yükselir. Yüksek ısı metanın karbon monoksit ve hidrojene dönüşümünü kolaylaştırır. Havanın nitrojeni ise amonyak sentezinde kullanılır. Bu sisteme sokulan havanın miktarı sentez için lüzumlu nitrojen miktarına göre ayarlanır.

İkinci reformerden çıkan sentez gazı içindeki zararlı gazlar arıtma bölümünde ya giderilirler veya başka moleküllere dönüştürülürler.

Karbon Monoksitin Dönüştürülmesi. Reformerde meydana gelen karbon monoksit amonyak sentezi için zararlı olduğundan sistemden giderilmesi gerekir. Bugün tatbik edilen yol sistmedeki karbon monoksiti stimle reaksiyona sokarak aşağıdaki denkleme göre hidrojen meydana getirmektir.







Karbon monoksitin karbon dioksit ve hidrojene dönüşümü iki kademede yapılır. Birinci kademe yüksek suhnetde çalışan krom-demir oksitli katalits yüklü bir reaktörde olup, burada CO'in gazlar içindeki oranı % 3'e düşürülür. Reaksiyon suhneti 343 - 537 °C arasında değişmektedir.

Düşük suhnetde (177 - 287 C) çalışan katalistle yüklü ikinci reaktörde karbon monoksit konsantrasyonunu % 0.2 ye düşürülür. Bu kademede bakır ihtiva eden katalist kullanılır. Katalistin sülfürle zehirlenmesini önlemek için reaktörün üst bölümüne çinko oksitli katalist konur.

Karbon Dioksitin Giderilmesi. Amonyak sentezine sokulan gazın içinde en fazla % 0.15 karbon dioksit bulunması gerekir. Karbon dioksitin sistemden ayrılması için monometanol amin, Sıcak Karbonat, Vetrocoke, Catacarb, Benfield ve Sulfinol gibi çeşitli prosesler kullanılmaktadır.

Ünite iki kolondan meydana gelmiştir. Birinci kolon Rasching yüzükleri ile doldurulmuştur. Özel bir madde ile aktif hale getirilmiş sıcak karbonat çözeltisi kolona üstten sokularak ters yönden gelen gazla temasa geçirilir. Gazın içindeki karbon dioksit ile çözelti arasındaki reaksiyon neticesinde potasyum bikarbonat teşekkül eder. Kolonun dibinden çekilen potasyum bikarbonat ikinci kolona basılır.

İkinci kolon, tepsilerle donatılmıştır. Bu kolonda potasyum bikarbonat stımla temasa geçirile-

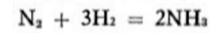
rek karbon dioksit buharlaştırılır. Böylece artılmış çözelti tekrar kullanılmak üzere birinci kolona gönderilir.

Metanlaşma. Amonyak sentezine giren gazın içindeki karbon oksitlerin miktarının 15 ppm. nin altında olması gerekir. Bu sebeple karbon monoksit dönüşüm sisteminden hemen sonra metanlaşma ünitesi yer alır. Bu proses yardımı ile karbon dioksit ve karbon monoksit gazları nikel katalisti karşısında hidrojenle birleşerek metan ve su meydana getirirler. Reaksiyonun kimyasal denklemi aşağıdadır :



Metanlaşma ünitesinde nikel-oksit ve aliminyum esaslı katalistle yüklü bir dönüştürme kabı vardır. Bu kab 30 atmosfer basınç ve 287 - 398°C suhnette çalışmaktadır.

Amonyak Sentezi. Nitrojen ve hidrojen gazlarının yüksek basınç ve suhnette katalist üzerinden geçirilmesi neticesinde amonyak meydana gelir. Amonyak sentezi aşağıdaki denklemle tanımlanır.



Bu reaksiyon ısı vericidir. Bir mol amonyakın meydana gelişinde 13.000 kalori ısı çıkar. Reaksiyonun suhneti arttıkça katalist temperaturü artar. Bunu önlemek için suhnetin kontrolü gerekir.

Amonyak reaktöründe kullanılan katalistin ana maddesi demir oksit olup asit ve alkali oksitlerle

aktif hale getirilmiştir. Katalist, oksijen, karbon oksitlere, sülfür, klor, fosfor ve arseniğe karşı çok hassastır. Katalistin bu maddelerle zehirlenmesini önlemek için sentez gazının arıtılması gerekir. Normal koşullar altında katalistin dayanma süresi beş yıldır.

Reaksiyona girecek elementlerin (H₂, N₂) stokiometrik oranlarda olması gerekir. Bu oranın farklı olması reaksiyona giren moleküllerin kısmi basıncının düşürülmesine sebep olur.

Dönüşüm reaktöründe işletme basıncı büyük üniteler için 200 atmosfer, orta üniteler için 300 atmosferdir. Büyük ünitelerde 300 atmosfere çıkarılmamasına sebep bu basıncı basacak santrafuj kompresörlerinin henüz imâl edilememesinden ileri gelmektedir.

Bir ton amonyak üretilmesi için teorik olarak 635 m³ nitrojen ve 1.900 m³ hidrojen birleşmesi gerekmektedir.

Sentez reaktöründe üst üste sıralanmış bir kaç katalist yatağı vardır. Reaktöre şarj edilen gaz katalistle reaktör arasındaki boşluktan aşağı inerek reaktörün içindeki şarj-ürün ısı değiştiricisinde ısınır. Oradan katalist yatakları içindeki bir tüpten yukarı yükseldikten sonra katalist yataklarından aşağı inerken amonyak meydana gelir. Son yatağı bırakan gazın suhneti 276°C dir. Reaktörü bırakan gazlar içindeki amonyak buharı, su ve amonyakla soğutulan kondenser içinde kondense edilir.

Kompresörler Sistemi. Amonyak ünitesinde proses havasını, sentez gazını ve dolaşım gazını basan büyük kompresörler vardır. Bu kompresörler yardımı ile sistemin basıncı istenilen düzeye çıkarılabilir.

Günde 600 tondan fazla amonyak üreten tesislerde santrafuj tipi kompresörlerin kullanılması aşağıdaki sebeplerden dolayı tercih edilmektedir :

- ★ Bu kompresörlerle büyük hacimde gaz basmak mümkündür.
- ★ Oturduğu temel ve kapladığı alan küçük ve boru bağlantıları da basit olduğu için kuruluş maliyeti düşüktür.
- ★ Yapıları basit ve güvenilir olduğu için uzun zaman bakıma ihtiyaç göstermeden çalışırlar. Bu sebepten bakım giderleri azdır.
- ★ Santrafuj kompresörlerinin bir avantajı da bunların buhar türbünleri, gaz türbünleri ve elektrik motorları ile çalıştırılmalarının mümkün olmasıdır. Tesisin kurulduğu yere göre sözü geçen çeviricilerden biri seçilerek utilite giderleri düşük tutulmaktadır.

Pistonlu kompresörler ise, kapasitesi 600 ton/gün'ün altındaki amonyak tesisleri için daha ekonomik olmaktadır. Tesis kapasitesi arttıkça pistonlu kompresör adedi çoğalacağından ilk yatırım yükselmektedir.

Buhar Üretim Sistemi. Amonyak ünitesinde meydana gelen ısıdan buhar üretimi için yararlanılmaktadır. Yüksek basınçlı buhar (102 Kg./cm², 482°C) reformer fırınında ve düşük basınçlı buhar (2 kg./cm²) ise karbon monoksit dönüştürücüsünün kaynatma kazanında üretilir. Buhar üretiminde kullanılan kazan suyunda katı maddelerin ve silikanın çok düşük olmasına ve PH'nın da belirli bir düzeyde tutulmasına dikkat edilir. İstenilen koşullar yerine getirilmediği takdirde kazanlarda arıza başlar.

Büyük kompresörlerin ve pompaların çeviricilerini yüksek basınçlı buharla çalıştırmak daha ucuza mal olmaktadır. Bu sebepten sentez ve dolaşım gazı kompresörlerinin ilk kademesinde 102 kg./cm² lik, diğer sürücülerde ve karbon monoksit dönüştürme kabında 42 kg./cm² basınçlı buhar kullanılmaktadır.

PROJENİN EKONOMİSİ

Projenin ekonomisi, naftadan günde 600 ton susuz amonyak üretilmesi esasına dayanmaktadır. Bu tesis için tahmini yatırım \$ 13.000.000 olup içinde stim üretim sistemi, soğutma sistemi, su muamelesi, boru donanımı, elektrik dağıtım şebekesi ve depolama tankı yatırımları da vardır.

İşletme sermayesi olarak yıllık satışın aşağı yukarı % 25 kabul edilmiştir. Bu yatırım, proses envanterini karşılamak ve giderleri ödemek üzere elde bulundurulması gereken ana para olup stok halindeki ham maddeyi prosesdeki ve stokdaki ürünleri, işletme ve bakım malzemesini, alıcılara verilen kredileri ve üretim giderlerini içine alır.

Amonyak ürünü için 15 günlük bir stok kapasitesi ayrılmıştır. Amonyak ünitesi rafineri ve suni gübre tesisinden uzakta kurulduğu takdirde bu kapasitenin artırılması gerekir.

Üretim Maliyeti. Naftadan 600 ton/gün amonyak üreten bir tesise ait üretim giderleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Üretim maliyetinin hesaplanmasında aşağıdaki esaslar kabul edilmiştir.

- ★ Ünite yılda 330 gün çalışacaktır.
- ★ Naftanın fiyatı (\$ 22/ton) CIF üzerinden olup Avrupa pazarından temin edildiğine göredir.
- ★ Modern bir amonyak tesisinin çalıştırılması için lüzumlu işletme personeli adedi 23'tür.
- ★ Bakım giderleri yatırımın % 4'ü olarak alınmıştır.
- ★ Yönetme giderleri kuruluşlara göre 75-200% arasında değişmektedir. Hesaplarımızda yönetim giderlerinin doğrudan doğruya tesiste çalışan personel giderlerinin % 100'üne tekabül edeceği düşünülmüştür.
- ★ İşletme malzemesine ait giderler, işletme işçiliği giderlerinin % 5'i olarak tahmin edilmiştir.
- ★ Yıpranma ve eskime payı olarak tesis maliyetinin % 10'u alınmıştır.

Tablo - 1 : Naftadan Amonyak üretilmesi halinde
Üretim Maliyeti

Proses Sırası : Nafta ve Rafineri Gazındaki Sülfürün Giderilmesi,
Sarjın Buharlaştırılması, Yüksek Basıncılı Reformer,
Karbon Monoksit Dönüştürücüsü, CO₂ Giderici
(Sıcak Karbonat Çözeltisi), Metanlaşma, Kompresyon
Sistemi, Amonyak Sentezi.

Kapasite : 600 T/ÇG
Yatırım : \$ 13.000.000

Kompresör ve Sürücü: Santrafuj ve Stim Türübünü

	Miktar	\$ /T NH ₃
Ham Madde		
Nafta, \$ 22/Ton	630 MM BTU/S	12,60
Utilite		
Nafta, \$ 22/Ton	209 MM BTU/S	4,18
Fuel Oil, \$ 11/Ton	123 MM BTU/S	1,40
Elektrik, 16.8 Krş/Kws	3.280 KWS	2,47
Ham su, 0.83TL/m ³	272 m ³ /s	1,00
Malzemeler		
Katalist ve Kimyevi Maddeler		0,71
Bakım Malzemesi		1,35
İşletme Malzemesi		0,01
İşçilik ve Yönetim		
İşletme		0,18
Teknik Servis		0,15
Bakım işçiliği		1,35
Dolaylı Giderler		
Amortizman		6,58
Sigorta		0,34
Faiz iç, % 8		1,23
Dış, % 6,75		1,98
Genel giderler ve Üst Yönetim		1,62
		<u>37,15</u>

★ Yatırımın faizini hesaplarken toplam yatırımın % 77'sinin dış finansman, % 23'nün iç finansman yoluyla sağlanacağı kabul edilmiştir. Bu şartlar altında sağlanacak paranın dış finansman kısmı için % 6,75 faiz ve iç finansman kısmı için % 8 faiz (yatırım bankası) ödenecektir.

Amonyakın Depolanması. Amonyakın tüketimi genel olarak mevsimlidir. Bu sebepten amonyakın uzun müddet sıvı veya sun'i gübre olarak saklanması gerekir.

Amonyak tesisi sun'i gübre fabrikasının yanına kurulduğu takdirde depolama hacminin büyük tutulmasına lüzum yoktur. Sun'i gübre fabrikası ayrı bir bölgede kurulmuş ise nakliye durumu da gözönünde tutularak amonyak için 10 ilâ 30 günlük bir stok kapasitesi elde bulundurulur.

Büyük amonyak tesislerinde sıvı amonyak atmosferik basınç altında -33°C (-28°F) derecede depolanmaktadır. Bu basınçta amonyak kaynayıp buharlaşacağı için meydana gelen buharlar kompresörle sıvı haline getirilerek tanka geri basılır. Şekil 4'de gösterilen atmosferik sistem, yüksek basınçlı tanklara kıyasen az yatırımı gerektirmektedir.

Amonyak tüketicinin eline kadar götürdüğümüz takdirde belirli bölgelerde depoların kurulması lâzımdır. Bunlara ait sabit giderler, soğutma, transfer, işletme giderleri ve kayıplardan dolayı maliyet artmaktadır. Örneğin, 1000 ton/gün amonyak üreten bir tesis için elde 40.000 tonluk bir stok kapasitesi bulundurulduğu zaman depolama giderleri \$ 1,3/ton olmaktadır.

Amonyakın Nakliyesi. Amonyak; deniz yolu, demir yolu, nehir yolu ve kara tankerleri ile nakil edilmektedir.

Kara yolu tankerlerinin kapasiteleri tahminen 15 ton'dur.

Demiryolu sarnıçlı vagonlarının kapasiteleri

11.000 ilâ 33.500 galon arasında değişmektedir. Demiryolu ile amonyak nakli oldukça karışıktır. Vagonların kiralari ve demiryolu payı uzaklıklara göre değişeceğinden sabit bir tarife uygulanması güç olmaktadır.

Nehirlerde özel mavnalarla herseferinde 2.500 ton amonyak taşınabilmektedir. Bunlarda özel soğutma sistemi olup amonyakı -33°C derecede muhafaza etmek mümkündür.

Amonyakı Amerika içinde muayyen uzaklıklara taşımak için alınan nakliye ücretleri aşağı yukarı şöyledir :

Su yolu	0,32 - 0,4 ¢/Ton mil
Demir yolu	2 - 3 ¢/Ton mil
Karayolu tankerleri	6 ¢/Ton mil

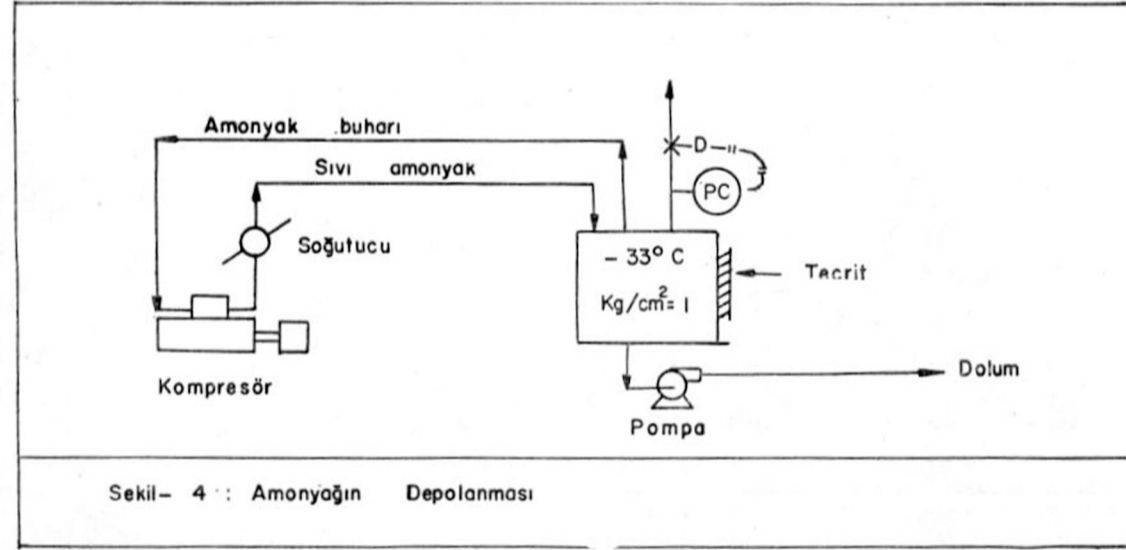
Örneğin, St. Louis, Mo'den 460 mil (740 Km.) uzaklıktaki Wichita, Kans.'a susuz amonyakı demiryolu ile normal sarnıçlı vagonlarla taşındığı zaman tonu \$ 16,7, kara tankerleriyle ise tonu \$ 27,4'a mal olmaktadır.

Amonyakın Fıatı. Amerika'da tabii gazdan üretilmiş amonyakın tüketicie satış fiyatı \$ 20 ilâ \$ 110/Ton arasında değişmektedir.

Türkiye'de ise naftadan üretilen amonyakın üretim maliyeti takriben \$ 35 - 40/Ton'dur. Akdeniz Sun'i Gübre Fabrikası amonyakı Kuwait'den \$ 35/Ton'a almak üzere anlaşma imzalanmıştır. Burada fiyatın ucuz olmasına sebep Kuwait'in sun'i gübre tesisine ortak olmasıdır. Öğrenildiğine göre Avrupa piyasalarından amonyakı \$ 50 - 55/Ton'dan aşağı satın almak mümkün değildir.

Kaynaklar :

1. W. W. Deschner, J. Gleck, P. Potts, «Can small Ammonia Plants Compete?» Hydrocarbon Processing, 47, 261 (1968)
2. N. Sweeney, Here's What Users Pay For Ammonias, 47, 265 (1968)
3. «Modern Ammonia Plant Design», Europe and Oil, 28, (1968)
4. R. Noyes, «Ammonia and Synthesis Gas, Noyes Development Comp. (1967)



Kademeli Destilasyon Kolonlarında Isı Transferinin Etkisi

Ali ESİN

Güngör GÜNDÜZ

O.D.T.Ü. Kimya Müh. Bölümü Asistanları

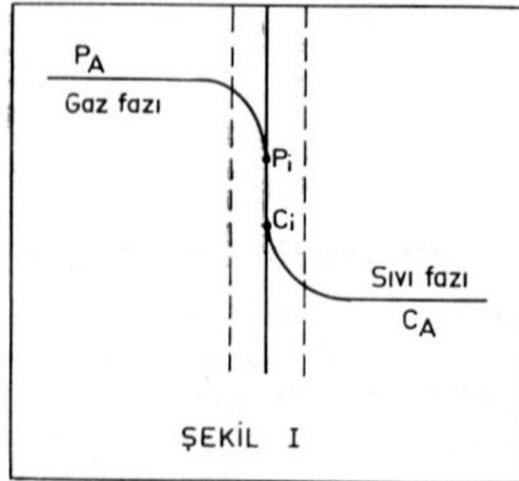
The effect of heat transfer on distillation efficiency was studied in model bubble - cap and perforated plate towers, by super heating the vapor entering the plate. It was found that, up to a certain superheating; dependent on the type of plate, the efficiency, increased, and after that point it started to decrease.

Özet : Şapkalı ve delikli olmak üzere iki ayrı cins kademeli destilasyon kulesinde ısı transferinin etkisi araştırıldı. Çalışmalar «Aseton - su» karışımı üzerinde, tek tepsilili örnek kulelerde, kazandan gelen buhar aşırı ısıtılarak yapıldı. Tepsi veriminin aşırı ısıtma miktarı ile önce arttığı, daha sonra ise düştüğü görüldü.

Giriş : Günümüze kadar, destilasyon kulelerinin verimini önceden hesaplayabilmek için birçok araştırmacılar seferber olmuşlardır. Yalnız bunların çoğu sadece fiziksel ve dinamik özellikleri göz önüne aldıkları için doğru bir sonuca ulaşmaları mümkün olmamıştır. Bu nedenle, yukarıdaki faktörlerden başka ısı transferinin ve yüzey geriliminin, destilasyon verimi üzerinde etkili olabileceği tezi ortaya atılmıştır. Bu yönden araştırma yapanlar, buhar aşırı ısıtıldığı zaman destilasyon kulesinin veriminde değişmeler görmüşlerdir. Tepsiye giren buharın aşırı ısıtılması ile yapılan bu tür damıtıma «Termal destilasyon» denmektedir. Detayları aşağıda tartışılacak olan bu araştırmanın ana amacı, Çakaloz'un doldurulmuş destilasyon kulelerinde termal destilasyon durumu için elde etmiş olduğu denklemin, tepsi kademeli kulelere ne denli uygulanabileceğinin bulunmasıdır.

Kütle transferlerinin tanımı : Herhangi bir tepsilili kulede, kütle transferinin ölçüsü, çift - direnç, veya iki - film kuralı ile açıklanabilir. Dolayısıyla birim alan ve birim sürede madde geçişi (Şekil : I).

$$N_A/S = K_{OG} (P^* - P_G) = K_{OL} (C_L - C^*) = k_G (P_i - P_G) = k_L (C_L - C_i) \quad (1)$$



olarak yazılabilir. K ve k, kütle transfer katsayısı olarak tanımlanır. Karmaşık sistemlerde (özellikle tepsilili kulelerde) arayüzey alanı yeterlikle tarif edilemeyeceği için kütle transfer katsayısı, alan terimi 'a' ile beraber kullanılır. Yukarıdaki denklemin türevi alındığında ise,

$$d N_A = K_{OG} a (y^* - y) P S dZ \quad (2)$$

bulunur ve eşit ölçüde mollerin geçişi varsayıldığından,

$$d N_A = G_M S dy = L_M S dx \quad (3)$$

yazılır. 2 ve 3. denklemlerin çözümünden ise,

$$\frac{K_{OG} a P dZ}{G_M} = \frac{dy}{y^* - y} \quad (4)$$

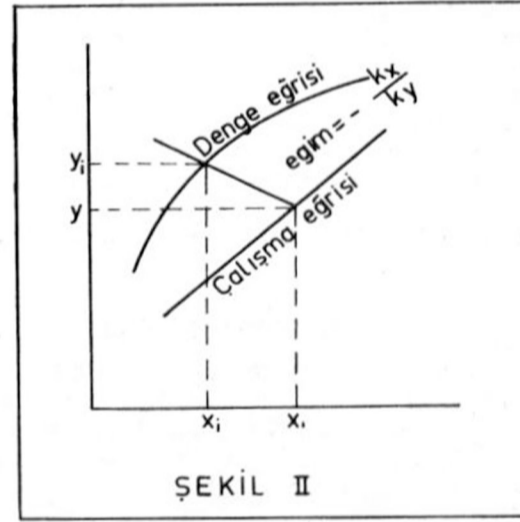
elde edilir. $K_{OG} a P/G_M$ in sabit kaldığı kabul edilerek tarafların integrali alındığında,

$$\frac{1}{K_{OY}} = \frac{1}{k_Y} + \frac{m}{k_X} \quad (6)$$

kütle transferi birim sayısının tarifi elde edilmiştir. Bir kolaylık sağlamak için kütle transfer katsayıları mol kesiri cinsinden ifade edilirse kolaylıkla,

$$\frac{K_{OG} a P Z}{G_M} = \frac{dy}{y^* - y} \equiv N_{OG} \quad (5)$$

bağlantısı çıkartılabilir. Burada m, sıvı-gaz denge eğrisinin eğimidir. Ayrıca fazların arayüzeydeki yoğunluklarını, fazların kütle yoğunluklarına birleştiren doğrunun eğitiminin ise $-(k_x/k_y)$ olduğu görülebilir (Şekil II).



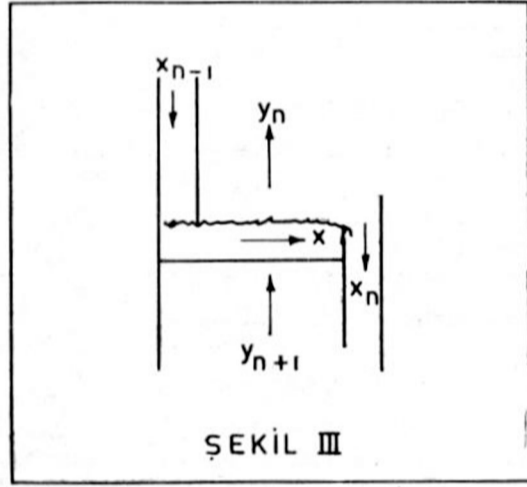
Tepsi örneği : Şekil III'te gösterilen tepsin üstündeki sıvının iyi karışma dolayısıyla, her noktada konsantrasyonu aynıdır. Eğer tepside yükselen buhar, konsantrasyonu x_n olan bu sıvı ile dengede ise tepsi 'ideal' veya 'tam' tepsi olarak adlandırılır. Murphree tepsi verimi ise gaz ve sıvı terimleri cinsinden,

$$E_{MV} = \frac{y_n - y_{n+1}}{y_n^* - y_{n+1}} ; E_{ML} = \frac{x_{n-1} - x_n}{x_{n-1} - x_n^*}$$

olarak gösterilir ki, asterikli terimler dengedeki durumu yansıtmaktadırlar. Dolayısıyla Murphree tepsi verimi, tepsi üzerinde bir dikey doğruda elde edilmek istenirse,

$$E_{MV} = E_{OG} = 1 - e^{-N_{OG}}$$

olarak bulunur.

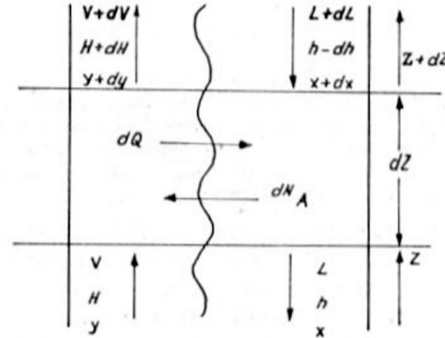


ŞEKİL III

Normal ve Termal Destilasyon : Destilasyon işlemi sırasında tepside yükselen gaz ile tepsi üstündeki sıvı doyuma sıcaklıklarında bulunuyorsa, kütle transferi yalnızca difüzyonla olur ve bu duruma «normal destilasyon» denir. Yukarıda tanımlanan bütün denklemler bu varsayım ile elde edilmiştir. Halbuki Danckwerts, Sawistowski ve Smith, tepsiye giren buharın daima tepsi üstündeki sıvıdan daha sıcak olduğuna değinerek, destilasyon olayında ısı geçişinin etkili olabileceğini işaret etmişlerdir. Buhar aşırı ısıtıldığında ise, yoğunlaşmış sıvılaşan miktarı sıvının buharlaşan miktarından daha küçüktür. Tepsili bir kulede aşırı ısıtılmış buhardan, tepsi üzerindeki sıvıya ısı transferi iki yoldan olabilir; (a) tepside ısıyı iletilmesiyle; (b) kabarcıklar sıvının içinden geçerken. Böylelikle destilasyon işleminin sadece difüzyon ilişkileri ile değil, fazlar arasındaki sıcaklık farkı dolayısıyla ısı transferinde etkilendiği duruma «termal destilasyon» denir.

Çakaloz termal destilasyon durumları için, sıvı fazın kütle transferi birim yüksekliğinin (H_L), aşırı ısıtılmış buhar ile etkilenmediğini kabul ederek, transfer birimi yüksekliği cinsinden bir denklem elde etmiştir. Şekil IV te gösterildiği üzere, aşırı

ısıtılmış buharın bir kısmının birimsel yükseklik dZ 'den konsantrasyonunda hiçbir değişikliğe uğramadan geçtiği varsayılarak, ısı ve madde dengeleri kurulabilir,



Şekil IV

$$d(Vy) = dV y_1 + dN_A \quad (9)$$

$$d(VH) = dV H_1 - dQ - \Delta H_i dN_A \quad (10)$$

burada V ve y buharın mol hızı ve mol kesiridir. Ayrıca dN_A ve dQ terimleri yerindedir,

$$dN_A = k_G a S (y_i - y) dZ \quad (11)$$

$$dQ = U_G a S (t_g - t_i) dZ \quad (12)$$

konulabilir. Denklem yeniden düzenlendiğinde,

$$\left[\frac{dy/dZ}{(y_i - y)} \right]_T = \frac{\alpha}{dZ} + \frac{k_G^*}{V} \left[1 - \frac{\alpha U_G^* (t_g - t_i) / k_G^*}{dH} - \frac{\alpha \Delta H_i (y_i - y)}{dH} \right]$$

$$\alpha = \frac{y_i - y_1}{y_i - y}$$

$$U_G^* = U_G a S$$

$$k_G^* = k_G a P S$$

elde edilir ki,

Denklem 13 teki dy/dZ terimi, bir verim ifadesi olarak $y_i - y$ kabul edilebilir, zaten termal destilasyon durumu için transfer birimi yüksekliğinin tersidir ($1/H_{GT}$).

Halbuki normal destilasyon durumu için aynı terim, $1/H_{GC} = k'_G / V$ olarak yazılır. Böylelikle H_{GC} / H_{GT} oranı bulunabilir,

$$\frac{H_{GC}}{H_{GT}} = 1 + H_{GC} - \frac{\alpha}{dZ} = \frac{\alpha U_G^* (t_g - t_i) / k_G^*}{dH} - \frac{\alpha \Delta H_i (y_i - y)}{dH}$$

Ayrıca u'_G / k'_G da ısı ve kütle transferi arasındaki andırmadan (analoji), J_H ve J_D faktörlerinden bulunarak yerine konur.

$$j_H = \frac{U_G}{C_p \rho_M} (Pr)^{1/3} \quad ; \quad D = \frac{k_G P}{\rho_M} (Sc)^{1/3}$$

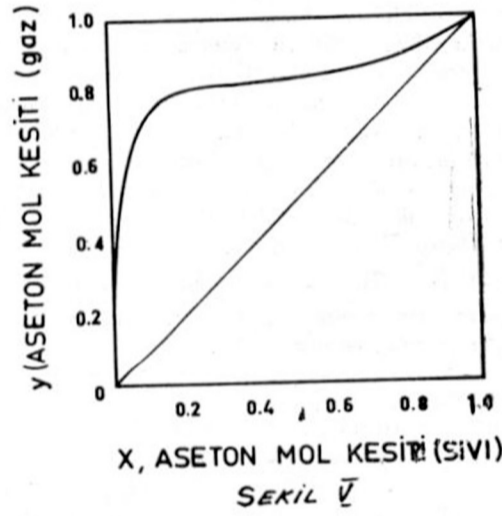
$$\frac{U_G'}{k_G} = C_p (Sc/Pr)^{1/3}$$

$$\frac{H_{GC}}{H_{GT}} = 1 - H_{GC} \frac{dZ}{dz} - \frac{C_p (t_G - t_L)}{\Delta H} (Sc)^{1/3} - \frac{-\Delta H_i (y_i - \bar{y})}{\Delta H}$$

Burada y çalışma eğrisinde sıvı yoğunluğuna karşıt olan buhar yoğunluğudur. Denklemdaki diğer terimler entalpi-yoğunluk ve sıvı-gaz denge eğrilerinden bulunabilir.

Deneysel : Deneysel biri delikli, diğeri tek şapkalı iki ayrı örnek kulede yapılmıştır. Her ikisinde sıvı taşınmasını önlemek amacı ile ana tepsinin 61.0 cm. üstüne ikinci bir tepsi yerleştirilmiştir.

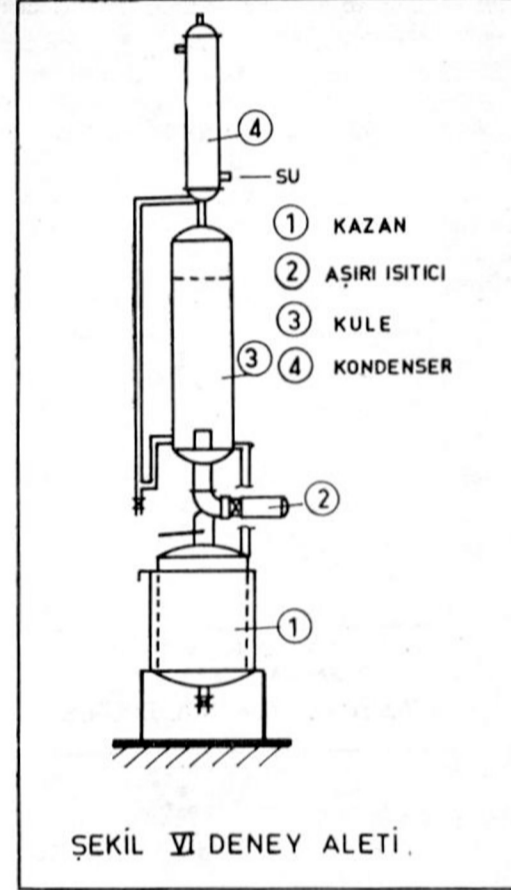
«Aseton - su» karışımının deney ortamı olarak seçilmesinde iki önemli nokta gözönünde bulundurulmuştur. Birincisi, iki ayrı yoğunluk bölgesinde faz dirençlerinin hemen hemen bir faz tarafından kontrol edilmesi, (Şekil V)



İkincisi ise sistemin kaynama derecesindeki fiziksel özelliklerinin yeterli olarak bilinmesidir. Kulelerden alınan örneklerin yoğunlukları ise, önceden «aseton - su» için «kırılma indeksi yoğunluk» eğrisi bulunmuş olan Abbe-Refactometre» sinde yapılmıştır.

Deneysel aletlerinin şeması Şekil VI'da gösterildiği üzere dört ana kısımdan meydana gelmektedir; (1) kazan; (2) aşırı ısıtıcı; (3) kule; (4) kondenser.

Kazanlar, paslanmaz çelikten yapılmış olup, buharla ısıtmayı sağlamaktadırlar. Dolayısıyla, ısı santralından verilen 3atm. basınçta buhar için girişi ve yoğunlaşmış sıvılaşan kısmı için de çıkışı vardır. Ayrıca kaynayan karışımın buharlarının çıkması ve kuleye verilmesi için üstünde bir çıkışla ve tepside çıkan maddenin tekrar kazana verilebilmesi için bir girişle donatılmıştır. Bunlardan başka kazandaki sıvının yoğunluğunun bulunabilmesi ve



boşaltmak için de altında bir vanası bulunmaktadır.

Kazandan çıkan ve kuleye giden buhar yolu üzerine aşırı ısıtıcı, 1 1/2" demir borudan yatay bir U meydana getirilerek yapılmış olup, altına yerleştirilen havagazı ocakları ile gerekli ısı ayarlanmıştır. Normal destilasyon işlemi içinde, aşırı ısıtıcıya giden yolun vanası kapatılarak, düz hattı açılmış, dolayısıyla buhar yoğunlaşma sıcaklığında kuleye verilmiştir. Gerekli buhar sıcaklığının sağlandığını görmek için, buhar yolu üzerinde kazan çıkışına ve tepsi girişine termometreler konulmuştur.

Kuleler, delikli tepsili olanın çapı 15.0 cm., şapkalı olanın ise 20 cm. olmak üzere galvanizli saç bükülerek meydana getirilmiş olup, delikli olanında 95 adet 4.74 mm. lik, eşit kenarlı üçgen üzerine yerleştirilmiş delik ve şapkalıda ise 4/5 oranında küçültülmüş 25 yarık standart 4 inc'lik bir şapka bulunmaktadır. Tüm geri akma oranında (total reflux) çalışıldığı için kondenserden çıkan sıvı doğrudan tepsi üzerine bir boru hattı ile getirilmektedir. Ayrıca tepside yükselen buharın sıcaklığını ölçmek için tepsinin 30 cm. üstüne bir termometre konulmuştur.

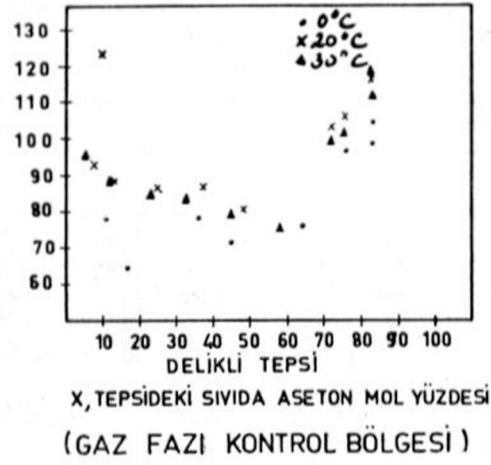
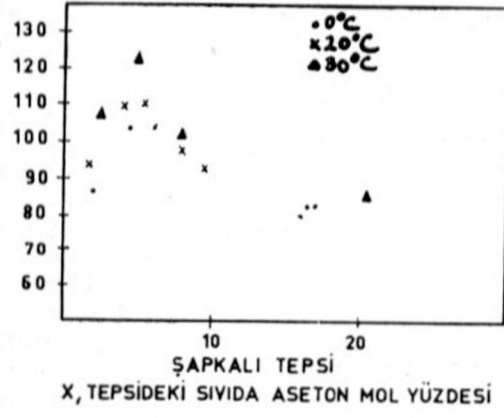
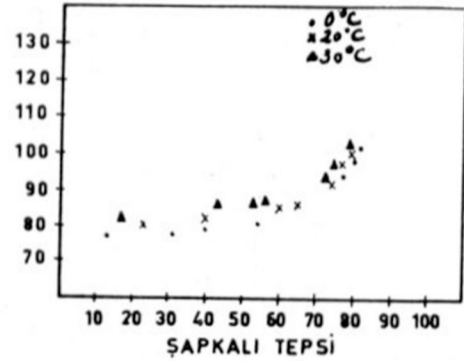
Kuleden çıkan buhar, borulu bir ısı değiştiricide buharlaşma ısısı alınarak doyma sıcaklığında

ki sıvı halinde, rotametreten geçtikten sonra tepsi üstüne verilmiş ve aksi taraftaki tepsi çıkışından bir boru ile kazana döndürülmüştür.

Tepsinin verimini bulabilmek için tepsi üstüne verilen, tepside çıkıp kazana giden, ve kazandaki sıvıdan örnekler alınarak kırılma indekslerinden yoğunlukları bulunmuştur.

Deneyler 0°, 20°, ve 30°C aşırı ısıtmalarda ve tepside çıkan sıvının konsantrasyonu değiştirilerek yapılmıştır.

DeneySEL sonuçlar ve Tartışması :

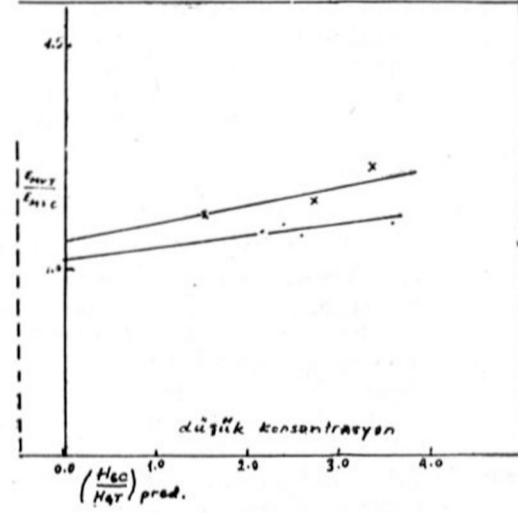


1) E_{MV} : Deneysel gaz fazı Murphree tepsi verimi, sıvı gaz denge eğrisinden ve deneylerde bulunan yoğunluklardan, denklem 7 ye göre hesaplanmıştır. Şekil VII'de gösterildiği gibi, tepside çıkan sıvının konsantrasyona karşı çizildiğinde şapkali kulelerde aşırı ısıtma ile artmakta olduğu ve delikli kulelerde ise bir dereceden sonra etkisinin tepki yaratmış olduğu görülebilmektedir.

Bu durumun açıklanması için Susanov tarafından ortaya atılmış olan «dönüşüm teorisi» yeterlidir. Bu teoriye göre periyodik olarak kabarcıkların sıkışıp, açılmalarından taşımakta oldukları iç enerjileri (internal energy), hız enerjisine (kinetic energy) dönüşmektedir. Daha sonra ise sürtünme yoluyla hız enerjisi tekrardan iç enerji olmaktadır. Dolayısıyla, şapkali kulelerde sürtünme delikli olanlara göre daha fazla olduğu için, kabarcıklara aşırı ısıtma yoluyla verilmiş olan iç enerji daha az kaybolmakta ve esas kısmı tepsideki sıvıyı buharlaştırmağa gitmektedir. Yalnız daha yüksek aşırı ısıtmalarda, şapkali kulelerde de aynı geri dönüş beklenebilir.

Ayrıca, düşük yoğunluklarda elde edilmiş olan verimdeki bir tepe noktasının varlığında yüzey geriliminin etkisi yönünden oldukça olağandır. Davies ve Rideal'e göre, eğer kütle transferinden ötürü sıvı fazın yüzey gerilimi artıyorsa bu kütle transfer katsayısını büyütmektedir ki, sonucunda verim artmaktadır. Sırf aynı sebepten kaynama noktası yüksek olan tarafın, yüzey gerilimi de yüksekse, distilasyon kulelerinde tepsi veriminin yukarıdan aşağıya doğru artması beklenir.

2) H_{GC}/H_{GT} : Çakaloz'un denkleminde hesaplanan verim oranı ile deneysel sonuçlar arasında uyumsuzluk görülmektedir. Sabit ve artı olarak kalması gereken değer yerine, düşük konsantrasyonlarda önce yükselip sonra azalan ama daima bu sabit değerden büyük kalan; yüksek konsantrasyonlarda ise eski değerlerden başlayıp artan sonuçlar bulunmuştur. Bu durumun nedeni doldurulmuş ku-



lelele, tepsili kuleler arasındaki farktan ve dolayısıyla denklemin elde edilisindeki bazı varsayımlardandır. Denklemi elde etmek için özellikle, aşırı ısıtma ile verimin düşeceği göz önüne alınıp, bir kısım buharın hiç bir değişmeye uğramadan çıktığı kabul edilmişti. Halbuki tepsili kulede verimin arttığı görülmektedir, yalnızca verimin düşmeğe başladığı aşırı ısıtma noktasından itibaren denklemin uygulanması beklenebilir.

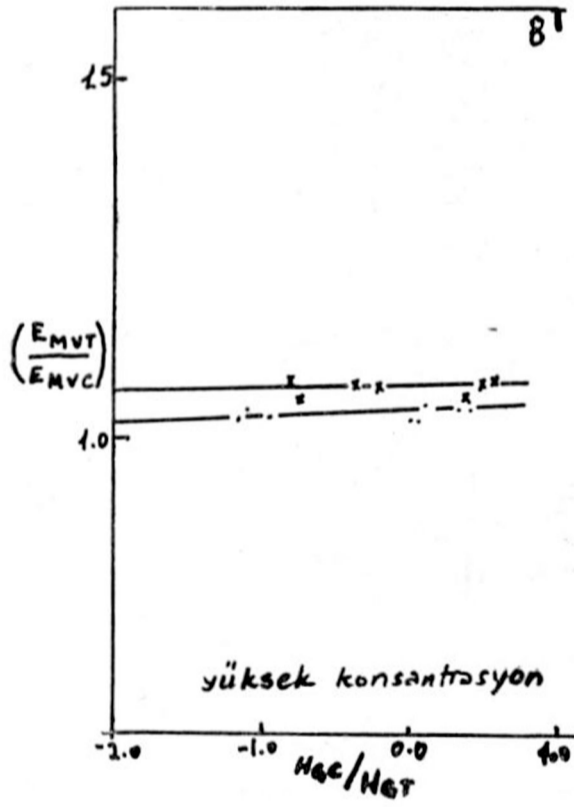
Şapkalı kulede elde edilen termal ve normal destilasyon verimlerinin oranı ile ($\frac{E}{MVT/E_{MVC}}$), denklem 15 ten hesaplanan ($\frac{H}{GC/H_{GT}}$) arasında, yoğunluğa göre değişmelerinde bir benzerlik görüldüğü için $\frac{E}{MVT/E_{MVC}}$ ye karşıt olarak $\frac{H}{GC/H_{GT}}$ çizildiğinde sıvı fazın ve gaz fazın kütle transferini kontrol ettiği iki ayrı bölgede, birer

$$E_T - E_C = n b x^d + E'$$

$$n = n' (1 - e^{-\alpha/n'}) ; \alpha = \alpha' e^{-\epsilon/T}$$

$$n' = \frac{e^{(\theta/T)} - w}{1 + e^{(\theta/T)} - w}$$

b = gaz faz kontrol bölgesi için 1 ; sıvı fazı kontrol bölgesi için - 1
T = aşırı ısıtma miktarı



doğru bağlantısı bulunmuştur. Yalnız bu işlem için $\frac{H}{GC/H_{GT}}$ oranının eksi olduğu, gaz fazının kütle transferini kontrol ettiği bölgede, eksen kaydırılarak bütün değerlerin artı olması sağlanmıştır. (Şekil VIII). Ordinatın kesildiği noktalar (c), gaz fazın ve sıvı fazın direncinin kontrol ettiği her iki bölgede, sabit aşırı ısıtma derecesinde eşit olarak bulunmuştur.

Bunlardan başka, yine şapkalı kulede elde edilen verimin aşırı ısıtma derecesi ile değişmesi araştırıldığında üslü bir denklem bulunmuştur. Bu sonuca ulaşabilmek için delikli tepsili kulede bulunan değerler de dikkate alınmıştır.

Sonuç : Tepsili örnek kulelerden termal destilasyon sonucu elde edilen değerler ve yapılan hesaplara göre,

1 — Tepsiyeye giren buhar aşırı ısıtıldığında, tepsi veriminin, aşırı ısıtma ölçüsü ile, önce yükseldiği ve bir tepe noktasından geçtikten sonra düşmeğe başladığı görüldü. Bunun nedeni aşırı ısıtma yoluyla buharın hız enerjisi kazandırılmış olmasındır. Ayrıca bu tepe noktasına karşıt olan aşırı ısıtma derecesi de tepsi cinsine bağlıdır.

2 — Çakaloz tarafından doldurulmuş kuleler için elde edilmiş olan denklem, tepsili kulelerdeki durumu, özellikle hidrodinamiğin etkisini kapsamadığı için, verilmiş olduğu şekilde uygulanamaz.

3 — Tepsili kulelerde, kabarcıkların hidrodinamiği sorunu çözümlenmeden ve ısı transferi ile yüzey gerilimi etkilerinin katılmadığı herhangi bir verim denkleminin yeterli olması beklenebilir.

Kullanılan Terimler

- a : tepside tutulan sıvının hacmine oranlanmış arayüzey alanı,
- C_A : Ana sıvıda A komponentinin konsantrasyonu;
- C_i , arayüzeyde; C_A , P_A ile dengede
- C_p : Sabit basınçta ısı kapasitesi
- d : türev terimi
- E : verim, Emv; murphree gaz fazı; Emt, termal damıtma; Emvc, normal damıtma,
- G_M : Mol birimlerinden kule kesitine oranlanmış buhar hızı
- H_G, H_L : Kütle transferi birim yüksekliği, gaz ve sıvı için,
- H : Buharın entalpisi
- h : sıvının entalpisi
- K, k : kütle transferi katsayısı; k_G, K_G , gaz fazı ve filmi; k_L, K_L sıvı fazı ve filmi

k : iletkenlik katsayısı,
m : sıvı - gaz denge eğrisinin eğimi
 N_G, N_{OG} : gaz filmi ve fazı kütle transferi
birim sayısı
P : Basınç
p : kısmi basınç
 p_A
Q : Isı transfer hızı
R — Gaz sabiti
S : kesit alan
T : Aşırı ısıtma miktarı
t : sıcaklık, tg, ortalama buharda; ti, arayüzey-
de,
 U_G : Isı transfer katsayısı
V : buhar hızı
x : daha uçucu maddenin mol kesiri (sıvı)

y : daha uçucu maddenin mol kesiri (gaz)
Z : temas yüksekliği.

Referanslar

- 1) Arikut, D. «The effect of Heat Transfer in Distillation columns», M. Sc. Thesis, 1968, M.E.T.U.
- 2) Çakaloz, T. «The effect of heat transfer in Distillation», M.E.T.U. Publications, Ankara, 1968
- 3) Danckwerts, P.V., Sawistowski, H., ve Smith, W., «Int. Symp. On Distillations», Brighton, 1960
- 4) Davies, J. T., ve Rideal, E.K., «Interfacial Phenomena», Academic Press, 2 nd ed. 1968
- 5) Esin, A., «The effect of heat transfer in Bubble-cap Distillation Column», M. Sc. Thesis, M.E.T.U. Ankara 1970
- 6) Gündüz, G., «The effect of heat Transfer in plate Columns», M. Sc. Thesis, M.E.T.U., 1970
- 7) Susanov, E. Ya., C.A. 58, 6466c, 1963

EVET!
KARAR VERDİM VE..
PETROL OFİSİ
MAMULLERİNİ SEÇTİM
* Benzin * Gaz * Motorin * Fuel oil * Yağ

KİMYA TESİSLERİNDE SOĞUTMA SUYU OLARAK DENİZ SUYUNUN KULLANILMASI

Yazan :
Akın ÖKTEM
Kimya Mühendisi
Etibank Proje-Tesis Dairesi

Summary :

In this article various aspects of seawater are discussed as an industrial coolant for chemical plants.

In the first part, some chemical and physical properties are defined as used in engineering. Probable difficulties encountered during design and process including turbidity, foaming, corrosion, precipitation, fouling and impingement attack on various materials of construction are reported, in combination with experience and some solutions to these difficulties.

In the second part, typical aspects of a seawater supply and mechanical cleaning system with its main equipment is briefly outlined. One system consisting of water intake, coarse and fine bar screens, rotary belt screen, vertical, pump, valves and pipe-lines is explained with some design criteria.

BÖLÜM : I

PROJELENDİRME VE PROSES ÖZELLİKLERİ

Dünyada halen deniz suyundan istifade etmekte olan bütün fabrikalarda takriben 4.5 milyon m³/hr deniz suyu kullanılmaktadır. Bunun 250.000 m³/hr kadarı tuz, brom, magnezyum bileşikleri, diğer bazı kimyasal maddeler ve tatlı su elde edilmesi için harcanmaktadır. Geriye kalan büyük miktardaki deniz suyundan ise tesislerde soğutma suyu olarak faydalanılmaktadır.

Yukarıdaki rakamlara dahil olan yurdumuzdaki çeşitli tesislerde yaklaşık olarak 150.000 m³/hr deniz suyu kullanılmaktadır.

Deniz suyunu sadece basit bir tuz iyonları çözeltisi olarak kabul etmemek gerekir. Zira deniz suyunda korozyonu etkileyen çözünmüş gazlar, kompleks molekül toplulukları, deniz suyunda yaşayan veya nehirlere tarafından getirilen canlılardan teşekkül eden organik bileşikler, suspansiyon veya kolloid halde bulunan maddeler ve tesislerde aşınmaya sebebiyet veren en önemli faktörlerden birisi olan kum zerrecikleri vardır. Bu bakımdan, deniz suyu kullanan tesislerin projelendirilmesinde ve işletilmesinde karşılaştığımız başlıca problemler şunlardır: korozyon, aşınma, organik yaratıkların metal veya beton yüzeylere yapışarak kalın bir kabuk tabakası teşkil etmesi, muhtelif tuz bileşiklerinin çökmesi, akış tıkanıklıkları ve ısı transferi güçlükleri.

DENİZ SUYUNUN KİMYASAL VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ :

Deniz suyu kullanacak olan tesislerin projelendirilebilmesi ve işletilebilmesi için, deniz suyunun

bazı özelliklerinin bilinmesi gerekir. Aşağıda başlıca özellikler sıra ile incelenmiştir.

SALİNİTE :

Deniz suyunun en önemli özelliklerinden birisi, içinde bulunan toplam çözünmüş tuzların miktarıdır. Fakat tam teşekküllü laboratuvarlarda bile toplam çözünmüş tuz miktarını tesbit etmek oldukça güç bir iştir. Bu bakımdan, mühendislik hizmetleri için yeteri kadar hassasiyetle ölçülebilen bir kavram olan SALİNİTE'yi tarif etmek ve kullanmak çok daha elverişli olmaktadır. Zira salinite, deniz suyunda çözünmüş maddelerin bir fonksiyonudur.

Deniz suyunda çözünmüş bulunan brom ve iyod eşdeğerde klor olarak, bütün karbonatlar oksit olarak ve bütün organik maddeler oksitlenmiş eşdeğerleri halinde alındığı zaman, bir kilogram deniz suyundaki toplam katı maddenin gramla ifade edilmesine SALİNİTE diyoruz.

Bu durumda salinite, elektriki iletkenlik, kırılma indisi veya salinometre denilen özel hidrometreler vasıtası ile mühendislik gayeleri için yeteri kadar hassasiyetle ölçülebilmektedir.

KLORİNİTE :

Deniz suyunda çözünmüş halde bulunan klor iyonu miktarı laboratuvarlarda tam bir hassasiyetle tayin edilebilir.

328, 5233 gram deniz suyundaki bütün halojenleri çöktürmek için gram cinsinden - gerekli gümmüş miktarı, deniz suyunun klorinitesi olarak tarif edilir.

SALİNİTE VE KLORİNİTE ARASINDAKİ BAĞINTI :

Salinite ve klorinite, belli ağırlıktaki deniz suyunda ölçüldüğü için, her ikisinde «miligram/kg deniz suyu = ppm» olarak ifade edilebilir ve aralarındaki genel münasebet aşağıdaki eşitlikte gösterilir.

$$S (\%) = 1.805 (Cl \%) + 0.03$$

YOĞUNLUK :

Deniz suyu yoğunluğunun tam olarak bilinmesi çok önemlidir. Bilhassa artık maddelerin seyreltilerek denize atıldığı tesislerde, çok küçük yoğunluk farkları kirli suların ayrı bir tabaka halinde yayılmasını sağlar.

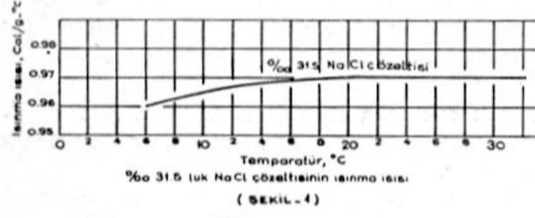
Deniz suyunun yoğunluğu, sıcaklık ve salinitenin Linear olmayan bir fonksiyonudur ve genellikle yoğunluğun en az beş rakamla ifade edilmesi istenir. Pratik olması bakımından deniz suyu yoğunluğu (ρ) yerine (σ) ile gösterilen bir özdeşlikle ifade edilir.

$$\sigma = (\rho - 1) \times 10^3$$

Örneğin, $\rho = 1.0116$ ise $\sigma = 11.6$ olarak gösterilir.

ISINMA ISISI :

Deniz suyunun ısınma ısısı (C_p), aynı konsantrasyonda NaCl ihtiva eden çözeltinin ısınma ısısından biraz daha düşüktür. Fakat sıcaklığa göre C_p değişimini gösteren deneysel neticeler henüz elimizde yoktur. Bu bakımdan eşdeğerli NaCl çözeltisi sadece yaklaşık değerler için kullanılabilir. (Şekil 1).



ISI İLETKENLİĞİ :

Deniz suyunun ısı iletkenliğinin sıcaklığa ve saliniteye göre değişimine şimdiye kadar bildiğimiz literatürlerde rastlanmamıştır. Fakat Weber kuralına göre, deniz suyunun ısı iletkenliği içinde çözünmüş maddelerin ısınma ısısından kabaca hesaplanabilir.

Deniz suyu için bulunan λ değerleri, eşdeğer NaCl çözeltisinin ısı iletkenliğinden çok az bir düşüklük gösterir.

VİSKOZİTE :

Viskozite, salinite ile çok az artar, fakat sıcaklık yükseldikçe çok hızlı bir düşüş gösterir. Genellikle 30 °C daki saf suya göre aynı sıcaklıktaki deniz suyunun viskozitesi yaklaşık % 7-8 daha yüksektir.

Yaptığımız tatbikatlarda, eşdeğer NaCl çözeltisinin viskozitesi aynı sıcaklıktaki deniz suyu için kullanıldığında oldukça iyi neticeler alınmıştır.

TOPLAM ALKALİNİTE :

Mühendislik gayeleri için toplam alkalinite, deniz suyunun «karbonat + bikarbonat + hidroksit» konsantrasyonlarının toplamının ppm olarak eşdeğer kalsiyum karbonat halinde gösterilmesidir.

KONSANTRASYON ORANI :

Denize karışan yağmur, kar ve nehir suları, deniz suyunun çözünmüş maddelerin konsantrasyonunda zaman zaman değişimlere sebep olur. Bu bakımdan, bilhassa nehir ağzlarına yakın yerler-

den veya deniz yüzeyinden su alan tesisler için konsantrasyon oranı çok önemli bir kavramdır.

Normal olarak yarı - yarıya sulandırılmış bir deniz suyunun (nehir ağzlarında olduğu gibi) ısınma ısısının yaklaşık % 2-2.5 oranında yükseldiği görülmüştür.

BULANIKLIK :

Sahilde, dalgaların etkisinden ve nehir ağzlarında akımın sürüklediği erozyon artıklarından dolayı, deniz suyunun bulanıklığı açık denize göre çok daha fazladır.

Bu gibi yerlerden alınan deniz suyu, bilhassa pompa şaftı yataklarında büyük aşınmalara yol açarken bütün tesiste de korozyonu hızlandırmaktadır. Ayrıca boru sistemlerinde su akımının yavaşladığı ve durdurulduğu yerlerde sedimantasyon olmaktadır.

Deniz suyu alma tesislerinde, bulanıklığın problem olacağı hallerde türbülant akımının sağlanması göz önüne alınmalıdır. Periyodik olarak basınçlı tatlı su ile yıkamalardan iyi neticeler alınmıştır.

KÖPÜRME :

Deniz suyunun (bilhassa sahile yakın yerlerde ve nehir ağzlarında) çözünmüş halde, az miktarda da olsa birçok organik maddeler vardır ve bunlar köpük yapma eğilimindedir. Çeşitli etkenlerle stabilize hale gelen köpüklerin zaman zaman döner süzgeçlerde su akımını güçleştirdiği görülmüştür. Bu gibi hallerde, poligliserol cinsi köpük önleyici maddelerden (1 ppm den daha az) iyi neticeler alınmıştır.

DENİZ SUYUNUN KOROZYON ETKİSİ VE KATODİK KORUNMA :

Deniz suyunun korozyon etkisi genel olarak elektro - kimyasal reaksiyonlarla açıklanır. Bu bakımdan, bol miktarda çözünmüş halde bulunan kalsiyum ve magnezyum iyonları ile yüksek elektriksel iletkenliği sayesinde, deniz suyu katodik korunma için ideal bir ortamdır.

Tablo - 1 de çeşitli materyallerin deniz suyu korozyonuna karşı dirençleri, Tablo : 2'de ise deniz suyunun göre çıkarılmış galvanik seri gösterilmiştir. Bazı literatürde deniz suyu içinde metallerin elektrot potansiyelleri ve benzeri yardımcı bilgileri bulmak mümkündür. Fakat bir materyalin deniz suyunun korozyon özelliklerini sadece elektrot potansiyellerine veya galvanik seriye bakarak çıkarmak büyük hatalara yol açmaktadır. Zira, proses şartlarında veya çevrede meydana gelen küçük bir değişiklik materyalin korozyon direncinde büyük farklılıklar gösterebilmektedir.

Deniz suyu kullanan tesisler için materyal seçimi, geniş bir tecrübe ile beraber laboratuvar ve yerinde yapılan deneylerle kabildir. Birbirinden 100 m. farklı yerlerde olan iki koyda bile, dip yapılarının değişik olması korozyon özelliklerini ö-

nemli şekilde etkileyebilir. Keza, az ve yüksek miktarda demir ihtiva eden Cu-Ni alaşımlarının elektrot potansiyelleri birbirine çok yakın olduğu halde hızla akan deniz suyunda korozyona gösterdikleri dirençlerin bir hayli farklı olduğu tesbit edilmiştir.

Korozyon teorisi pratikteki bütün problemlere tatbik edilmese bile, birçok hallerde korozyon kontrolü için bu teorinin ana prensiplerinden istifade edilebilmektedir.

Gördüğümüz tatbikatlarda, eğer küçük yüzeyli bir metal parçası (örneğin, çelik civata) kendisinden daha asal olan geniş yüzeyli bir metale (örneğin, Monel alaşım) irtibatlanırsa, geniş bir katot yüzeyine dağılan anot akımından dolayı çok hızlı ve hasar yapıcı bir korozyon olmakta ve anotlar (civatalar) galvanik korozyon neticesinde işe yaramaz hale gelmektedir.

Anot - katot yüzey oranının büyük olduğu hallerde, durum tamamen tersinedir. Zira asal bir metal veya alaşımın meydana getirdiği küçük katotlar (örneğin, paslanmaz çelik civata) kendisinden daha az asal olan çok geniş satırlı bir anottan (örneğin, dökme demir) akım çekecek ve dolayısı ile çok geniş bir yüzeye sahip olan anot üzerindeki galvanik korozyon etkisi çok az olacaktır.

Bilhassa boya veya bitüm ile yapılan korumalarda, galvanik korozyon etkisini azaltmak için katodun (asal metal) deniz suyu ile temas eden yüzeyi küçültülmeli, yani yalnız asal metal boyanmalı veya bitümle kaplanmalıdır.

Metallerle içinde buldukları ortam arasındaki reaksiyonların belli başlı sebebi, reaksiyonlar neticesinde sistemin serbest enerjisindeki azalmadır. Belki çok özel birkaç durumda altın veya platin gibi asal bir metal kullanarak akım yönünü değiştirmek mümkündür. Fakat pratikteki korozyon kontrolünde, korozyonu tamamen durdurmak-tansa, korozyon reaksiyonunun hızını azaltmak çok daha ekonomik olmaktadır.

Gene aynı düşünce ile, korozyon mekanizmasını daha az zararlı olan neticelere yöneltmek de mümkündür. Örneğin dökme demirden bir boruya magnezyum parçaları bağlandığı veya çelik üzerine çinko kaplama yapıldığı zaman, demir veya çeliğe göre daha az asal olan magnezyum veya çinko anotlar korozyona uğramakta ve daha ekonomik olarak yenilenebilmektedir. Fakat kaplama yerine parça halinde çinko metali kullanılacaksa, bu çinkonun çok saf olması gerekmektedir. Aksi halde, çinko polarize olmakta ve faydasız hale gelmektedir.

Deniz suyunun korozyon etkisi elektrokimyasal olmasına rağmen bazı hallerde biyokimyasal reaksiyonlara bağlandığı da görülmüştür. Yaptığımız tatbikatlardan, sülfat indirgenmesi kısmında mekanizması açıklanan bu tesirin, katodik korunma ile kontrol edilebileceği anlaşılmıştır.

Bakteryal korozyona uğramış bir demire katodik korunma tatbik edildiği zaman, korozyona uğramış tabakalar pul pul dökülmekte ve bakterilerin tekrar üremesine engel olmaktadır.

SÜLFAT İNDİRGEMESİ :

Sık sık rastlanan fakat gene de pek fazla dikkat edilmeyen noktalardan birisi de deniz suyundaki sülfatların indirgenmesidir. Sülfat iyonlarının bakteriyolojik olarak H_2S ' dönüşümü, (anaerobik indirgenme) deniz suyunun pH değerini düşürerek korozyon kabiliyetini artırırken, sülfat iyonları da bakır alaşımlarına tesir etmektedir. Bu bakımdan, deniz suyu kullanan tesislerin projelendirilmesinde suyun uzun müddet durgun olarak kalacağı yerlerden kaçınmak gerekir.

Sülfidlerin meydana getirdiği film tabakası geniş bir katod gibidir ve lokal hasara karşı çok hassastır. Bu gibi durumlarda anot - katod oranının çok küçük olması, büyük anodik akım yoğunluklarına sebep olmakta ve bu film tabakasının hasara uğradığı yerlerde yüksek hızlı korozyon görülmektedir.

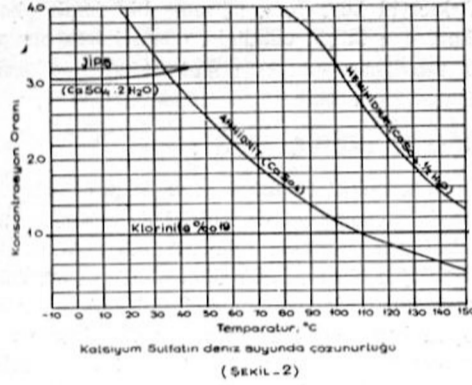
KATI MADDELERİN ÇÖKELMESİ :

Soğutma suyu olarak kullanılan deniz suyunun bir miktar buharlaşması nedeni ile, pratikte hemen daima en istenilmeyen ve en güç temizlenebilen yerlerde bir veya birkaç maddenin beraberce çökeldiği görülmüştür.

Bilhassa deniz suyunu püskürterek soğutma yapan tesislerdeki soğutucu yüzeylerinde ve güneşe açık sığ havuzlarda teşekkül eden tuz çökelmeleri neticesi, genellikle aşındırıcı, korozif ve ekseriyetle higroskopik bir kabuk tabakası hasil olmaktadır. Mamafih, normal şartlarda magnezyum ve potasyum tuzlarının çökmesi beklenemez. Teşekkül eden tabaka jips ve $NaCl$ 'den müteşekkildir. Eğer deniz suyu çok ısıtılır veya kaynatılırsa, bilhassa ısı değiştiriciler üzerinde meydana gelen alkali ve kalsiyum sülfat çökelmeleri, ısı transferini çok düşürmektedir.

Deniz suyunda magnezyum hidroksit $356^\circ C$ 'm üzerinde teşekkül eder, $CaCO_3$ ise daha düşük sıcaklıklarda çökmektedir. Fakat her ikisi de asitte çözündüğü için deniz suyunu asitlemek ve çıkan CO_2 gazını ortamdan uzaklaştırmakla çökelmeleri önenebilir.

Takriben üç misli konsantrite edildiği zaman, deniz suyunda yüzeye yapışmayan jips kristalleri ($CaSO_4 \cdot 2 H_2O$) çökmeğe başlar. Yüksek sıcaklıklarda ise, anhidrit halde $CaSO_4$ çöker. Bu, yüzeye yapışan, kimyasal veya fiziksel olarak temizlenmesi çok güç olan fazdır. Dolayısı ile, grafiğin (Şekil — 2) bu kısmında çok kısa bir zaman dahi olsa, çalışmak gerekir. Hemihidrat ($CaSO_4 \cdot 1/2 H_2O$) metastabil bir fazdır ve yeteri kadar konsantrite olan bir deniz suyunda çökerek yavaş yavaş daha stabil olan anhidrit faza dönüşür. Görüldüğü gibi, en iyisi sülfat çöken bölgede çalışmamaktır.



DENİZ SUYUNDAKİ YÜZEYLERE YAPIŞAN CANLILAR :

Deniz suyu kullanan tesislerin materyal seçimi dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan birisi de deniz suyu içinde yaşayan canlılardır. Bunlardan bazıları tahtaya, plâstiğe, yumuşak metaller ve hattâ beton malzemeye yapışarak delik ve tüneller açabilir, dolayısı ile malzemeyi zayıflatabilirler. Bazıları cidarlara yapışarak pürüzlülüğü ve sürtünmeyi artırır, borular ve kanallarda tıkanmalara sebep olur. Diğer bazıları ise, deniz suyunun durgun olduğu yerlerde kompozisyonu değiştirerek fena kokuların çıkmasına ve deniz suyunun daha korozif hale gelmesine sebep olur.

Cidarlara yapışan bu canlıların hepsinde ortak görülen genel bir karakteristiki vardır. Hayatlarının hiç değilse bir kısmında (larva hali) bir yüze tutunmak ihtiyacındadırlar. Buna en uygun yüzeyler ise metal ve beton malzemelerdir. Gördüğümüz tatbikatlarda, deniz suyunun akış hızı 1.75-2.00 m/saniye'den daha az olursa, yüzeyin pürüzlülüğüne ve deniz suyunun karakterine göre, deniz suyu içinde bulunan bu gibi organizmalar hemen her türlü katı sathı yapışarak yüzeyin pürüzlülüğünü artırırken ısı transfer hızının sür'atle düşmesine sebep olmaktadır. Ayrıca meydana getirdikleri kalın kabuk tabakası hemen bütün paslanmaz çelik cinslerinde ve Monel alaşımlarda önemli derecede karınalanmaya sebep olmaktadır. Zira, bir kabuğun cidara yapışması ile küçük bir yarık meydana gelmekte ve burada oksijen konsantrasyonu pili hasıl olmaktadır. Metal yüzeyine yapışan kabuğun altında kalan alan anot, etrafındaki çıplak metal yüzeyi ise katod haline almaktadır. Bu olayın mekanizması herhangi bir korozyon kitabından daha tafsilâtlı olarak öğrenilebilir, 18-8 paslanmaz çelik üzerinde teşekkül eden bir oksijen konsantrasyonu pilinin e.m.f. değeri 450 milivolt kadardır. Eğer çok iyi bilinen çelik - bakır pilinin e.m.f. değerininin 250 milivolt olduğu göz önüne alınırsa, işin ciddiyeti daha kolay anlaşılacaktır.

Tesis işletmelerinde pek çok güçlükler sebeplenen bu canlıların zararlı etkilerinden kurtulmanın en kestirme yolu, larvaların malzeme yüzeyine yapışmasını önlemek veya kendilerini dış etkenlere

karşı koruyan kabuklarını yapmadan önce yok etmektedir. Bakır ve bakır alaşımları bu bakımdan iyi bir koruyucu yüzey meydana getirmektedir. Deniz suyu içinde oldukça yavaş korozyona uğrayan bakır veya bakırlı alaşımların (örneğin, arsenikli Admiralti) korozyon hızının günde 1 dm²'lik alanda 5 mg. bakırı serbest bırakacak kadar olması yeterli korunmayı sağlamaktadır. Fakat demir ihtiva eden metallerle, bu gibi alaşımlar irtibatlanırsa, galvanik etkiden dolayı demir sür'atle korozyona uğrarken, bakır alaşımları katodik olarak korunmakta ve larvaları imha eden bakır iyonlarının serbest hale geçmesi önlenince için, bu canlıların yarattığı kabuk tabakasının hemen teşekkül etmeğe başladığı görülmektedir.

Aynı gaye ile bazı özel boyalar yapılmıştır. Bu boyalar, larvaları imha eden ve yüze tutunmasını engelleyen zehirli maddeleri yavaş yavaş bünyelerinden serbest bırakırlar. Koruyucu zehirli madde olarak, genellikle bakır, tribütül kalay oksit veya sülfid kullanılmaktadır. Bazı literatürlerde bakırlı boyaların suda çözünme hızının günde 10 mikrogram/cm² olması öngörülmektedir.

Malzeme yüzeyine yapışan bu canlıları kontrol edebilmenin birçok hallerde en ekonomik ve tesirli yolu, deniz suyu klorlama yapılmasıdır.

Devamlı klorlama en etkili yoldur. Fakat bu bir ekonomik sorundur. İncelediğimiz tesislerde aralıklı olarak günde bir saat veya ayda on gün klorlama yapılan değişik tatbikatlar görülmüştür. Bu gibi durumlarda en iyisi, optimum klorlama süre ve aralığını yerinde yapılacak deneylerle tesbit etmektir. Önemli olan, deniz suyu içinde devamlı olarak takriben 0.5 ppm. halojen bulundurulacak şekilde klorlama yapılmasıdır. Kısa süreli ve aralıklı klorlamalarda ise bu miktar 1.5 - 3 ppm. kadardır. Dünyadaki bazı tesislerde deniz suyu akım yönünü tersine çevirerek takriben 40°C'da termal şok yapıldığı belirtilmektedir, fakat bu metodun yurdumuzda pek fazla etkili olmayacağı inancındayız.

ÇARPMA HASARI :

Bakır ve bakır alaşımları, deniz suyu ile temas edince, hemen korozyona mukavim bir film tabakası teşekkül eder. Fakat bu koruyucu film tabakası, devamlı olarak hızla akan su tarafından yer yer hasara uğratılır. İşte bu hasara uğrayan yerler, film tabakası ile kaplı geniş yüzeye (katod) göre anod haline geçer ve metal üzerinde hızla ilerleyen bir karınalanmaya sebep olur.

İncelemelerimize göre, korozyona dirençli malzeme maksimum su akış hızı limiti 1.80 - 3.60 m/saniye kadardır. Bakır gibi dirençli olmayan metaller için bu limit 0.90 m/saniye olmaktadır.

BÖLÜM : II

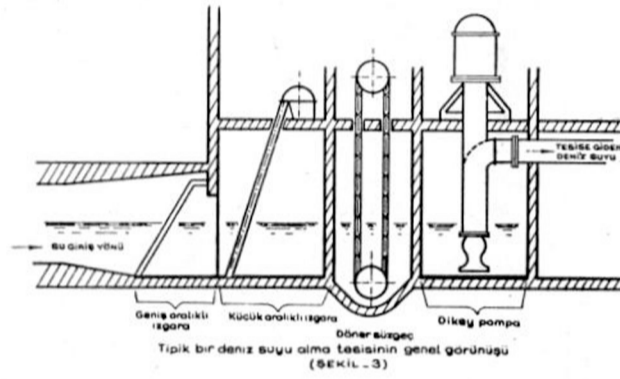
DENİZDEN SU ALMA TESİSLERİ :

Denizden su alma tesisleri genel olarak dört kısımda incelenebilir.

1. Su alma ağızları,
2. Izgaralar,
3. Döner süzgeçler,
4. Pompalar.

Deniz suyunun özelliklerine göre, yurdumuzdaki bazı tesislerde ızgaralar hiç kullanılmadığı gibi, geniş ve dar aralıklı ızgaraları arka arkaya yerleştirerek iki kademeli ızgara süzmesi yapan tesisler de mevcuttur.

(Şekil — 3) de genel bir deniz suyu alma tesisi gösterilmiştir.



SU ALMA AĞZI :

Kullanışlı bir deniz suyu alma tesisinde, su alma ağzının yeri ve dizaynı, güvenilir bir proses projesi yapabilmek ve iyi kalitede su alabilmek için çok önemli faktörlerdir.

Gördüğümüz tatbikatlarda su alma ağızları üç şekilde yapılmaktadır :

- a) Açık denize uzatılan bir boru sistemi ile,
- b) Sığ denizde açılan keson kuyulardan,
- c) Doğrudan doğruya deniz üzerine kurulan bir iskele veya köprü sisteminden pompalamak suretiyle.

Su alma ağızları genellikle dalgalardan korumak ve suyun bulanıklığını azaltmak için bir mendirekle çevrilidir. Maliyet bakımından yatırımın % 40 - 60 kadarını yalnızca bu mendirek tesisleri almaktadır.

Mendirek tesislerinin yapılması sırasında dikkat edilecek en önemli noktalardan birisi de, yurdumuzda pek fazla etkisi olmamasına rağmen, gel - git hareketi sırasında su alma ağzının en az 3 - 4 m. derinlikte kalmasını temin etmektir. Bu husus, bazan derin kuyu pompalarının kullanılmasını gerektirebilmektedir.

Ayrıca denizdeki keson kuyuların ve boru şebekelerinin su basıncına dayanabilecek nitelikte olması ve mümkün olduğu kadar korozyona uğramayacak malzemelerin kullanılması gerekir. Yapılmış olan tesislerden bazılarının deniz kenarında bir rıhtım üzerinde veya su alma ağzı ile birleştirilmiş kombine bir pompa istasyonu şeklinde olması bir ekonomik sorunu olduğu kadar tesis ve denizin özelliklerine de bağlıdır.

Deniz suyu alma ağızlarının ekonomik olarak bulunabilecek en derin suda olması gerekir. Bilhassa Batı ve Güney sahillerimizde denizin genellikle sığ olması nedeni ile 10 - 12 m.'den daha derine inmek pek makûl olmamaktadır. Zira, daha derin sulara inebilmek için sahilden çok uzaklara açılmak gerekmektedir.

Karadeniz sahillerimizde olduğu gibi, birdenbire derinleşen denizlerde ise, durum biraz daha farklıdır. Sahile yakın bölgelerde dalgaların tesiri ile devamlı bir çalkalanma ve bulanıklık vardır. Bu bölgeden sonra derinlik arttıkça temperatür düşer ve kısa bir geçiş bölgesinden sonra dalga tesirine uğramayan durgun su bölgesi gelir. Fakat bu bölgedeki deniz suyunun kimyasal ve biyolojik karakteristikleri derinliğe bağlı olarak önemli farklılıklar gösterebilir.

Derin denizlerden su alma ağızlarının muhtelif derinliklerden su alacak şekilde ve birden fazla olmasının pratik bakımdan bazı avantajlar sağladığı görülmüştür. Birden fazla ağız olan sistemlerin başlıca avantajları şunlardır :

- i) Fırtına veya herhangi bir sebeple artan su bulanıklığı tesirinden kurtulmak,
- ii) Yaz aylarında artan sıcaklığa göre daha alt tabakalardaki düşük temperatürlü suyu almak,
- iii) Derinde birikmiş karbon dioksit ve kükürtlü hidrojen gibi gazların zaman zaman değişmeler gösteren tesirinden kurtulmak.

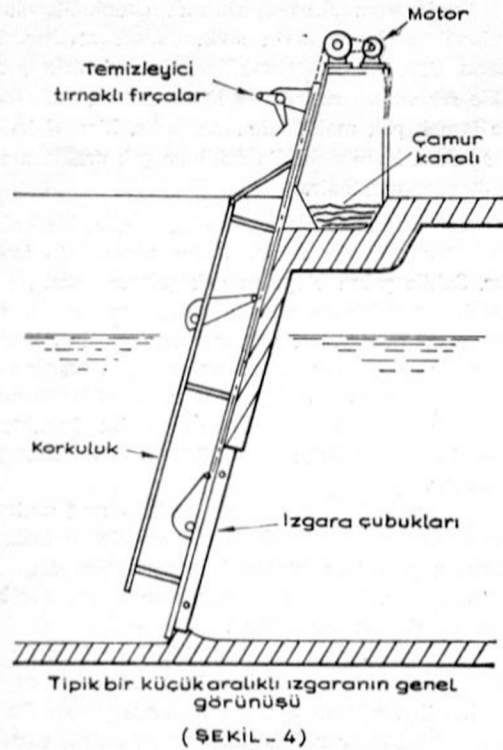
Deniz suyunun özellikleri biraz da su alma ağzının yerine ve şekline bağlıdır. Yüzeyden, kanallar vasıtası ile alınan deniz suyunun kompozisyon ve temperatüründe görülen değişiklikler, sahilden ileriyeye doğru deniz dibinden uzatılmış bir boru sistemi ile alınan suyun karakteristiklerinin göstereceği değişikliklerden çok daha fazladır. Derin sulara indirilmiş borular ile su alan sistemlerde mevsimlere bağlı olarak kompozisyon değişiklikleri oldukça azdır.

BÜYÜK VE KÜÇÜK ARALIKLI IZGARALAR :

Gördüğümüz tatbikatlarda, deniz suyuunda suspansiyon veya yüzer halde bulunan iri parçaların, yengeç, balık, yosun ve benzerlerinin su alma ağzından içeri girerek tahribat yapmasını önlemek için, su alma ağızlarında 12 - 100 mm. aralıklı çubuklar halindeki kaba ızgaralar kullanılmaktadır. Izgaralar üzerinde biriken pislikler, elle veya otomatik dişli sistemleri ile ızgaraları sarsarak temizlenmektedir.

Birçok hallerde geniş aralıklı ızgaralarla yapılan temizleme işlemi yeterli olmayabilir. Bu bakımdan, daha küçük aralıklı ızgaralar kullanmak gerekebilir. Özellikle deniz suyuunda çok rastlanan yosunlar ve küçük balıkların sisteme girmesini önlemek için 3 - 10 mm. aralıkla yerleştirilmiş çubuklar halindeki ızgaralar kullanılması uygun olur (Şekil — 4).

Küçük aralıklı ızgaralar döner fırça sistemleri ile temizlenir. Yaprak şeklindeki zincirler üzerine



monte edilmiş olan bu fırçalar, ızgaranın en üst seviyesinde bulunan başka bir döner fırça ile temizlenirken ızgara yüzeyinden alınan pislikler de bir boşaltma kanalına dökülür.

Çubuklardan yapılmış büyük ve küçük aralıklı ızgaralar, paslanmaya ve deniz suyu korozyonuna mukavim malzemeden yapılır. Genellikle ızgara malzemesi olarak galvanizli çelik, özel alüminyum veya bakır alaşımları kullanıldığı gibi, tatbikatta lastik veya plastik kaplı malzemelerden yapılmış ızgara sistemleri de görülmüştür.

BANTLI DÖNER SÜZGEÇLER :

Denizden su alan tesislerde kullanılacak suyun temizliği ve safiyeti, süzgeçlerin gözenek büyüklüğüne bağlıdır.

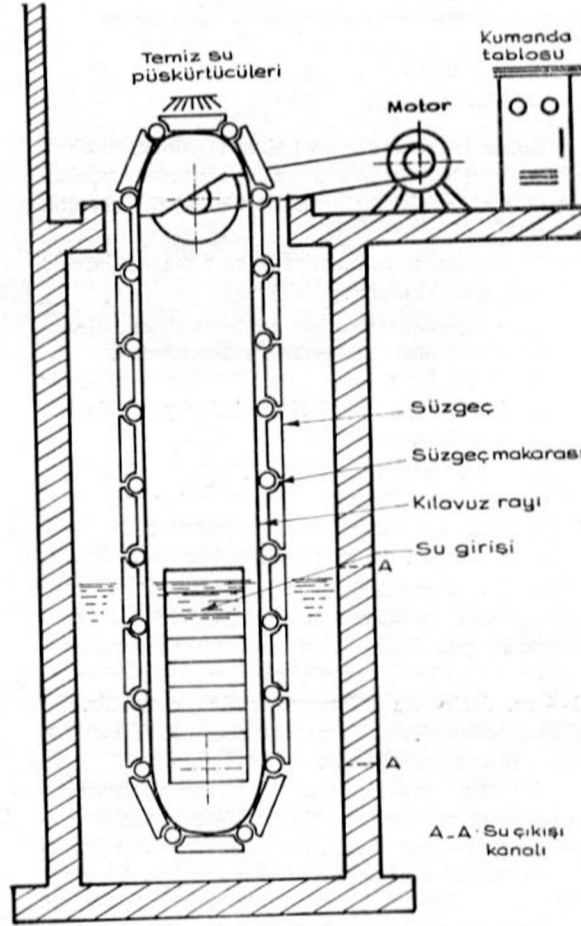
Plâklar halindeki süzgeçler, iki tambur arasında gerilmiş olan sonsuz bantlar üzerine tesbit edilmiştir. Bantlar özel rulmanlar vasıtasıyla kılavuz yatakları içinde dönecek şekilde yapılmıştır. Döndürme gücü suyun dışında bulunan üst tambura özel bir dişli sistemi vasıtasıyla iletilir. Süzgeçin tipine ve proses şartlarına göre, mümkün olan en iyi temizlemeyi temin edebilecek şekilde, eleklerin dönme eksenini su akışına dik veya paralel olabilmektedir. Bantlı süzgeçlerin dönme hızı, maksimum temizlemeyi temin etmek ve ekipman üzerindeki aşınmaları minimum hale getirebilmek için bu özel dişli sistemi vasıtasıyla ayarlanır (Şekil - 5).

Deniz suyu akışına paralel dönen bantlı süzgeçlere su girişi, süzgeç bantları arasından yapılır. ızgaralardan kaçan iri parçalar süzgeç plâkaları arasında konmuş bulunan oluk şeklindeki kürekler va-

sıtası ile üst tamburun altındaki bir çamur toplama kabına götürülür. Üst tamburun her iki dış yanında bulunan basınçlı su püskürtücülerden süzgeç yüzeyine dik olarak püskürtülen su, süzgeç yüzeyinde toplanan çamur ve pislikleri bantlar arasındaki çamur toplama kabına akıtır. Bu tip bantlı süzgeçlerin konkav plâkalar halinde yapılmış değişik bir şekli de vardır.

Deniz suyu akışına dikey dönen bantlı süzgeçlerde ise, su akış yönü, süzgeç yüzeyine doğrudur. Bu tip süzgeçlerde de plâkalar arasında oluk şeklindeki kürekler vardır ve aynı işi görürler. Yalnız bunlarda temizleme suyu, deniz suyu ile ilk karşılaşan yüzeye bantlar arasından ve içten dışa doğru püskürtülür. Bantın diğer yüzeyinde temizleme işlemi, akış yönüne paralel dönen süzgeçlerde olduğu gibidir.

Bu ikinci sistemde deniz suyu arka arkaya iki defa aynı büyüklükteki süzgeç aralıklarından geçtiği için süzülme randımanında fazla bir artma görülmediği halde, temizleme işleminin güçlüğünden dolayı daha komplike bir dizayna ihtiyaç gösterir.



Tipik bir döner süzgecin genel görünüşü

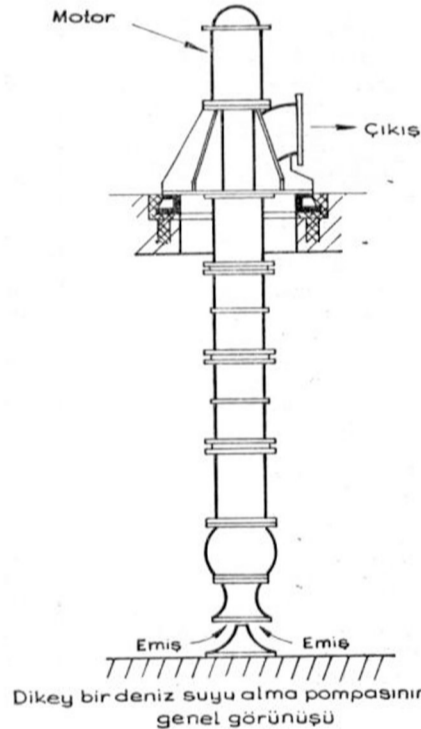
(ŞEKİL - 5)

Bantlı döner süzgeçlerin korozyona mukavim malzemeden yapılması, kolayca sökülüp takılabilmesi gerekir. Bu süzgeçlerin dizayn hesaplarında efektif süzgeç yüzeyini hesaplamak için, imalatçı firmalar tarafından çeşitli faktörler kullanılmaktadır. Yurdumuzda halen işletilmekte olan tesislerde yaptığımız etüdlere göre, süzgeç gözenek aralığı 1-2,5 mm. arasında olan döner süzgeçlerden süzülerek geçen suyun hızı, yaklaşık olarak 0.18 - 0.20 m/saniye ve genellikle bir saatte metre küp olarak kullanılan su miktarı için minimum ıslak süzgeç yüzeyi (deniz suyu ile doğrudan doğruya temasta olan yüzey) 0.0013 - 0.0016 m² arasında değişmektedir.

POMPALAR :

Deniz suyu alma tesislerinde pompa seçimi çok önemlidir. Zira, tatbikatta ana yatırım tutarının bir kaç katı yıllık tamir ve bakım masraflarını gerektiren yanlış pompa seçimleri sık sık görülmektedir.

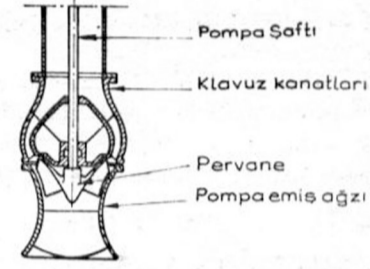
Pompalara kadar gelen deniz suyu, süzülmesi olmasına rağmen, bir miktar kum tanecikleri ihtiva eder ve bunlar pompa aksamı üzerinde çok aşındırıcı bir rol oynar. Genellikle bu gibi durumlarda, motor aksamı suyun erişebileceği en yüksek seviyenin de üstünde kalan dikey (vertikal) pompalar kullanılmaktadır (Şekil - 6).



(ŞEKİL - 6)

Dikey pompaların başlıca avantajlarını şöyle sıralayabiliriz :

- 1 — Motor aksamı suyun dışında kaldığı için,



Pompa pervanesinin kesit görünüşü

(ŞEKİL - 7)

su sızırmalarına karşı özel bir yapıya ihtiyaç göstermezler. Dolayısı ile daha kullanışlı ve ekonomik olurlar.

2 — Bilhassa ağız çapları nisbeten dar olan keson kuyularda yerleştirme kolaylığı sağlarlar.

3 — Az yer kaplayan derli toplu bir dizayn yapılabilir.

4 — Pompa pervaneleri doğrudan doğruya su ile temasta olduğu için çalışmaya başlaması kolaydır.

Deniz suyu pompaları, suda süspansiyon halinde bulunan kum taneciklerinden dolayı, devamlı olarak aşınmaya maruz kaldıkları için, iç yüzeyleri ve pervaneler deniz suyu korozyonuna ve aşınmaya mukavim özel alaşımlardan veya lastik kaplama yapılabilmektedir. İncelediğimiz tesislerde ve literatürlerde, pompa ağızındaki deniz suyu giriş hızının 0.3 - 0.6 m/saniye arasında değiştiği görülmüştür.

Uzun şarftlı dikey pompalarda shaft salınımlarını önlemek için ara ve uç yataklara ihtiyaç hasıl olması normaldir. Fakat yukarıda da söylediğimiz gibi deniz suyundaki kum zerreciklerinin aşındırıcı karakterinden dolayı bazı tesislerde özel bilyalı yataklar yerine konik şarftlar ve radyal hidrolik basınçları önleyici çift boşaltma ağızlı pompalar kullanılmaktadır.

VALFLAR :

Deniz suyu ile çalışan tesislerde, suyun akış hızı pek fazla olmayan yerlerde çizgiler halinde bronz şeritlerle kaplanmış dökme demir valfler kullanılmaktadır. Türbülans fazla alan yerlerde ise, Monel alaşım veya paslanmaz çelik tercih edilmektedir.

BORU HATLARI :

Son yirmi yıldır dünyadaki birçok yerlerde genel eğilim, toprak üstü su isale hatları yönündedir. Günümüzde en çok kullanılan şekil saç levha ile kaplanmış ve katodik olarak korunmuş su kanalları halindedir.

Netice olarak, güvenilir ve randımanlı bir su alma tesisi projesi yapabilmek, duruma uygun bir diyazna, dikkatli bir metaryel seçimine ve bu sahadaki geniş tecrübeye bağlıdır.

BİBLİYOGRAFYA

- 1 — Uglig, H. H., «Corrosion Handbook», New York, Wiley (1948).
 2 — Brooks, W. B., «Seawater as an Industrial Coolant», Petrol, Refiner, pg 127 (Oct. 1954),
 3 — Guy, A. G., «Physical Metallurgy for Engineers», Addison - Wesley Pub. Inc. (1963),

TABLO — 1 a

ÇEŞİTLİ PROSES MALZEMELERİNİN DENİZ SUYU VE ATMOSFER ŞARTLARINDA KOROZYON DİRENÇLERİ (Metaller)

- 1 — Çok iyi; 2 — İyi; 3 — Orta; 4 — Zayıf;
 5 — Kullanılmaz; 6 — Bilinmiyor.

MALZEME	Atmosfer Deniz kenarı	Deniz suyu	
		Durgun veya yavaş akan	Türbülant
Font veya dövme demir (genel)	4	2	3
Gri dökme demir, pik	3	?	3
Haddelenmiş demir (Isı işlemleri)	?	2	2
% 14 Silisli dökme demir	1	1	1
% 3,5 Nikelli dökme demir	2-3	?	2-3
Ni-Rezist dökme demir (14 Ni-7Cu - 2Cr - Fe)	1	1	1
% 17 Kromlu demir	2	?	2-4
Düşük karbonlu çelik	4	2	3
İnşaat çeliği	3	2	3
Galvanizli çelik	2	?	2-3
Nikel (% 99,3 ticari)	2	2	1-3
18-8 Paslanmaz çelik	1	?	1-3
25-20 Paslanmaz çelik	1	?	2
Inconel (80Ni - 14Cr - 6Fe)	1	2	1-3
Hasteloly C (55Ni - 17Mo - 16 Cr - 6Fe - 4W)	1	1	1
Hasteloly D (82Ni - 14Si - 4Cu)	1	1	1
Monel alaşım (68Ni - 30Cu - 2Fe)	?	2	1
Bakır (% 99,9 ticari)	2	?	2
Bakır - Nikel alaşımı	?	1	1
Bakır ve silisli bronz	?	2	4
Arsenikli Admiralti (70Cu - 28,85Zn - 15n - 0,05 As)	?	1	2
Alüminyumlu pirinç (76Cu - 22Zn - 2Al)	1		1
Nikel - Alüminyumlu bronz (80Cu - 10Al - Ni - 5Ni)	?		1
Bronz A - tipi (88Cu - 5Sn - 5Ni - 2Zn)	?	1	1
% 5 kalaylı bronz	2	?	2
Alüminyum (% 99,2 ticari)	1	?	2
Alüminyum alaşımları	?	1-5	2-4
Noricor (Dökme Al - Fe alaşımı)	?	?	1
Magnezyum	2	?	4
Magnezyum alaşımları (haddelenmiş)	2	?	3
Kurşun (kimyasal saf)	2	1	2
Antimonlu kurşun	1	1	2
Kalay	2		2
Titan	?	1	1

4 — Van Vlack, L. H., «Elements of Materials Science», 2nd. ed., Addison - Wesley Pub. Inc., (1964),

5 — ———, «Pumps Handbook», Klein, Schanzlin and Becker (KSB) A. G. Bull., (1968 ed.),

6 — McIlhenny, W. F., and Zetitoun, M. A., «Chemical Engineer's Guide to Seawater», Chem. Eng., 76 : 81 (1969),

7 — Perry, J. H., «Chemical Engineer's Handbook», 4th ed. McGraw - Hill Co.,

8 — ———, «Rechen und Siebe», Maschinenfabrik Geiger Karlsruhe Bull., Karlsruhe - Germany,

9 — ———, «Wasser und Abwasser», Pintsch Bamag, A. G. Bull., Germany.

EKLER :

- i — Tablo 1 a
 ii — Tablo 1 b
 iii — Tablo 2
 iv — Şekil 1 + 7

TABLO — 1 b

ÇEŞİTLİ PROSES MALZEMELERİNİN DENİZ SUYUNDA KOROZYON DİRENÇLERİ (Plâstikler)

MALZEME	Direnç
ALKİDLER :	3-4
alkid amin	3
alkid fenol	3
alkid silikon	3
alkid üre	4
alkid stren	3
AKRİLİKLER :	1
SELÜLOZİKLER :	1-3
etil selüloz	1
bütürath selüloz	1
nitro selüloz	3
EPOKSİLER :	1-4
epoksi amin	3
epoksi ester	2
epoksi furan	1
epoksi melamin	3
epoksi fenol	4
epoksi üre	3
FLORO KARBONLAR :	1
KLORLULAR :	1
klorlu polieter	1
klorlu polipropilen	1
FURANLAR :	1
FENOLİKLER :	1
grafitli fenolik	1
POLİAMİDLER (NYLONLAR)	4
POLİESTERLER :	3
POLİETİLEN :	1
LÂSTİKLER :	1
sert lâstik	1
klorlu lâstik	1
neopren	1
POLİÜRETAN :	1
SİLİKONLULAR :	1
VİNİLLER :	1
vinil alkid	1