

GEMİ MECMUASI

GEMİ İNŞAATI ★ DENİZ TİCARETİ ★ LİMAN ★ DENİZ SPORLARI

DENİZCİLİK BANKASI T. A. O.



Denizcilik Bankası T. A. O. nın Denizyolları işletmesinin
yeni Gemilerinden AYVALIK

DENİZ SEYAHATLERİNİZ İÇİN DENİZCİLİK BANKASI T.A.O. - GEMİLERİ
SÜR'AT—EMNİYET—KONFOR—DEMECTİR
AMERİKA'YA, KARADENİZİN ve AKDENİZİN HER YERİNE SEYAHAT

SAYI : 15-16

HAZİRAN - TEMMUZ - 1956

Fiatı : 150 Krş.

GEMİ MECMUASI

TÜRK MÜHENDİS VE MİMAR
ODALARI BİRLİĞİ
GEMİ MÜHENDİSLERİ ODASI
namına
Sahip ve Yazışları Müdürü
ZEYYAT PARLAR

İdare yeri :
Galata, Yolcu Salonu, Kat 3

Tertip edildiği ve basıldığı yer :
YENİ GÜN MATBAASI
Galata, Necatibey Cad. No. 104

İLÂN TARİFESİ

Baş Kapak	350.— T. L.
Arka Kapak	250 — T. L.
İç İlân Sahifesi	200.— T. L.
Yarım Sahifesi	100.— T. L.
Dörtte bir sahifesi	50.— T. L.

Gönderilecek yazı ve ilânlar aşağıdaki
adrese gönderilmelidir :

ADRES : GEMİ MÜHENDİSLERİ ODASI
GEMİ MECMUASI
YOLCU SALONU — KAT - 3.
GALATA — İSTANBUL
TEL : 44 10 33

Senelik Abone bedeli 9 TL. dir.

GEMİ MECMUASI

Gemi İnşaatı ⚓ Deniz Ticareti ⚓ Liman ⚓ Deniz Sporları

Sayı : 15-16

İKİ AYDA BİR NEŞREDİLİR

HAZİRAN-TEMMUZ 1956

YAZI HEYETİMİZ

ELGİZ Bahaeddin, Gemi Makine Y. Müh., S.T.G.
GÖVÜL Fikret, Gemi İnş. Y. Müh.
KAFALI Kemal, Doçent Y. Müh., A.M.I.N.A. ;
A.M.N.E.C. I.

KARHAN Kemal, Doçent Y. Müh. S.T.G.
NUTKU ATA, Prof. Y. Müh. M. I. N. A.
PARLAR Zeyyat, Gemi İnş. Y. Müh.
SARACOĞLU Seyfi, Gemi İnş. Y. Müh.
ÖZALP, Teoman, Doçent Y. Müh.

Gemi Mühendisleri Odası azaları
ve
Türk Gemi Mühendisleri Cemiyeti azaları.

Bu sayıda neşredilmiş yazılara ait mütaalâlar tamamen yazarlarına aittir.

İÇİNDEKİLER:

	Sahife
Gemilerin aydınlatılmasında Floresans Lambalar	Adnan Kaynar 2
Realite	Fikret Gövül 5
Gaz Türbinli Gemi	Fuad Girgin 7
Atom Kudretinin Deniz Makinalarında kullanılması hakkında Etüd	Faruk Erler 13
Deniz Kuvvetlerinde Yenilikler	Saip Alpay 19
Çelik Yapılarda Gevrek Kırılma	Doğan Gücer 21

Gemilerin Aydınlatılmasında Floresans Lâmbalar

Yazan : Yük. Müh. Adnan Kaynar

Karada olduğu gibi gemilerde de aydınlatma maksadı ile kullanılan ve elektrikle çalışan ilk ışık kaynağı ark lambalarıdır. Ark lambalarının bir çok teferrüatı vardır, bu sebepten kullanılmaları çok güçtür. Buna mukabil gayet kuvvetli ışık verirler. Işık kazançları, yani beher vat için verdikleri ışık akımı (Lm/W) yüksektir. Verdikleri ışık bir noktadan inişar ettiğinden optik sistemlerde kullanılmaya müsaittirler. Bu hususiyetleri dolayısıyla ark lambaları halen aydınlatmada değil fakat ışıldaklarda ve projeksiyon makinelerinde kullanılırlar.

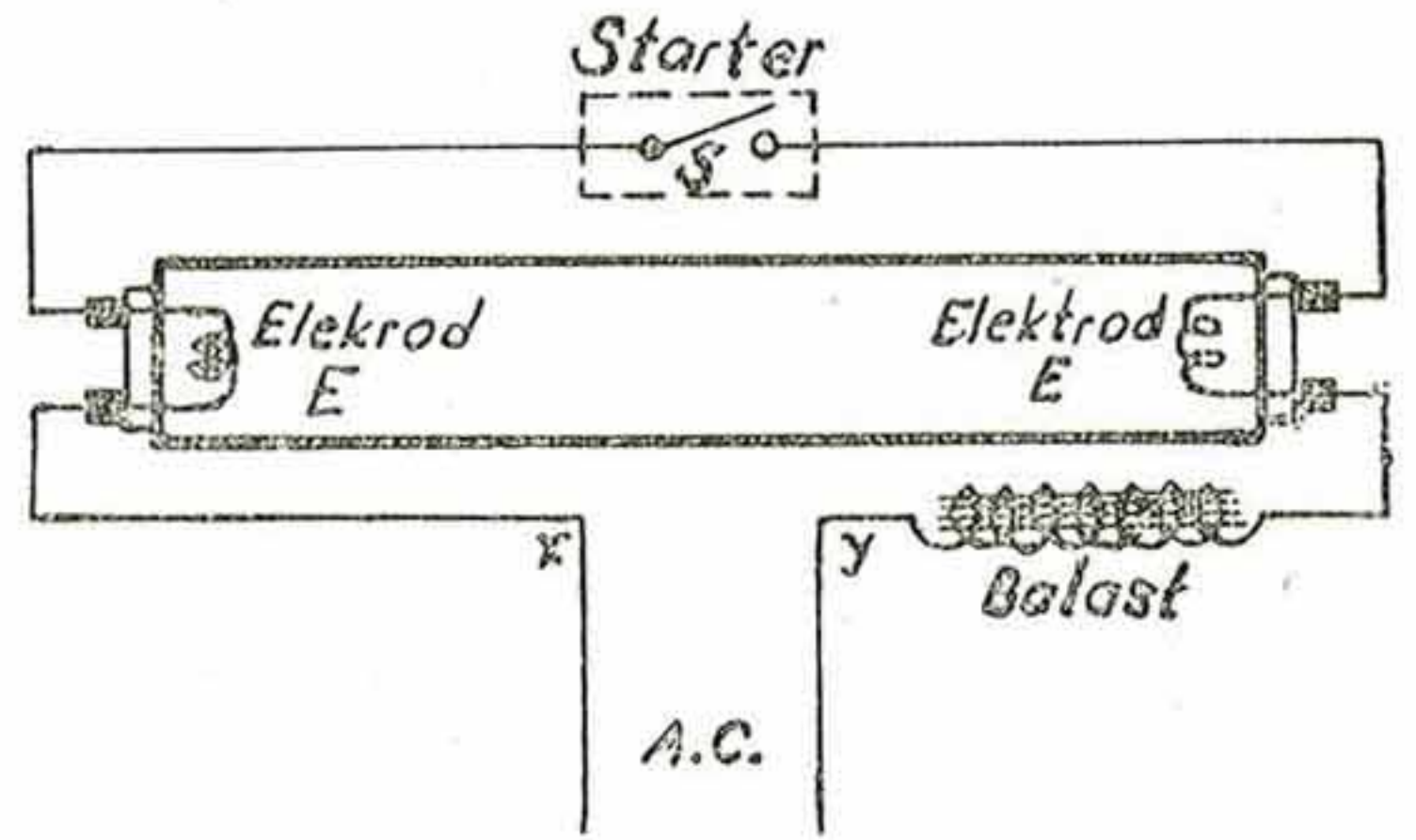
Elektrikle aydınlatma ancak Edison lambalarının (ampul) kullanılmasından sonra süratle tamamum etmiştir. Çünkü bu lambalar çok basit, çok ucuzdur. Kullanılmaları hiç bir tecrübe ve bilgiye lüzum göstermez. Şekil 1 de ampullerle aydınlatılmış ilk gemi salonlarından birine aid bir fotoğraf verilmiştir.



Şekil. 1

Son senelerde Edison lambalarının yerini yavaş yavaş floresans lambalar almaktadır. Çünkü bunların kazançları daha yüksektir. Aşağıda muhtelif tip lambaların kazançları verilmiştir.

Ark lambası	20	Lm/W
Edisonun ilk ampülü	1,68	»
Karbon fitilli lambalar	3,5	»
Metal fitilli lambalar (vakumlu)	8	»
Metal fitilli lambalar (gazlı)	11-15	»
Floresans lamba (sodyumlu)	40-50	»
Floresans lamba (civalı)	35-40	»



Şekil. 2

Biz bu yazımızda yalnız, gemilerde flüoresans lâmbaların kullanılmasını ve bunların sağladığı faide-leri izah edeceğiz.

Şekil 2 de floresans lambanın şeması gösterilmiştir. Lambanın kendisi bir cam silindirden ibarettir. Bu silindirin içinde ve her iki nihayetinde E ile gösterilen elektrodlar vardır. Elektrodların üzerine barium veya strontium oksit tabakası geçirilmiştir. Elektrodlar ısınınca bu oksit tabakasından kuvvetli bir elektron emisyonu olur. Cam silindir içinde az miktar neon gazı ile karışık olarak sodyum veya cıva buharı bulunur. Lambaya gerilim tatbik edildiği zaman ısınan elektrodlardan çıkan elektronların bombardmanı ile neon gazında iyonizasyon husule ge-

lır. Bu iyonizasyonla hasıl olan ısı kısa bir zamanda sodyum veya cıvayı tabahhur ettirir. Lamba kâfi derecede ısınınca starterin devrede hasıl ettiği indüktif bir darbe ile E-E elektrodları arasında sodyum veya cıva buharı arkı hasıl olur. Tüp içinde bulunan gazın cinsine göre bu ark muayyen bir renkte ışık verir. Bu sebepten bu ışıktan aydınlatma maksadile istifade edilemez. Aydınlatmaya elverişli bir ışık elde etmek için arkla hasıl olan ışığın ihtiva ettiği ultra-viyole ışınlar, cam silindir üzerindeki lumicient bir tabakaya tesir ettirilir. Bu tabaka bu ışınların tesirile kendine has fakat iç tenviratta da kullanılmağa elverişli bir ışık verir.

Floresans lambaların karakteristikleri negatif olduğundan lambadan geçen akımın tahdit edilmesi lâzımdır. Bu maksatla şekil 2 de gösterilen indüktans kangalı kullanılır. Buna balast tabir edilir. Bu kangal aynı zamanda, arkın hasıl olması için lüzumlu indüktif darbeyi hasıl eder.

Görülüyorki floresans lambalar normal ampullere nazaran oldukça kompikedirler, ve dolayısıyla pahalıdırlar. Fakat buna mukabil sağladıkları bazı faydeler dolayısıyla gerek karada ve gerekse gemilerde her gün biraz daha geniş tatbik sahası bulmaktadır.

Bu lambaların en büyük faydeleri ışık kazançlarının yüksek olması dolayısıyla muayyen bir sahayı, veya salonu aydınlatmak için daha az sayıda lamba kullanılması imkânı ve daha az ceryan sarfedilmesidir. Meselâ boyutları 5.7, 2,2 m. olan bir gemi salonunun normal ampullerle indirekt olarak aydınlatıldığını kabul edelim. Bu salonun bu şekilde ve fakat her tarafının aynı kuvvette ve kâfi derecede aydınlatılabilmesi için beheri **40 W.** lık **80** lamba, dolayısıyla **3,2 KW.** lık bir güce ihtiyaç vardır. Bu lambaların verdiği ışık akımı toplamı 25.000 Lm. dir.

Aynı ışık akımını elde etmek için beheri **40 W.** lık **12** floresans lamba kâfidir. Bu lambalar devreden **0,6 KW.** lık bir güç çekerler. Görülüyorki akım sarfiyatından büyük bir iktisad vardır. Karada bu çok önemlidir. Gemi elektrik gücünü kendisi istihsal ettiğinden ve bazı tip gemilerde aydınlatma için lüzumlu güç, yardımcı makinelerin elektrikle tahriki için lüzumlu güce nazaran çok az olduğundan bu gibi gemilerde floresans lamba kullanmakla yapılan ekonomi önemli değildir. Fakat yolcu gemilerinde iskân sahası çok geniş, ve çok iyi aydınlatma lâzım olduğundan bunlarda floresans lamba kullanmakla elde edilecek kazanç mühimdir.

Floresans lambaların ömürleri daha uzundur. Metal fitilli lambaların ömrü ortalama 1000 saat kadardır. Floresans lambalar ise 2500 saat çalışabilirler, hatta son zamanlarda ömrü 7500 saata varan floresans lambalar imâl edilmiştir.

Normal ampullerin fitilleri gemilerde mevcut titreşimlere, yalpa, baş ve kış vurmalarından hasıl olan vuruntulara karşı çok hassastır. Floresans lambalar ise bu titreşim ve vuruntulardan müteessir olmazlar.

Normal ampuller gerilim değişmelerine karşı da çok hassasdırlar. Gerilimin biraz düşük olması verdikleri ışık akımı çok azalır. Gerilimin biraz yüksek kalması ise ömürleri çok kısılır. Floresans lambalarda ise bu hassasiyet yoktur. Esasen alternatif akımda gerilim frekans ile beraber yükseleceğinden, balast kangalı impedansı dolayısıyla akım yükselmez.

Floresans lambaların en büyük faydelerinden biri çok az ısı neşretmeleridir. Normal ampullerde ışık kazancının yüksek olması için fitilin mümkün olduğu kadar fazla ısıtılması lâzımdır. Gazlı lambalarda fitilin ısı derecesi 2.500 C° kadardır. Bu lambaların neşrettikleri elektromagnetik dalgaların dalga uzunlukları geniş bir banda yayılmıştır ve enerjinin büyük bir kısmı ışık spektrumuna girmez. Bu sebepten metal fitilli bir lâmba aldığı enerjinin ancak **5 %** ışık, geri kalan **95 %** şimi ise ısı olarak neşreder. Buna mukabil bir flüoresans lâmba ortalama olarak **20 %** sini ışık ve **80 %** nini ısı olarak neşreder.

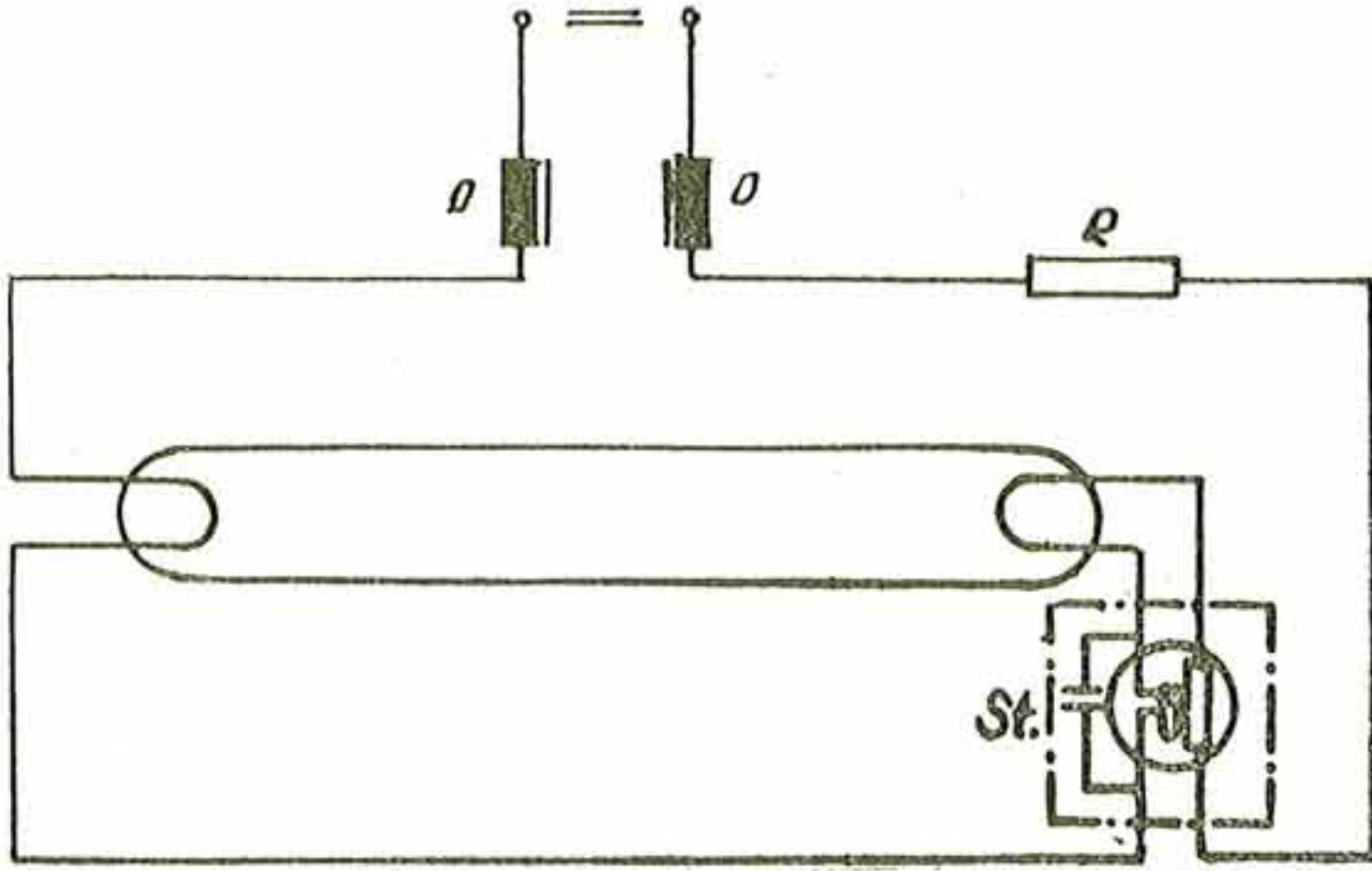
Buna göre yukarki misalimizde 40 vatlık 80 ampulün çektiği 3,2 KW. lık gücün 3 KW. tı ısı olarak salona intişar eder. Floresans lambalar ise çektikleri 0,6 KW. lık gücün 0,5 KW. tını ısı olarak neşrederler. Karada gerek açık ve gerekse kapalı tesislerde lambaların verdikleri ısının zararlı bir tesiri yoktur. Fakat ufak gemi kamaralarında bu ısı sıcak mevsim ve muhitlerde zararlıdır. Havalandırma tesislerinin daha büyük olarak hesaplanması mecburiyetini mucip olur.

Bilhassa göz seviyesine yakın yükseklikte bulunan lambaların gözü rahatsız etmemesi ve kamaştırmaması için ışık yoğunluğunun (ışık kuvvetinin, ışığı veren kaynağın beher yüzey birimine isabet eden kısmı) muayyen bir değerden aşağı olması lâzımdır. Ampullerde ışık fitilden çıkar, bunun yüzeyi ise çok ufaktır, dolayısıyla ışık yoğunluğu büyüktür. Bu sebepten direkt olarak aydınlatmada gözün rahatsız olmaması için lambalar opal fanuslar içine alınır. Flüoresans lâmbada ışık silindirin bütün yüzeyinden intişar ettiğinden gözü kamaştırmaz. Gemilerde tavan ve dolayısıyla lamba yükseklikleri az olduğundan bu nokta çok önemlidir.

Bu gün aydınlatma, yalnız muayyen bir satıhta muayyen bir aydınlatma derecesi elde etmek değildir. Bunun kadar, hatta bundan mühim olan, aydınlatmayı salon ve kamaraların dekorasyonuna uydurmak, bunları en güzel bir şekilde gösterecek surette tertiplemeştir. Bu bakımdan floresans lambaların daha büyük imkânlar sağlayacağı kolaylıkla tahmin edilebilir.

Floresans lambalar esas itibarile alternatif akımla çalışmak üzere tertiplenmişlerdir. Fakat bazı mahzurlara rağmen bunları doğru akımla çalıştırmakta kabildir.

Gemi şebekesi alternatif akımlı olduğu takdirde floresans lambalar da tabii şebekeden ve alternatif akımla beslenir. Şebeke doğru akımlı olduğu takdirde ise iki imkân vardır. Bu imkânlardan birincisi, ışık devresini ayırmak ve bir konverter üzerinden yine alternatif akımla beslemektir. Doğru akımı alternatif akıma çeviren böyle bir konverterin randu-



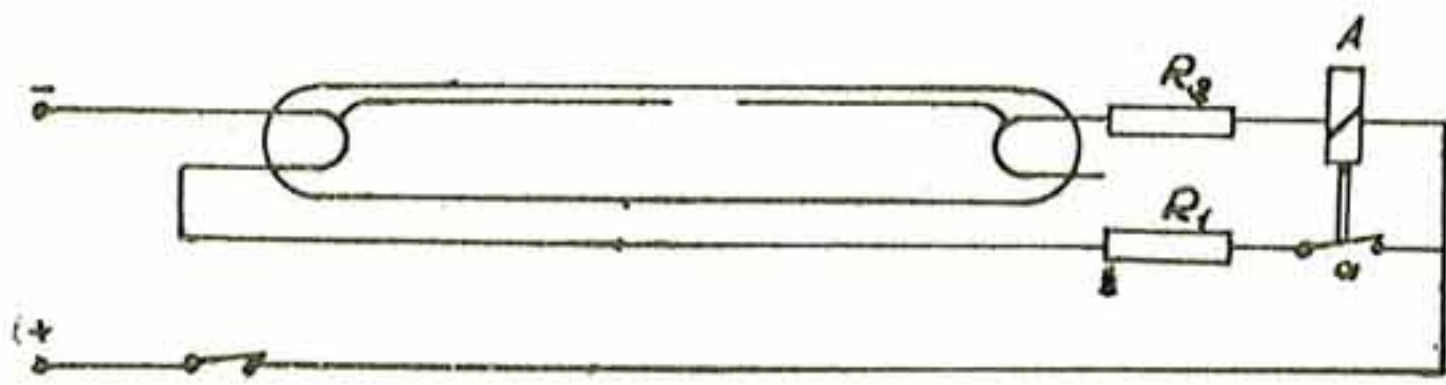
Şekil. 3

manı takriben 60 % dir. Buna nazaran floresans lambaların ışık kazancı bilamel :

$$35 - 40 \times 0,6 = 21 - 24 \text{ Lm/W}$$

ta düşmüş olurki yinede metal fitilli lambaların kazancına nazaran yüksektir.

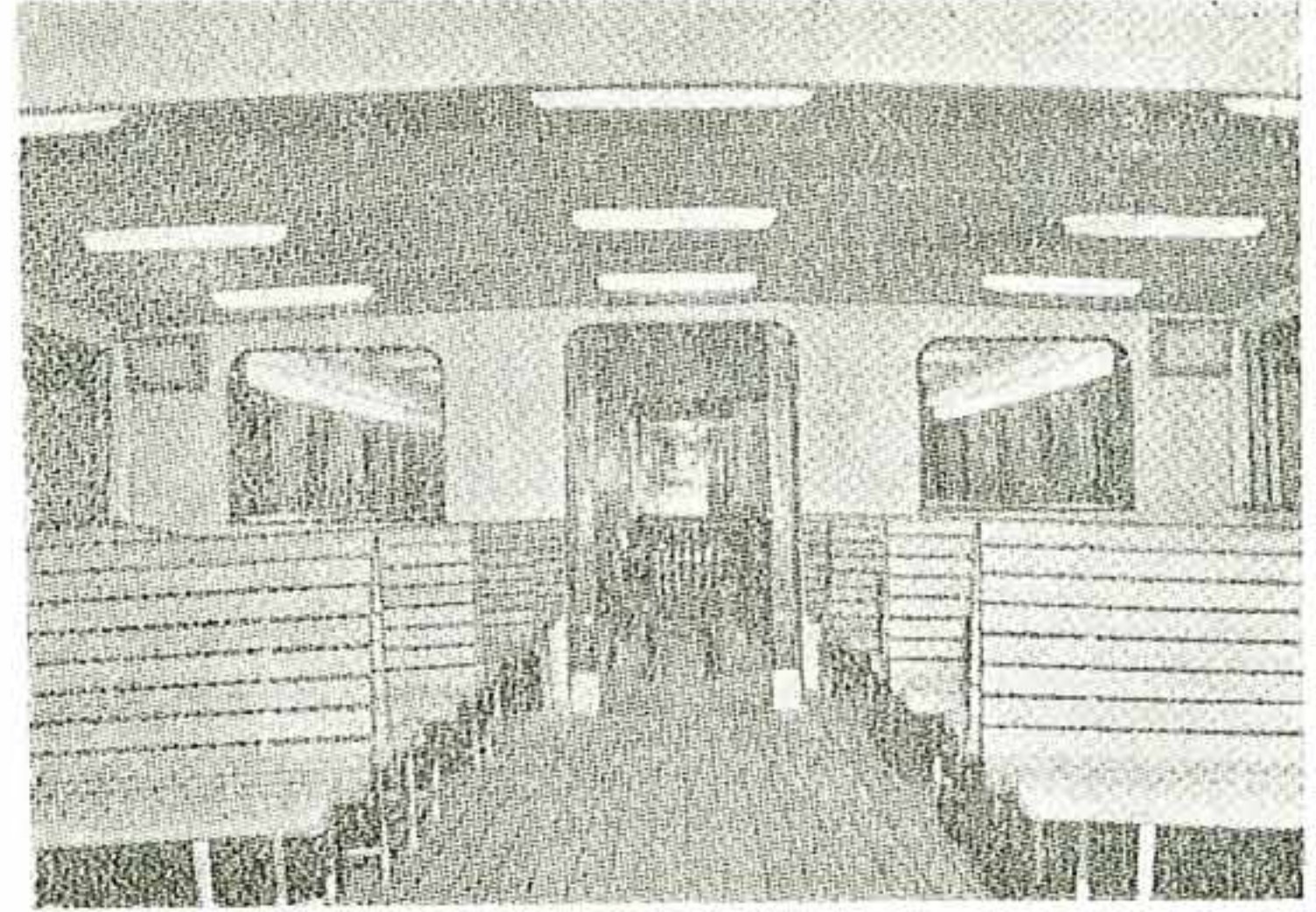
Diğer bir imkânda doğru akımla çalışan floresans lambalar kullanmaktır. Doğru akımda akım bir indüktif kanğalla tahdit edilemez. Bu sebepten omik bir direnç kullanmak lâzımdır, Şekil 3. Bu direnç üzerindeki kayıp dolayısıyla ışık kazancı azalır. R direncindeki kayıp da dikkat nazara alınır kazanç 20-25 Lm/W ta düşerki buda yine metal fitilli lambalarınkine nazaran daha yüksektir.



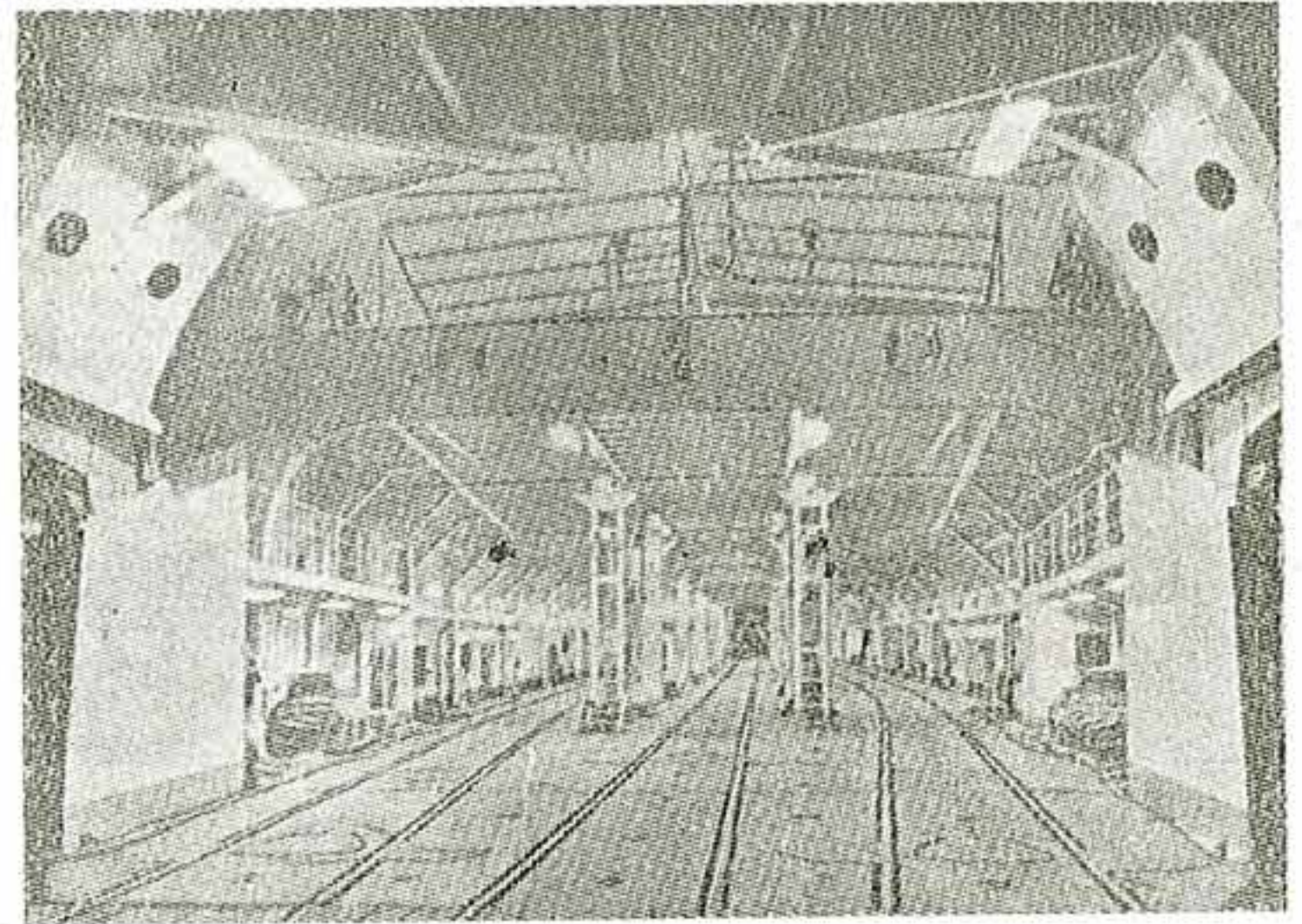
Şekil 4

Lambanın çalışması şu şekilde izah edilebilir. Devre basılınca her iki elektrod ısınır. Gazlı tip starterin Bimetal kontakları açılır ve D Kanğalları ateşleme için lüzumlu indüktif gerilim darbasını hasil eder. Starter, lamba yandıktan sonrada devrede olduğundan kontaklar açık kalır. Burada D kanğalının tek vazifesi indüktif darbeyi hasil etmektir. Akım R direnci ile

tahdit edilir. Bu şemada her hangi bir flüoresans lamba kullanılabilir. Doğru akımda diğer bir imkânda Şekil 4 de gösterilen usuldur.



Şekil. 5



Şekil. 6

Bu şemada normal flüoresans lâmbalar değil hususî tip lâmbalar kullanılır. Bu şemada lâmbayı ilk defa yakmak, yani ateşlemek için bir role vardır. Isıtma akımı, yalnız tahdit direnci R1 ve lambanın katodu üzerinden akar. Lambanın ilk yanışı, lambanın içinde ve elektrodlara bağlı direçlerle temin edilir. Bu sebepten dolayı indüktif bir darbaya ve dolayısıyla D kanğalına lüzum yoktur. Lamba yanar yanmaz A rolesi çalışır, bunun kontağı ısınma devresini açar. Bundan sonra lambadan geçen akım R1 direnci ile tahdit edilir. Bu şemada polariteye dikkat etmek lâzımdır. Lamba ters takıldığı zaman yanmaz. Bu tip lampalarda umumî kazanç 20 - 25 Lm/W dir.

Floresans lambaların doğru akımla kullanılmasında « Elektrophrose » denilen bir tezahür hasil olur. Gaz içinde deşarj esnasında hasil olan cıva buharı iyonlar katoda doğru hareket ederler. Busebebtten lamba bir kaç saat yandıktan sonra anodun yakının-

(Sayfa 6 da)

R E A L İ T E

Y. Müh. F. Gövül

Karabük Demir ve Çelik İşletmesinin tevsi edilmekte oluşunu ve kapasitesinin bugüne nazaran iki misline çıkacağını duymak, ham maddesi çelik malzemeye dayanan sanayiciler için bir sevinç vesilesi olmuştur.

Tevsi işinin 1957 senesi içinde ikamal edileceği ve bu suretle memleket ihtiyacının % 80 karşılanacağı, muhtelif şekillerde bildirilmektedir veya kulağa gelmektedir. Bu miktar belki Karabük tesislerinin imkânsızlığını bilen ihtiyaç sahipleri ile inşaat demirine ihtiyacı olanların vaki müracaatlarına göre hesaplanmış bir nisbet olabilir. Fakat hakiki kapasite, hakiki ihtiyacın % 25 inden fazla olamayacağını tahmin ediyorum. Çünkü :

Sınaî kalkınmanın esasını demir teşkil eder. En basit bir demir parçasından en üstün kaliteli çelik parçası ve bunlarla imâl edilecek çeşitli maddeler, mevcut haddehanelerin kapasitesine bağlı olarak inkişaf edecektir. Hariçten ithal edilen ve malzemesi basit profil, levha veya saç, somun civata ile kereste ve halen imâl edilemeyen tekerlek iâstiğinden ibaret bulunan ve traktör yedeğinde çekilen treylerler ; fork liftler, vinçler, kranlar ve esası demir olan çeşitli ziraat âletleri ile bilhassa gemi inşaatı, bu tevsi işine güvenip yeni sınaî müesseseler kuramazlar. Bu istihsal artışı, ancak bina inşaatı ihtiyaç sahipleri ile küçük sanayi erbabının çalışma imkânlarını arttıracaktır.

Diğer sanayi şubelerinin dikkat nazarına alınarak, mesleğini iyi alâkadar eden gemi inşaatı mevzuunu ele alırsak, hâlen Karabük tesisleri gemi inşası için lüzumlu levha ve eşit kenarlı olmayan profilleri bugünkü zayıf sanayiimizin ihtiyacını karşılayacak miktarda imâl edememektedir.

1948 denberi Amerikan yardımından temin edilen levha ve profillere rağmen resmî ve iktisadî devlet teşekküllerinin ihtiyaçları tamamen karşılanamamıştır. Karabükte yapılan tevsi işlerinde gemi inşaatı sanayii dikkat nazarına alınmışlardır ? Yoksa yeni haddeler de, yalnız profil ve yuvarlak demir çekmek üzere dizayn edilmiş tiplerden midir ?

Bugünkü şartlar ile levha çekme işinin yorucu ve pek iktisadî olmadığı malûmdur. Haddehanenin en önemli tezgâhı olan 28 lik haddesi levha çekme-

ye tahsis edildiği zaman, ağır profil istihsalı durmakta ve bu hadde levha çekme maksadı ile dizayn edilmiş olduğundan, istihsal tonajı azalmaktadır.

Fakat, ithal suretile levha temin edilemediğine göre, gemi inşaatı ve tamir sanayii malzemesiz bırakılmaz. Aksi halde, gemilerimizi bir yığın döviz mukabili yabancı memleketlerde inşaat veya tamir ettirmek icap eder ki ; buna da akli selim musaade etmez.

Bu arada şunu da belirtmek isterim ki, İstinye Tersanesinde inşaat edilen ve gemiyi gören herkesin takdirine mazhar olan Çengelköy vapuru, son senelerde hariçte inşaat ettirilip ithal edilen şehir hatları vapurlarından hem işçilik, hem estetik ve hem de dekoratif bakımdan çok üstündür. Bu işte çalışan meslektaşlarımı takdir ve tebrik eder ve daha güzel eserler meydana getirmelerini temenni ederim. Bu eserin meydana gelmesinde Karabükün yardımı da olduğu şüphesizdir.

Karabükte levha çekildiği zaman istihsal tonajının azalması suretile vukua gelen zarar, gemi sanayiini mümkün merteye ayakta durdurabilmesile, fazlası ile telâfi edilmektedir. Aksi halde ancak suyun sathında çabalıyarak yüzmeğe çalışan yerli gemi sanayii boğulup ölmeye mahkûmdur. Nitekim Gemi İnşaatı T.A.O. ve Dapey Şirketleri bu girdaba kapılarak « yok » olmuşlardır. Bütün temennimiz, ayakta kalan bir iki hususi teşebbüsün de « yok » olmaması için, yeni haddehanenin gemi inşaatı sanayiinde kullanılan vasıfta levha ve profillerini ihtiyaç sahiplerine arz edebilmesidir. Çünkü hususi teşebbüs, Amerikan yardımına mazhar olamamıştır.

İhtiyaç gösteriyor ki, yurdumuzda lüzumlu demir istihsal edecek dört (Karabük)e daha ihtiyaç vardır. Bunların kurulması için gereken cevher ve kömür mevcuttur. Bundan sonrası hükûmetin veya Hükûmet yardımı ile hususî teşebbüsün vereceği karara vabestedir. Ancak bu tesisler kurulduktan sonra hakiki demir ihtiyacı karşılanmış olur. Belki de olmaz ; çünkü o zaman demir sanayiine bağlı gemi sanayii şubeleri de doğabilir. Cevherin, kömürün yurd dışından temin edip, çelik sanayiinde dünya piyasasında mühim mevki işgal eden Belçika'nın yerini ; cevherinin kömürünü yurd içinden temin eden Türk

çelik sanayiinin almamasına hiç bir sebep yoktur. Yalnız fiat mevzuunu hatırdan çıkarmamak lazımdır.

Karabük mamûlleri fiatlarının, dünya piyasasına göre ayarlanması da bir zarurettir. Hâlen dünya demir piyasasında profil ve yuvarlaklar 100 - 115 dolar/ton, levhalar için baz fiatı 120-140 dolardır. Normal yollardan ithal edilen gemi inşa sanayiine uygun yumuşak çelik St. 42-45 kalite levhaların CIF, gümrüklenmiş olarak imalâtçıya maliyeti azamî 550 Lira/Tondur. Karabük Demir ve Çelik İşletmeleri de, bilhassa gemi inşa sanayiinin Türkiyenin deniz ticareti bakımından kalkınması lûzumunu dikkat nazarına alarak, gemi inşa sanayiini teşvik ve himaye maksadile hususi kanun ve kararnameler vazetmiş olan Hükûmetimizin yolunda yürüyerek gemi inşa müessesileri için hususî bir tarife tatbik ederek, ithal fiyatına yakın bir fiat ayarlaması yapmalıdır. Bugün için olmasa bile, ileride Karabük'ün inkişafı veya yeni haddehaneler kurulması halinde bol levha ve profile kavuşulduğu zaman, hariçten gemi inşa siparişi almak dahi mümkün olacaktır. Bu gün müsait fiatla kâfi miktarda levha ve profil temin edilebilse, en az 100 adet 200-500 tonluk sahil gemisi için sipariş al-

mak işten bile değildir. Şu şartla ki, yurd içinde yapılamayan bir kısım makinaların ithali için imalâtçının kolaylık görmesi şarttır. Bu ise gemi bedelinin 1/3 miktarı kadar dövize ihtiyaç gösterecektir ki, tamam dövizle inşa ettirilip ithal edilen bir gemi yerine yurd içinde üç gemi inşa etmek demektir. Bu mümkün olduğu takdirde, mühendis, endazeci, mar-kacı, kaynakçı, dökümcü, montajcı, elektrikçi, demirci, tornacı, tesviyeci, marangoz, kaynakçı v.s. işçilerden mürekkep binlerce ev geçindiren kimse refaha kavuşacak, kâfi işçi mevcut değilse, yeni hayata atılacak gençlere kolayca çalışma sahası temin edilecektir.

Memleket sanayiinin, müstahsil ve müstehlik müesseselerin birbirini anladığı ve kolladığı takdirde yükseleceği bir hakikattir. Hâlen yegâne çelik istih-sal müessesesi olan Karabük tesislerinin çeşitli yurd ihtiyaçlarını imkânları nisbetinde karşılamak için azamî gayretlerini sarfettiklerini belirtmek bir hak severliktir. Muhtelif branşlara mensup feragatla çalışan İşletmeler Vekâleti ve Karabük tesisleri İdareci ve İşletmelerini malzeme hususunda tamamen tatmin edebilmek gayesiyle de çalışacaklarına ve muvaffak olacaklarına şüphe edilemez.

(Sayfa 4 den devam)

da iyonize olmağa müsaid cıva buharı atomu azalır ve lamba bu kısımda ışık vermez. Işık vermeyen bu kısım yavaş yavaş katoda doğru yayılır. Lambanın anodu civarında bu kararın, lambanın muhit ısısına ve lambanın uzunluğu ile çapı arasındaki nisbete tabidir. Muhit ısısı düşük, lamba ince uzun olursa bu

kararın o kadar süratli olur. Çünkü her iki halde de iyonların geriye dönüşü güç olur. Bu kararmaya mümkün olduğu kadar mani olmak için lambanın etrafında ısı tecridiyeti sağlayan bir meddenin geçirilmesi lâzımdır.

Şekil 5 ve 6 da floresans lambalarla aydınlatmağa aid iki fotoğraf verilmiştir.

GAZ TÜRBİNLİ GEMİ

John Sergeant

Fuad Girgin
M/V Rize Çarkıbaşı

A.B.D. İhtiyat Filo Kumandanlığı elindeki 1200 parça kadar Liberti gemisinden dört tanesini tecrübe gemisi olarak kullanmaya karar vermiş bulunuyordu. Donanmanın iş mutemedi sıfatile Maritim Administasyon Gemi İnşa ve Tamir dairesi şartnameleri hazırladı. Hedef, Libertilerin yolunu 10 milden 15 mile çıkarmak ve yakıt sarfiyatını düşürerek onları askerî ve sivil maksatlar için modern evsafa sokabilmektir.

Dört gemiden birine 6000 shp. gerli türbin, diğerine 3000 bhp. tek uskura iki dieselle gerli intikal, üçüncüsü 6000 shp. açık devreli bir gaz türbini ve dördüncüsü gine 6-00 shp. serbest pistonlu gaz müvellidli gaz türbini monte edilecektir.

Açık devreli gaz türbini tahrik makinası ile donatılan John Sergeant Liberti gemisinin tadil işi bitmiş bulunmaktadır. Bu yazın ilk ayında United States Lines hesabına Şimal Atlantik seferlerine başlayacaktır.

Bugünkü vaziyette, beygir saat başına gram olarak yakıt sarfiyatı pistonlu buharda 400, türbinde 250, dieselde 160, açık devreli gaz türbininde 290, serbest pistonlu gaz türbininde 175 civarındadır. Bu dört gemi arasında en mükemmel sayıları verecek olan makine tekmi diğer Libertilere de tatbik ve teşmil edilecek gibi görünmekte ise de haddi zatında esas gidilmek istenilen yol gaz türbinin ihyası ve bir devir açmasıdır. Başlangıç hatalarının tashihi ile birlikte icabeden ufak tefek tadiller devam edip Libertilerden sonra Mariner sınıfı gemilere de 15000 shp gaz türbini koymak karara yaklaşmış bir tasavvur halindedir. Sebebine gelince; gaz türbini, dahili ihtiraklının ve sitim türbininin üstünlük arzeden karakteristiklerini nefsinde toplamış bir makinadır. Dieselle açık deniz gemisi sevk hakkında Amerikalılar, Avrupalılardan tamamen ayrı fikirdedirler. Amerikalılar 2100 bhp. den yukarı motorlar için « King Size » diyorlar ve bunun bir okyanus gemisine tatbikini düşünmüyorlar. Nitekim American Bureau of Shipping'in son istatistiklerinde bu tip gemiye rastlanmamaktadır.

En ekonomik makina olmasına rağmen ilk tesis masrafının yüksek oluşu, hareket halinde aşınan çok parçası bulunması, kesiksiz bakım tutum işi ve masrafı ve buna mukabil bütün devvar makinelerde esas pahalı olan tahrik makinasında, işin

kendisinden çok etrafındaki ucuz yardımcılarına kalışı Amerikalıları, Avrupalılardan ayıran bu düşüncelerinde haklı göstermektedir.

LIBERTİ GEMİLERİ :

Vaşington Harbiye Nezaretine bağlı Maritime Commission ikinci dünya harbi başlangıcında kaynaklı ve seri gemi inşasına başladı ve 1941-44 yılları arasında aşağıdaki tabloda görülen gemileri meydana getirdi. (Sayfa 11)

Sonradan her sınıfın makina takadi büyültülerek standart tipler detaylandı, bilfarz Cargo sınıfı C4 a, Tanker sınıfı T5 a kadar çıkartıldı, lâkin detaylanan dediğimiz bu tip gemiler yukardaki tabloda yazılılar gibi ucuz cinsten değillerdi.

26 Nisan 1946 — Bakırda verilen ziyafet, Gülcemalden 25 sene sonra Amerikaya yönelişimiz ve 10 bu sınıftan yük ve 7 karışık yolcu gemisi, netice, açık denizlere açılışımızın başlangıcını temin etti.

Daha ziyade maden cevheri çarterine bağlanan Libertiler paralarını çoktan ödediler. Bu arada İtalyanlar aldıkları 100 Libertiden bir kaçına Fiat motoru koydular. Danimarka aynı vaziyettedir. Yunanlılar Japonyada tadil ettirmektedirler. İngilizlerin elinde Kanadada yaptıkları perçinli Kanadyen Libertilerinden (Fatih) başka 150 kadar bu gemilerden mevcuttur. Ve bir o kadar da sahibi belirsiz armatörlerin (Merkezi Amerika Bayraklı gemiler- elinde mevcuttur. Mecmu 2710 Libertiden 1000'i harice satılmış 210 kırılarak veya torpillenerek batmış ve geriye kalan 1500'ün 300'ü Akerikan armatörlerinde ve geri kalan 1200 de başlangıçta söylediğimiz gibi İhtiyat Filo emrindedir.

İngilizler Libertilerden hiç memnun gözükmemekte ve Titularla Libertilerin senede 5 milyon ton mazot yaktığından şikâyet etmektedir. Libertiler için normal ömür 25 senedir. Servis yılları 15 seneyi bulmadan ellerinden Libertileri çıkartıp modern tonajda ve yapıda gemilere sahip olmalarını armatörlerine tavsiye etmektedirler.

LIBERTİLERİN MAKİNA DAİRELERİ

Makinaya inişte üst katta, sancakta iki türbo jeneratör, buz makinası ve sancak iskele kazan körükleri ve makina mağazası ile atelyesi mevcuttur.

Makina ve kazan yakpare bir makina bölmesidir. Alt platformda baştan kıça doğru sancakta, kazan mazot servis ve aktarma pompaları evaporeyter, deniz suyu hizmet yangın ve umumî hizmet tulumbaları, iskelede ana makinaya bağlı erpamp, serküleytin sintine ve balas plancer tip kombine tulumba seti ve bu setin üstüne gelen kısımda kıça doğru saporta oturtulmuş ana kondenser, onun açığına alabandaya gelen kısımda süspand vaziyette yardımcı kondenser ve onun altında başa doğru fit ve filter tankı ve civarında yardımcı erpamp ve serküleytin tulumbaları bulunmaktadır.

Üç imbisatlı ana makinanın piston stroku 48 pus, silindirleri sıra ile 24.5, 37, 70 pus olup dizayn gücü 2500 dır. Yüksek basınç silindirine desüperhitid 200 libre/pus² geyç ve 440 F°. sitim girdiği zamanlarda 11.5 mil yapıyordu. Bugün 63 torna ile 10 mil yapmaktadırlar.

Kazan, makinası gibi Combustion Engineering Co. Inc. in imâlidir. Önden hederli ve fayraplı, su borulu ve süperhiterli 42 pus çapında aykırı ve kaynaklı stim dramlıdır. Sıvıya sür'atte 24 saatte 25 ton mazot yakar.

TECRÜBE GEMİSİ I : — STİM TÜRBİNLİ

MAKINAYA GEÇİŞ :

Bu değiştirimdeki şartların ana hatları şöyledir.

1 — Kros kampavnt Viktori tipi 6000 shp. sitim türbini, kazan değişmiyeceği için 200 libre/pus² geyç basınçla çalışacağından yerine vaz'ından evvel gerekli tedbir alınacaktır.

2 — Süperhiter ve diğer kazan teçhizatı tamamen elden geçecektir.

3 — Kondenser 27.5 pus vakum tutmak üzere icabeden ek teçhizat konacaktır.

4 — Çift düşürücülü ger vaz'ını müteakip şaft laynına bakılacaktır.

5 — Eski yerine 100 K^{WA}. iki yeni türbo-dinamo konacaktır.

6 — Yağ kuleleri, yağ separatörü ve pompaları ve filterleri nizamına göre yeniden donatılacaktır.

Bu iş, en müsait teklif veren Brooklyn'deki Ira S. Bushey and Sons Inc. e verilmiştir. Vinç modifikasyonu dahil tekmil tadilat 1 090.000 dolar olup mukaveleye sonradan gösterilecek hususî tadilat masrafları eklendiği halde en fazla 2.447.727 doları tecavüz etmemesi şartı konmuştur.

TECRÜBE GEMİSİ II : — GER'Lİ DIESELE GEÇİŞ :

İş, şartnameye 3.070.000 dolar gibi gayet ucuz bir teklifte bulunan Baltimoredeki Bethlehem Steel Co. ye verilmiştir. Kısaca şartlar şöyledir :

1 — Gemi 360 takvim gününde teslim edilektir.

2 — Tecrübe gemisi olarak seçilen S/S Thomas Nelson'ın baş tarafı 110 kadem kesilecek ve daha narin yapıda orjinal boyundan 25 kadem uzun olacaktır.

3 — Makina olarak, kazan mazotu ile işleme garantilenen iki Baldwin-Lima-Hamilton dieseli konacaktır. Diesellerden beherinin takadi 3125 bhp. ve dakikada 260 devirle devamlı servis kabiliyetinde bulunacak ve uskur şaft devir düşürücü ana makina ile Westinghouse tipi bir elektrik kaplini vasıtasile irtibatlanacaktır. Devir düşürme orantısı 2.6 : 1 dir.

Makina karakteristiği : Yedi silindirli — Dik-Merkez laynında - trunk piston - İki zamanlı - 21.5 x 27.5 pus - tek tesirli - direk akis hareketli - süpürme hava blower ana makinaya bağlı mekanik enjeksiyon - Egzost portları rotari valflıdır.

4 — Vinçler kreyn tipi modifikasyon görece ve ambarlara çabuk açılır çabuk kapanır tipten kapak ve tertibat yapılacaktır.

TECRÜBE GEMİSİ III : — AÇIK DEVRE GAZ

TÜRBİNLİ TESİSE GEÇİŞ :

Onbir firma, üç tip, açık, kapalı ve serbest pistonlu gaz türbini teklif etmiş ve bunların arasından iş 753.150 dolara New-York'ta bir kumpanyaya verilmişti. John Sergeant, General Elektrik yardımı ile sonunda emniyeti meçhul bir tâdilden kurtuldu. United States ve Adana'nın inşa edildiği Virginia-Newport News tersanesine çekildi. Aşağıdaki mukayesesini yapacağınız tadilat (6) milyon dolara çıkmıştır. Ve bu rakam alâkalılarca başlangıç için normal karşılanmaktadır.

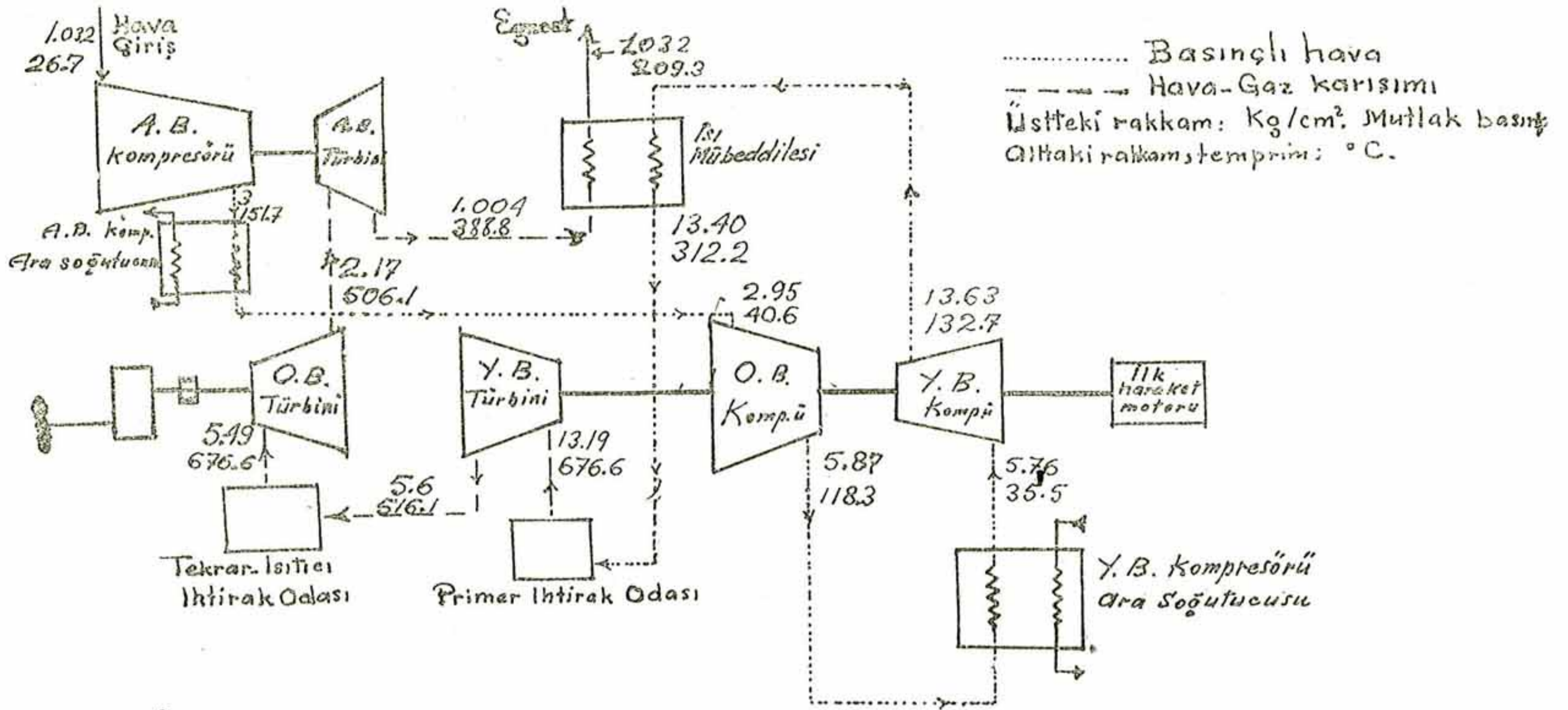
Liberti gemilerine gaz türbini koyma fikri yeni olmadığını modern Gaz Türbinleri adlı kitapta görmekteyiz. Bu kitapta montesi tasarlanan 3000 shp. gaz türbininin diyagramı mevcuttur. Lâkin sonuç hakkında henüz bir şey bilmemekteyiz.

Egzost vaziyetlerine göre açık, kapalı, karma ve Pescara çevrimli olmak üzere dört tip gaz türbini vardır. /ki tecrübe Libertisine monte edilmek üzere seçilenler diğerlerine nazaran şimdilik daha üstün bulunmaktadır. Şekil 1 de 10000 shp. Bir gemi gaz türbininin — açık devre — çalışma diyagramı ve şekil 2 de aynı tesisin basınç ve sıcaklık eğrilerini görmekteyiz. Bu makina tertibatında ok istikametlerini ve rakkamlar takip edecek olursak bu yeni tesis hakkında umumî bir fikre sahip olmuş oluruz.

Bu arada üç türlü devrede değişmez elemanları kısaca gözden geçirelim :

Kompresörler : Düşük güçlü ve sıkıştırma oranı küçük tesislerde santrifüj, bazı türboreaktörlerde santrifüj ve aksiyal olmak üzere miks, büyük kuvvet santrallerinde ve gemilerde bu maksat için aksiyal kompresör kullanılmaktadır.

(Egzost gazının havayı tepki tesiri ile iterek uçak ve otomobil vasıta sevkine yarayan gaz türbinine tür-



Şekil 1 - 10000 shp. Bir gemi gaz türbini (açık devre) şeması

boreaktör veya türbojet denir. Türboreaktörün gaz türbününden farkı daha kısa aksa bağlanan türbin ve kompresör rotoru bafılsız yekpare bir stator içinde bulunması ve ikisinin arasında sıkışık bir mesafe içinde ihtirak hücresi ve memeleri bulunmasıdır.)

Gaz türbininin gücü belirli bir sınıra kadar sıkıştırma oranına ve sıkışan havanın sıcaklığına tabidir. İhtirak için lüzumlu olan yakma havası miktarı gaz türbini için lüzumlu olan havanın 20/sini teşkil eder, yani fazla hava miktarı normal hava yakıt nisbetinin beş mislidir. Devvar hava basıncı arttıkça debi rotorun müsbet hacmile büyür ve basınç düşer (veya aksi) ve rotor çapının küçülmesini çevre hızının büyümesi takip eder. Şekil 1 de Yüksek basınç türbininin Y.B. ve O.B. çevirmeleri ve hacmen farkları bulunduğu gibi... Kompresörlerin izotropik ve efektif verimleri dar sınırlar içinde değiştiğinden, türbin gücünün 60% nı yutmaları iyilik dereceleriyle belirtisiz şekilde değişir.

Ara soğutucular : Daima kompresör adedinden bir eksik yapılırlar. Pistonlu buhar çevriminde izotermal eğri dışarıda adyabatik eğri içeride kompresörlerde ise aksidir, ve hedef daima izotermal eğriye doğru yaklaşmaktadır. Kompresör konusunda ara soğutucular bu takarrübü temin ederler ; ve termik kıyafetlerine göre kompresör kademe adedinin azalmasına ve devrenin umumî verimine direk tesir ederler.

Isı mübaddilesi : Buna (Heat exchanger, Regenerator, Récupérateur- aynı zamanda ısı şanjör de denmektedir. Gaz türbininde termik verime bir numaralı tesir icra eden kapalı aparedir. Boruların içinden sıcak egzost gazı dışından basınçlı hava geçer. Kıyafeti müessiriyet yüzdesile ifade edilir. Bu müessiriyet derecesini bire doğru (carnot-) yaklaştırmak isterken şişmek istidadından bulunan boyutları, maliyet ve bakım tutum masraf ve zorlukları frenler. Şekil

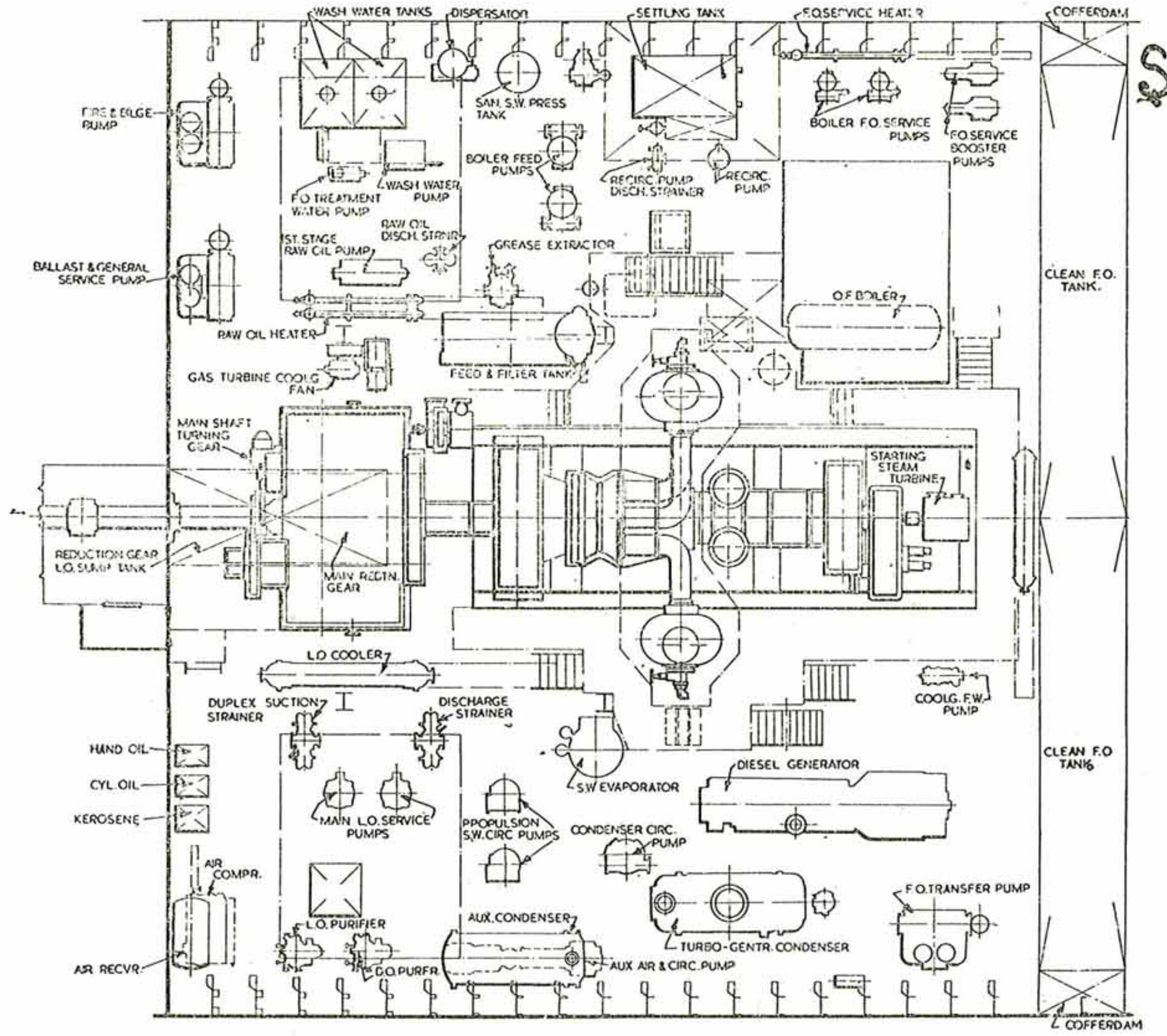
1 deki ısı mübaddilesinin müessiriyeti 70% Auris tankerindekinin müessiriyeti 55% dir. Dizaynda kompresörden gelip ihtirak odasına gden havanın basınç düşme miktarının minimal odasına ve mümkün merete fazla ısıtılmasına dikkat edilir.

İhtirak Odası : Sabit hacim prensibi ile (bujili veya patlamalı) ihtirak, gaz türbinlerinde bir çok zorluklarından dolayı hemen hemen terkedilmiştir. Diesellerde olduğu gibi basit basınçlı ihtirak prensibine göre (börner veya enjektörle) yanış temin edilir. İhtirak odalarında :

- Yakıtın sürekli ve kararlı bir rejimde yanması.
 - Oksidasyon tesirlerine mani olmak için uzun alevden kaçınılması.
 - İhtirak basıncının fazla düşmemesi.
 - Hız ve sıcaklığın aynı seyakte olması.
 - Çabuk ve emniyetle çalışır olması.
- Karbon birikintileri yapmaması lâzımdır.

Gaz türbinlerinde en mühim husus ihtirakın yüksek verimli olması (98%- ve ihtirak anında mazotta ki tahripkâr ürünlerden tamamen ayrılması.

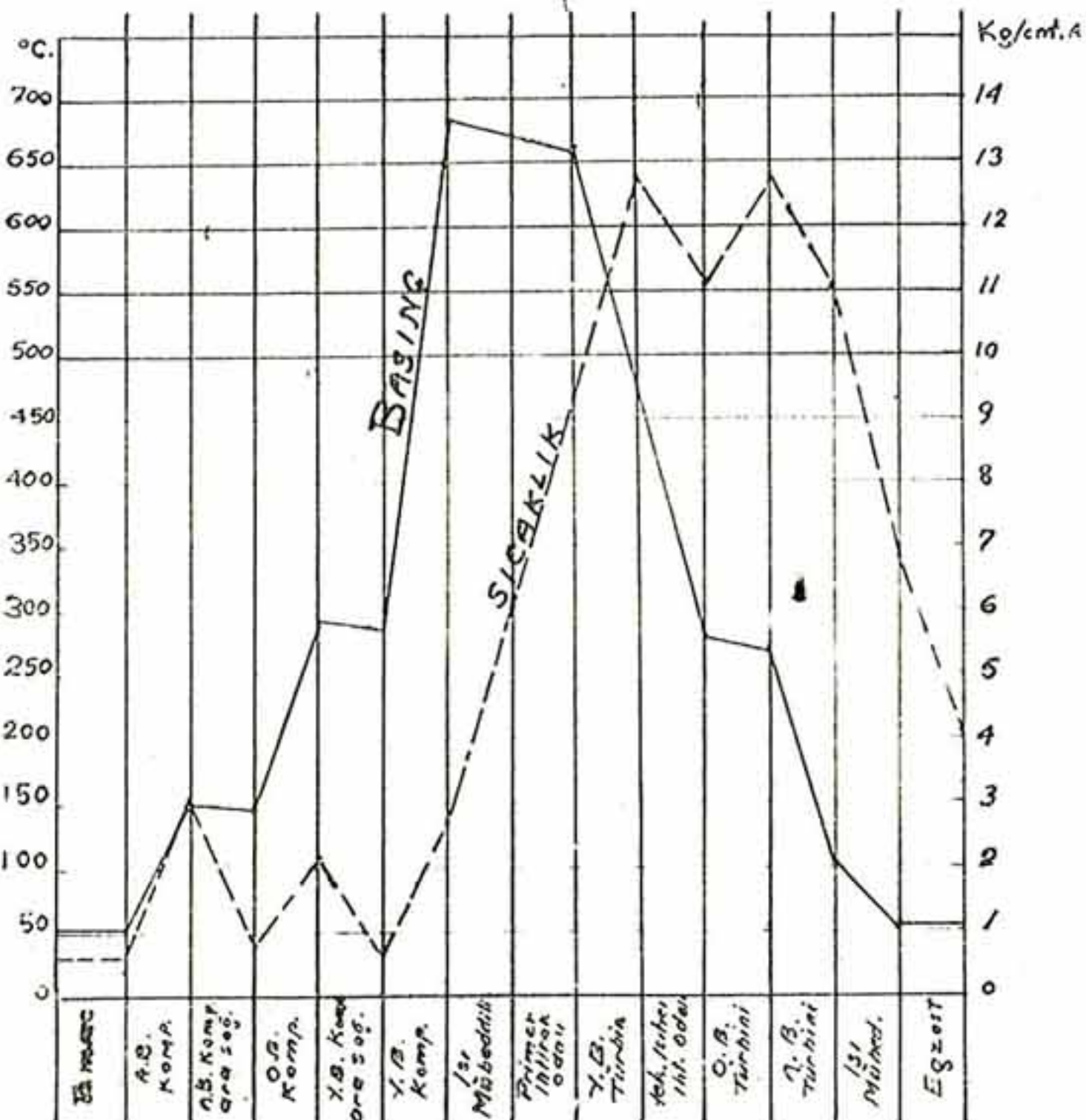
Türbin : Kompresör sıkıştırma oranının işe yaptığı müsbet tesir gibi türbin de aynı müsbet tesiri genişleme oranı ile yapar. Buhar türbinlerinde sızdırmazlık temin eden labiren ve A.B. lardaki karbon pakinler bunlarda da mevcuttur. Gaz türbini olarak çalıştırılmak üzere benzer görüldüğünden impals prensipli bir stim türbini rotoru tecrübe edilmiş ve aynı işi yapmadığı görülmüştür. Sitem türbini ısı plânlarında yardımcıların çektiği hararet en fazla 20% dir. Gaz türbininde ise istihsal edilen gücün 60% kompresör ve diğer makina ile yardımcılarına harcanmaktadır. Şekil 1 de faydalı güç O.B. türbininden, John Sergeant'ta A.B. türbininden alınmaktadır.



Gaz türbinlerinde her cins yakıt yağı kullanılabilir, denmektedir. Bu sözün doğru olduğu zaman ve 30% den aşağı olmayan verimlerde mil başına yakıt sarfiyatı farkedilir şekilde düşebilir. Terkibi adamakıllı tesbit edilmemiş bir kötü menşeli ham mazotta türbin tromeli ve baketlerine muhtelif reaksiyonlar yapacak ihtirakta yanmayan şimik elemanlar bulunabilir. Bunun için bugün gayet mühim olan

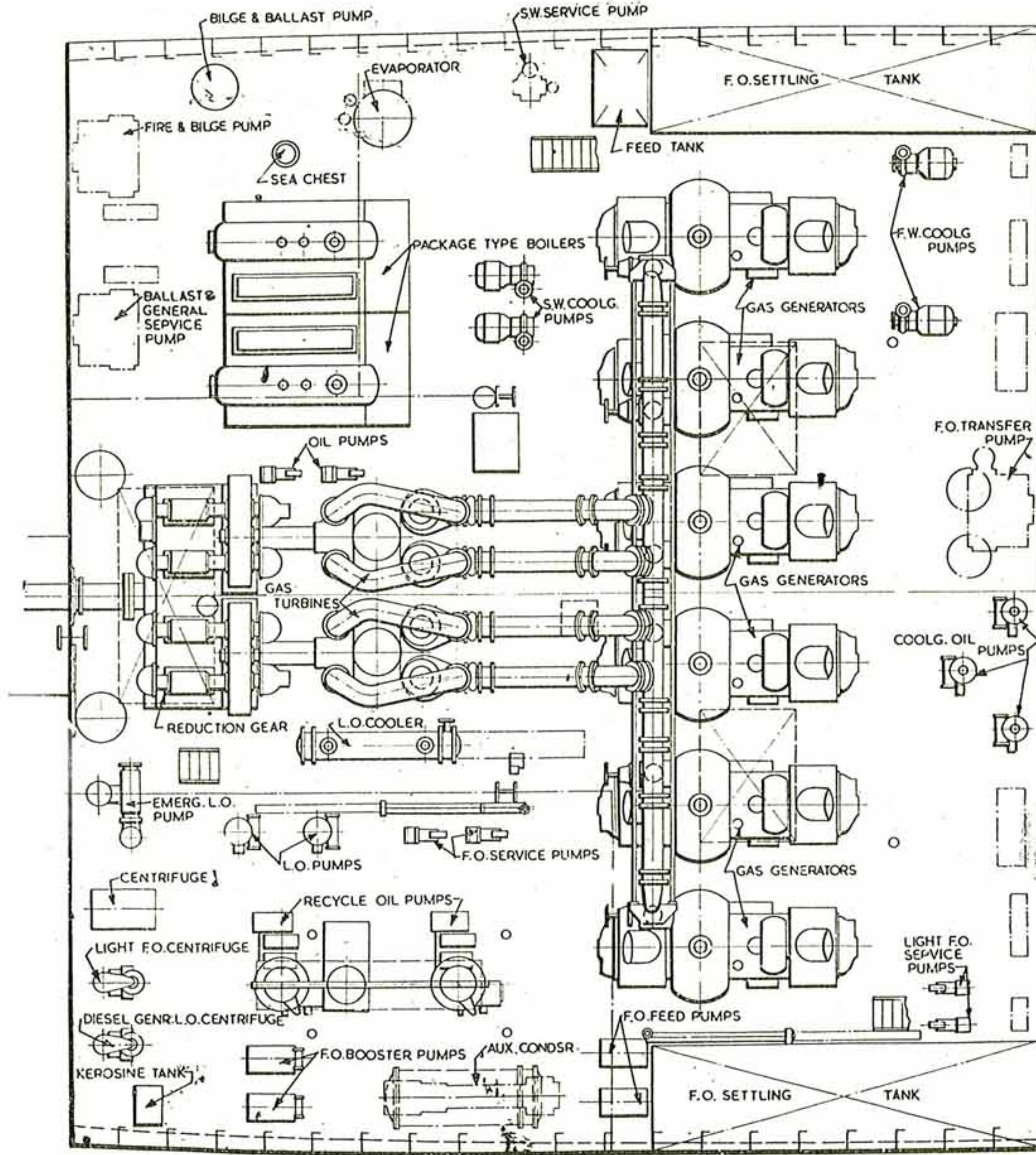
ihitirak mevzuunu dinamiğinden çok kimyası uğraştırmaktadır. John Sergeant'ın karıştırma tanklarında mazot yıkanması diye bir usul tatbik edilecektir. Mazotun su ile yıkanması denen bu usulde içme suhunun içine 5% nisbetinde magnezyum sülfat atılmakta ve bu mazota karıştırıldıktan sonra dinlenmeye terk edilmekte ve badema bir santrifüjde su ve ilâç mazottan ayrıştırılmaktadır. Mazotta karbon birikintilerinden çok sodyum kalsiyum vanadyum'un tesirlerinden korkulmaktadır. John Sergeant seyriinin ilk üçgününü Marine Diesel Oil ile yapacak ve daha sonra kazan mazotu ile fayraba geçecektir. İngilizler mazotun aranması işinde daha hesabî bir aditiv bulmuşlardır ki litresi 5,78 kuruş olan mazota bu aditiv litrede 0.08 kuruş gibi bir masraf ekler. Karıştırma tankından sonra her iki aditiv banyosundan mazot fayraptan az önce bir kere daha geçirilir.

Şekil 10



Ş.2 - Bir numaralı gemideki tesisin basınç ve sıcaklık eğrileri

Gaz türbininde ikinci zorluk manevradan ziyade akis hareket mekanizmasında kendisini gösteriyordu. Kabili ayar piçli pervane kanatlarına hidrolik kumandalı şaft seti ile bu zorluk halledilmiş oldu. John Sergeant'taki dört kanatlı ve 17 fit 6 inç çapındaki pervane kanatları hidrolik kolu oynatılmakla manevra yapılmaktadır. Gemide ilk hareket 290 shp. bir sitim türbinile temin edilir. Bu türbine sitimi vinç kazanı verir. Ana makina seyri başladıktan sonra yardımcılar v.s. için kazan sitimi egzost gazlarıyla tutulur. Geminin makina kadrosu 4 Çarkçı Zabiti, bir elektrik memuru, üç yağcı ve iki siliciden ibarettir.



TECRÜBE GEMİSİ IV : — SERBEST PİSTONLU (GAZ MÜVELLİDLİ GAZ TÜRBİNİNE GEÇİŞ

Çevrim - Pescara - patent (GS - 34 ve Alsthom) yeni olmakla beraber harici ihtirakli makinelerde benzer fikrin tatbiki oldukça eskidir. Tırhan sınıfı ve Ödemiş gemilerindeki egzost türbin gurubunun çalışma prensibi, eksik genişlemede bir türbinden istifade... Yalnız burada akışkan ara madde daha üstün zinde enerjiye sahiptir. Pistonlu buhar makinasında egzost türbini genişlemeyi tamamlarken bir ek faydalı iş istihraç gayesi vardır. Burada ise gaye ek değil anadır. Ara madde dediğimiz hava gaz karışımı

şimdiye kadar görmediğimiz bir gaz jeneratörde hazırlanarak, tahrik makinası, gaz türbinine sevk edilir. Bu vaziyete göre gaz jeneratörü bir kompresör ve bir yakma odası vazifesini aynı zamanda ve birlikte görmektedir.

Gaz jeneratörü : Aynı merkez hattı üzerindeki bir silindir içerisinde çalışan karşılıklı iki pistonun birbirine bakan taraflar iki zamanlı aşırı doldurmalı birer diesel motoru, trank, etek tarafları ise birer kompresördür. Makina krankıdır. İki pistonun birbirini hareket ettirmesini tafazuli hareketli tulumbalara benzetebiliriz. Şu farkla ki manivelenin mesnet yeri de-

Tanınma İsmi	Sınıfı	Makine Cinsi	Makine Gücü	D.w. Tonu	Yolu mi/sa.	Boy, m.	En, m.	Draft m.	İnşa Sayısı	DB.DZ.NK.TAO.daki Misali
VİKTORİ	VC2-AP3	Türbin	6000 shp	10850	16	140	19	7.4	531	YOZGAT
LIBERTİ	EC2SC1	Pis. buhar	2500 ihp	10865	11	135.5	17.5	7.1	2710	X
TİTU Tanker	T2-SE	Türbo Elk.	6285 shp	17000	15	160	21	9.2	362	KOCAELİ
KOSTER	N3,SAZ	Ajaks	1800 ihp	2718	12	78	12.5	6.2	80?	ARDAHAN
ATOM KAYZER	CL.M.AVI	NORDBERG	1750 bhp	5850	11	103	15	6.9	298	RİZE

ğışiktir. Yatık olan bu makinelerin bu iki pistonunun konnektin rotaları merkezde — pernolu raksî bir kösteğin uçlarına yataklanmıştır. Makinanın çalışması esnasında meydana gelen motorun gazı ile kompresörün basınçlı havası bir içtım borusundan gaz türbin sevk edilir. Termik verim rekoru %40 ile bu makinededir.

Yukarıda kısaca tarifi yapılan gaz türbinini gurunun Liberti gemisine konması işi mümessil imalci firma Cleveland Diesel Engine Division of General Motor'a (1.228.725 dolara) verilmiştir. Altı adet GS-34 gaz müvellidi ve iki adet 3000 shp. Alsthom tip gaz türbinini tornistan türbinile beraber, devir düşürücü dişli, yardımcılar ve kontrol ekipajı bu paraya dahil olup vaz geçilen bir apare olursa fiat indirilecektir. Türbinler 5500 devir/da. da 3000 shp. verirler. Sancakiskele her iki türbin ileri altı kademe ve geri

üç kademeli olup aynı şaft üzerindedirler. Eski Libertinin makinası kazan ve yardımcılar tekmil teçhizat dahil 2500 ihp. makine 463.8 ton yeni makine 6000 shp. tekmil elementlerle 385.4 ton gelmektedir. Gaz müvellidlerinin beheri 8.154 tondur. (Şekil 4)

La Revue Nautique'in 1955 Haziran sayısında aynı tip ve aynı takatte bir gemi makinası hakkında malûmat verilmiştir. Şu fark var, tornistan türbinini üç kademeli olmayıp tek kademelidir. Adıgeçen dergide detaylar şöyledir : Türbin devir adedi 5500, şaft devir adedi 100, Tornistan türbinile birlikte mekanik verim 85%, devir düşürücü gurubu sırasıla birlikte verim 96%, Gazın borulardaki sürtünme kaybı 2/, gazın müessir basıncı 3.02 Kg./cm., türbine girişte gaz sıcaklığı 440oC. Alt ısı değeri 10 200 Cal/Kg. olan mazotla yakıt sarfiyatı 186 gr./bey./sa.

	JOHN SERGEANT	EC2-S-CI LIBERT
Tekmil boy	452 fit	441 fit 6 inç
Kaimeler arası	441 fit	416 fit 6 inç
Makta-ı-âzam	56 ft. 10.75 inç	56 ft. 10.75 inç
Tam yükle ortalama draft	26 fit	27 ft. 7 inç
Mai-Mahreç, ton	13570	14245
D. w., ton	8870	10865
Kapasite, balya, kübikfit	484679	499573
Kapasite, dökme kübikfit	551530	562608
Takat, normal, shp	6000	2160
Takat, maş, mukavele, shp	6000	—
Takat, normal, ihp	—	2500
Normal takatte perv. dev/da.	110	76
Tecrübe havuzu model sür'ati, dz. mili/sa.	15.9	12.1
Azamî sür'at dz. mili/sa.	15.4	11.3
Yakıt sarfiyatı, lb/shp/sa.	0.546 - 247 gr.)	1.306 (592 gr.-

Tekmil boy	:	452 fit
Kaimeler arası	:	441 fit
Makta-ı-âzam	:	56 ft. 10.75 inç
Tam yükle ortalama draft	:	26 fit
Mai-Mahreç, ton	:	13570
D. w., ton	:	8870
Kapasite, balya, kübikfit	:	484679
Kapasite, dökme kübikfit	:	551530
Takat, normal, shp	:	6000
Takat, maş, mukavele, shp	:	6000
Takat, normal, ihp	:	—
Normal takatte perv. dev/da.	:	110
Tecrübe havuzu model sür'ati, dz. mili/sa.	:	15.9
Azamî sür'at dz. mili/sa.	:	15.4
Yakıt sarfiyatı, lb/shp/sa.	:	0.546 - 247 gr.)

Ağırlıklar : 6 müvellid beheri 8 er tondan 48 ton, iki türbin tornistan türbinlerle birlikte 14 ton, devir düşürücü dişli takımı 26 ton, boru donanımı ve valflar vs. makina aksesvarı 15 ton, şaft ve pervane hariç tahrik gurubunun tekmili 103 ton, izafî ağırlık 17,5 kg /bey.

YARDIMCILARI :

Lit, Modern gaz türbinleri (950), yazan Doçent Y. Müh. Kâmuran Görgün (İ.T.Ü.)

The Motor Ship Eylül, Kasım, Aralık 1955 sayıları.
Marine Engineering — A.B.D. — Nisan 1956.

Elektro-Pomp	Servisteki	İhtiyaç	Debi M ³ /sa.	bas. kg/cm ²	Yuttukları Güç
Tatlısu	1	1	120	2.5	17
Yağlama yağı	2	1	60	4	23
Yağlama yağı, redüktör	1	1	28	1.5	2
Mazot	1	1	1.2	1.5	0.5
Deniz suyu	1	1	250	1.5	21

Atom Kudretinin Deniz Makinalarında Kullanılması hakkında Etüd

Yazan : Donald E. Tackett

Çeviren : Yük. Müh.
Faruk Erler

Üçüncü Kısım

Reaktor dizaynında en müşkül faktor reaktorda kullanılacak malzemenin intihabıdır. Mühendislik mevzularının ekserisi mevcuttur. Reaktorlar esas itibarile hararet enerjisi istihsal eden unsurlar olması dolayisile bu gibi makinelerin dizayninde mevzubahs olan meseleler reaktor dizaynı için de aynen vaki-dir. Büyük suhnetlerde yüksek mukavemet, (creep) 7 mukavemeti, paslanmaya karşı mukavemet yüksek hararet nakil nisbeti gibi, malûm taleplerle beraber daha bir takım isteklerin yerine getirilmesi reaktorda kullanılan malzemenin beklenmektedir. Alelâde makine inşaatı metalibatı dışında reaktorda kullanılan malzemenin atom vasıflarının uygun olması, yeni olan neutron bel'i ve dağıtması karakteristiklerinin reaktor dizaynına uygun olması istenir. Atom vasıflarının malzemenin fizikî ve kimyevî vasıflarile hiçbir alâkası olmadığından bildiğimiz makine inşaatında kullanılan malzemenin aynı zamanda uygun atom evsafı da olmasını beklemek için bir sebep yoktur. Maalesef büyük hararetlerdeki makine inşaatı sahasında en çok geçen malzemenin atom vasıfları pek kötüdür. Bir reaktorda kullanılacak malzemenin kesif neutron bombardımanına, primer gama intişarına ve reaktor zehirlerinin hücumuna dayanabilmesi lâzımdır. Bu nokta beklenen talepler içinde çok mühimdir. Çünkü birçok madenlerin kristal bünyesi kesif neutron bombardımanı altında tahavvüle uğrar.

Bir reaktor muayyen bir müddet çalıştıktan sonra, reaktor göbeğinde bulunan malzeme fazla miktarda radyoaktivite alır ve bu malzemenin bakım ve tamiri fevkalâde ciddî müşkülât arzeder. Birçok malzeme (demir gibi) uzunca yarı ömrü olan ve tehlikeli derecede gamma şuaı neşreden yarı ömürlü izotoplar teşkil ederler.

Bütün bakım ve tamir işinin uzaktan sevk ve idaresi icap eder. Bu suretle reaktor dizayn edilmiştir. Reaktorun faydalı ömrü esnasında bakım ve tamir işinin hiç olmaması düşünülmesi lâzım geldiği meydana çıkar. Külhanların ve boruların temizlenmesi gibi makiniste malûm olan gündelik işlerin mukabili reaktorun çalışmasında yoktur. Reaktordaki kullanılan soğutucular fazla faal tabiattadır. Meselâ yüksek suhnetlerde sodyumla muamele gören bir sistemin ta-

mamiyetinin yüksek dereceli olması lâzımdır. Aynı zamanda sistemin birkaç senelik bir müddet hararet temevvüçleri, sıvı madenin yenmesi ve parçalanması ve kesif neutron bombardımanı altında kalmak şartları içinde tamamîyetini muhafaza etmesini istersek, o zaman reaktor dizaynında malzemenin seçilmesi ve imâlindeki müşkülâtı takdir etmeye başlarız.

Reaktor malzemesi umumiyetle reaktordaki kullanım maksatları ve yaptıkları hizmetler bakımından sınıflandırılırlar. Bu taksim şekli kati olmayıp, bazı malzeme birkaç maksat için de elverişlidir. Reaktor malzemesinin sınıflandırılması şöyledir :

1. Yakıtlar ve münbit malzeme
2. Yavaşlatıcılar ve reflektörler
3. Soğutucular
4. Kaplama ve inşaa malzemesi
5. Kontrol çubukları
6. Perdeleme malzemesi

Bu ayrılış sırasile malzemeyi mutalâa edelim.

Yakıtlar ve münbit malzeme :

Yakıtlar parçalanabilir izotoplar olan $^{92}\text{U} 235$, $^{92}\text{U} 233$ ve $^{94}\text{Pu} 239$ dur. Zincirleme aksülameli devam ettirebilmek için bunlar lüzumludur. Münbit malzeme $^{92}\text{U} 238$ ve $^{90}\text{Th} 232$ olup, neutron zaptile parçalanabilir malzemeye kalp edilir. Çekirdek Fizyon hadisesinde atomun yegâne ehemmiyeti haiz olan kısmı olduğundan yakıt saf şekilde, sulu bir mahlûl halinde veya bir sulandırıcıda gizlenmiş olarak veya eritilmiş buzlardan tereküp eder halde mevcut olabilir. Kullanılan halitalar ve sulandırıcılar parçalanma hadisesine müdahale edemeyecek vasıfta olmalıdır. Parçalanabilir ve münbit malzemenin reaktörde ne gibi şartlarla mevcut olması lâzımgeldiği büyük mikyasda reaktor tip ve maksadına bağlıdır. Heterojen bir reaktorda yakıt bir kafese tertip edilmiş boru veya paketler halindedir. Homojen bir reaktorda ise yakıt sulandırıcıda muntazaman tevzi edilmiştir.

Tabii uranium vasıfları itibarile oldukça normal bir madendir. Oldukça mukavemeti haizdir ve gerekli usuller kullanıldığı takdirde dökülebilir, işlenebilir ve şekil verilebilir. Plutonium'a dair daha az malû-

mat mevcut ise de dökülebildiği bilinmektedir. Uranium yüksek mukavemetlerde yenmeye ve paslanmaya karşı çok mukavemetsizdir. Aynı zamanda kesif neutron bombardımanı altında uranium fizikî tahvülâta uğrar. Parçalanabilir izotopun bir kısmı fizyona uğradıktan sonra soğutucuyu kirletebilecek çözümlü mahsulleri mevcut olacaktır. Zikredilen bu sebepler dolayısıyla heterojen reaktörlerde yakıtın koruyucu bir maden ile örtülmesi umumiyetle şayanı arzudur. Homojen bir reaktörde yakıtın çözülmesi meselesi ortadan kaldırılmıştır. Bu tipte yakıt sulandırıcı içinde siyenen dağılmış bulunmaktadır. Bunu temin edecek bir kaç yol vardır. Yakıt som bir madenin içinde ince bir toz olarak serpilmiş halde bulunabilir. Veyahut yakıt muvafık bir mahlül içinde eritilmiş olarak bir halita halinde olabilir. Diğer bir imkânda izabe noktası düşük tuzlar içinde eritilmiş mahlût halinde bulunmasıdır. Homojen bir reaktörde kullanılacak sulandırıcının nevi fizyon neutronlarının kudret seviyesine bağlıdır. Termal omojen bir reaktörde sulandırıcının termal neutronları az bel'etmesi ve yumuşatıcı vasfının iyi olması lâzımdır. Orta ve hızlı reaktörlerde sulandırıcının yumuşatıcı vasfının iyi olması lâzımdır. Orta ve hızlı reaktörlerde sulandırıcının yumuşatıcı vasıflarının daha az olması orta ve hızlı neutronları az bel'etmesi lâzımgelir. Kullanılan bütün sulandırıcıların istihsal edilen hararet sisteminin suhnetini fazla yükseltmemek için hararet nakil vasıflarının gayet iyi olması lâzımdır.

Yumuşatıcılar ve reflektörler :

Yumuşatıcılar ve reflektörler neutronların enerjisini süratle azaltacak evsafta olmalı ve neutronların bel'etme hassası düşük olmalıdır. En iyi yumuşatıcı ve reflektörler kitlesi küçük olan unsurlardır. Yavaşlatma kifayeti ağırlaştırma nisbeti ile ifade edilir ve bu da yavaşlatma kudretinin zaptedici kesite nisbetidir. (Cedvel IV) de mevzubahis olabilecek malzemenin yavaşlatıcı vasıfları verilmiştir.

Cetvel IV de görüleceği gibi iyi yavaşlatıcılar ağır su, oksijen, karbon, berilium ve hidrojen gibi unsurlardan tereküp etmektedir.

Kitle	Unsur	Ağırlaştırma kudreti	Yavaşlatma nisbeti
1	H	0.85	65
2	D	0.072	47,500
4	He	0.0123	namütenahî
7	Li	0.024	0.0083
9	Be	0.146	133
11	B	0.071	0.00073
12	C	0.058	162
14	N	0.045	0.74
16	O	0.0215	316
19	F	0.014	6.1

D hidrojenin bir izotopudur.

Neutron bel'i az olmak ve kâfi derecede yüksek yavaşlatma unsuru kesafeti bulunmak şartile diğer unsurlardan mürekkep halitalarda kullanılabilir. Ya-

vaşlatıcılar umumiyetle katı ve sıvı durumdadır, gazlarda yüksek atom kesafeti temin etmek müşküldür. Cetvel IV deki unsurların hepsi helium gazi müstesna halita teşkil ederler. Katı veya sıvı hâlde yavaşlatıcı olarak kullanılan halitalardan bazıları şunlardır :

Berilyum oksit, berilyum karbit, hafif su, ağır su, hidrokarbonlar, denterocarbonlar ve organik halitalardır. En iyi yavaşlatıcı nisbeti olan ağır su (denterium oksit) dir. Fakat bu malzeme çok pahalıdır. Organik malzemeler intişarla harap olmaya müstait olduklarından umumiyetle mevzubahis edilmez. Reflektör malzemesi de yavaşlatıcı malzeme gibi aynı unsurlardan yapılır ise de yavaşlatıcı malzemenin bir devamı da olabilir. Bugün yavaşlatıcının kaynaması şayanı arzu görülmemektedir. Eğer çalışma suhnetinde yavaşlatıcı kaynayacak ise reaktörün tazyik altında bulundurulması lâzımdır. Bu da bugünkü şartlarla ciddî bir mesele teşkil edebilir.

Soğutucular :

Reaktör hararet enerjisi istihsal eden bir cihazdır. Bu sebepten reaktör göbeğinden harareti gidermek için bazı çareler aramak lâzımdır. Soğutucuların en iyisi ve en ucuzu alelâde sudur. Fakat burada mevzubahis olan kudret reaktörlerinde, reaktörün beher vahit hacminde serbest bırakılan hararet miktarı su müberrit olarak kullanıldığı takdirde kifayetle gidebileceği miktardan oldukça yüksektir. Soğutma sahasının beher vahidi için bel bırakılan hararet yüksek olduğu hallerde en iyi soğutucular erime noktası düşük olan madenler olarak belirmektedir. Cetvel V de bazı reaktör soğutucularının muhtelif vasıfları verilmiştir.

Cetvel V

Neutron zaptı	Yavaşlatma nisbeti	Hararet nakil emsali	Donma noktası F	Kaynama noktası F	
Su	0.60	250	6.030	32	596
Sodyum	0.45	0.89	15.200	208	1621
Na-K	1.10	0.225	7.630	66	1518
Lithium	65	0.006	14 100	354	2403
Pb-Bi	0.17	0.56	7.150	275	3038
Hava	1.4	0.82	342
Helyum	0.008	83	289

Cetvel V de verilmiş olan hararet emsalleri beher saatte beher °F Btu

olarak verilmiştir. Sıvılar için hararet nakil emsali 500 °F inde kaynadıkları halde verilmiştir. Havanın kesafeti 1.385 psf, Helyum için kesafet 0,1940 psf dir. (psf = kadem kareye libre). Helyumun hararete nakil emsali sistemi birkaç atmosferlik bir tazyik altında bulundurmakla mühim miktarda artırılabilir. Fakat bu miktar hiçbir zaman sıvı soğutucuların derecesine yükselemez. Cetvel V den sodyum'un reaktör soğutucusu olarak çok iyi vasıflara sahip olduğu görülmektedir. Hararet nakil emsali suyunkiden iki mislinden fazladır. Neutron-zaptı azalmakla beraber yavaşlatıcı nisbeti de düşüktür. Kaynama nok:

tası kâfi derecede yüksek olduğu için sistemin tazyik altında bulundurulmasına ihtiyaç yoktur. Bunlara rağmen sodyum kullanmanın bazı mahzurları vardır. Sodyum kimyevî bakımdan fazla hareketlidir ve su ile birleşince infilâk şiddetile filî kimyevî hasil olur. Bu sebepten sıcak sodyumun atmosferle veya su ile temasa gelmemesi için itinalı tedbirler almak lâzımdır.

Aynı zamanda sodyumun erime noktası atmosfer suhnetinden oldukça yüksek bulunduğundan reaktor çalıştırılmadığı zaman sistem içinde bulunan sodyumun katılaşmamasının önüne geçmek lâzımdır. Kurşun ve bizmut halitası tulumba ile basma masraflarının yüksek oluşu dolayısıyla soğutucu olarak fazla bir şey vaad etmemektedir. Suyun en ciddî mahzuru çalışma suhnetlerinde kaynamasına mani olmak için yüksek tazyik altında bulundurulması icap etmesidir. Aynı zamanda neutron bel'i fazla olduğu için uranium reaktorlarında tabii suyun kullanılması kabil değildir. Gaz soğutucular, bilhassa helyum ve karbon dioksit. kapalı devreli gaz turbin tesisi hâlinde kullanılabilir. Helyum reaktordan geçerken radyoaktifleşmediği için harici siperlemeye de lüzum yoktur. Helyum yüksek suhnetlerde paslandırıcı değildir. Bunlara rağmen, eğer sızıntılar pek az olmazsa, helyum oldukça pahalıdır ve yüksek tulumba kudretine ihtiyaç gösterir.

Kaplama ve inşa malzemesi

Sadece alüminyum, berilyum, magnezyum ve zirkonyum madenlerinin hususî neutron bel kesiti 0.5 borudan az olduğundan, termâl reaktordaki inşaat için uygun madenlerin adedî fevkalâde tahdit edilmiştir. Alüminyum ve magnezyum gayet iyi bilinen madenlerdir. Fakat bunların yüksek suhnetlerdeki vasıfları zayıftır. Berilyum ve zirkonyumun ise istihâl ve tasfiyesi gayet müşküldür. Madenleri içerisinde iz halinde bulunabilecek gayri safiyet atom vasıfları üzerine fevkalâde tesir yapmaktadır. Berilyumun erime noktası yüksektir. Yüksek suhnetlerdeki mukavemeti fazladır ve atom vasıfları çok iyidir. Fakat berilyum yüksek suhnetlerde çabucak okside olur, ya kaplanması veya atıl bir atmosfer içinde kullanılması lâzımdır. Berilyum sıhhat için bir tehlike teşkil eder. Bu sebepten modernin eritilmesinde, imâlinde ve ellenmesinde personelin tehlikeli bir şekilde zehirlenmesine mani olmak için çok dikkatli davranmak icap eder. Zirkonyum'un paslanmaya karşı mukavemeti fazladır, yüksek suhnetlerdeki mihanikî vasıfları iyidir ve imalât yapılması da nisbeten kolaydır. Zirkonyum birçok cevherlerde mevcut bulunmasına lüzumu kadar saf madenin elde edilmesindeki müşkülât fiyatını çok yükseltmektedir.

Hızlı reaktörler için malzemenin bu kadar düşük neutron kesiti olmasına lüzum yoktur. Bunun için hızlı reaktörlerde paslanmaz çelik, titanyum, molibden ve **inkonel** gibi malzeme kullanılabilir. Suhnet çok fazla olduğu takdirde kullanılacak yeğâne malzeme muayyen tip keramik veya çimento malzemesi olabilir.

Kontrol çubukları

Kontrol malzemesinin neutron bel kesiti yüksek olması lâzımdır. Ayrıca muayyen bir mukavemeti haiz olması, imâl edilebilmesi ve reaktor soğutucusunun içerisinde paslanmaya karşı makul derecede mukavim olması lâzımdır. Beron ve kodmiyum bu şartları yerine getirdiğinden kontrol çubukları olarak geniş mıkyaasta kullanılmıştır. Hafnium'dan elde edilecek neticeler de ümitli görünmektedir. Aynı şekilde bazı nadir toprak malzeme de mevzu bahis olabilir.

Perdeleme malzemesi

Faaliyette bulunan bir reaktörün göbeği intişar tesiri bakımından birkaç librelik radyumunkine eşittir. Personnel, teçhizat ve aletlere zarar gelmemesi için kâfi siperleme temin edilmelidir. Bir reaktor perdesinin umumî olarak beş hizmeti vardır :

1. Hızlı neutronlar durdurulmalıdır. Bu iş en iyi kesafeti yüksek ve atom adedi yüksek malzeme ile yapılır. Hızlı neutronlar elâstikî dağıtma ile durdurulur. Bu gama şuaları hasil ettiğinden hızlı neutron perdesi reaktor göbeğine yakın gama intişarı perdesinin içinde olmalıdır. Hızlı neutron perdesi için mavzubahs malzeme : Tantalum, tungsten, kurşun, toryum, demir ve baryumdur.
2. Ara neutronlar durdurulmalıdır. Bu da en iyi sudaki hidrojen ile yapılır. Neutronlar elâstikî dağıtma ile durdurulur. Su umumiyetle kesif bir beton tabakasının içine karışmış olarak mevcuttur.
3. Termal neutronlar bel edilmelidir. Kesiti yüksek olması dolayısıyla boron bu iş için en elverişlidir. Ayrıca boron neutron zapt ederken gama şuaı neşretmez.
4. Gama intişarı durdurulmalıdır. Umumiyetle iki gama şuaı perdesi vardır. Biri, göbeğe yakın olanı fizyondan hasil olan intişarı durdurur. Diğeri satha yakın olanı perdenin içindeki faaliyet dolayısıyla vücuda gelen tali gama intişarını durdurur. Gama şuaı intişarına perdelik edecek malzeme : Tantalum, tungsten, toryum, kurşun, demir, baryumdur.
5. Perdenin kendisi sıcak göbekten korunmalıdır. Bu da umumiyetle demir veya çelikle temin edilir. Bu kısım herhangi bir vasıta ile sağutulur.

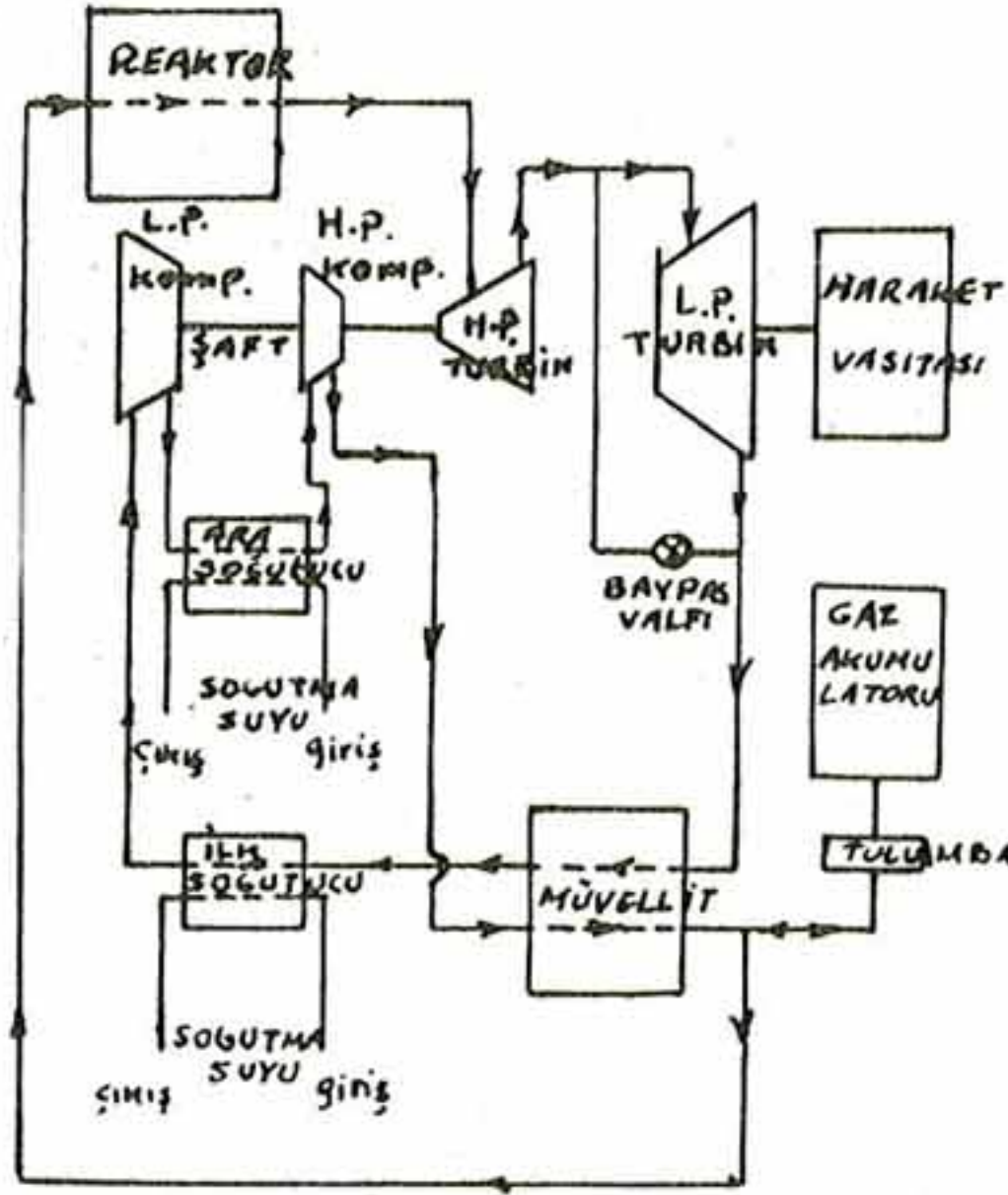
Neutronlar ve gama şuaları en müessir şekilde çekirdekler tarafından durduralacağından ve çekirdek de maddenin içinde gayet küçük bir hedef olmasından perdelemeye en ehemmiyetle düşünülecek nokta göbekte perdelenen saha arasına bol malzeme koymaktır. Bunun için en iktisadî perde beher kadem mikabı ve beher vahit fiyat için en fazla çekirdek te-

min eden malzemedir. Bu da umumiyetle yüksek ke-safette beton olarak meydana çıkmaktadır. Bu mal-zeme reaktör perdelemesinde gayet mühimdir.

Gelecekteki deniz atom tesisatında bulunması lâ-zım gelen hususatı göstermek üzere aşağıdaki reaktör sistemleri gözden geçirilmiştir. Bu sistemlerden herhangi birinin fiilen kullanılacağı şüphelidir. İstik-baldeki reaktör hesabındaki inkişaf malzeme, hara-ret nakli ve kontrol ile ilgili meselelerin hâlline bağlı-dır.

Gaz türbini. gazla soğutan reaktör sistemi :

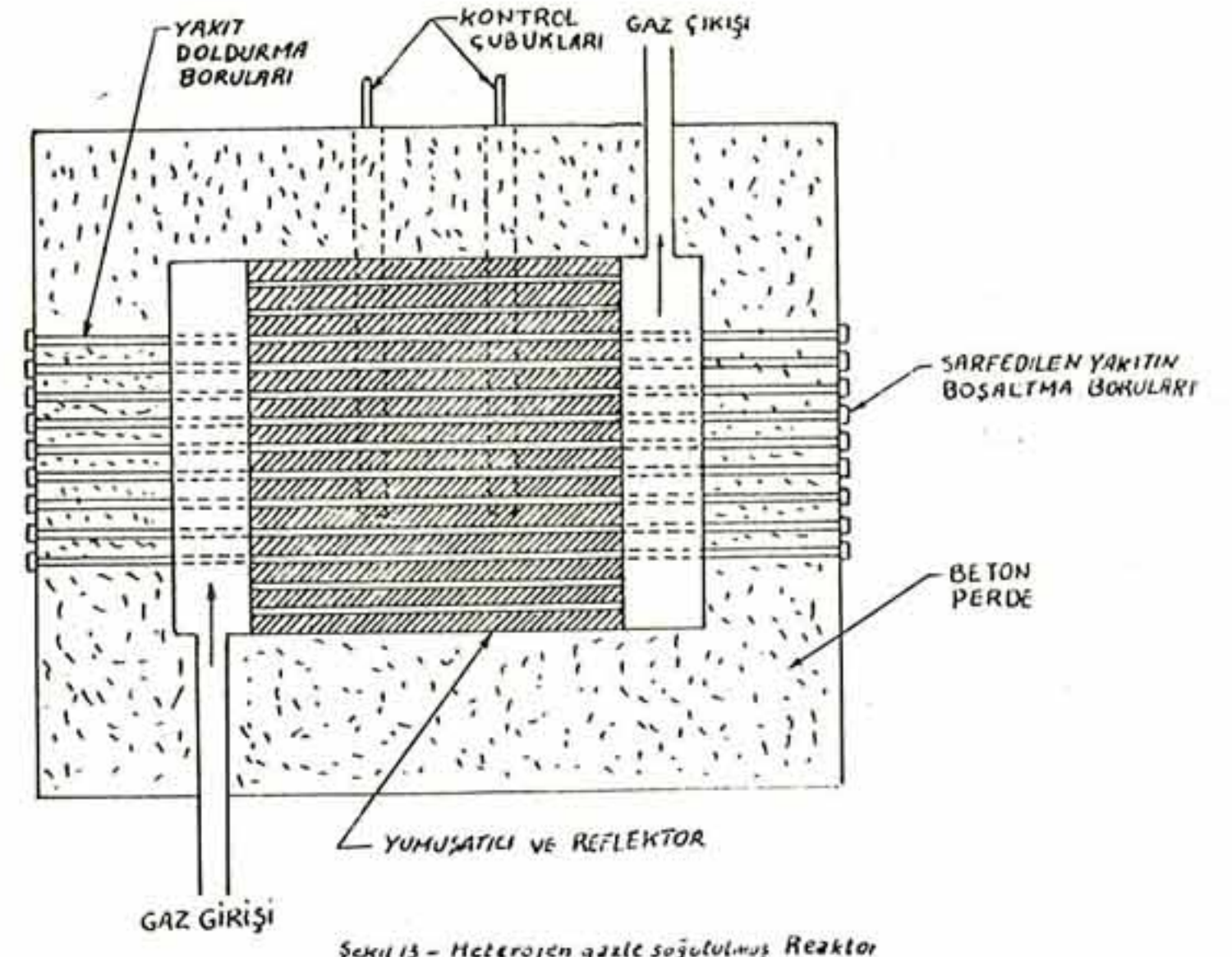
Şekil 12 de gaz türbini tesisatının bir skeç ile, şe-kil 13 de gazla soğutulan heterojen bir reaktörün skeçi gösterilmiştir.



Şek. 12- Deniz makineleri için gaz türbini ve gazla soğutulmuş Reaktör sistemi

Bu sistemin bir takım faydaları vardır. Eğer soğutucu gaz olarak helyum kullanılırsa, helyum çekirdeği neutron hüzmeleri altında gayet istikrarlı olması ve radyoaktivite kazanmaması dolayısıyla reaktörün dışında sistemin perdelenmesine lüzum kalmayacaktır. Aynı zamanda mutedil tazyiklerde helyumun hararet nakil vasıfları gayet iyidir ve paslandırıcı değildir. Diğer taraftan sistemdeki sızıntı çok düşük bir hâdde tutulmadığı takdirde eksilen helyumun ikmal-i dolayısıyla gereken masraf çok büyük olur. Reaktör soğutmasında kullanılacak diğer gaz karbon di-oksittir. Bu gaz helyuma nazaran çok ucuzdur, hara-ret nakil vasıfları da şayanı kabuldür. Fakat reaktör-dan geçerken radioaktif hale geldiğinden, gaz türbin sisteminde kullanıldığı takdirde ciddi perdeleme mev-zuları ortaya çıkarır.

Bu sistemde kullanılacak reaktör muhtemelen he-terojen termal tipten olacaktır. Reaktör göbeği ya-vaşlatıcı malzeme bloklarından inşa edilmiş yakıt unsurları muhafaza etmek ve soğutucu gazın cereya-nına imkân vermek üzere borularla teçhiz edilmiş-tir. Yakıt unsurları reaktörün ön tarafından sürü-lür, sarf edilmiş yakıt unsurları reaktörün arka tarafından çekilir. Yakıt elemanlarının fazla neutron



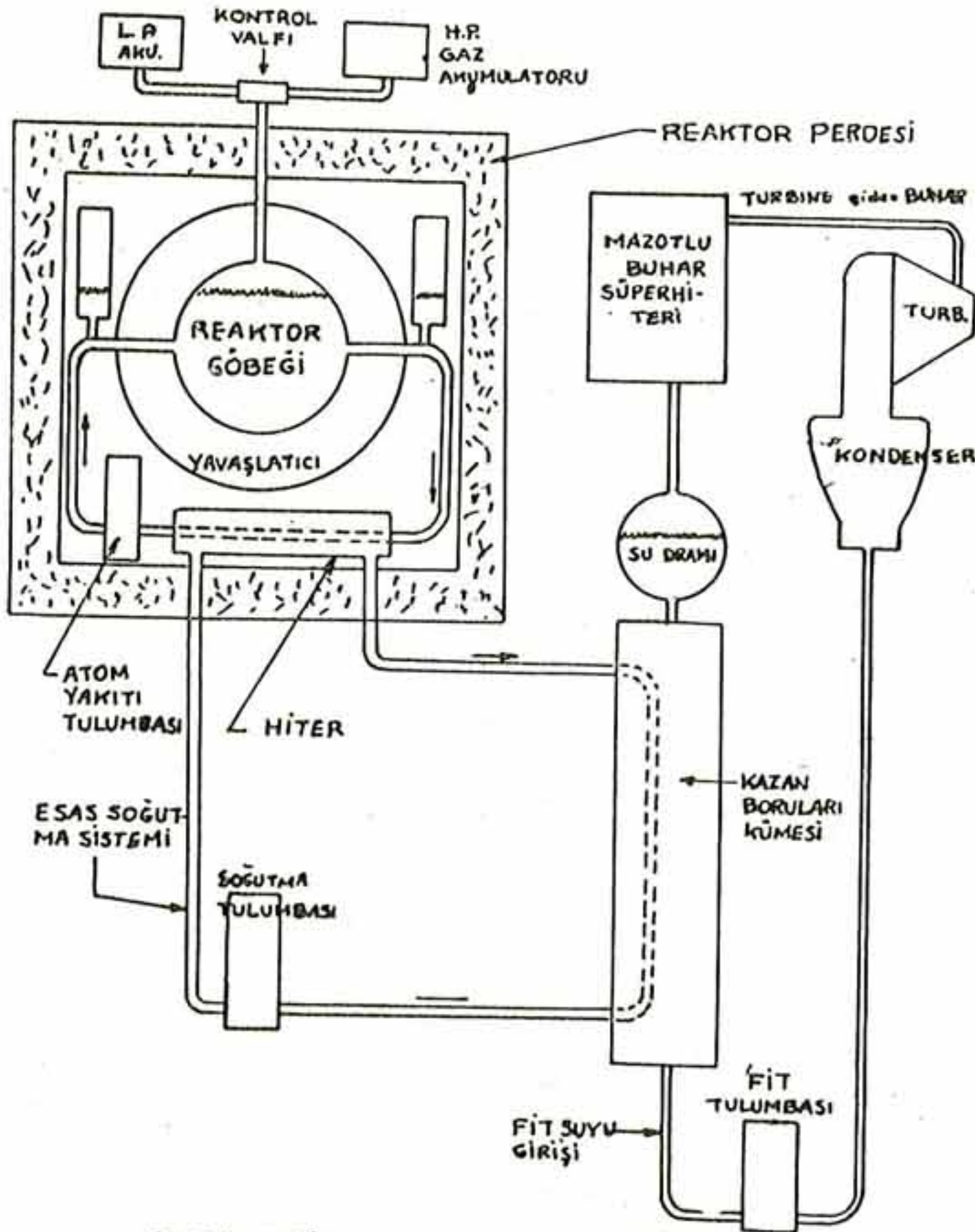
Şekil 13 - Heterojen gazla soğutulmuş Reaktör

bel etmeyecek zirkonyum gibi bir madenle kap-lanması lüzumdur. Borularda zirkonyumdan imâl edilebilir. Eğer takviyeli yakıt kullanılırsa titan-yum veya paslanmış çelik de kullanılabilir. Yakıtın kaplanmadan evvel tesviyesi veya dökülmesi ihtima-li olduğu gibi yakıtı madenî bir muhafazada sıvı veya toz halinde kapalı bulundurmaya imkânı da vardır. Bu son şekil yakıt muamelesi fiyatını azaltır. Buna mukabil kırılmış unsurlarda atom kirlenmesinden mü-tevellit zararlar fazla olabilir. Yavaşlatıcı ya karbon bloklardan veya berilyum oksitten müteşekkildir. Re-aktör oldukça tazyike tahammül edecek şekilde in-şa edilmeli ve gaz soğutucular için fazla hararet nakil sathı lâzımgeldiğinden cesameti de oldukça büyük olmalıdır. Göbeğin cesametinin artması dolayısıyla, perdeleme de külfetli ve masraflı olacaktır. Bunlara rağmen reaktörün kontrolü gayet kolay ve basittir.

Gaz türbini sisteminin bazı çok iyi tarafları vardır. İstihsâl edilen kudret sistemin tazyikini değıştirmek-le veya alçak tazyik türbini devreden çıkarmakla kontrol edilebilir. Akümülatördeki tazyiki değıştirmekle sistemin içinde bulunan gaz miktarı da değıştirilebi-lir. Eğer sızıntıyı haddi asgariye indirecek çareler bu-lunabilirse bu sistemde helyum gazı gayet iyi şart-larla kullanılabilir.

Homojen sıvı yakıtlı reaktör :

Bu tip reaktörün muhtelif şekillerde tertibi müm-kündür ; tertip şekillerinden ikisi şekil 14 ve 15 de gösterilmiştir. Şekil 14 de gösterilen sistem sıvı ya-kıtın içerisinde devrettiği kürevî bir reaktör göbe-ğinden müteşekkildir. Hararet yakıtın perde içerisin-de bulunan bir müberritten devredilmesiyle gideril-mektedir. Bu tertibatın faydası buhar ve su sistemin-in radyoaktif kirlenmeden beri kalmasıdır. Aynı za-zanda soğutma için yüksek kifayetli bir vasıta kulla-nıldığı takdirde perdeleme ağırlığı da haddi asgari-dedir. Fakat bu reaktör sistemi yağ buhar istihsâl eder. Bunun için sisteme yağ yakan bir süperhiter ilâve edilmiştir. Yağ yakan cihaz arzu edilmediği tak-dirde, birkaç seri ısıtmalardan sonra rutubet mikta-



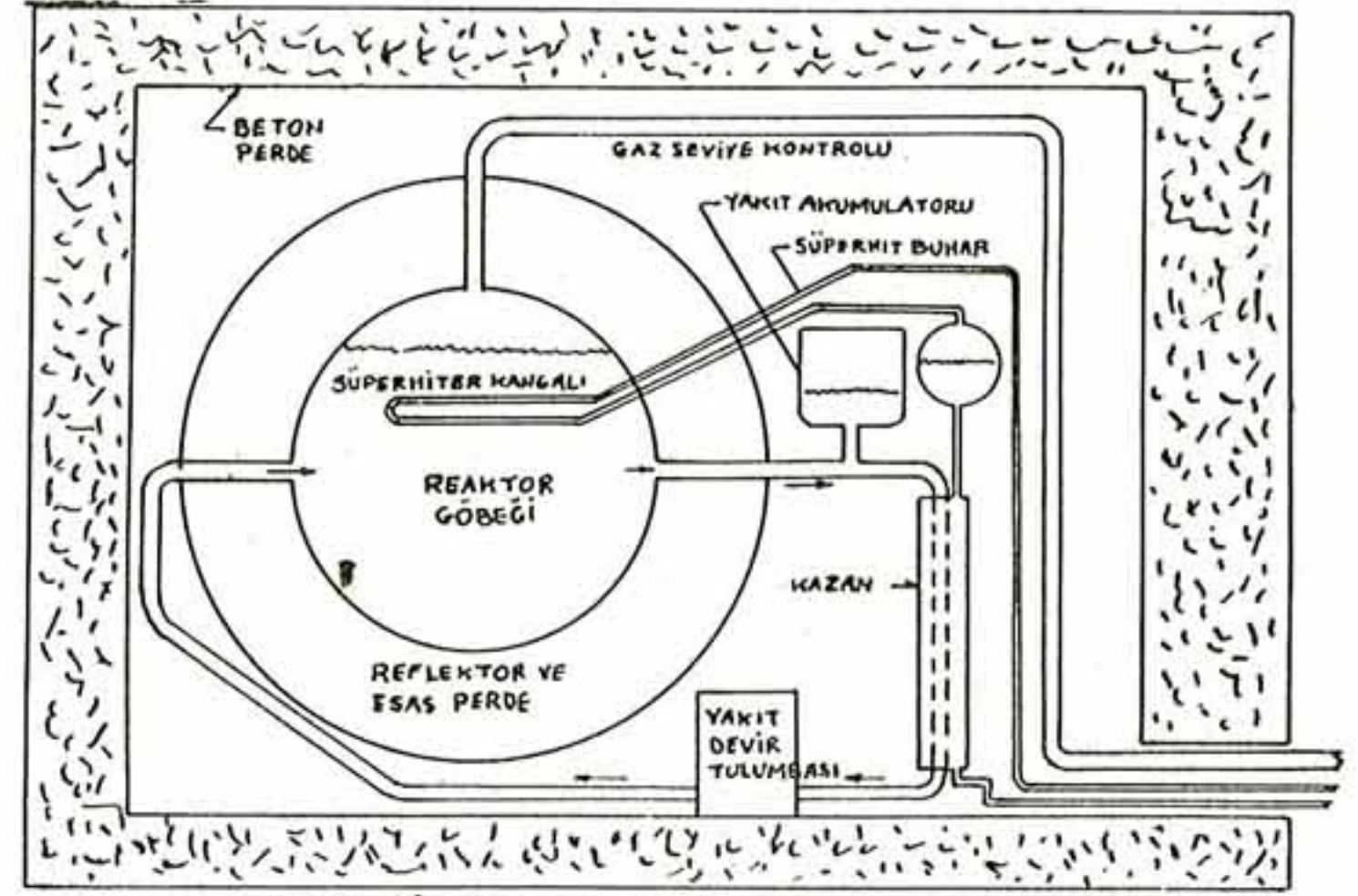
Şekil 14 - HAZANLI SIVI YAKITLA ÇALIŞAN REAKTOR

rını turbin için kabul edilebilecek miktarlara indirecek bir buhar separatörü türbin vahidine eklenebilir.

Yakıt sistemi için birkaç türlü imkân vardır. Yakıt uranyum ve plutonyum emlâhının sulu bir mahlûlu olabilir. Burada hâl edici hafif veya ağır sudur. Böyle olduğu takdirde göbekte kaynamaya mani olmak için sistemin tazyik altında bulundurulması icap eder. Aynı zamanda hasil olacak hidrojen ve oksijen gazlarının ortadan kaldıracak çareler de tevessül edilmiştir. Diğer bir yakıt temin imkânı da sıvı sodyum içinde yüzen ince yakıt parçacıkları topluluğu ile dir. Bu sistemde takviyeli yakıt kullanmak lâzımdır. Fakat mühim miktarda yakıt istihsâli de temin edilebilir. Sıvı sodyumun hararet kifayetinin yüksek olması dolayısıyla göbeğin cesameti de küçük olacaktır. Kazan perdenin dışında olacak olursa, dış devrede başka bir sıvı madenin kullanılması, reaktör içindeki müberridin cesametini küçülteceğinden, lâzım olan perdeleşme ağırlığı da hissedilen derecede azalacaktır. Diğer taraftan emniyet bakımından kırmızı hararete çıkmış sıvı sodyumun hararet nakli için beğenilen bir vasıta değildir. Yakıt sistemi için bir başka imkân daha vardır. Yakıt cam gibi eritilmiş ve eritme noktası düşük bir mille içine ithâl edilebilir. Bu sistemin de birçok faydaları vardır. Sistemi tazyik altında buldurmaya lüzum hasıl olmadan yüksek suhnetlere çıkılabilir. Bel kabiliyeti az ve yumuşatıcı tesiri küçük halitalar kullanıldığı takdirde reaktör hızlı neutronlarla çalıştırılabilir. Fakat yakıt alışımının süzülmesiyle arzu edilmeyen gazların intişarı meydana gelebilir. Aynı zamanda böyle bir yakıt alışımının tulumba ile basılması mühim bir mesele teşkil eder.

Homojen hızlı veya orta bir reaktörün kontrolü mühim meseleler ortaya çıkarır. Ekseri malzemenin hızlı neutronları bel kabiliyetinin az oluşu çubukların

tesir derecesini azaltır. En fazla tesir edebilecek kontrol, büyük menfi suhnet emsali kullanarak fazla kritikleşmeye mani olacaktır. Homojen sıvı reaktorda



Şekil 15 - DANIŞI KAZAN ve SÜPERHİTERLİ SIVI YAKITLI HOMOJEN REAKTOR

suhnetinin yükselmesi yakıt mahlûlünün kesafetini azaltacağından faaliyeti düşürmeye sayeder. Bu suretle faaliyette veya kudret seviyesinde vaki olacak herhangi âni bir yükseliş suhnetin artmasına sebep olur. Bu suhnet yükselişi faaliyeti azaltarak kudret seviyesinin eski kıymetine düşmesini sağlar. Bu tip reaktör de diğer bir kontrol imkânı da reaktör göbeğindeki sıvının seviyesini kontrol etmektir. Seviyenin yükseltilmesi faaliyeti artırır. Helyum bir örtü olarak kullanıldığı takdirde, gaz akümülatör sarnıçlarında içeri ve dışarı geçirmekle seviye kontrol edilebilir.

Kazanı reaktör perdesi içersine koymak suretile evvelce tarif edilen çift soğutma sistemi kaldırılabilir. Böyle bir tertip şekil 15 de gösterilmiştir. Sıvı yakıt fizyon hararetini doğruca kaynayan suya intikal ettirmek için kazanın içinden tulumba vasıtasile geçirilir. Reaktör göbeğinde bir de süperhiter kangalı gösterilmiştir. Bu suretle ayrı yağ yakan bir süperhiter tertip edilmesine lüzum kalmaz. Fakat, kızgın buharın doğruca neutron bombardımanına maruz bulunması oldukça radyoaktif olmasına sebep olur. Bu mahzurun buhar su sisteminde geniş mikyasta perdelenmesine ihtiyaç olup olmadığı henüz bilinmemektedir. Süperhiter olmasa da sadece kazanın reaktör içinde bulunması da çok cazip görünmektedir. Maamafih reaktörün içindeki kazanın cesameti perdelenmesi icap eden hacmin artmasına sebep olmaktadır. Bu da reaktör perdeleme ağırlığını fazlaştıır.

Bibliyografya Kitaplar

1. Applied Atomic Energy ; by K. Fearnside, E.W Jones and E.N. Show. Temple Press, London, 1951.
2. Atomic Energy ve Industry, Minutes of special conference, October, 1952. National Industrial Conference Board, New York, 1952.

3. Atomic Power and Private Enterprise. Prepared for the Joint Committee on Atom Energy, 82 d Congress, 2 d session. U.S. Government Printing office, Washington, 1952.
4. Atoms and Energy, by H.S.W. Mossey. Elek books, London 1952.
5. Automatic Control of Power Reactors, by M.A. Schultz. A.E.C.D.-3163 Dak Ridge, Tennessee. Technical Information Service, 1950.
6. The Elements of Nuclear Reactor Theory, by Samuel Glasstone and Nilton C. Edlund. D. Van Nostrand Co. New York, 1952.
7. Introduction to Atomic Physics, by Henry Sotat. Rinchart New York, 1946.
8. Introduction to Pile Theory, by Clark Goodman Addison - Wesley Press, Inc., Cambridge, Massachusetts, 1952.
9. The New Force, by Ralph E. Lapp. Harper and Brothers, New York 1953.
10. Proceedings of the 1953 Conference on Nuclear Engineering, University of California, Berkeley, California, 1953.
11. Reactor Development, by L.B. Borst. A.E.C.D.-2712. Dak Ridge. Tennessee. Technical Information Division. 1948.
12. Report on the Atom, by Dean. Alfred A. Knopf, New York 1953.
13. The Role of Engineering in Nuclear Energy Development, Compiled by N.F. Lansing. U.S.A. E.C. TID-5031. Dak Ridge, Tennessee. Technical Information Service 1951.
14. Scientific American Reader. Simon and Schuster, New York, 1953.

Mecmua makaleleri

1. « Advances in Nuclear Power Technology » the Engineer, London March 12, 1954.
2. « Atomic and Solar Energy » by Farrington Daniels, American Scientist, October 1950.
3. « Atomic Energy in 1953 » The Engineer (London). January 1, 1954.
4. « Atomic Propulsion, with special Reference to Marine Propulsion » by Sir John Cocksoft, Institute of Marine Engineers, Proceedings, April 1953.
5. Basic Christopher Hinton, Nucleonics, January 1954.
6. « Engineering and Technical Problems of Atomic Power » by Dr. Walter H. Zinn, Midwest Engineer, August 1953.
7. « Future of Atomic Energy » by J. R. Dunning, American Scientist, January 1950.
8. « Industrial Nuclear Power » by K. Cohen et al., Journal of the American Society of Naval Engineers, November 1953.

Deniz Kuvvetlerinde Yenilikler

Büyük Donanmaların istikbali

Yazan : Y. Müh. Saip Alpay.

Bundan evvelki yazılarımda, donanmalarda bugüne kadar olan tekâmül gözden geçirilmişti. Şimdi, istikbalde büyük bir deniz kuvvetinin ne şekilde tereküp edebileceği hakkındaki imkânlar ve mütalâa-lara geçelim. İstikbaldeki donanmaların vasıflarını tesbit etmeye çalışırken burada bilhassa çeşitli füzelerin ve tayyarelerin artık deniz kuvvetlerinin esas silâhını teşkil edeceklerini ve atom enerjisinin de geminin tahriki için kullanılacağını kabul etmek şarttır. Belki de bazı tip gemilerde toplar ve tayyare dafî topları talî bir silâh olarak kullanılacaksa da, bu silâh artık ikinci derecede bir rol oynayacaktır. Bugünkü gidişe bakılacak olursa ileride donanma daha ziyade nisbeten küçük gemilerden teşekkül edecektir. Fakat hacim itibarile daha küçülecek olan deniz vasıtalarındaki silâhların tahrip kudretleri, şimdiye kadar görülmemiş bir şekilde, muazzam olacaktır. İstikbal donanmalarının en büyük gemilerini belki de yine tayyare ana gemileri teşkil edecektir.

Bugün varılmış neticelere bakılarak, yarının donanmalarının bünye kuruluşu için aşağıdaki şekilde bir teşekkül düşünülebilir.

A — İstikbalde tayyare ana gemileri donanmanın ağırlık merkezi olarak kullanılacaktır. Bu gemiler yalnız başlarına değil, başlı başına birer harp filosu halinde harekâta iştirak edeceklerdir. Bilhassa hareket serbestisine malik olan muazzam tayyare alanları halinde olacak bu gemiler dünyanın her hangi bir düşman sahiline yaklaşabilecekler ve güvertelerinden hareket edecek tayyareler düşman bölgesi üzerinde uçacak ve derinliğe girerek hücumla geçebileceklerdir. Böylelikle tayyare ana gemileri donanmanın tahrip kuvvetini temsil edecektir. « An'anaevi » donanmalarda bu vazifeyi « safhı harp » gemileri görürlerdi. Bunların silâhları yalnız top olduğu için düşman sahillerinde hakimiyet kurabilseler de düşman bölgesine de derinliğine bir tesirleri olamazdı. Modern harp tekniğinde sanayi merkezlerinin imhası gibi meseleler bahis mevzuudur. Bu da ancak gemilerinden havalanacak tayyareler tarafından yapılabilir. Gayet tabî bu tayyareler arasında düşman arazisine atom veya hidrojen bombaları atabilecek olanları da bulunabilir. Fakat eski donanmalarda olduğu

gibi yenilerinde de tayyare ana gemileri için, yalnız buldukları takdirde düşmanın hava veya deniz silâhları vasıtasile batırılmak tehlikesi mevcuttur, ve bu gemileri korumak için yine hususi tipte gemilere ihtiyaç olacaktır. Yeni tayyare ana gemilerinin de atom enerjisi ile tahrik edilmesi bugünden üzerinde çalışılmaya başlanmış bir mevzudur.

B — Kabilî sevk füzeleriyle teçhiz olunmuş kruvazörler tayyare ana gemilerini hatta bütün donanmayı düşman hava kuvvetlerine karşı korumak vazifesini deruhte edeceklerdir. Mamafih itiraf etmeliki, « Kruvazör » tabiri çok muğlak ve tefsire muhtaç indî bir tabirdir. Bugünden yarının en mükemmel tipte füzeli kruvazörünün eb'adı hakkında bir tahminde bulunmak imkânı yoktur. Zira bu tekâmül daha henüz yeni başlamıştır. Meselâ Amerikan donanması, büyük masrafları göze alarak ağır kruvazörlerinden birkaçını füzeli kruvazör şekline sokmuştur. İngiliz donanması da bu şekilde bir tadile girişmiş ve 8.500 tonluk « Girdleness » isimindeki ihraç hareketlerini desteklemek için yapılmış bir gemisini, füzeleri denemek üzere bir tecrübe gemisi haline ifrağ etmiştir. Fakat bu hususta da elde edilmiş olan neticeler hakkında hiç bir malûmat yoktur.

Hakikatte yukarıda sayılan gemi tiplerinin benzerleri artık bugünkü donanmalarda da görülmeye başlanmıştır. Fakat asıl « büyük sürpriz » şeklinde silâhlarla ortaya çıkması ihtimal dahilinde olan tipler bunlar değildir.

C — Bugünün donanmalarının ortalık hizmetçisi gibi her işi gören fakat aynı zamanda da en tehlikeli hareket için, çoğu zaman feda edilerek gönderilen muhriplerin de istikbalin donanmalarında birer mümessili bulunacağından emin olunabilir. Belki de silâhların değişmesinden dolayı « Muhrip » tabiri terk olunabilir, fakat bunların gördükleri çeşitli vazifeleri başka bir gemi tipine havale etmeğe imkân yoktur. Ticaret gemilerinin himayesinden, denizaltıların imhasına, istikşaf seyrinden, anî baskınlara kadar değişik vazifeleri olan bu gemi tipi ileride belki silâhlarını, belki de tahrik imkânlarını değiştirmek suretile yine aynı işleri görecektir. Meselâ daha bugün İngiliz donanmasında « Denizaltı avcı gemisi » namı

altında kullanılan gemiler, şekilleri ve teçhizatı ta-
dil edilmiş olan çok hızlı muhriplerdir.

D — Yarının en « öldürücü » deniz silâhı ola-
rak beklenen vasıta denizaltılardır. Bugün yapılmı-
ya başlanılmış olduğu gibi bunların tahrik vasıtaları-
nın atom enerjisi olması beklenir. Hızlarının da de-
nizaltında 20 milden fazla olacağı tahmin olunur. Bu
gemiler için bir seyir mesafesi bahis mevzuu olma-
yacaktır. Denizaltı mürettebatının dayanabileceği ka-
dar uzun mesafeler gidebileceklerdir. Denizaltılar
düşman sahillerine yakın sularda, deniz üstüne çı-
karak taşıdıkları füzelerle de atışlar yapabilecekler-
dir. Bu füzelerin atom bombası cinsinden birer silâh
olması « çok büyük bir sürpriz » teşkil eder.

Bu denizaltılarla beraber şimdiden İngiliz do-
nanmasında kullanılan « Eksplorer » ve Ekskalibur »
gibi çok küçük tipler de bulunacaktır. Bunlar perso-
nelin talim ve terbiyesine yarıyacakları gibi su üs-
tünde de kısa bir müddet çok büyük bir sür'atle ha-
reket edebileceklerinden istikbalin donanmalarında
hücum botu şeklinde de kullanılabilir.

Denizaltı probleminde bugün halâ sarîh olarak
açıklanmamış bir nokta vardır. Bu vasıtalar hava hü-
cumuna veya havadan atılacak meselâ kabili sevk
su bombalarına karşı nasıl korunacaktır ? Neşriyatta
bu husus büyük bir sükût ile geçiliyor. Fakat Ameri-
kan donanmasının görülmemiş derecede muazzam
masraflara katlanarak 8 adet atom enerjisi ile çalı-
şan denizaltı yapmağa başlamış olmasından, bu teh-
likeye karşı da bir korunma imkânı ; hem de çok te-
sirli bir imkân bulmuş olmalarını kabul etmek lâzım-
dır. Zira aksi tamamen manasız olurdu.

Hiç bir donanma düşmanın tayyareleri için yalnız
biri hedef olabilecek denizaltılar, yapmak üzere yı-
ğınlarla para harcamayı göze alamaz.

Şiddetli bir hücum silâhı olarak tasarlanmış bu
denizaltıları için tabii denizaltı ana gemilerine de ih-
tiyaç olacaktır. Bugün denizaltı ana gemileri harp es-
nasında denizaltılara akar yakıtını temin ederler. İs-
tikbalde atom enerjisi ile tahrik olunan denizaltılar-
da artık akar yakıt meselesi kalmıyacaktır. Ancak de-
nizaltının cephanesini, erzakını temin etmek ve çok
uzun senelerde mürettebatını değiştirmek, hastaları
almak gibi vazifeler için, yine bir denizaltı ana gemi-
sine ihtiyaç olacaktır. Fakat denizaltı ana gemisi de
kendisi büyük bir denizaltı şeklinde ortaya çıkarsa
hiç şaşmamak gerektir. Birinci Dünya Harbi esnasın-
da dahi Almanlar 2000 tonluk « Deutschland » is-
minde bir büyük denizaltı imal ederek bunu nakliye
islerinde kullanmayı muvaffakiyetle denemişlerdi.
Denizaltı ana gemisi de bir büyük denizaltı olursa,
düşmana karşı korunması kolay olur ve daima ana
filodan ayrılarak yalnız başına randevularına gidebi-
lir.

Yukarıda sayılan ve istikbalin donanmalarının
bel kemiğini teşkil edecek gemi tiplerinden başka
ikinci derecede gemi tipleri de bulunacağı muhak-

kaktır. Bunların arasında bulunması çok kuvvetli tah-
min olunabilenler şunlar olabilir :

a) Mayın gemileri yine mayın döşemek, açlar
germek gibi bugün yapmakta oldukları vazifelerine
devam edeceklerdir. Mamafih, bu gemilerin de ma-
kina teçhizatında atom enerjisi kullanması uzak bir
ihtimal değildir. İngiliz donanması halâ bu tip gemi-
lerin inşasına devam etmektedir.

b) Arama tarama gemileri gibi bilhassa istik-
balde kullanılmasına devam olunacak mıknaatıslı
mayınları arayıp bulmak ve imha etmek vazifesini üs-
tüne alacak olan bu gemilerin tipleri çok değişmiye-
cekse de teçhizatları, yani tekâmül ettirilecek mayın
tiplerine göre büyük değişiklikler gösterebilir.

c - Nakliye ve ihraç ana gemileri ise, donanma-
nın yine mühim bir yardımcı unsurunu teşkil etmiye
devam edeceklerdir. Bu gemiler oldukça büyük ola-
cak ve hususî bir inşaat tarzında imâl olunup, ihraç
hareketlerinde kullanılacak küçük deniz vasıtalarını
içinde barındırabilecektir.

d) İhraç gemileri yine küçük eb'adda kalarak,
ancak çok kısa bir müddet çok hızlı hareket edebi-
len vasıtalar olacaklardır. Fakat bunların seri halin-
de imâli oldukça sür'atle mümkün olduğundan, harp
olmadıkça hiç bir donanma bu şekilde gemilerden
büyük sayılarda inşaata girişemez, fakat daima son
ihtiyaçlara tekabül eden yeni tipler tekâmül ettirilir
ve bunlardan ancak bir kaç adet deneme için imâl
olunur. Büyük sayılarda seri inşaata ancak harp ha-
linde başlanır.

Sayılanlardan başka, hususî ihtiyaçlar için bu-
günün donanmalarında bulunan hastahane gemileri
gibi tiplerin kullanılmaya devam olunacağı tahmin
olunur.

Mamafih donanmanın bu büyük inkilâbı yapma-
sı oldukça uzun bir zamana bağlı olduğundan, ge-
rek İngiliz ve gerek Amerikan donanması da önü-
müzdeki senelere esas silâhları top olan « An'ane-
vi » donanmasını derhal kadro haricine çıkaramaz-
lar. Ancak yeni gemi tipleri servise girdiği nisbette
bir tensikat yapmak kabildir. Bilindiği gibi donan-
madan çıkarılan gemiler evvelâ ihtiyat filoya naklo-
nurlar ve hatta bugün Amerikada yapıldığı gibi ihti-
yat filodan dahi çıkarılan gemiler derhal hurdacıya
teslim olunmaz. Bu gemiler, muhtemel bir harpte yi-
ne bunlardan istifade olunmak üzere « dondurulur »
yani bozulmamaları için mühim kısımlarını koruyucu
kimyevî bir madde ile örtülür ve mahfuz bir limanda
demirli olarak saklanır.

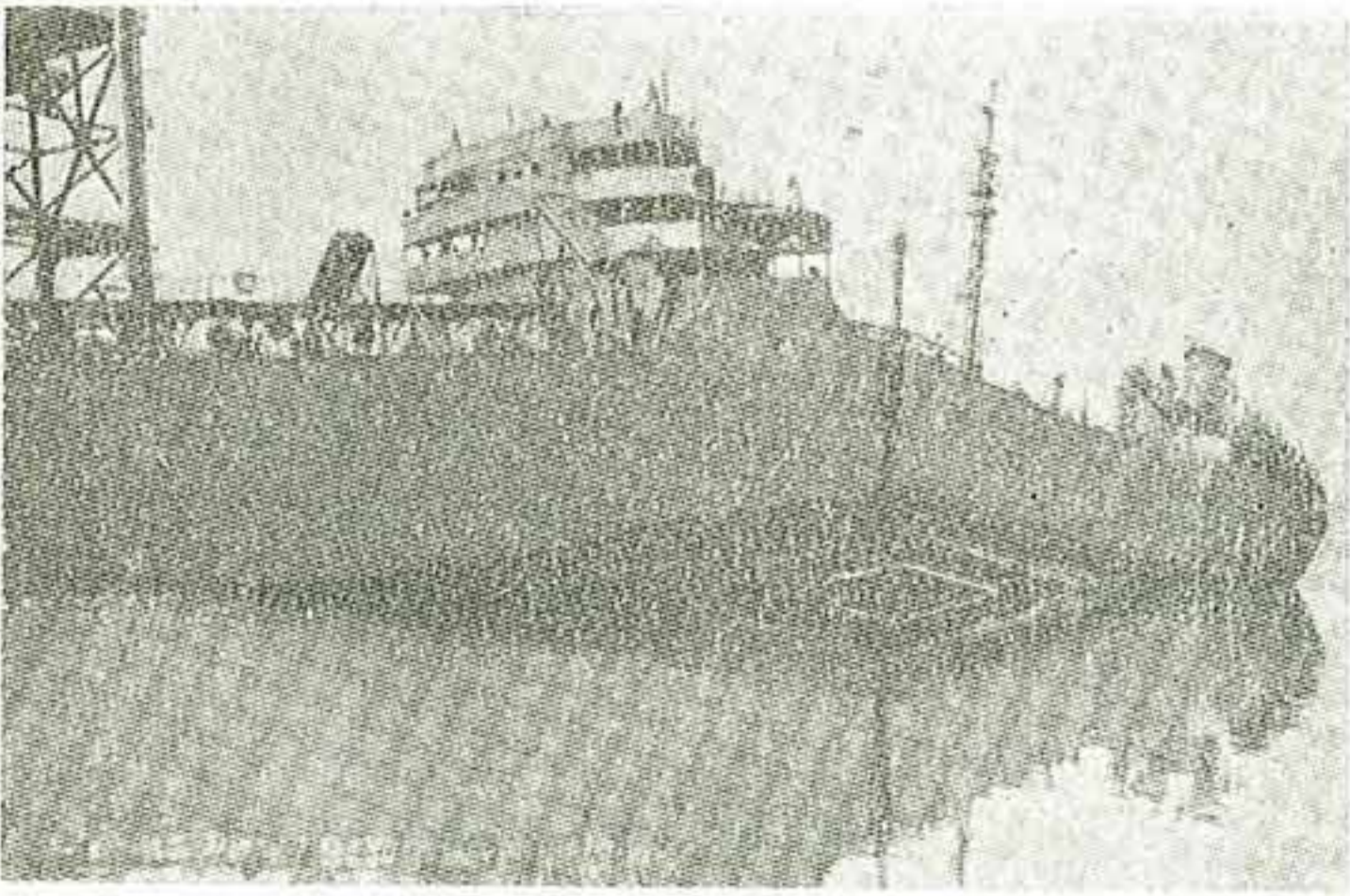
Bütün bu mülâhazalardan görülebileceği gibi,
istikbalde deniz kuvvetleri, mazide oynadıkları rol-
den büsbütün başka, fakat yine çok tesirli bir silâh
kalacaktır. Hatta düşman arazisine derinliğine tesir
edebilmek bakımından donanmanın eskisinden çok
daha mühim işler başarabileceği hakkındaki düşün-
celer dahi müsbet bir esasa dayanmaktadır.

ÇELİK YAPILARDA GEVREK KIRILMA

Derleyen : Doc. Dr. Müh. Doğan Gücer, İ.T.Ü.

İkinci Dünya Harbi içerisinde kaynakla imâ edilmiş ticaret gemilerinin, bu arada bilhassa Liberty tipi gemiler ve T-2 tankerlerinin açık denizde veya doklarda çatlayıp, bazı hallerde ikiye ayrılmaları, gevrek bir şekilde kırılma problemleri üzerine alâkayı çekmiş, ve bilhassa Amerika Birleşik Devletlerinde bu mevzu üzerinde geniş ölçüde teorik ve tecrübî çalışmalara yol açmıştır. 1940 dan beri bu şekilde servis dışı kalan gemilerin sayısı 250 kadardır. Bu gemilerden 19 u tamamile ikiye ayrılmıştır ; Bunlardan 11 i tanker, 7 si Liberty tipi gemidir. 1942 - 1952 arasındaki on yıllık devrede servis dışı kalmakla beraber irili ufaklı gevrek çatlama gösteren gemilerin sayısı takriben 1200 dür. Bu değerler 100 metreden daha uzun gemiler için olup daha kısa gemilerde bu tip arızalara pek raslanmamaktadır.

Kaynakla imâl edilmiş bir geminin gevrek kırılması ilk defa 1943 senesi Ocağında Portland (Oregon) limanında vuku bulmuş, bir T-2 tankeri sakin bir havada ve rıhtıma bağlı bulunduğu sırada, orta yerinden güverte ve yan levhalar boyunca, en az bir mil mesafeden iştirilebilecek bir çatırtı ile ikiye bölünmüştür. (Şekil 1a). Yalnız dip levhalar kopmadan kalmış ve iki ayrı kısmı birbirine raptetmiştir.



Şekil 1a. Dokda bağlı bulunduğu sırada ikiye bölünen T-2 tankeri.

Liberty tipi gemilerde vuku bulan çatlama ve kırılma ekserisi dik açılı ambar ağız köşeleri ve geminin üst kısmında çok yüklenen bazı levhalarda başlamıştır. Bu arızalar ambar ağız köşelerinin konstrüksiyonunun değiştirilmesi ve ilâveten perçinli çatlak tevkif edici levhaların kullanılması ile azaltılmıştır. Bu çatlak tevkif levhaları güverte ve küpeştelere yerleştirilmiş ve kaynak dikişleri bu tevkif levhalarının gerisinde bir kanalda sona erdirilmiştir.

T-2 tankerlerindeki arızaların ekserisi teknedeki alın kaynaklarından başlamıştır. Bu arızaların önüne geçmek kolay olmamıştır. Nihayet bu gemilere ikisi dipte ikisi de güvertede olmak üzere dört veya bazan daha fazla çatlak tevkif levhası yerleştirilmiştir. Fakat, diğer taraftan bu levhalar çatlakların husule gelmesine mani olamayacaklarından, bu tedbirlerle T-2 tankerlerindeki arızaların adedini pek fazla azaltmak mümkün olamamıştır. Son zamanlarda « American Bureau of Shipping » bu tip gemilerde daha fazla çatlak tevkif levhası konmasını, ve kemerelerin daha sağlam dizayn edilmesini şart koşturmaktadır.

Benzer gevrek kırılma hadiselerine çelik köprülerde, basınçlı kaplarda, boru şebekelerinde, v.s. de raslanmaktadır. Bu hadiselerin burada teker teker teferruatına girilmeyecektir. Ancak şu hususa işaret etmek faydalı olur ki, gerek gemilerde ve gerekse yukarıda adı geçen diğer yapı ve benzerlerinde görülen gevrek kırılma hadiselerinin mahiyetleri aynıdır.

Aşağıda, Massachussets Teknoloji Enstitüsü Asistan Profesörlerinden M.E. Shank'in, çeliklerdeki gevrek kırılmanın mahiyeti, bu hadiseye tesir eden faktörler ve nihayet bu tip arızalara mani olmak için alınabilecek tedbirler üzerindeki en son teorik ve tecrübî çalışma sonuçlarını ihtiva eden yazısının tercümesini bulacaksınız. Bu yazının Gemi İnşa Mühendisleri kadar, çalıştıkları sahalarda sık sık gevrek kırılma hadiseleri ile karşılaşan diğer mühendisler tarafından da alâka ile karşılanacağını ümit ediyorum.

D.G.

Üç faktör bir araya gelerek çelik yapılarda gevrek kırılmayı husule getirebilir : birincisi alçak temperatur ; ikincisi üç-eksenli gerilme husule getiren bir çentiğin mevcudiyeti ki kaynak çatlak ve boşlukları veya keski v.s. işlemlerinin bıraktığı çatlaklar olabilir ; üçüncüsü de yüksek bir zorlama hızı (strain rate) veya darbeli yüklenme. Maamafih bu üçüncü faktör gevrek kırılmanın başlaması için elzem değildir.

Bu yazıda bu mevzudaki en önemli teorik ve tecrübî inkişafardan ve ilerisi için beliren imkânlardan kısaca bahsedilecektir.

Metallografik ve kristallografik Mülâhazalar.

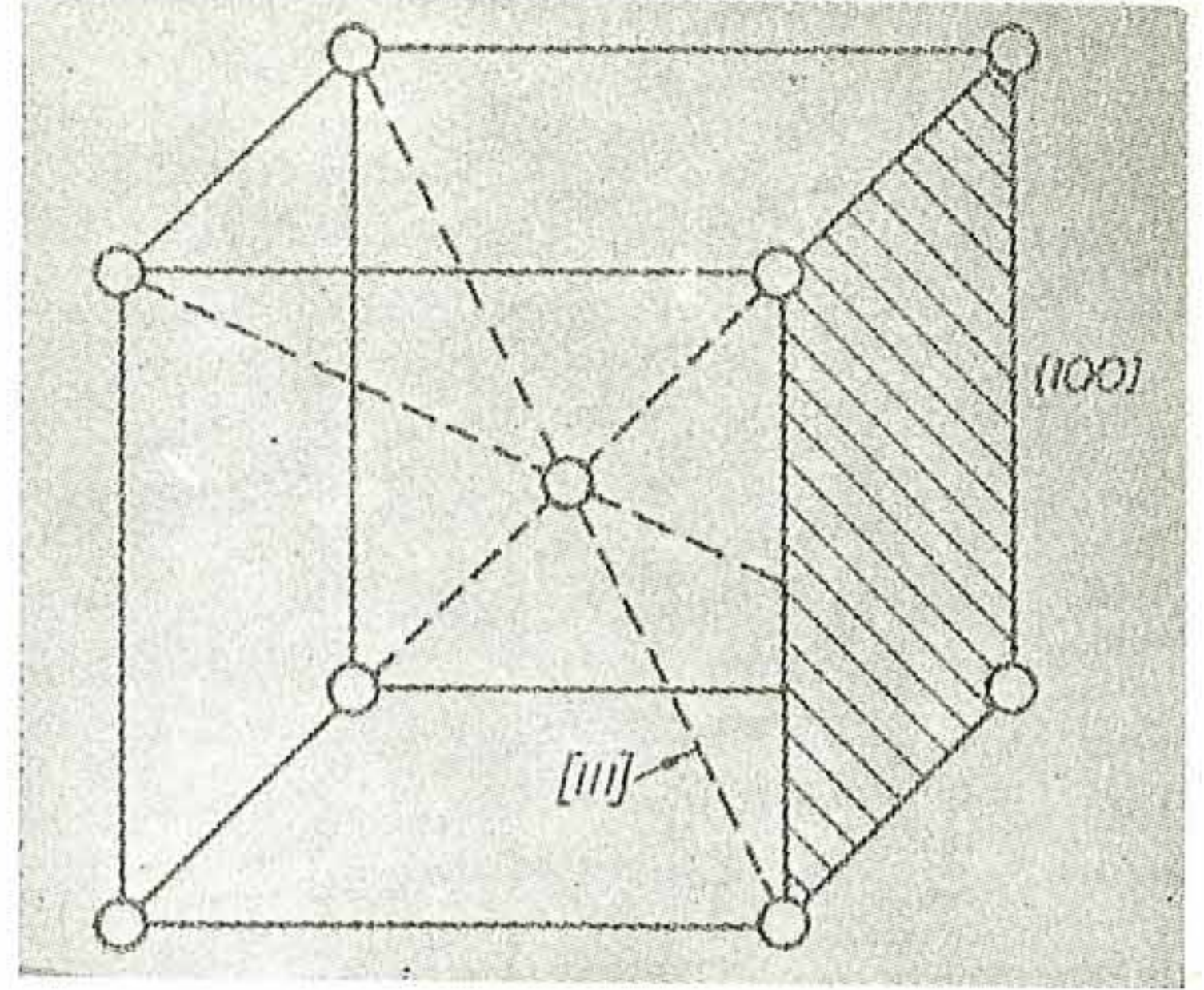
Gevrek kırılma veya çok kullanılan diğer adı ile « ayrılma » kırılması (cleavage) herhangi bir feritik demir veya çelikle ve hatta en yüksek saflıkta bir demirde bile vuku bulabilir. Keza, ayrılma kırılması diğer bazı hacim merkezli kübik ve bazı « sıkı » hegzagonal kafesli metallere de vuku bulmakta ise de bu makalde onlardan bahsedilmeyecektir.

Ayrılma kırılmasına saf altın, gümüş, bakır ve alüminyum (*) gibi yüzey merkezli kübik metallere hatta mutlak sıfıra yaklaşan sıcaklıklarda ve çentikler muvacehesinde dahi rastlanmamaktadır. Gerçekten, kullandığımız ostenitik paslanmaz çelikler bu şekilde gevrek kırılmalardan muaftırlar.

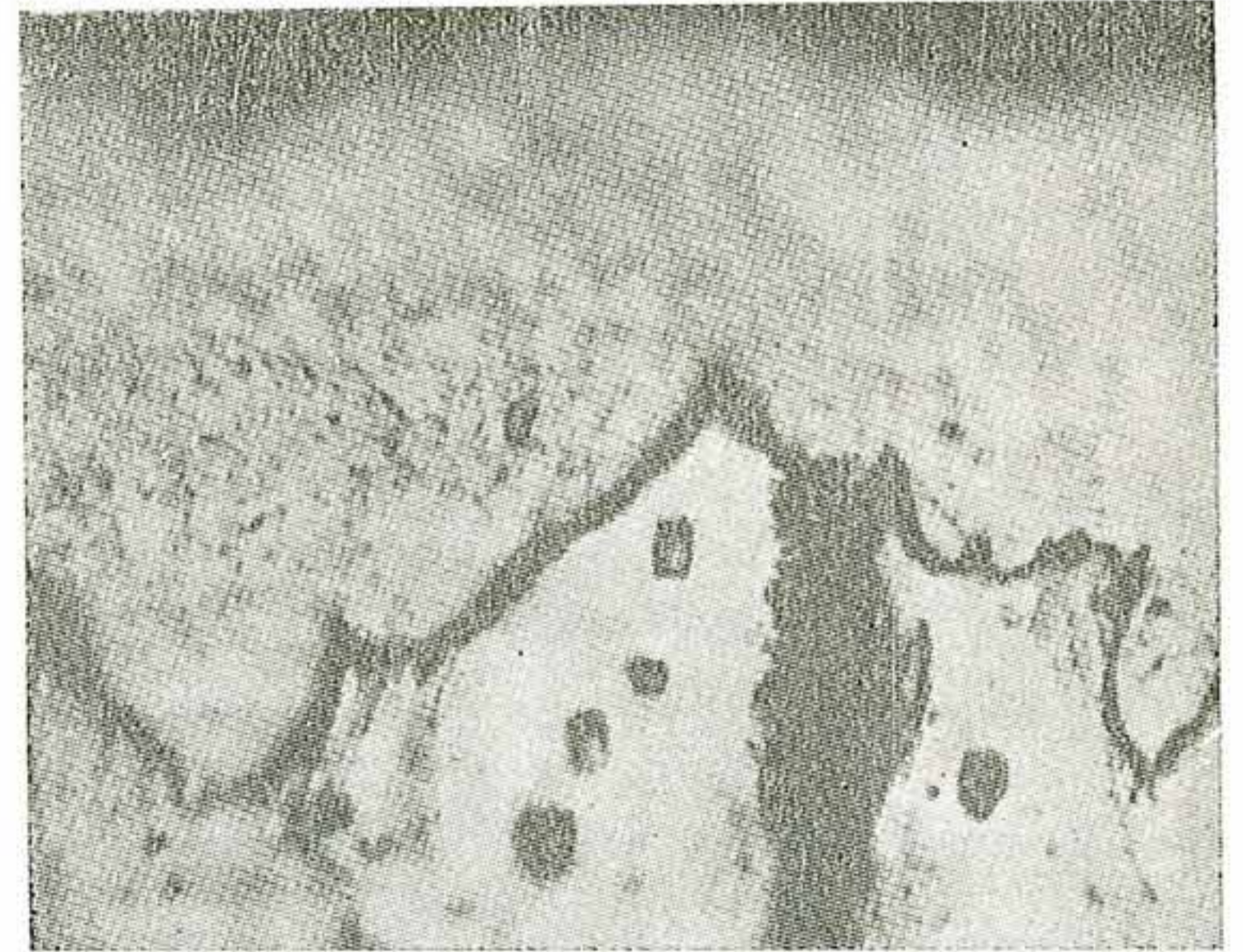
Demirde « Kayma », dolayısı ile plastik deformasyon, (111) doğrultusunu ihtiva eden düzlemler boyunca, kurşun kalemi hatırlatan bir şekilde vuku bulur. Üzerinde hakikaten kaymanın vuku bulunduğu « düzlemler » gayri muntazam ve dalgalı olup, tam olarak kristallografik düzlemler değildirler. Diğer taraftan « ayrılma », kırılması, (100) küp yüzeyinde herhangi bir makro-plastik deformasyon olmadan bir ayrılma ile vuku bulur. Bu vaziyet Şekil 1 de gösterilmiştir. Bu halin çok grafik bir ispatı Parker¹ ve arkadaşları tarafından yumuşak çelik üzerine oda ve sıvı hava sıcaklıklarında yapılan çekme deneyleri ile verilmiştir.

Bu deneylerde kullanılan deney parçalarının kesitleri alınmış, bunlar parlatılmış ve inceltilmiş nitrik asite daldırılmış, bu suretle kristallerde dağlama çukurları husule getirilmiştir. Çukurların kenarları, içlerinde buldukları kristallerin ayrılma yüzlerine paralel olup, dolayısıyla, üzerinde kayma husule gelen düzlemlerle takriben 45 derecelik açılar yapmaktadırlar.

(*) Bu mülâhaza bu metallerin bir çok alaşımları için carî değildir. Meselâ yüksek mukavemetli, çökeltme sertleşmesi ile sertleştirilmiş (yaşlandırılmış) alüminyum alaşımlarında da, birçok bakımlardan çeliktene benzer şekilde yüksek süratli, gevrek çatlaklar vukubulduğunu gösteren deliller elde edilmektedir.



Şekil 1 — Hacim merkezli kübik demir kristalinin şematik diyagramı, Taralı (100) düzlemi, yani küp yüzü, üzerinde ayrılma kırılması husule gelen düzlemdir. Üzerinde kayma vukubulan doğrultu, kübün herhangi bir köşegeni doğrultusudur.



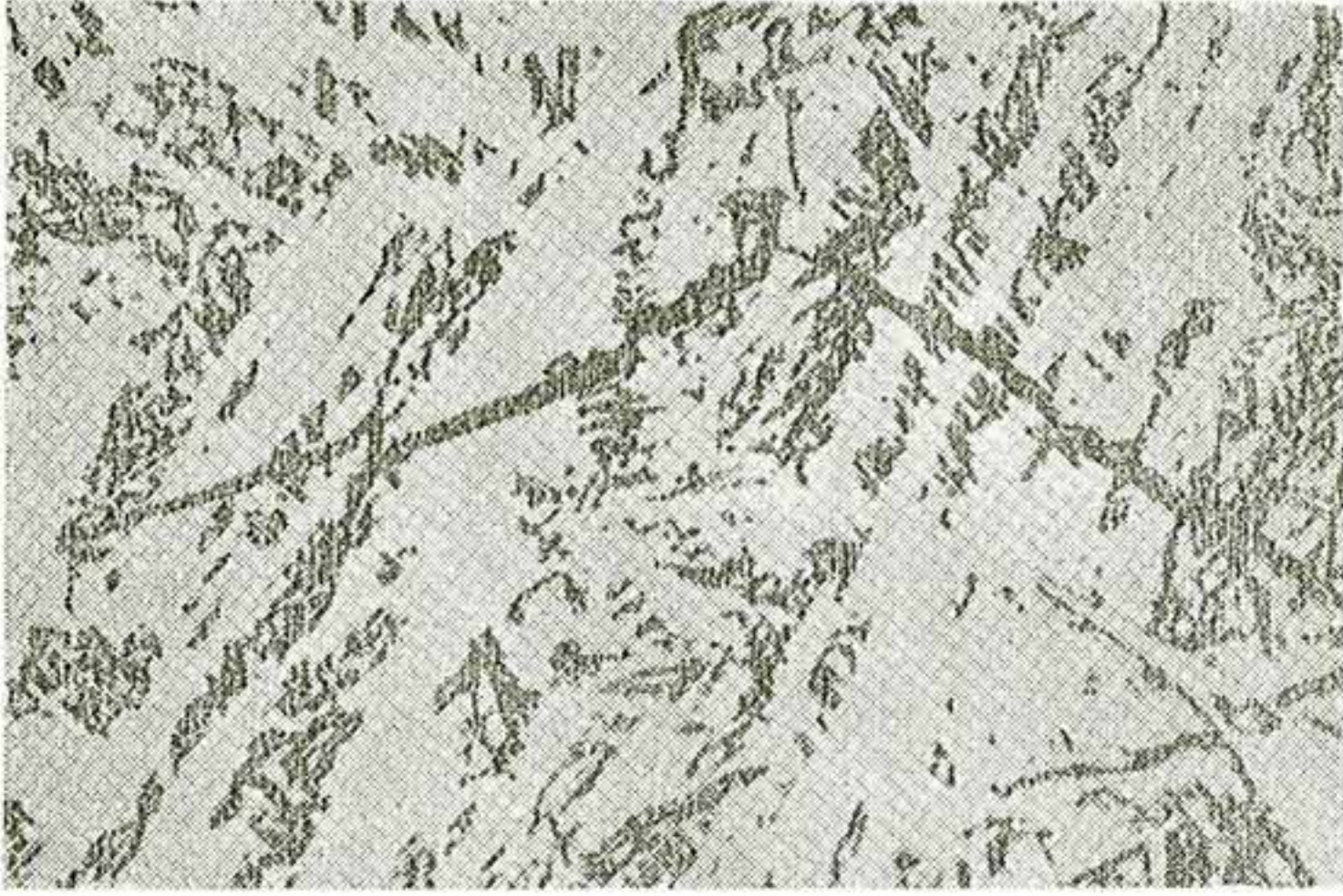
Şekil 2 — Çelikte « kesme » kopması. Oda sıcaklığında kırılma yüzeyleri, dağlama çukurları tarafından belirtilen kübün (100) yüzleriyle takriben 45 derecelik açı yapmaktadır. Şayanı dikkat derecede plastik deformasyon vuku bulmuştur.

1500. (Parker, Referans 1)

Şekil 2, oda sıcaklığında deneye tabi tutulan parçanın kırılma yüzeyini göstermektedir. Şayanı dikkat derecede plastik deformasyon mevcuttur ; ve kırılma yüzeyleri dağlama çukurlarının kenarları ile birer dar açı yapmaktadırlar. Şekil 3, sıvı hava sıcaklığındaki kırılmayı göstermektedir. Burada ayrılma kırılması husule geldiğinden plastik deformasyon görülmemektedir. Kırılma yüzeyleri dağlama çukurlarının kenarlarına paraleldir.



Şekil 3 — Çelikte « Ayrılma » kopması. Sıvı - hava sıcaklığında husule gelen kırılma yüzeyleri, dağlama çukurlarının belirttiği kübün (100) yüzlerine paraleldir. Plastik deformasyona dair herhangi bir işaret yoktur. 1500 × . (Parker, Referans 1).

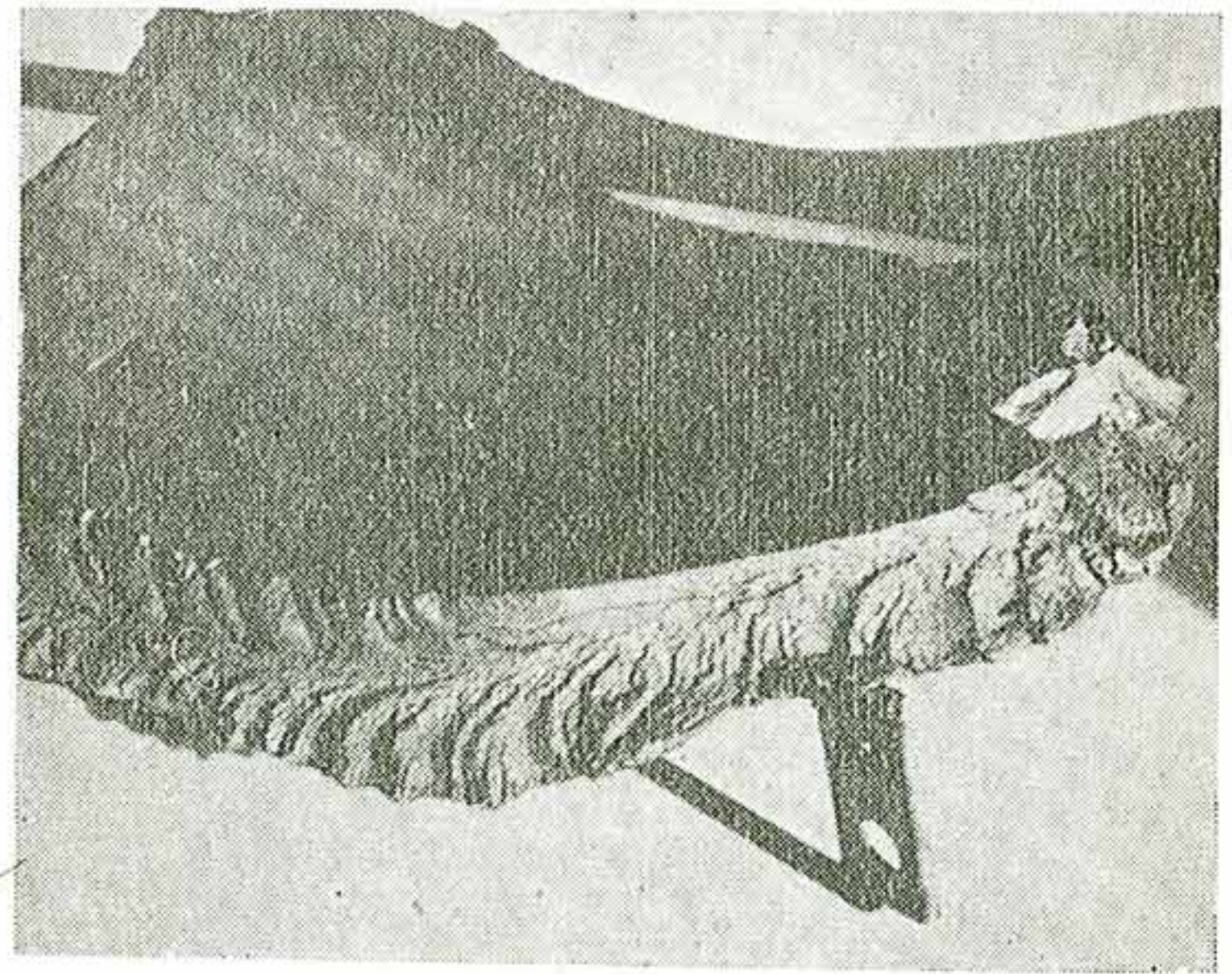


Şekil 4 — Gevrek bir tarzda kırılan bir çelik dökümü parçada süresiz çatlaklar. 1500x (L.D. Jaffe, Referans 2)

Çok taneli bir ferritik çeliğin gevrek kırılmasında diğer bir hususiyet de ; hızı yüksek olan ve, saniyede 2000 metreye kadar yükselebilen bir hız ile ilerleyebilen çatlağın sürekli ve rahat olmayıp inkitalı bir şekilde intişar etmesidir. Aşikâr olarak her kristal tanesi (100) yüzü üzerinde ayrılacağından çatlak bir taneden diğerine geçerken istikamet değiştirecektir. Ayrılma birbirine komşu birçok tanelerde birden başlar, ve bu suretle husule gelen devamsız çatlaklar, tane sınırlarındaki plastik akmalardan dolayı birleşirler. Bundan şu neticeyi çıkarabiliriz : gevrek bir şekilde kırılan bir çelikte ana kırılmaya bitişik veya onun ilerisinde devamsız çatlaklar görülebilmelidir. Hakikaten bu çatlaklar Jaffe² tarafından tesbit edilmiştir. (Şekil 4.e bakınız).

Gevrek kırılmış parçanın kırık yüzeylerinde hiç plastik deformasyon olmamış gibi bir hal gözükmemektedir. (Şekil 5 e bakınız). Buna rağmen X- ışınları ile gösterilebilir ki bir miktar plastik deformasyon daima vuku bulmaktadır. Tavlanmış veya sıcak haddelemiş çelikte X- ışını diffraksiyon lekeleri keskindir. Plastik deformasyon bu lekelerin bulanmasına sebep olur. Bu bulanıklığın derecesinden deformasyonun miktarı tahmin edilebilir. Soğuk deformasyonun derinliği diffraksiyon şekilleri tekrar keskinleşinceye kadar yüzeyi dağlamak sureti ile tayin edilebilir. Felbeck ve Orowan³ gevrek kırılma yüzeyinde plastik distorsiyon işinin santimetre kare başına takriben 2×10^6 erg olduğunu bulmuşlardır. Diğer araştırmacıların çalışmaları da aynı büyüklük mertebesinde değerler vermiştir. Keza soğuk deformasyona uğramış tabakanın derinliğinin 0.5 mm den biraz az olduğu bulunmuştur. İleride österileceği gibi plastik distorsiyon işi, bilinmesi çok lüzumlu olan bir değerdir.

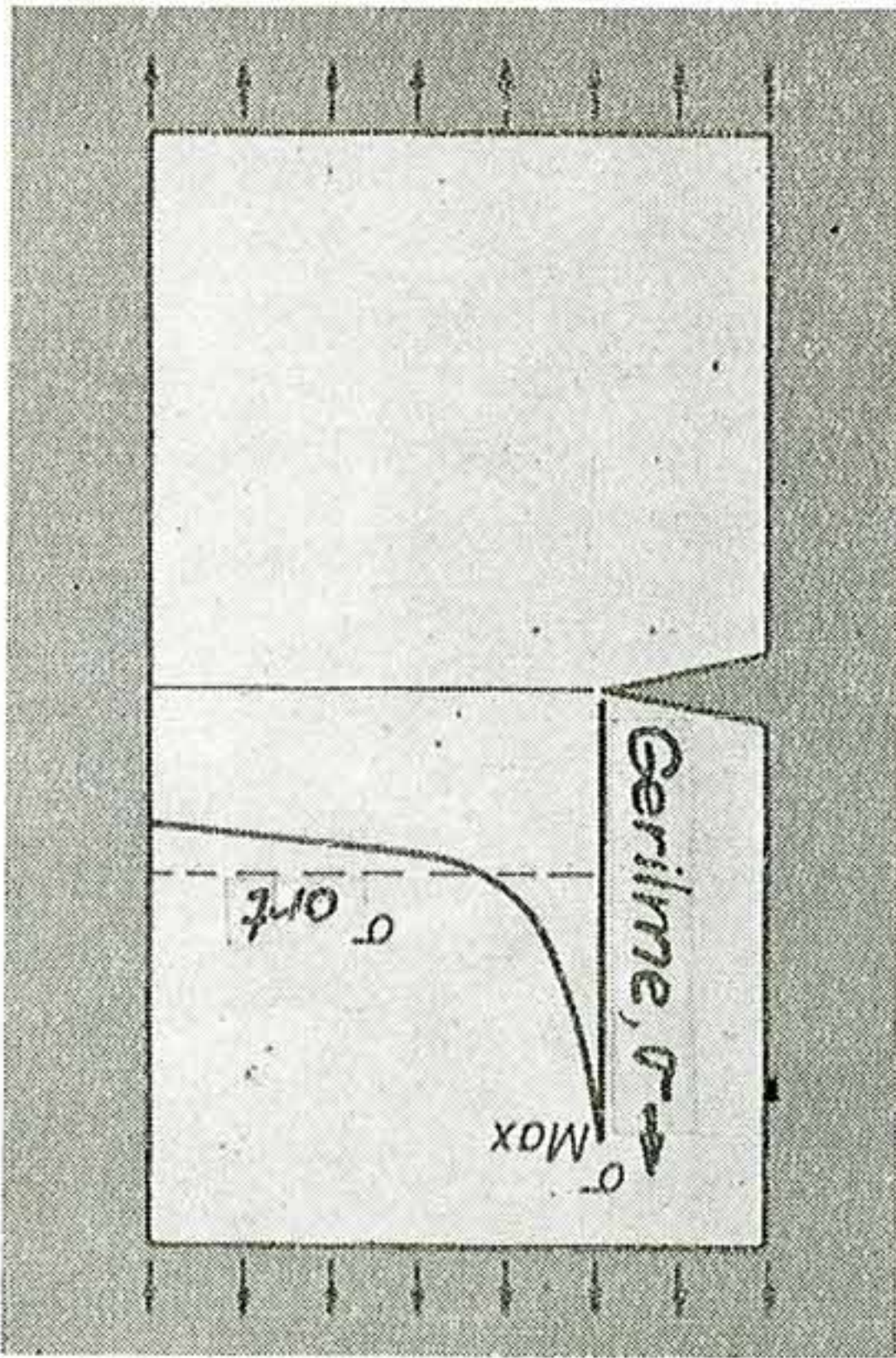
Üç eksenli gerilme Hali — Gevrek kırılmalar üzerinde ilk araştırmaları yapanlar darbeli yükler kullanmışlardır. Bu sebeple son zamanlara kadar yükün oldukça « yüksek » bir hızla tatbik edilemediği hallerde gevrek kırılmanın vuku bulamayacağı fikri hakim olmuştur. Halbuki bilinmektedir ki keskin ve derin bir çentik ihtiva eden bir parça yavaş eğme veya yavaş çekme neticesinde de gevrek olarak kırılabilir. Mesnager⁴, bu müşahedeye dayanarak 1906 senesinde, çentik- gevrekliğinde üç eksenli gerilmenin rolü üzerindeki teorisini inkişaf ettirmiştir. Mesnager'in tebliği fazla dikkati çekmemiş ve daha sonra Ludvik 1923 de benzer bir teori kurmuştur.^{5,6}



Şekil 5 — Parçalanmış bir tambur parçası. Yüzeyde makro-plastik şekil değiştirme görülüyor. Maamafih X - ışını diffraksiyon usulleri ile kırılma yüzeyinin ince bir tabakasında plastik şekil değiştirme tesbit edilmiştir.

Bir çentiğin veya keskin bir çatlağın bir levha üzerindeki tesirini en basit bir tarzda izah edelim. Levhaya elastiklik sınırının altında olan üniform bir gerilme, çatlağa dik doğrultuda (eksenel doğrultu) tatbik edilirse, çatlağın uçlarının gerisinde oldukça yüksek bir gerilme husule gelir. Bu, şekil 6 da bir diyagram ile gösterilmiştir. Ayrıca, çatlağın ucundaki bölgede gerilme hali iki eksenli olacaktır. Bununla beraber, çatlağın ucundan, çatlamamış metale doğru kısa bir mesafedegerilme belirli bir ortalama değere sahip olacaktır.

Çatlağın ucunda plastik akma husule geldiği takdirde, malzemenin hacminin sabit kalması için (plastik akmada hacim sabit kalır), enlemesine bir büzülme husule gelmesi lâzımdır. Bu büzülmeye çatlağın hemen ilerisinde bulunan ve alçak bir gerilme seviyesinde yüklenmiş olan geniş bir malzeme hacmi (şekil 6 da sağ tarafta) karşı koyacaktır. Bu durum üç eksenli bir gerilme hali husule getirecektir : Üçüncü gerilme levhanın düzlemine dik olacak ve çentiğin ucunda levhayı enine istikamette daraltmak isteyecektir. Şu halde üçüncü gerilme levhanın derinliği istikametinde bir çekme gerilmesidir. Levhanın bu bölgesinde merkezde maksimumdur ve tabiatile levhanın yüzlerinde sıfır olacaktır. Bu üç eksenli halin bir neticesi olarak, çatlağın ucundaki eksenel gerilme ancak tek-eksenli akma sınırı Y 'in üzerindeki bir Y_n değerine çıktığı zaman akma vuku bulabilir. Bu hal plastik konstreynt (« constraint ») in esasını teşkil eder (plastik konstreynt elastik haldeki gerilme yoğunlaşmasının plastik haldeki mukabildir). Y_n 'in Y 'e oranına « konstreynt faktörü » denir.



Şekil 6 — Çentik ihtiva eden bir levhada eksenel gerilmeler. Eksenel gerilme çentiğin ucunda çok yüksek ve çentiğin ilerisindeki malzemedede az olacaktır. Plastik akma başladığı zaman çentiğin ucunda levha düzlemine dik istikamette üçüncü bir gerilme husule gelecektir.

Son zamanlara kadar ; çentik kâfi derinlikte, ucu da kâfi keskinlikte olduğu takdirde, çentiğin ucundaki gerilmenin ve konstreynt faktörünün sonsuz değerde olabileceği kabul edilmekte idi. Halbuki 1945 de Orowan, Nye ve Cairns tarafından gösterilmiştir ki konstreynt faktörü azamî 3 civarındadır. Bu ispat, Hencky'nin üzerinde dairesel bir iz bulunan levhadaki gerilme dağılımını veren klâsik plastiklik çözümünün⁸ bir adaptasyonuna dayanmaktadır. Her ne kadar bu ispat, çevresi üzerinde bir çentik bulunan dairesel bir parça için yapılmış ise de 1923 de Prandtl⁹ düz bir levhadaki bir çentik için maksimum konstreynt faktörünün yaklaşık olarak aynı değerde olduğunu göstermişti. Şimdiye kadar söylediklerimizden görülüyor ki kuvvet altındaki bir levhada keskin bir çentik mevcut ise, çatlağın ucundaki malzeme plastik akmaya başlamadan evvel, buradaki gerilme, normal tek eksenli gerilme halindeki akma sınırının takriben üç misline yükselebilir.

Gevrek Mukavemet Mefhumu — Üç eksenli gerilmeler üzerindeki Ludwik-Mesnager teorisinde, kırılma yüzde uzamasının azalışı izah edilmiş idi. Ludwik aynı zamanda « Kırılmanın karakteristik gerilme-zorlama (strain) eğrisi » mefhumunu tesis etmiştir. Maamafih, bu teori fiberli (sünek) kırılma ile ayrılma kırılması arasındaki bariz farkı izah edememiştir. 1936 da Davidenkov¹⁰ teoriyi bu farkı izah edecek bir tarzda genişletmeye teşebbüs etmiş ve esasları farklı iki ayrı mekanizmanın mevcut olduğunu ilk ileri sürenlerden biri olmuştur. Davidenkov, biri sünek diğeri gevrek kırılma için olmak üzere iki karakteristik gerilme - zorlanma eğrisi bulunduğunu kabul etmiştir. O zamandan beri anlaşılmıştır ki sünek kırılma yalnız önceki plastik uzama değerinin fonksiyonu olan gerilmelerde vuku bulmaz. Parçanın geometrisine ve mevcut çentiklerin cinsine göre, sünek kırılma aynı bir plastik uzama değeri için muhtelif gerilme değerlerinde vuku bulabilir. Bu husus Mc. Adam ve Mebs¹³ tarafından 1943 de aydınlatılmıştır. Maamafih, ferritik malzemelerde karakteristik gevrek kırılma eğrisi mefhumunu destekliyen pek çok delil mevcuttur.

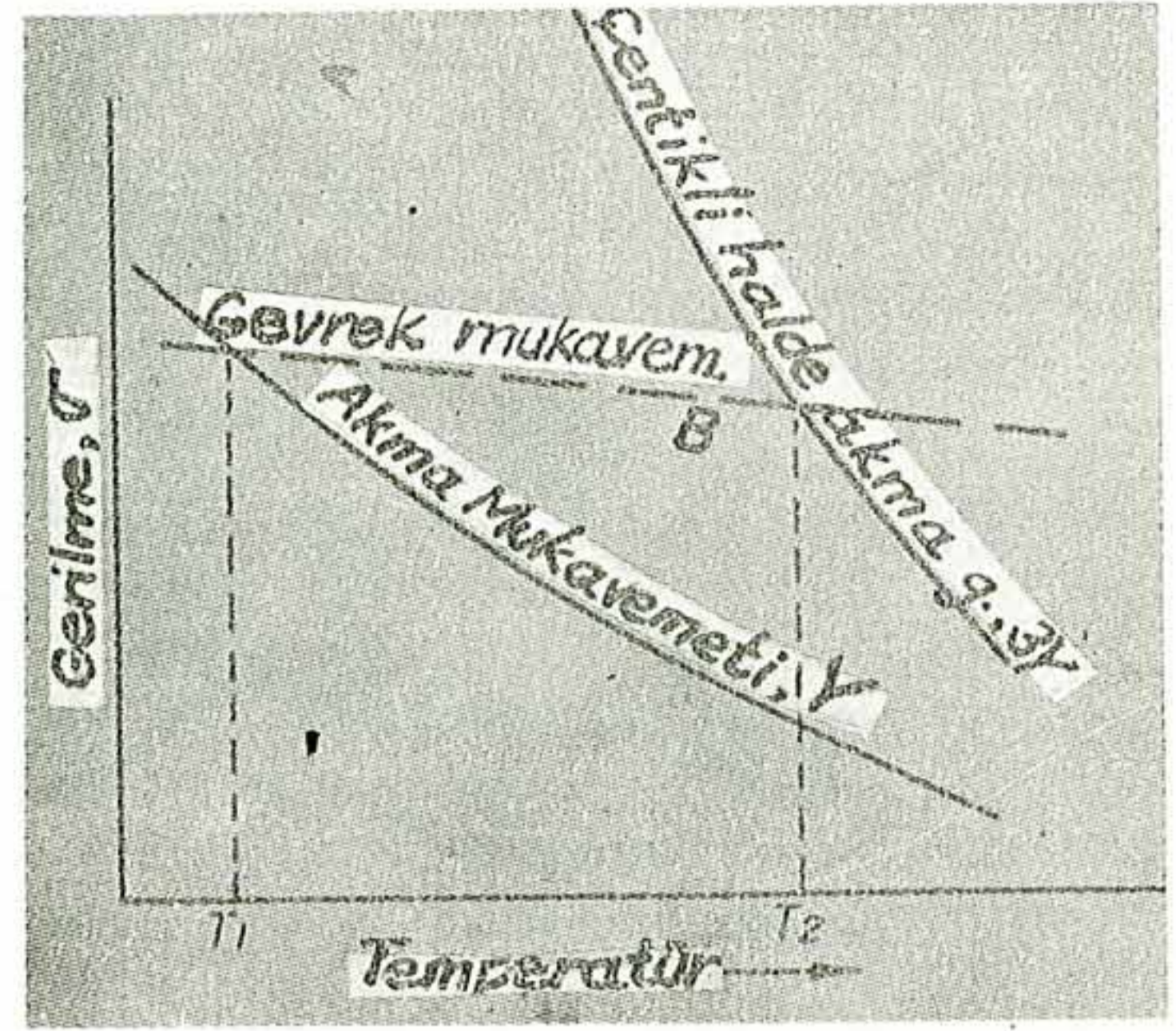
Davidenkov ve Wittman¹¹ 1937 de Ludwik teorisine dayanarak tranzisyon sıcaklığı hadisesini kısmen izah etmişler ; ve bunun için de « gevrek mukavemet » mefhumunu kullanmışlardır. Maamafih bu araştırmacılar keskin bir çentiğin ucunda konstreynt faktörünün sınırlı bir değere sahip olduğunu bilmiyorlardı. Evvelce de işaret edildiği gibi bu faktör Orowan^{7,12} tarafından 1945 senesinde tetkik edilmişti. İzah tarzı şekli 7 deki diyagramla hülâsa edilmiştir. Burada, gevrek mukavemet B, akma mukavemeti Y ve akma mukavemetinin 3 misli 3Y (yani, bir çentik bulunduğu zamanki akma gerilmesi) sıcaklığın fonksiyonu olarak çizilmiştir. Tecrübî olarak bilinmektedir ki akma mukavemeti sıcaklık düştükçe artmaktadır. Gevrek mukavemetinde sıcaklıkla aynı şekilde fakat daha yavaş değişeceği kabul edilmiştir.

Şekil 7 den görüldüğü gibi, gevrek mukavemet eğrisi ile 3Y eğrisinin kesiştiği T_2 sıcaklığının üzerinde malzeme ; bir çentik bulursa da, bulunmasa da tamamen sünek olacaktır. Gevrek mukavemet eğrisinin akma mukavemeti eğrisini kestiği T_1 sıcaklığının altında ise malzeme daima gevrek bir tarzda kırılacaktır. Bu iki sıcaklık arasındaki bölge « çentik-gevrekliği bölgesi » olup burada tek eksenli gerilme mevcut ise malzeme sünek ; eğer çentik mevcut ise, gerilme 3Y değerine çıkıp plastik akma başlamadan evvel, gevrek bir tarzda hasara uğrayacaktır. Pratikte, tam süneklikten, tam gevrekliğe belirli bir sıcaklıkta değil, dar bir sıcaklık alanında geçilir. Bu hal meselâ Charpy darbe deneyi ile elde edilen değerlerde müşahade edilmektedir.

Yakın zamanlara kadar karakteristik gevrek mukavemet eğrisinin mevcudiyetini gösteren bir tecrübî delil mevcut değildi. Fakat 1951 Ekiminde Eldin ve Collins tarafından A.I.S.I 1020 çeliğinin mutlak sıfır civarında (12°K) ve 185°K e kadar olan sıcaklıklardaki kopma ve akma gerilmeleri üzerinde önemli bir araştırma neşredilmiştir. Deney parçaları tek eksenli çekmeye maruz bırakılmışlardır (çentik mevcut değildir). 12 ilâ 61.5°K arasında bütün parçalar kesit daralması vuku bulmadan tipik olarak gevrek tarzda kırılmış ve mukavemet sıcaklık arttıkça devamlı ve çizgisel olarak düşmüştür. 61.5°K de ani bir değişme görülmüştür. Bu sıcaklığın altında kesit daralması olmadığı halde, 61.5°K nin üzerinde, sıcaklık arttıkça kesit daralması da artmış böylece akma sınırları ve müteakip kırılma gerilmeleri tesbit edilebilmiştir. Değerlerin bir kısmı Şekil 8 de görülmektedir. 100°K e kadar bütün kırıklar gevrek görünüşlü idiler. 104°K de kırılan kesitin merkezinde koyu bir fiberli (sünek) nokta görülmüştür. 185°K üzerinde kırılmanın tamamen sünek olduğu tesbit edilmiştir.

Hernekadar henüz çeliklerin gevrek mukavemeti üzerinde çok araştırma yapmaya lüzum varsa da, Eldin ve Collins'in bu neticeleri, halihazır hipotezi destekliyen kuvvetli bir delil teşkil etmektedir.

Zorlanma Hızı (Strain Rate) — Birçok metallerin akma sınırı, zorlanma hızından pek fazla müteessir olmaz. Meselâ, belli başlı demir olmıyan metallerde, zorlanma hızını birkaç büyüklük mertebesi arttırmakla akma sınırında husule getirilecek yükselme % 15 ilâ 20 dir. Diğer taraftan az karbonlu çeliklerde zorlanma hızında benzer bir artış, akmanın husule geldiği gerilmeyi % 100 ilâ 200 arttırır. Bu hadise darbe şeklinde yüklenmenin gevrek kırılma husule getirmekteki rolünü belirtmektedir. Eğer zorlanma hızı kâfi derecede yüksek ise malzemenin gevrek mukavemeti daha önce aşılır ve gevrek kırılma husule gelir. Dikkat nazarına alınacak bir husus da, çatlak hızla ilerlediği takdirde, dışarıdan tatbik edilen yük statik de olsa, çatlak ucunda zorlanma hızının çok yüksek olacağıdır. Şu halde gevrek mukavemet yüklenme hızına o kadar bağlı değildir. Deneyler de bunu göstermektedir.



Şekil 7 — Çentik gevrekliği gösteren bir malzeme transizyon sıcaklığını izah için çizilmiş bir gerilme-sıcaklık diyagramı. T_2 nin üzerinde malzeme tamamen sünektir. T_1 nin altında ise tamamen gevrek- tir. T_1 ve T_2 arası transizyon bölgesidir.

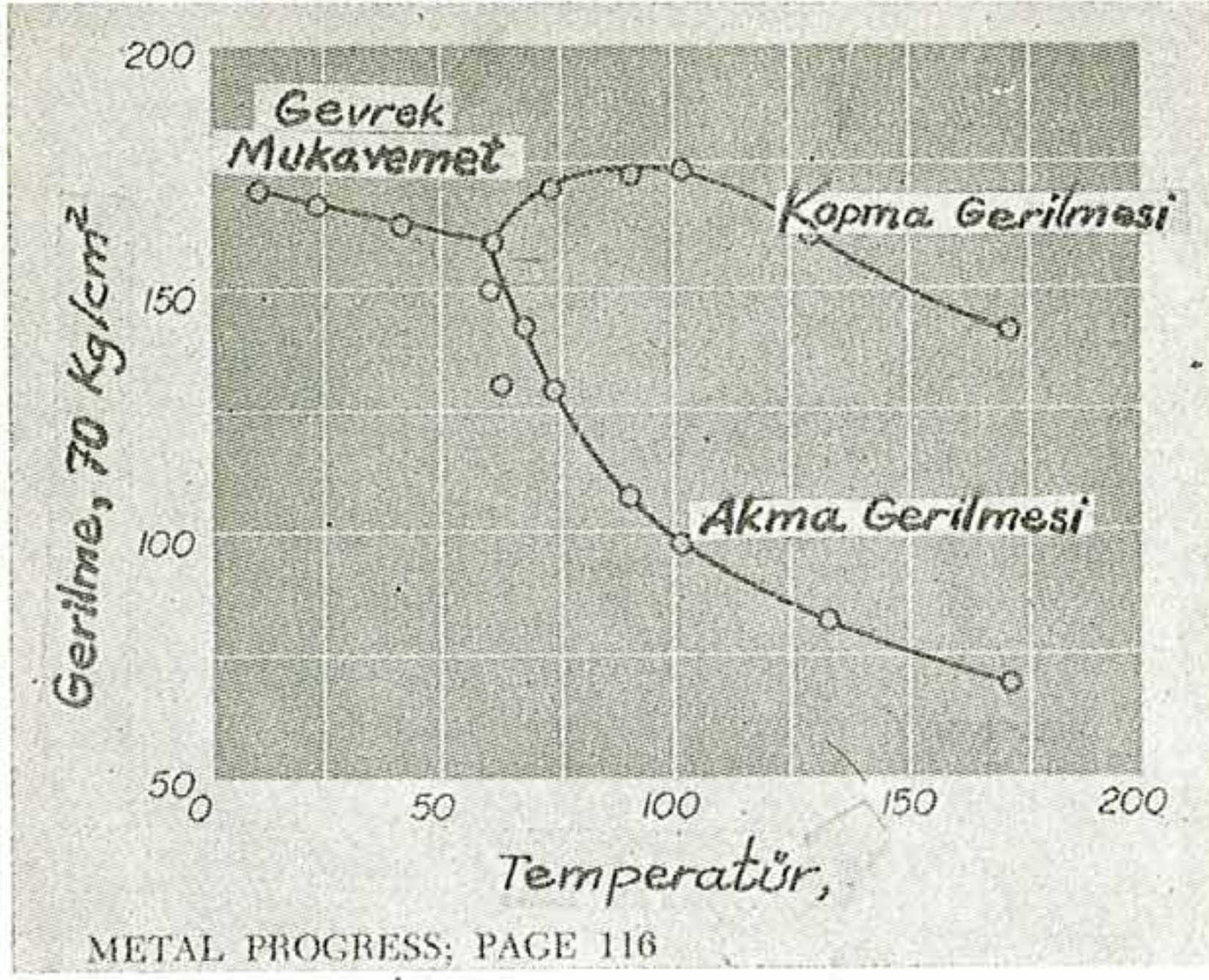
Son zamanlardaki Tecrübî Araştırmalar.

İkinci Dünya Harbi içinde ve bu harbi takip eden yıllarda çelik levhalardan hazırlanan büyük deney parçaları üzerinde bir çok gevrek kırılma deneyleri yapılmıştır.

Bu deneylerde en büyük güçlük, hemen hemen başlangıcından itibaren ayrılma kırılması tipinde olan servis kırılmalarının laboratuvarında gerçekleşmesinde de görülmüş olup, bu problem bugün dahi tamamen çözülememiştir. Ayrıca, servis kırılmaları ekseriya düşük ortalama gerilmelerde vuku bulmaktadır.

Levhalar üzerindeki laboratuvar tecrübelerinde, çekme yükleri altında gevrek kırılmayı başlatmak için levhada keskin bir çentik veya testere izi husule getirmek adet olmuştu. Bu sebeple kırılmalar daima oldukça yüksek gerilmelerde başlatılıyor ve gevrek bir çatlak husulünden evvel de ekseriya sünek olarak hasara uğramış bir bölge bulunuyordu. Müteakiben husule gelen bu gevrek çatlak, levhanın bir tarafından diğer tarafına doğru yürümekte idi Böylece yalnız çatlak başlatma gerilmesi ölçülebilmekte, çatlak yürütme gerilmesi tesbit edilmemekte idi.

Bu güçlükleri yenmek için T.S. Robertson^{15, 16, 17} bir çatlak « yürüten » gerilmeyi tesbit edebilmeyi temin edeceğini umduğu bir metod inkişaf ettirmiştir. Bunun için, levhanın kenarını testere ile kestikten sonra, alçak sıcaklıkta, bir kamaya bir darbe vurmak sureti ile bir gevrek çatlama husule getirmiştir. Deney parçasının bir tarafından diğerine, parçanın çentikli tarafı soğuk ve karşı tarafı sıcak olmak üzere bir sıcaklık gradyanı husule getirilmişti ; ve bü-



Şekil 8 — Gevrek mukavemet eğrisinin mevcudiyetini gösteren, AISI 1020 çeliği (% 0.20 karbonlu çelik) üzerinde yapılmış deneyler. 61.5°K in altında hiç bir kesit daralması görülmemiş, ancak bu sıcaklığın üzerinde akma vuku bulmuştur. (Eldin ve Collins, Referans 14)

tün bu hadiseler levha çentiğe dik istikamette çekilmekte olduğu sırada vuku buluyordu. Çatlak parçanın ortasında enine olarak ilerlemiş ve bir noktada durmuştur. Bu noktanın tekabül ettiği belirli sıcaklığın üzerinde levhanın yalnız sünek olarak kırılabileceği bu suretle tespit edilmiş olmaktadır.

Robertson, bu deneyleri levhadaki çekme gerilmelerini değiştirerek fakat sıcaklık granyanını aynı bırakarak tekrarlamış ve gerilmeyi, durma sıcaklığına karşı taşıyarak eğriler elde etmiştir. Tecrübe ettiği çeliklerin çoğu için, şekil 9 da şematik olarak gösterilene benzer sonuçlara varmıştır. Görülüyor ki, gevrek çatlamanın intişarı kesin olarak tespit edilebilen bir sıcaklık sınırının üzerinde mümkün olamamaktadır. Robertson bundan başka, üniform sıcaklıktaki levhalar üzerinde de deneyler yaparak çatlak intişarını sınırlayan sıcaklığın, sıcaklık gradyanını havi levhalarda elde edilenlerle aynı olduğunu göstermiştir.

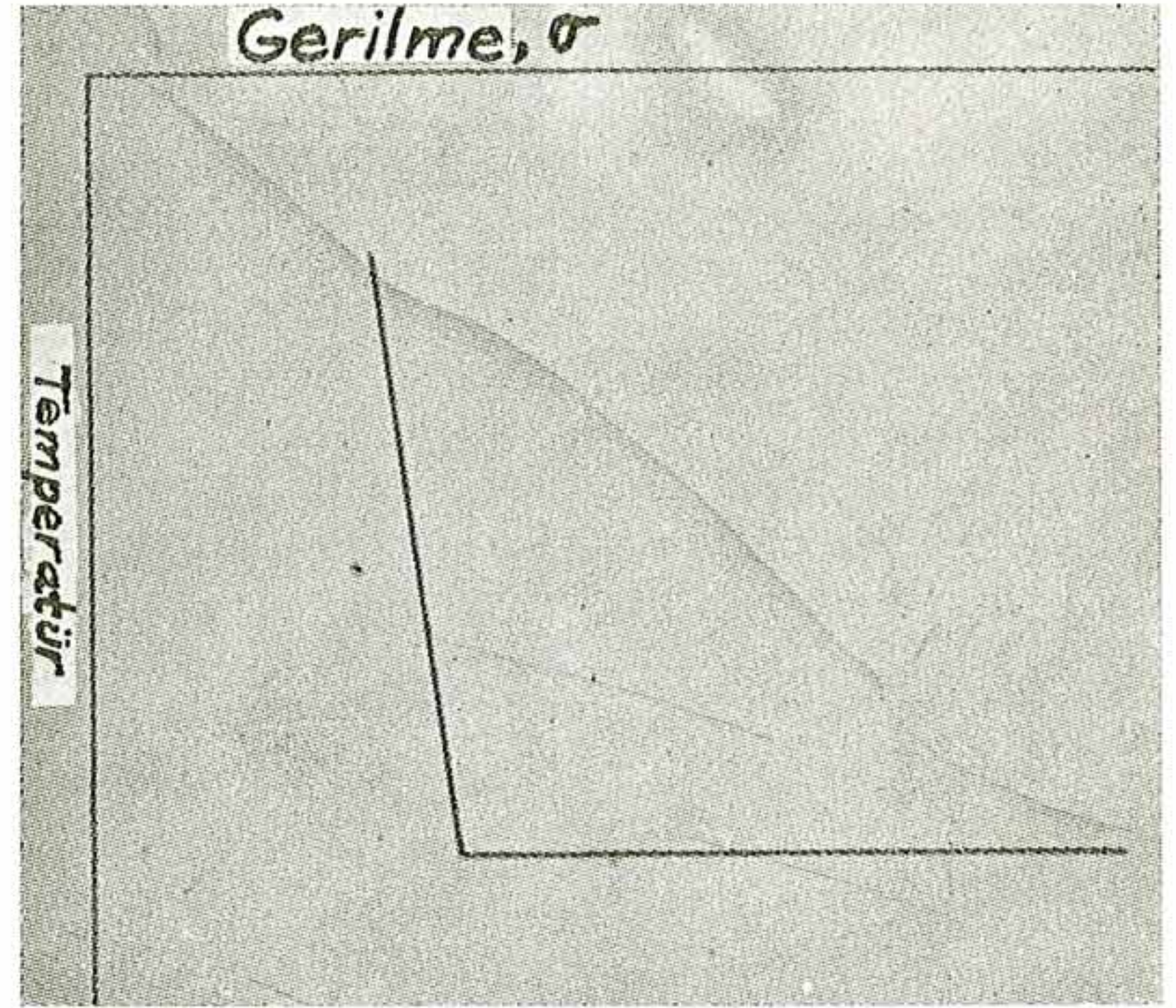
Robertson'un bu gayet enteresan tecrübelerine ilâveten Feely ve arkadaşları¹⁸ bazı çok hassas tecrübî çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarda bir kama bir tabanca kurşunu ile gerilme altındaki bir levha üzerindeki bir çatlak veya çentiğe doğru itilmekte idi. Maamafih, çatlamanın bir kama nüfuzu veya herhangi bir nevi « kamasal » etki ile baslatıldığı bir denevde, sonuçların tefsiri ilk zamanlarda zannedildiğinden çok daha karışıktır.

İçeri doğru sürülen bir kama ilâve bir mevzi çekme gerilmesi husule getirir ve bu da çatlak intişarına sebep olur. Kama başlangıçta çatlak ve intişar hızını arttırmak vazifesini görür ; kama etkisi kaybolduğu yerden itibaren de levhaya tatbik edilmekte olan çekme gerilmesi kırılmayı tamamlar. Ma-

mafih çatlak intişarının tatbik edilen çekme gerilmesi tarafından devralındığı anda çatlak uzunluğunu tahmin etmemize yarıyacak bir usul mevcut değildir. Evvelce ümit edildiğinin aksine olarak, kamanın nüfuzu çatlak intişarını, çatlak boyu önemli miktarda artmadan evvel, belirli bir anda baslatmamaktadır. Çatlak başlamasında, kama tesirinin ve tatbikî gerilmenin dahil olduğu son derece karışık bir mekanizma rol oynamaktadır. Yakında, kama nüfuzu ile baslatılan gevrek kırılmada rol oynayan faktörler üzerine bir etüd E. Orowan tarafından neşredilecektir.¹⁹

Diğer taraftan Robertson tarafından, üstünde çatlak intişar edemeyeceği bir sıcaklığın tayini için tecrübeler yapılmıştır. Bu sıcaklık sınırının üzerinde çatlak intişar hızı, çatlak ucundaki üç eksenli gerilme halinin yardımına rağmen, akma sınırını gevrek mukavemet seviyesine kadar yükseltememektedir ; dolayısı ile yalnız akma vuku bulmaktadır.

Robertson'un tayin ettiği sıcaklıklar, kabaca transizyon sıcaklıklarına tekabül etmektedir.



Şekil 9 — Robertson'un deney sonuçlarını şematik olarak gösteren bir sıcaklık gerilme diyagramı. Düşey doğru ile belirtilen sıcaklık sınırının üzerinde gevrek çatlak intişar edememektedir.

(Referanslar : 5, 61 ve 17).

Gevrek kırılmada Enerji kriteriyuları.

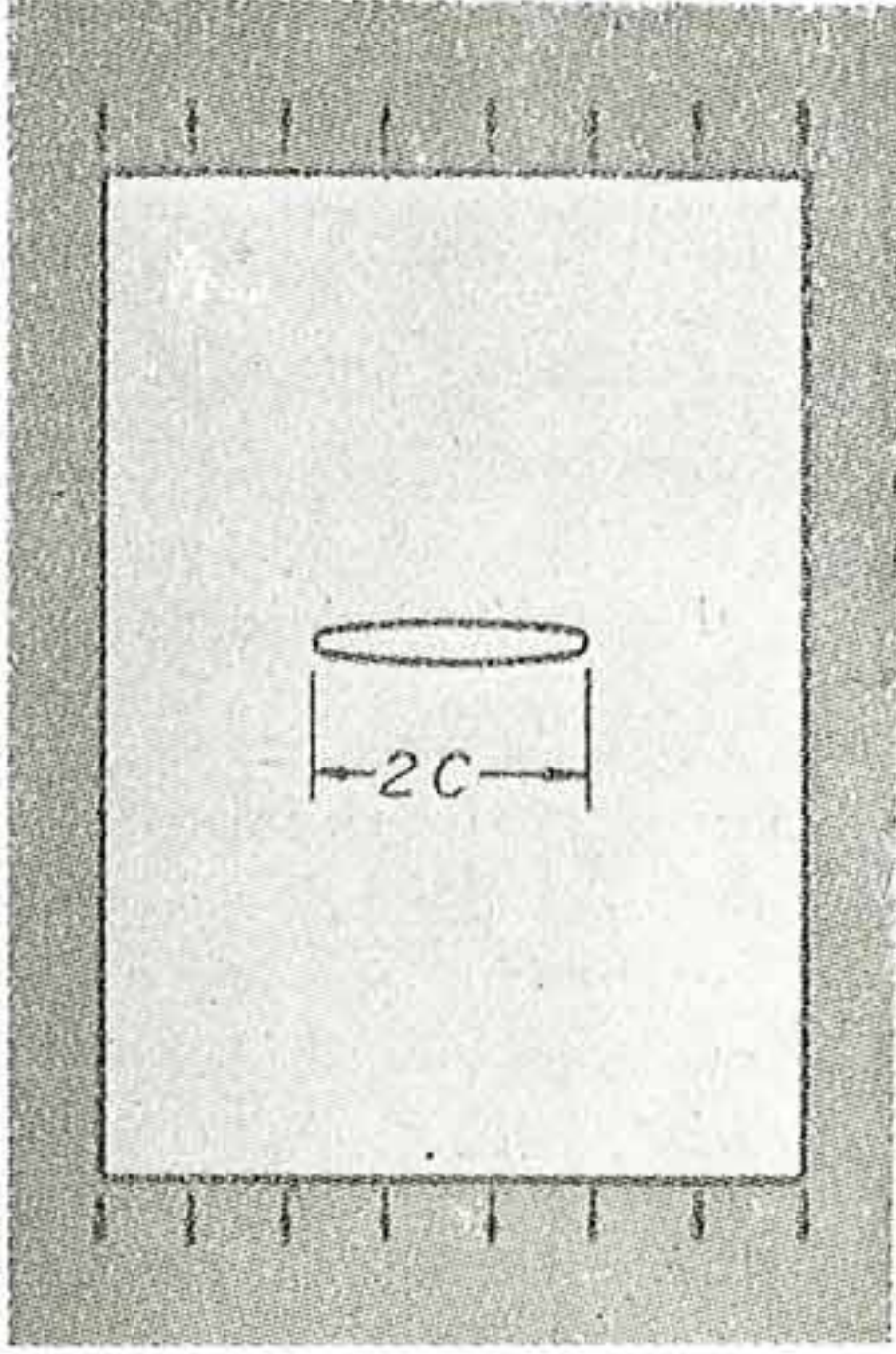
1920 de Griffith²⁰ tam gevrek bir malzeme (meselâ hiç bir plastik hal göstermeyen cam) için, enerji kriteriyuları üzerine kurulmuş bir teori ortaya koydu. Bu teori plastik akma gösteren malzemelere, doğrudan doğruya tatbik edilememektedir. Meselâ plastik akma, gevrek kırılmış çelikteki kadar az

miktarda olsa bile teori kabili tatbik değildir. Evvelce de işaret edildiği gibi çelikte gevrek kırıldaki yüzey tabaka bir miktar plastik şekil değiştirmeye maruz kalmaktadır. Bununla beraber bu teori bahis konusu problemi anlamamıza yardım etmektedir.

Gevrek malzemelerin mukavemetini izah etmek için, Griffith çok küçük çatlakların mevcudiyetini kabul ve bunları da elipsler şeklinde idealize etmiştir. (Şekil 10) Farzedelim ki böyle bir çatlak birim kalınlıkta olan bir ince levha üzerinde bulunsun ; ve levhanın genişlik ve boyuna nazaran küçük olsun. Çatlağın boyu elipsin büyük eksenine dik istikamette bir ortalama S gerilmesi tatbik edilmektedir. Malzemenin birim alan başına yüzey enerjisi α olsun. Çatlak yüzeylerinin alanı $4C$ olduğundan, çatlağı husule getirmek için lüzumlu enerji tamamen yüzey enerjisidir ve

$$W_s = 4C \alpha$$

değerini haizdir. Bahis mevzuu malzeme plastik hal



Şekil 10 — Tam gevrek bir malzemeye ait bir levhada idealize edilmiş elipsel bir çatlak. Levha ortalama bir S gerilmesi altında olup çatlağın boyu $2C$ dir.

göstermeyeceğinden başka bir enerjiye ihtiyaç yoktur. Çatlak ancak en yakın civarından elastik enerji çekerek hasıl olabilir. Eğer çatlak levhaya nazaran küçük ise bu elastik enerjinin kesafeti $S^2 / 2E$ dir. Ayrıca çatlağın enerji çekebileceği bölgenin C^2 ile orantılı olduğu gösterilebilir. (C yarım çatlak boyudur). İnce bir levha için bu bölge aynı zamanda π ile orantılıdır. O halde çatlağın büyümesini devam ettirmek için istifade edilebilecek enerji :

$$W_e = \frac{\pi S^2 C^2}{2E} \text{ dir.}$$

Çatlağın boyu arttıkça, levhanın elastik enerjisi artmaktadır ; çünkü çatlağın boyunun artmasından

dolayı levhanın şekil değiştirmesi sırasında dış gerilme sabit kalmaktadır. O halde, Griffith'in çatlağın ilerlemesi için kriteriyumu şudur : çatlağın boyundaki differansiyel d artması için elastik enerjinin dW_e artımı, genişliyen çatlağın yüzey enerjisindeki dW_s artışını tam karşılayacak kadar olmalıdır. Yukarıdaki iki ifadenin differansiyelini alır ve eşit kılırsak :

$$S = \sqrt{\frac{2E\alpha}{\pi C}} \approx \sqrt{\frac{E\alpha}{C}}$$

elde olunur. Gerilme bu ifade ile bulunan değere erişince çatlak kararsız hale gelecek ve anî olarak ilerleyecektir. Görülüyor ki anî kırılma için gerekli gerilme çatlak boyunun kare kökü ile ters orantılıdır. Meselâ çatlağın 4 defa büyümesi, çatlağın intişarı için gerekli gerilmeyi yarıya indirmektedir. Eğer levhanın kalınlığı çatlak boyuna nazaran fazla ise bu ifadedeki sabiteler hafifçe farklıdır.

Griffith denkleminin cam için doğru olduğu tahkik edilmiştir. Keza, camda yukarıdaki denklemin verdiği büyüklükte çatlaklar müşahade edilmiştir. (Yüzeydeki C boyundaki bir çatlağın dahildeki $2C$ boyundaki çatlak ile aynı tesiri göstereceğine dikkat edilmelidir).

Yukarıdaki teorinin ışığı altında, Orowan çeliklerin gevrek kırılmasına tatbik edilebilecek ve kırık yüzey üzerindeki plastik tabakayı nazarı itibara alan tadil edilmiş bir Griffith denklemi teklif etmiştir. ^{3, 21, 2} Orowan çatlağın yüzey enerjisinin ifadesine kırılmış yüzeydeki soğuk şekil değiştirmiş ince tabakayı deforme etmek için lüzumlu plastik işi (p) de ithal etmiştir. Evvelce de bahis mevzuu edildiği üzere bu plastik iş ölçülmüş olup santimetre kare başına 2×10^6 erg'dir. Böylece kırık yüzeyinin yüzey enerjisi

$$W_s = 4C (\alpha + p)$$

olacak ve gevrek kırılmanın vuku bulacağı gerilmenin ifadesi (diğer şartlar aynı kalmak üzere)

$$S \approx \sqrt{\frac{E(\alpha + p)}{C}}$$

haline gelecektir.

P nin değeri α nin değerinden (birçok metaller için α nin değeri 10^3 erg/cm² mertebesinde) takriben 1000 defa daha büyüktür. Dolayısı ile α bu ifadede ihmal edilebilir, ve neticede

$$S \approx \sqrt{\frac{Ep}{C}}$$

elde olunur.

Felbeck ve Orowan³ bu ifadeyi tahkik eden bazı tecrübeler yapmışlardır. Bu tecrübelerde kenarlarında testere ile kanallar açılmış ve kuru buz ile soğutulmuş levhalar kullanılmıştır. Levha gerilme altına

konulmadan evvel testere ile açılan kanala bir kama vurularak bir ayrılma çatlağı başlatılmıştır. Deney parçası müteakiben bir çekme makinasına konmuş ve koparılmıştır. Kopma gerilmesi çatlak boyuna karşı taşındığında düzgün ve hiperbolik bir eğri elde edilmiştir.

Maamafih görülmüştür ki kopma gerilmesine erişildiği vakit iptidaî, sunî gevrek çatlak gevrek bir tarzda intişar edememektedir. Evvelâ Plastik deformasyon vukubulmakta levha önemli bir miktarda mevziî olarak büzülme ve çatlak lifî bir şekilde intişar etmektedir. Bu çatlak müteakiben yüksek hızda ilerleyen bir ayrılmaya inkilâp etmektedir. Anlaşılmaktadır ki tatbik edilen alçak yükleme hızlarında bir ayrılma çatlağı gevrek bir tarzda intişara devam edememektedir.

O halde, ilerleme halindeki bir gevrek çatlağı idame ettirebilmek hususunda yüklenme hızı faktörü büyük bir rol oynamaktadır. Ayrıca lifî çatlağın gevrek hale inkilâp edebilmesi için hatırı sayılır bir üç-eksenli hal husule getirmesi lâzımdır. Dolayısı ile bu tecrübelerde, tadil edilmiş Griffith denklemi ile hesaplanandan da büyük ortalama bir gerilme ölçülmüştür. Diğer bir ifade ile bu son gerilme, bir plastik « konstreynt » hali tarafından yüksek-hızlı bir çatlağın başlatılması için gerekli ortalama gerilmedir.

Son denkleme göre, belirli bir boyda bir çatlağı ihtiva eden bir çelikte gevrek kırılmanın başlaması için ortalama gerilmenin kritik bir değere erişmesi lâzımdır. Veyahut, herhangi bir ortalama gerilme değerinde gevrek kırılma ancak çatlak boyu kâfi derecede uzun ise vuku bulur. Buna ilâveten bir veya iki şartın da gerçekleşmesi lâzımdır : Evvelâ, gerilmenin tatbik hızı, üç-eksenli hal mevcut olmasa dahi malzemenin akma sınırını gevrek mukavemet değerine yükseltecek kadar büyük olmalıdır. İkinci olarak, bir çatlağın ucunda önemli miktarda plastik deformasyon husule gelmesi ile akma gerilmesinin üç misli gevrek mukavemet değerini asmalıdır. (Şekil 7). Bu iki hal bir arada da vuku bulabilir.

O halde, üç eksenli bir gerilme hali ve gerilmenin hızla tatbiki — bunların ikisi de yalnız başına gevrek kırılma yapamadığı halde — bir arada tesir ettikleri ve

$$S \approx \sqrt{\frac{E_p}{C}}$$

olduğu takdirde gevrek kırılma husule getirilebilirler.

İş yerlerinde görülen gevrek kopma hadiselerinde, umumiyetle kırılma ilk başladığı andan itibaren tamamen gevrek olup herhangi bir makro-plastik deformasyon izine rastlanmamaktadır. Bu gibi kopmalar umumiyetle tamamen statik gerilmelerde ve bu gerilmelerin de alçak değerlerinde vuku bulmaktadır. Bu durum statik şartlar altında bulunan ve bir

kaynak dikişi ihtiva eden deney parçaları ile laboratuvarında gerçekleşmiştir.

Bu tip çalışmalar 1952 de Weck²³ tarafından yapılmıştır. Weck, ısıl kendini çekme gerilmelerinin, bir keskin çentik ihtiva eden kaynak edilmiş parçalarda bir ilâve dış gerilme olmadan ani gevrek kırılma hasıl edebileceğini bulmuştur:

Isıl kendini - çekme gerilmeleri, hem parçanın üzerine kaynak edildiği büyük yapının tatbik ettiği « restraint » e, hem de bir kaynak dikişmektedirler. Weck tarafından kullanılan malzemenin + 30° den - 20° C a kadar uzanan tedrici bir tranzisyon sıcaklığı bölgesi mevcut olup, ısıl kendini - çekmelerin doğurduğu kırılmalar takriben -8° C da, yani tamamen transizyon bölgesi içinde vuku bulmuştur. Benzer hadiseler Greene²⁴ tarafından da müşahade edilmiştir.

Maamafih yukarıda söylenenlerden, gevrek kırılmanın başlaması için muhakkak kaynak dikişlerinin mevcudiyeti lâzım geldiği manası çıkarılmamalıdır. Perçinli yapılarda da pek çok gevrek kırılma görülmüştür. Keza kaynaklı parçalarda gevrek kırılmanın başlamasında kalıntı gerilmelerin birinci derecede rol oynadığına da hükmedilmelidir. Birçok servis kırılmalarının çalışma gerilmesinin yoğunlaştığı noktalardan başladığı bilinmektedir.

Bütün bunlara nazaran, hızla ilerleyen bir çatlağın başlangıçta üç-eksenli bir gerilme hali mevcut olmadan, ve servisteki alçak ortalama statik gerilme değerlerinde nasıl husule gelebildiği bir muamma- dır.

O halde şu sual akla gelmektedir, « bir kaynak dikişi mevcut olmadan doğduğu andan itibaren gevrek olan bir gevrek kırılma, servis şartları altında husule gelebilir mi ? » Bu sual kat'iyetle cevaplandırılmaz. Çünkü şimdiye kadar perçinli yapılarda gevrek çatlama evvelki şartlar tespit edilmemiştir.

Halihazırda Endüstrideki Durum.

İdeal olarak, birbirinin tamamen zıddı olan iki hal çaresi çelik yapılardaki gevrek kırılmayı tamamen önleyebilir.

Birincisi hiç gevrek kırılma göstermeyen bir malzeme kullanılmaktadır. Ostenitik paslanmaz çelik kullanmak, veya yumuşak çelik yerine bakır veya alüminyum gibi bir yüzey merkezli kübik kristal yapı metal ikame etmek bunu temin eder. Aşikâr olarak bu malzemeler emniyet gerilmelerinin düşük ve kilogram başına fiyatlarının yüksek olması bakımından mu gibi harci alem işler için çok pahalıya mal olurlar. Bu hal çaresi, ferritik çeliklerin cam gibi gevrek olduğu ve malzeme veya imalâttaki en ufak hatanın felaketler doğuracağı çok alçak sıcaklıklarda kullanılan teçhizat için pratik önemi haizdir. Sıvı hava veya tabii gaz kaplarını bu hale misal olarak gösterebiliriz.

(Devam edecek)



DENİZCİLİK BANKASI

T. A. O.

DENİZYOLLARI

Gemilerile seyahat bir zevktir

Amerika'ya Türk parasile
muntazam seferler

Denizyolları

SÜR'AT - EMNİYET - KONFOR DEMEKTİR