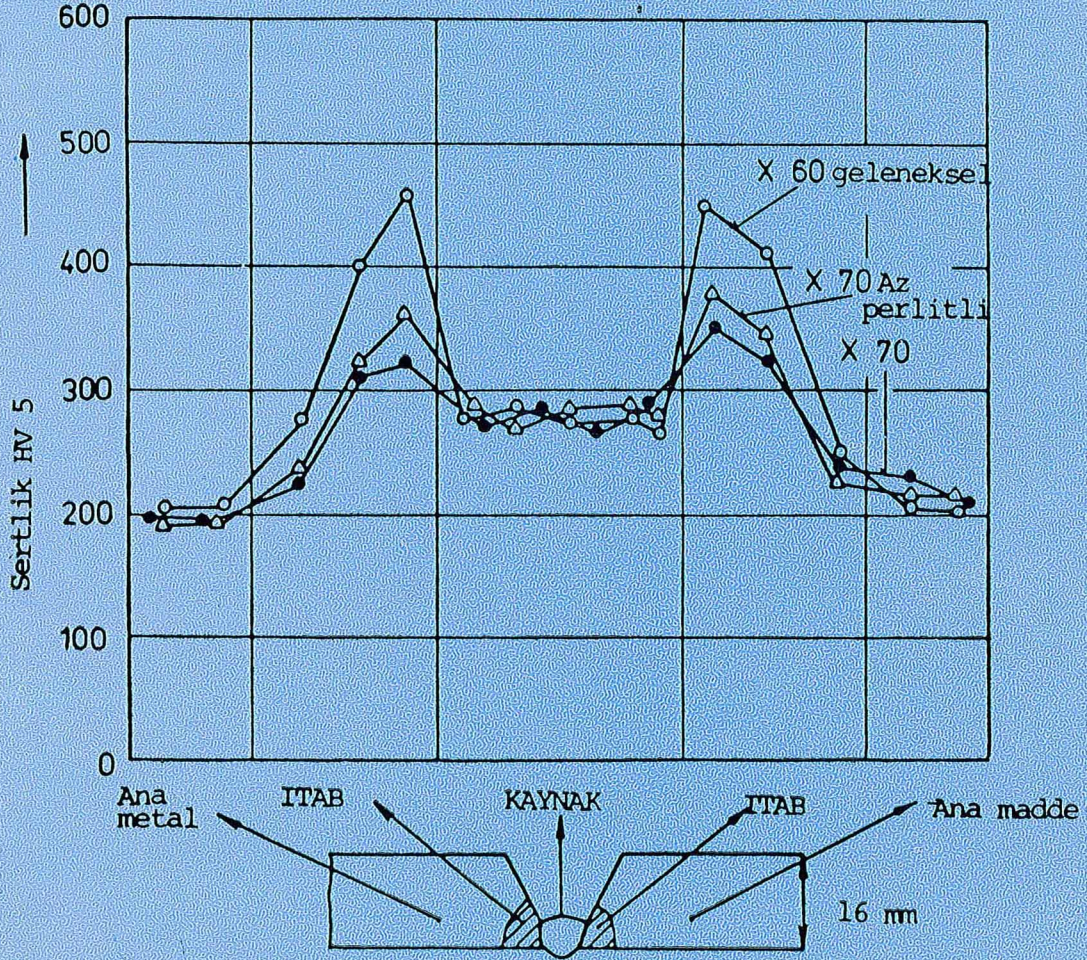


tmmob gemi mühendisleri odası yayın organı

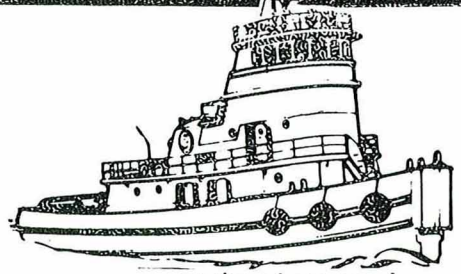
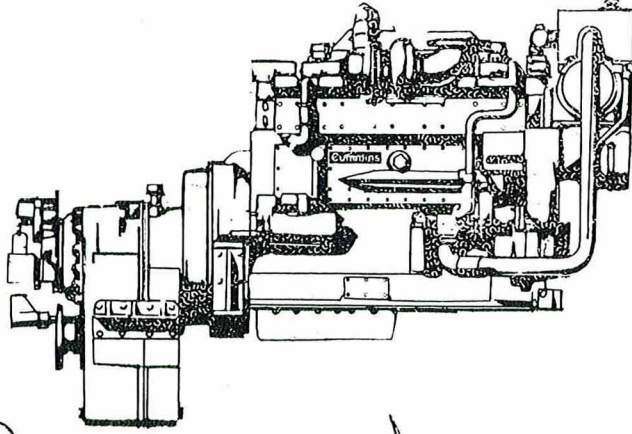
Sayı 91 Ocak 1984



- MİKRO ALAŞIMLI ÇELİKLERİN KAYNAK KABİLİYETİ
- MARPOL 73/78 NELER GETİRDİ?
- GEMİ MÜHENDİSLİĞİNDE ARA DEĞERLERE ANALİTİK YAKLAŞIM
- KAVİTASYON; NEDENLERİ - ETKİLERİ VE ÖNLEMLER
- ODADAN HABERLER

Cummins

Cummins Diesel

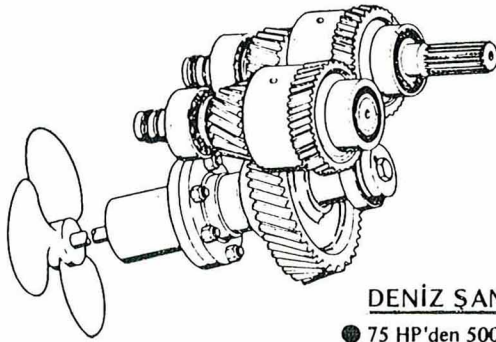


DENİZ DİZELLERİ

- **V SERİSİ (HP)**
195-215-235-270-295-320-
380-425-450-490-545-620-
- **N SERİSİ (HP)**
195-270-325
- **K SERİSİ (HP)**
400-470-800-940-1250-
- **DENİZ JENERATÖRLERİ (HP)**
180-265-322-365-425-
515-614-690-850-1125-

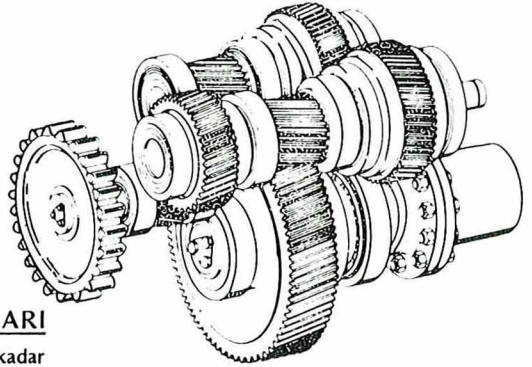


TWIN DISC INCORPORATED



DENİZ ŞANZIMANLARI

- 75 HP'den 5000 HP Güce kadar muhtelif redüksiyonlarda deniz şanzımanları



HAMAMCIOĞLU MÜESSESELERİ TİCARET T.A.Ş.

İSTANBUL, Büyükdere Caddesi No: 13/A Şişli Tel: 46 31 43/44 - 47 96 61- 47 24 89

Telex: 22210 hmcı tr. Telgraf: HAMAMCIOĞLU-İSTANBUL

ANKARA, Cinnah Caddesi No: 110/1 Çankaya Tel: 38 85 00 Telex: 42439 hmcı tr.

Telgraf: HAMAMCIOĞLU-ANKARA

İZMİR,

Talâtpaşa Bulvarı, No: 6 Kat 1 Alsancak Tel: 21 41 31 Telex: 52644 hmiz tr.

Telgraf: HAMAMCIOĞLU-İZMİR

Marmara Transport A.Ş.

LPG GEMİLERİ

TANKERLER

KURU YÜK GEMİLERİ

KONTEYNER GEMİLERİ

BASINÇLI LPG TANKLARI

YENİ GEMİ İNŞAATI

TAMİR İŞLERİ

TADİL BOY UZATMA

Yapımında Tecrübeli

MARMARA TERSANESİ

**MERKEZ : Galatasaray, Yeniçeri Sok. Vakıf Han No. 20 Kat 3
BEYOĞLU - İST. Tel. 143 03 74 - Telex : 24314 Marp Telgraf : Marp**

TERSANE Çaykoz Mevkii YARIMCA - KOCAELİ

Telefon : TÛTUNÇİFTLİK 2096 Telex : 33100 M TER TR

BAŞVURU KİTAPLIĞINIZDAKİ EKSİKLİĞİ GİDEREN YENİ YAYINIMIZI ALDINIZ MI?

Yayın No. 9 :

Çelik Tekne Kaynağı İçin Yararlı Bilgiler

Çeviren : Behçet TUĞLAN

Ederi : 250 TL.

Diğer Yayınlarımız

Yayın No. 1 :

Birinci Gemi Mühendisleri Kongresi 1968

Ederi : 200 TL.

Yayın No. 2 :

İkinci Gemi Mühendisleri Kongresi 1969

Ederi : 200 TL.

Yayın No. 3 :

Üçüncü Gemi Mühendisleri Kongresi 1973

Ederi : 200 TL.

Yayın No. 4 :

Denize İndirme

Ederi : 200 TL.

Yayın No. 5 :

**11 - 14 Aralık 1979 1. Ulusal Gemi Yapım Sanayi
Haftası (Tükendi)**

Ederi : 250 TL.

Yayın No. 6 :

**Gemilerde Kullanılan Çelik Tekne Malzemeleri
(Tükendi)**

Ederi : 250 TL.

Yayın No. 7 :

Gemi Yük Donanımları Tasarımı (Tükendi)

Ederi : 250 TL.

Yayın No. 8 :

**Gemi İnşaatında Saç Profillerin İşlenmesi,
Saç İşleme Atölyelerinin Planlanması**

Ederi : 250 TL.

Yayınlarımız Odamıza başvurarak veya Odamız adresinden ödemeli istenerek elde edilebilir.

GEMİ MÜHENDİSLİĞİ

SAYI : 91

OCAK 1984

GEMİ MÜHENDİSLİĞİ

T.M.M.O.B.

Gemi Mühendisleri Odası

Adına Sahibi :

Ali Dursun KANÇEKER

—0—

Yazı İşleri Müdürü :

Naci ÇANKAYA

—0—

Yönetim Yeri :

T.M.M.O.B. Gemi Mühendisleri Odası

Meclisi Mebusan Caddesi

No. 115 - 117 FİNDIKLI/İST.

Telefon : 143 63 50

—0—

Dizgi - Baskı :

Matbaa Teknisyenleri Basımevi

Telefon : 522 50 61

—0—

Kapak Grafiği :

Ateş AYDEMİR

—0—

REKLAM ÜCRETLERİ :

Ön iç kapak	: 17.500
Ön iç kapak karşısı	: 15.000
İçindekiler sahifesi karşısı	: 15.000
Arka kapak	: 17.500
Arka kapak içi	: 15.000
Arka kapak içi karşısı	: 15.000
Tam sayfa (normal)	: 10.000

Ücretler siyah - beyaz reklam içindir,
renk farkı ayrıca alınır.

Klişe ücretleri reklam sahiplerince
ödenir.

Fiatri : 150 TL.

Yıllık Abone : 600 TL.

—0—

KURULUŞ : NİSAN 1955

İ Ç İ N D E K İ L E R

Selahaddin Anık :	Mikro Alaşımli Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti	4
Mehmet Çağlarca :	Marpol 73/78 Neler Getirdi? ...	15
A. Cemil Dikili Serdar Beji :	Gemi Mühendisliğinde Ara De- ğerlere Analitik Yaklaşım	20
Hasan Sait Ölmez Muhittin Söylemez :	Kavitasyon Nedenleri - Etkileri ve Önlemler	25
	ODADAN HABERLER	34

TMMOB GEMİ MÜHENDİSLERİ ODASI YAYIN ESASLARI

GEMİ MÜHENDİSLİĞİ dergisi, Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları mühendislerinin meslekle ilgili bilgilerini geliştirmeyi, Ulusal Gemi İnşaatı Teknolojisine katkıda bulunmayı, Gemi Mühendislerinin özgün meslek faaliyetlerini ilgililere ulaştırmayı ve üyelerinin sosyal yaşamlarını zenginleştirmeyi amaçlayan, TMMOB Gemi Mühendisleri Odasının 3 ayda bir çıkan yayın organıdır.

G.M.O. YAYIN KURULU

Behçet Tuğlan	(Baş Editör)
Ömer Gören	(Koordinator)
Ohannes Özçelik	(Üye)
Taner Günay	(Finansman Sorumlusu)
Ercan Türkoğlu	(Basım İşleri Sorumlusu)

Yazılarının GEMİ MÜHENDİSLİĞİ dergisinde yayınlanmasını isteyen yazarlar, yazılarını - orijinal çizim ve resimleri de içeren - 2 kopya halinde Baş Editör adına Gemi Mühendisleri Odasına yollamalıdır. Orijinal çizim ve resimler, yazı dergide çıkmadan evvel yazarına geri verilemez.

Yazılar açık ve anlaşılır bir dille ve daktilo ile 2 satır aralığı bırakılarak yazılmış olmalıdır. Çizimler aydınlar kağıdına siyah çini mürekkep ile çizilmeli ve aydınlar üzerine kurşun kalem ile hangi şekil olduğu ve alt yazısı belirtilmelidir. Eğer varsa, fotoğraflar parlak kağıda çekilmiş olmalı ve açıklayıcı bilgi kurşun kalem ile resmin arkasında verilmelidir. Referans listesi, yazının sonunda alfabetik sıraya göre düzenlenmelidir.

Yayın kurulu Editörlüğü tarafından, yayınlanması uygun görülen yazılar için telif hakkı olarak — üniversiteler yayın yönetmeliği esaslarına göre saptanan — "standard sayfa" başına 200 TL. ödenir. Tercüme yazılar için bu ödeme 100 TL. dir. Yazarlar, yazılarının daktilo ve çizimlerini Oda aracılığı ile yaptırmak istediklerinde, daktilo ve çizim için harcanan tutar telif hakkından düşülür.

Mikro Alaşımli Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti

Prof. Selahaddin ANIK (*)

1. — GİRİŞ

Yüksek mukavemetin neticesi olan artık gerilmelerin ve bazı mikro alaşımlarının etkileri sonucu yüksek mukavemetli az perlitli, perlitsiz, su verilmiş ve temperlenmiş çeliklerin kaynağında birtakım problemler ortaya çıkmaktadır.

Kaynak hatalarını azaltmak için çeliğin üretiminde ve kaynak sırasında alınması gereken tedbirler uzun araştırma ve deneylerle saptanmaya çalışılmaktadır. Çeliklerin kimyasal bileşimleri çok hızlı bir şekilde değiştiğinden bu tedbirler standartlar haline getirilememektedir. Hatta bazı konularda olayın kimyasal ve metalurjik mekanizmasının tam olarak bilinememesi çeşitli tekliflerin ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir.

Kaynak işlemlerinde genellikle şu problemlere rastlanmaktadır :

- a — Sıcak çatlaklar
- b — Soğuk çatlaklar
- c — Lameler yırtılma
- d — ITAB - gevrekleşmesi
- e — Gerilme giderme gevrekleşmesi
- f — ITAB - yumuşaması
- g — Yorulma
- h — Korozyon ve gerilmeli korozyon çatlaması.

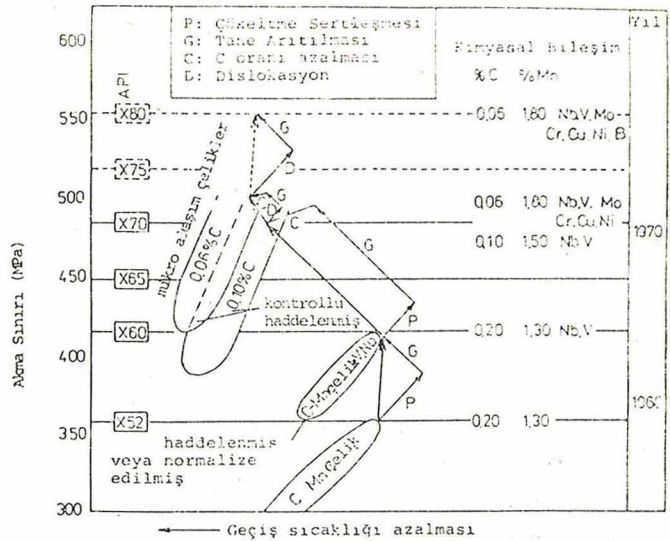
Bu problemlerin minimum düzeyde tutulabilmesi için gerek çeliğin üretiminde gerekse kaynak işlemi sırasında bazı tedbirlerin alınması gerekir.

2. — AZ PERLİTLİ VE PERLİTSİZ ÇELİKLER

Şekil 1'de, yüksek mukavemetli çelikler konusundaki geçmiş yıllara ait gelişmeler bir diyagram halinde verilmiştir. Burada akma mukavemeti, süneklik (Tokluk) ölçüsü olarak gevrek - sünek kı-

rılma geçiş sıcaklığına bağlı olarak ifade edilmiştir. Diyagramda özellikle boru çelikleri nazarı itibara alınmıştır.

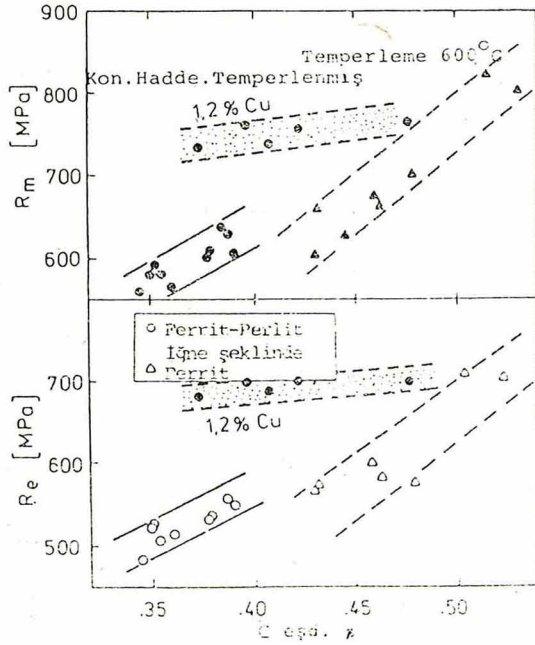
1950 lerdeki istekler yalnız o tarihe kadar alışlagelmiş usullerle haddelenmiş veya normalize edilmiş C-Mn'li çeliklerle karşılanırken 1960 lardaki şartlar içerisinde çeliklerin kalitesi boru imali için yeterli duruma erişti. C ve Mn oranları dolayısıyla mukavemeti 52'nin üzerine çıkarmak mümkün olmuyordu. Daha yüksek mukavemetler, az miktarda V ve/veya Nb ilâvesiyle elde ediliyordu. Karbür ve nitritür meydana getirici Ti, Nb, Al gibi elemanların etkisi ile (tane ufaltılması veya artırılması ve çökeltme sertleşmesine rağmen) bu haddelenmiş ve normalize edilmiş çeliklerde kaynak kabiliyeti ve tokluktan fedakârlık yapmadan daha yüksek mukavemetli çeliklerin elde edilmesi imkânsızdı. 1960 larda termo - mekanik haddelemenin işin içerisine girmesiyle tane (artırılmasının) ufaltılmasının mukavemet ve gevrek kırılma emniyeti üzerinde-



Şekil 1. Boru çeliklerinin gelişmesi.

(*) İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Gümüşsuyu/İST.

ki etkisinden söz edilmeye başlandı. İşte o zaman C içeriğini azaltmak mümkün oldu ve bu da kaynak kabiliyeti ve tokluk bakımından avantaj sağladı.



Şekil 2. Kontrollü haddelenmiş çeliklerde C_{esd} ile mukavemet arasındaki bağıntı.

Yüksek mukavemetli düz (yassı) haddelenmiş mamüller iki yoldan gelişti. Buralardan birincisini normalize edilmiş veya su verilmiş temperlenmiş kalın levhalar; ikincisini de temperlenmiş işlemle özelliklerini kazanan orta kalın ve ince saclar ile bandlardır.

Buradaki termo - mekanik işlemin anlamı, bir çeşit çok dikkatli kontrol edilmiş haddelemedir. Normalize etmenin eşdeğeri olan ve onun yerini alabilen haddeleme işleminine kontrollü sıcakta haddeleme denilmektedir.

Termo - mekanik işleme tabi tutulmuş çelikler içerdikleri karbon oranlarına göre iki gruba ayrılır. Düşük karbonlu (% 0,10) ferritik - perlitik çelikler olup, Nb ve/veya V ile mikro alaşımlandırılmıştır. En son geliştirilen çelik grubunda karbon % 0,06'ya düşürülmüştür. Buna rağmen Mn içeriği de bunu karşılayacak şekilde arttırılmıştır. Dislokasyon

sertleşmesi etkisinden de yararlanılmaktadır. Bu çelikler % 0,30'a kadar Mo, % 1'e kadar Cr, Cu ve Ni ihtiva edebilirler.

Tablo 1'de geleneksel usullerle işleme tabi tutulmuş az perlitli ve perlitsiz tiplerin kimyasal bileşimleri verilmiştir. Az perlitli tipte C miktarı % 0,12'nin ve perlitsiz tipte de % 0,09'un altındadır.

Sözü edilen her iki gelişme türü ayrı alaşım anlayışları ile karakterize edilir. Normalize edilmiş çeliklerde ekseriyet geleneksel alaşım elemanları üzerindedir. Termo - mekanik çeliklerde ise, mikro alaşım elemanları daha önemli rol oynar. Geleneksel alaşım elemanlarının en önemlileri Mn-Si-Ni-Cu-Cr ve Mo'dur. Ferrit içerisindeki mukavemet arttırıcı katı eriyikleri, çoğu zaman önemli bir faktör olarak tanımlanmıştır. Mn ve Ni akma sınırını yükselttikleri gibi, çentik darbe geçiş sıcaklığını da düşürürler. Normalize edilmiş, cebri soğutulmuş, termo - mekanik işleme tabi tutulmuş veya su verilmiş ve temperlenmiş çeliklerde tane büyüklüğü ve dislokasyon yoğunluğu önemli rol oynar. Tane arıtılması, çökeltme sertleşmesi ve dislokasyon sertleşmesi, yüksek mukavemetli çeliklerin en önemli mekanizmalarıdır.

Mikro alaşım elemanları arasında Nb un yüksek bir tane arıtılma derecesi, V un düşük ostenitleşme sıcaklığında bile bir çökeltme sertleşmesi ve Ti'un yüksek mukavemet sağladığını ve sülfür oluşumunun kontrol altına alınmasına elverişli olduğunu söyleyebiliriz.

Normalizasyon esnasında sıcak işlem nedeni ile Al ve N bağlanarak sonuçta dağılık biçimde çöken Alüminyumnitür meydana gelir. Aynı olay Ti için Titan-yum karbonitürlerin çökmesi ile son bulur. Bu partiküller daha sonraki dönüşümlerde çekirdek gibi hareket eder ve tane sınırlarını sabitleştirir. Sonuçta ince taneli ferritik - perlitik yapı ortaya çıkar. Azot bağlanmasının gevrek kırılma mukavemetine olumlu etkisi vardır.

Tablo 1. Az perlitli ve perlitlessiz çeliklere ait bazı örnekler.

No.	Akma F _s (MPa)	Çekme F _m (MPa)	Ülke	Tescilli Marka	% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% Ni	% Cu	% B	% S	% P	% Al	% V	% Ti	% Nb
1			Bati Almanya	ESTEL X60 conv.	0.19	0.28	1.48	—					0.013		0.06	0.06		
2	562	673	Bati Almanya	ESTEL X70 Cr	0.07	0.34	1.80	0.24					0.010		0.04	0.09		0.06
3			Bati Almanya	ESTEL X70 PR	0.11	0.30	1.68						0.011		0.03	0.09		0.06
4	500	602	Japonya	Nippon Steel Co, UB-1, X-65	0.02	0.14	1.59					0.001	0.003	0.018			0.017	0.04
5	551	622	Japonya	UB-3, X-70	0.03	0.14	1.91					0.001	0.003	0.018			0.018	0.05
6	653	732	Japonya	UB-5, X-80	0.02	0.24	1.95		0.31	0.38		0.001	0.003				0.019	0.04
7			Japonya	BENKAN X70	0.15	0.35	1.90	0.25	0.35	0.50	0.25		0.0010	0.025			Nb+V+Ti ≤ 0.12	
8			Japonya	BENKAN X80	0.15	0.35	2.20	0.50	0.60	0.80	0.50		0.0010	0.025		0.10		0.05
9	652	718	Japonya	Sumiten 70	0.10	0.32	0.80	0.32	0.39	1.35	0.03		0.008			0.03		
10	807	866	Japonya	Sumiten 80W	0.11	0.06	0.81	0.46		1.00	0.32	0.001	0.005	0.008		0.03		
11	972	1010	Japonya	Sumiten 100W	0.09	0.11	0.74	0.57	0.51	2.46	0.25	0.002	0.010	0.011		0.06		
12	415	700	Çekoslo- vakya	KX-60 VSZ	max. 0.12	max. 0.40	max. 1.45						max. 0.02	max. 0.03	min. 0.015			
13	600	760	Çekoslo- vakya	CSN 15216	max. 0.09	max. 0.40	max. 2.10	max. 0.20	0.20— —0.40		0.10— —0.25		max. 0.02	max. 0.02	min. 0.02			0.07
14		660	Çekoslo- vakya	CSN 15219	max. 0.09	max. 0.45	max. 1.80	max. 0.30	max. 0.30		max. 0.30		max. 0.02	max. 0.02	min. 0.02			
15			Bati Almanya	Mannesmann MnMoNb X70	< 0.10		1.3 1.7		0.25 0.35				0.012	0.011	0.03	0.09		0.030 0.050
16	510	640	Bati Almanya	Hoesch Nevar X70 PR	0.10	0.30	1.68		0.02				0.012	0.011	0.03	0.09		0.05
17	548	628	Bati Almanya	Hoesch StE480	0.04	0.05	1.84		0.27				0.008	0.010	0.05			0.05

Eğer karbon içeriği biraz azaltılırsa ve No, Mn ve Nb çok az C'lu beynite dönüşümü sağlayacak şekilde ilâve edilecek olursa, perlitten daha mukavim mekanizmalar arayışı mantıklı bir şekilde normalize edilmiş çeliklerde de uygulanabilir.

Mikro alaşım elemanlarının termomekanik işlemlerdeki rolü normalizasyondaki rolünden çok daha kararsızdır. Katı çözeltileri ile diffüzyon seviyesi ve transformasyon sıcaklığını düşürerek tane arıtılması ve dislokasyon sertleşmesi sağlar. Çökelen partiküller halinde ise, tane sınırlarını ostenit içinde sabitleştirir.

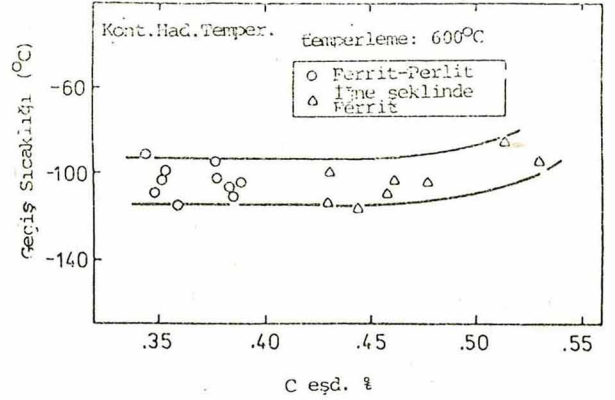
Ti ve Nb gibi bazı mikro alaşım elemanları termomekanik işlemi sırasında yeniden kristalleşmeyi geciktirerek tane arıtılmasının yaygınlaşmasına öncülük eder. Termomekanik işleme tabi tutulmuş levhaların akma sınırı oldukça yüksektir, ancak enine mukavemet boyuna olandan çok daha yüksek mertebelere ulaşır. Termomekanik işleme tabi tutulmuş parçalarda gevrek kırılma daha düşük sıcaklıklarda başlar. Çentik darbe geçiş eğrisi gevrek kırılma ile üst sınır arasında geniş bir sıcaklık aradığında kademeli azalma gösterir.

Şekil 2, değişik mikro yapıdaki çeliklerin C_{esd} (IIW/IIS) ile mukavemetleri arasındaki bağıntı verilmiştir. 20 mm kalınlığındaki çelik levhalar kontrollü sıcaklıkta haddelenip, 600°C'de temperlendikten sonra denemeye tabi tutulmuştur. Şekil 3'de de bazı çeliklerin C_{esd} ile Charpy darbe geçiş sıcaklığı arasındaki bağıntı görülmektedir. Kontrollü haddelenmiş çeliklerin çentik darbe geçiş sıcaklığı C_{esd} den çok haddeme işleminin kontrolüne bağlıdır.

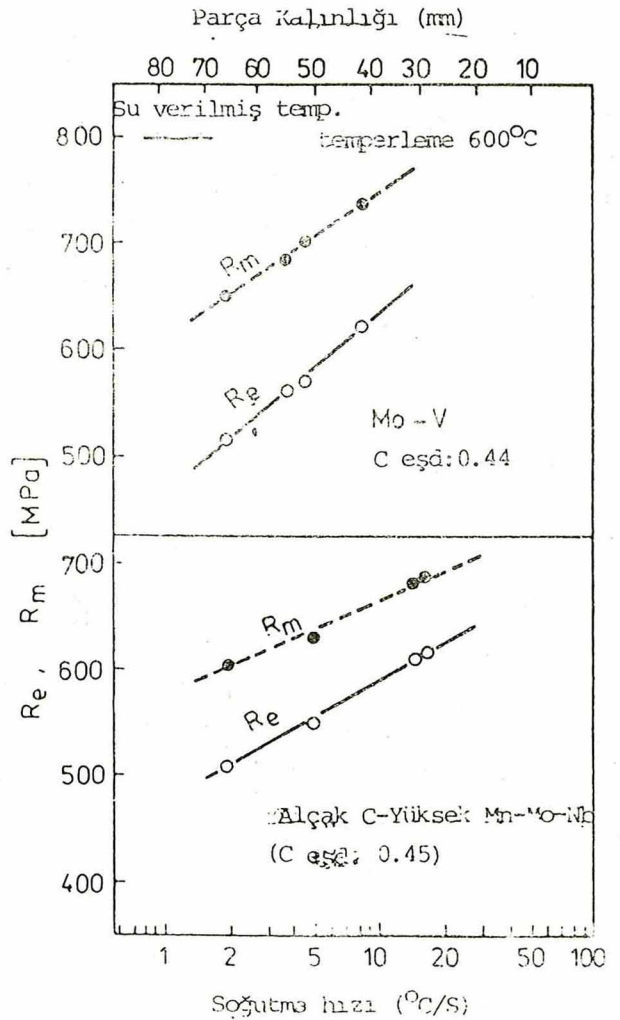
Daha kalın levhaların ısı işleme tabi tutulması gerekir. Zira ostenitleşme sıcaklığı mertebesindeki imalâtta, kontrollü haddelenmenin avantajları ortadan kalkmaktadır. Şekil 4'de su verilmiş ve temperlenmiş çeliklerin mukavemetleri ile soğuma hızı arasındaki bağıntı verilmiştir. Şekil 5'de de çentik darbe geçiş sıcaklığı

ile soğuma hızı arasındaki ilişki görülmektedir.

Yakın geçmişte yeni «ferrit - ince beynit» çeliği, imalât çeliğinin kontrollü haddelenmiş ferritik - perlitik çelik ile



Şekil 3. Kontrollü haddelenmiş çeliklerde C_{esd} ile Charpy darbe geçiş sıcaklığı arasındaki bağıntı.



Şekil 4. Su verilmiş ve temperlenmiş çeliklerde (soğuma) soğutma hızı ile mukavemet arasındaki bağıntı.

kombine edilmesi sonucu elde edilmiştir. Son geliştirilen çelikler aynı mukavemet derecesindeki çeliklerden % 0,06 daha az C ihtiva eder, aynı C_{esd} li çelikten 100 Mpa daha mukavimdir. Yeni geliştirilen çeliklerin yapısı az N, B ve Ti ile karakterize edilmektedir. Yaklaşık olarak 50 ppm azot kullanılmıştır. Ferrit oluşumuna ilaveten ikinci faz olarak ince taneli beynit ve martenzit oluşarak sözkonusu iyileşmeyi sağlamaktadır. Yüksek V'lu (% 0,45) ile X 70 mertebesinde çelik elde edilmiştir (boru çeliği). Yaklaşık olarak % 0,08 C; % 2 Mn; % 0,42 V; % 0,10 Mo ve % 0,009 - 0,01 N ihtiva etmektedir. Kaynak kabiliyeti deneylerinin sonuçlarına göre, ısının tesiri altındaki bölgenin (ITAB'ın) çatlaması uygun netice vermekte ve cidar kalınlığı 13 mm ye kadar olan borularda ön tavlama gerekmemektedir.

sıcak metalin kükürtten arıtılması gereklidir (Desülfürizasyon). Çelik üretiminde ilk işlem sıcak metalin bir pota içerisinde koruyucu atmosfer altında (propen) öğütülmüş kireçle desülfürizasyonudur. Kükürt oranının düşük olması iki yolla sağlanır: Konvertörde kükürt bakımından fakir malzeme kullanılması ve sıcak metalin özel desülfürizasyonu - çeliğin desülfürizasyonudur.

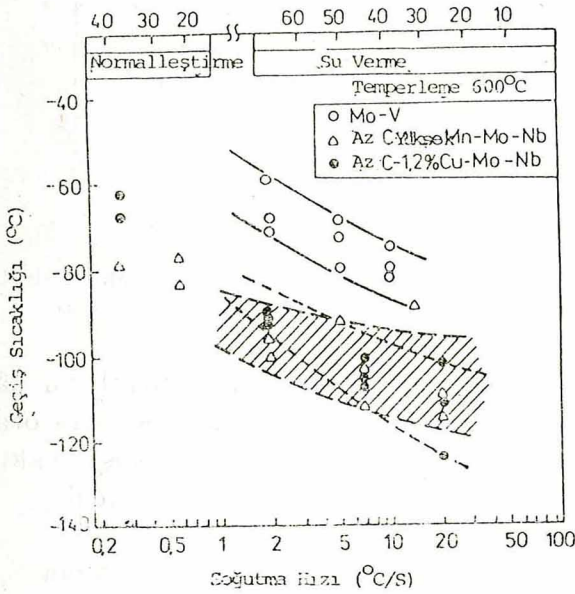
Eritme fırınında düşük kükürtlü sıcak metalin elde edilmesi, cüruf ile sıcak metalin reaksiyonunu iyileştirerek, özellikle cürufun daha çok MgO ihtiva etmesini sağlayarak ve aglomere kok oranını arttırarak başarılmıştır. Sıcak metalin daha iyi desülfürizasyonu için soda ve magkok desülfürizasyon kullanılmaktadır.

Desülfürizasyon artıkları yüksek miktarda kükürt içerdiklerinden, düşük kükürt oranlı çelik elde etmek için bu artıkların dışarı alınması gerekir.

Desülfürizasyona tabi tutulmamış çeliklerde kükürt manganez sülfür halinde kendini gösterir. Haddelme sırasında bu sülfürler uzar ve kalın saclarda haddelme yönünde sülfür lamelleri oluşturur. Bu durum malzemenin mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Kalın sacların kalınlığı doğrultusundaki gerilmelere karşı mukavemetinin, kaynak sırasında ve sonrasındaki yırtılmanın önemli bir kriteri, kalınlık doğrultusundaki alan büzülmesi deneyinin sonuçlarıdır.

Yüksek tokluk değeri (özellikle enine doğru olan) çeliğin bileşimindeki kükürt oranının azaltılması ile elde edilir, (şekil 6). Çok yüksek tokluk değeri sıcak metalin ve konverterin desülfürizasyonu ile ekonomik olarak elde edilmez. Bunu başarabilmek için sülfür oluşumunu kontrol eden özel ilâvelerin yapılması gerekir. Ce veya La gibi ender toprak metallere ilâvesi için özel vakum üniteleri geliştirilmiştir.

Genellikle sıcaklık kontrollü haddelenmiş çeliklerde kükürt, darbe enerjisini etkiler fakat geçiş sıcaklığını etkilemez, (şekil 7).

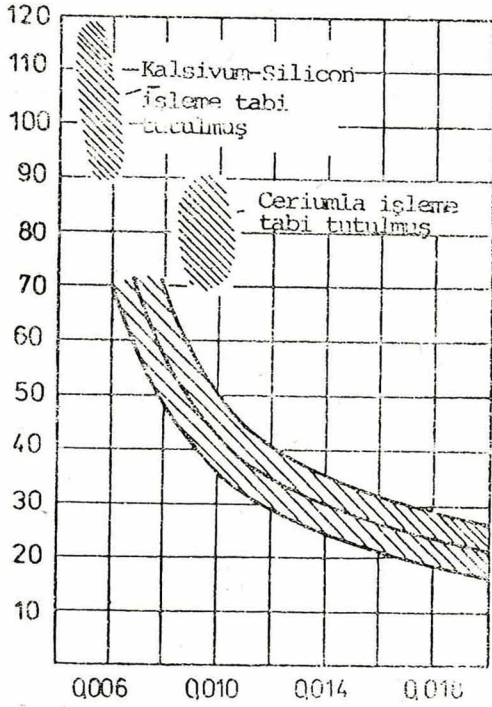


Şekil 5. Isıl işleme tabi tutulmuş çeliklerde çentik darbe geçiş sıcaklığı ile soğutma hızı arasındaki bağıntı.

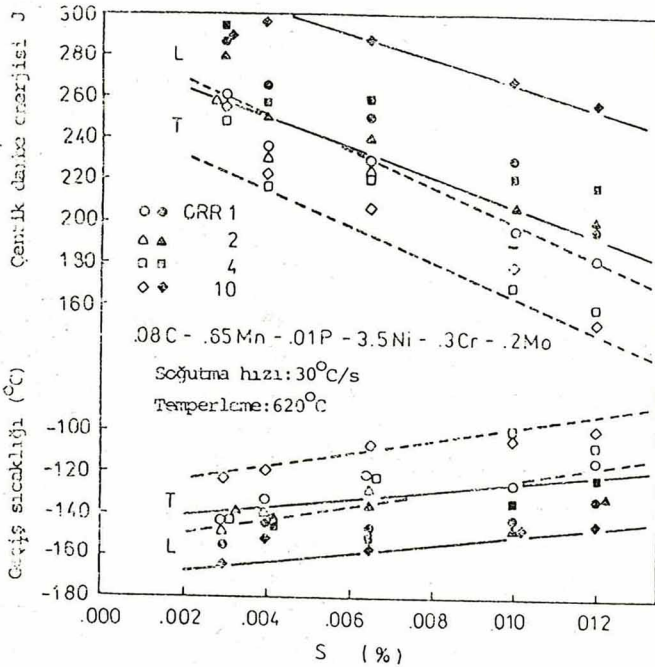
2.1. — Düşük kükürt içeriğinin ve sülfür oluşumunun etkileri

Çeliklerde daha az kükürt bulunması ve/veya sülfür oluşumunun kontrollü, kontrollü haddelenmiş darbe enerjisini yükseltmek için gereklidir. HSLA çeliklerinin % 60'ından fazlası % 0,15 (en fazla) kükürt istendiğinde, ilâve bir işleme

Isıl işleme tabi tutulmuş çeliklerde kükürt miktarının düşük olması ve sülfür oluşumunun kontrol altında tutulması çentik darbe enerjisinin sınırını ve geçiş sıcaklığını iyileştirir.



Şekil 6. X 60 ve X 70 çeliklerinin, 8 ilâ 13 mm kalınlıklar için, çentik darbe enerjilerinin kükürt içeriği ile değişimi.

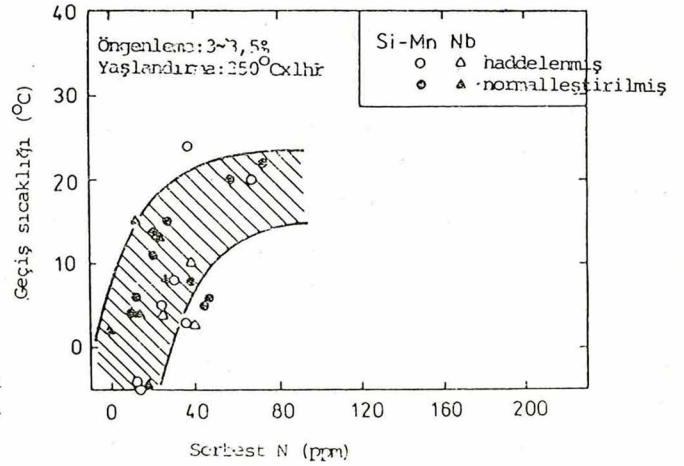


Şekil 7. Düşük karbonlu % 3,5 Ni-Cr-Mo çeliklerinde kükürt içeriği ile çentik darbe enerjisi ve geçiş sıcaklığı arasındaki ilişki.

Çapraz haddeme oranı R_L/R_T de darbe enerjisi sınırını ve geçiş sıcaklığını etkiler (CRR: Cross Rolling Ratio).

2.2. — Genleme ve yaşlanmanın etkisi

Parçalar soğuk olarak şekillendirildiğinde genlemeler ve yaşlanmaya bağlı olarak mekanik özellikler kötüleşir. Genleme ve yaşlanmanın etkileri N veya C atomlarının dislokasyonlara yerleşerek onları sabitleştirmesi ile yakından ilgilidir. Bu nedenle genleme yaşlanmasının etkilerini minimuma indirmek için çeliklerde daha az N bulunması veya nitrür mey-



Şekil 8. Serbest azotun, Charpy çentik darbe geçiş sıcaklığının artmasına etkisi.

dana getirici Al, Ti gibi elemanların ilâvesi gereklidir. Şekil 8'de serbest azot oranının Charpy çentik darbe geçiş sıcaklığının artmasına etkisi görülmektedir.

2.3. — Sülfür korozyonu ile çatlama (kırılma)

H_2S nedeni ile ortaya çıkan sülfür korozyonu çatlama iki ana bölüme ayrılabilir.

- Hidrojen etkisi ile çatlama
- Gerilmeli korozyon etkisi ile çatlama

H etkisi ile çatlama, çelik gerilmelere maruz kalmadan da meydana gelebilir. Bu çatlama MnS içerisinde başlar, beyrit ve martenzit içinde yayılabilir

(düşük transformasyon sıcaklıkları). Genellikle yüzeye paralel olarak uzar ve zaman zaman basamaklar şeklinde kendini gösterir. Gerilmeli korozyon çatlama gösterir. Gerilmeli korozyon çatlama gösterilmenin uygulandığı yerde başlar ve gerilme yönüne dik olarak ilerler.

Sülfür korozyonunun mekanizması malzemeye H girmesiyle başlar ve oluşur.

— Aköz ortamda H_2S iyonize olur.
 $H_2S \rightarrow 2 H^+ + S^{-2}$

— Benzer şekilde demir de iyonize olur (Anodik reaksiyon)
 $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2 e$

H iyonları serbest elektronlarla birleşerek çeliğin içerisine girer (Katodik reaksiyon) $H^+ + e^- \rightarrow H_2$

Sülfür korozyonu şu tedbirlerle önlenir :

- a — Aköz solüsyonlardan kaçınarak
- b — Metalin çözülmesini engelliyerek
- c — Çeliğin içerisine H girmesini önliyerek

Gerilmeli korozyon çatlama etkileyen faktörler

a — Metalurjik

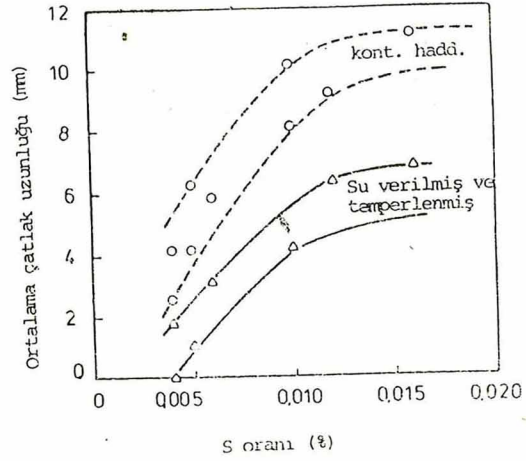
- Mukavemet değeri
- Gerilmeler
- Sertlik
- Kimyasal bileşim
- Mikro yapı
- Soğuk şekillendirme

b — Çevre

- H_2S konsantrasyonu
- H_2 oranı
- Aköz solüsyonun Ph değeri
- Sıcaklık
- Basınç

Şekil 9'da, kükürt içeriğinin hidrojen çatlama etkisi görülmektedir (X 70 derecesindeki çelik NACE tipi solüsyonda denenmiştir). Metal olmayan bileşenlere ilâveten martenzit ve beynitte hidrojen çatlama uğrayabilir. Bu yapıların sıcaklık kontrollü haddelenmiş levhalarda yerel oluşması önlenemez. Ancak bu ya-

pıların oluşması Mn oranı ile büyük ölçüde etkilenir. Mn genellikle optimum bir oranda mukavemet değerini arttırmak için ilâve edilir. Mn arttıkça düşük sıcaklık dönüşümlerinin olduğu alan artar, neticede hidrojen çatlama da önemli ölçüde artar. Cu ve Cr gibi elemanlar anodik reaksiyon için inhibitör görevi yaparak korozyonu azaltır.



Şekil 9. Kükürt içeriğinin H tesiri ile çatlama etkisi.

Normalize edilmiş ve temperlenmiş çelik parçalarla su verilmiş ve temperlenmiş parçaların hidrojen çatlama dirençleri; sıcaklık kontrollü haddelenmiş parçalarınkinden çok daha büyüktür. Isıl işlemler düşük sıcaklık dönüşümlerini elimine ettiklerinden (ince karbür halinde çeliğin içerisine dağıttıklarından) parçaların hidrojen çatlama hassasiyetini azaltırlar.

Gerilmeli korozyon çatlama önlenmesi için hidrojen çatlama göre değişik tedbirlerin alınması gerekir. Burada sertliğin önemli etkisi vardır, (Şekil 10).

$$Cr Hv = 395 - 60 \log 10^X$$

X : H_2S 'in sudaki konsantrasyonu ppm/Nm³

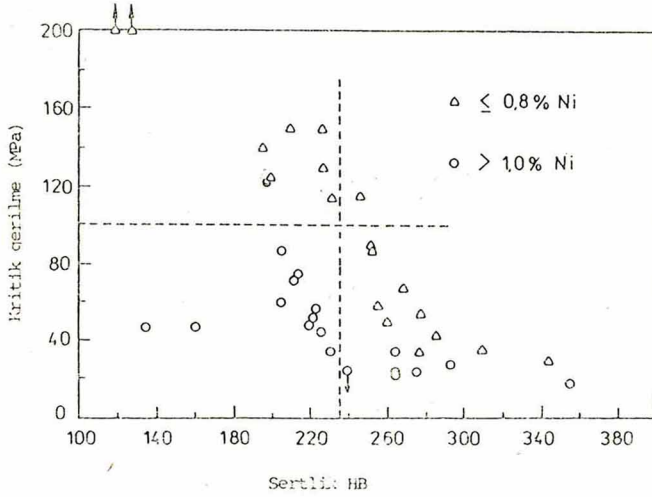
Cr Hv : 10 kg yükü yapılan kritik Vickers sertliği

$$X = \frac{Y}{3} \cdot 10^4 \quad 20^\circ C'de \quad Y = H_2S'in \text{ kısmi}$$

basıncı (atm)

Doğal gazda $X=100$ ppm/Nm³,
Cr Hv=275

Aynı sertlik derecesinde bulunan bazı çeliklerin gerilmeli korozyon çatlama-sına karşı olan hassasiyetleri, alaşım ele-manları oranına göre değişiklik göster-mektedir. C ve Mo gibi elemanların et-kileri hakkında değişik görüşler olmasına karşı Mn ve Ni'nin zararlı olduğu aşı-kârdır. No, Ni, Cu, Cr toplam % m veya daha az ise, zararlı bir etki görülmemek-tedir. Cu ve Cr ilâvesi korozyon seviyesi-ni düşürür ve gerilmeli korozyon çatlama-sına karşı direnci arttırır.



Şekil 10. Sertliğin kritik gerilmeye etkisi.

3. — AZ PERLİTLİ VE PERLİTSİZ ÇELİKLERİN KAYNAĞI

3.1. — Kaynak kabiliyeti üzerine bazı uyarılar

Kaynak kabiliyeti bir grup kaynak indisi ile ifade edilebilir. Bunların arasında, çatlama parametreleri ile gevrek kırılma sayılabilir.

Az perlitli ve perlitsiz çeliklerin kaynağında 3 tip çatlama rastlanır.

a — Sıcak çatlama, çeliğin üretiminde sıcak özel bir dezoksidasyon usulü kullanılmış ise veya Nb, Ti gibi mikro alaşım elemanlarının miktarı yüksekse kendini gösterir. Ancak bu çeliklerin sıcak çatlama hassas olmaları kaynak kabili-

yetini azaltıcı bir faktör olarak görülmemektedir.

Isı girişinin sınırlandırılması (27 kJ/cm) veya 100°C'de bir ön tavlama probleminin çözümü olabilir.

b — Kaynak kabiliyeti daha çok basit formüllerin yardımı ile (C_{esd}), soğuk çatlama direnci olarak tanımlanır.

c — Lameller çatlaklar, kaynak sırasında ve sonrasında rastlanan çatlak şeklidir.

Gerilme giderme çatlakları bu çeliklerin kaynağında dikkate alınmamaktadır.

3.2. — C_{esd} Formülleri

Bu formüller, geleneksel C-Mn çelikleri göz önüne alınarak hazırlanmıştır. Çeliklerin kaynağını etkileyen C_{esd} nin en uygun formülünü bulmak için birçok kimyasal bileşim üzerinde birçok deney yapılmıştır.

Bazı araştırmacılar $C + \frac{Mn}{6}$ ile karakterize edilen formülleri tercih ederler. Diğer elemanlar için değerler farklılıklar göstermektedir.

$$C_{esd} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Mo}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{5} + \frac{V}{5} + \frac{Cu}{15} \dots (IIW/IIS)$$

$$C_{esd} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{5} \dots (Dearden, O'Neill)$$

$$C_{esd} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{V}{14} + \frac{Si}{24} \dots (Kihara, Suzuki, Tamura)$$

$$C_{esd} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{20} + \frac{Cr}{10} + \frac{Cu}{40} \dots (Stout)$$

$$C_{esd} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Mo}{50} + \frac{Ni}{20} + \frac{V}{10} + \frac{Cu}{4} \dots (\text{Winterton})$$

Az perlitli ve perlitsiz çelikler üzerinde yapılan son araştırmalar sonucunda $C + \frac{Mn}{20}$ ile karakterize edilen yeni formüller bulunmuştur.

$$C_{esd} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Mo}{15} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{V}{10} + \frac{Cu}{20} + \frac{Si}{30} \dots (\text{Ito, Bessyo})$$

$$C_{esd} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Mo}{10} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{10} + \frac{V}{10} \dots (\text{Bradstreet})$$

$$C_{esd} = C + \frac{Mn}{16} + \frac{Mo}{40} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{V}{15} + \frac{Cu}{16} + \frac{Si}{25} \dots (\text{Düren})$$

Çatlama üzerinde yapılan yaygın deneylerin sonuçlarına dayanarak C_{esd} formülü indirgenmesi teklif edilmiştir. Bu formül kimyasal bileşimin şu aralıklarda olması halinde kullanılabilir.

$$C_{esd} = C + \frac{\text{Alaşım elemanları}}{20}$$

Bu formüller C miktarı ile birlikte alaşım elemanlarının ITAB'ın sertliği üzerindeki etkisini gösterir. Yukarıdaki formüle göre kimyasal bileşimin aşağıdaki sınırlar dahilinde olması gerekmektedir.

$$\begin{aligned} C &= \% 0-0,25 & Cr &= \% 0-0,5 & Cu &= \% 0-0,4 \\ Mn &= \% 0,7-2,0 & Ni &= \% 0-0,4 & Nb &= \% 0-0,1 \\ Si &= \% 0-0,5 & Mo &= \% 0-0,5 & Ti &= \% 0-0,15 \end{aligned}$$

3.3. — Maksimum sertliğin C_{esd} 'ne göre ifadesi

Maksimum sertliğin C_{esd} 'ne göre ifadesinde aşağıdaki formüller kullanılır.

$$Hv_{max} = 90 + 1050 C + 47 Si + 75 Mn + 30 Ni + 31 Cr \dots (\text{Yumuşak çelik})$$

$$Hv_{max} = 1200 \cdot C_{esd} - 200 \dots (\text{Dearden, O'Neill})$$

$$Hv_{max} = 666 \cdot C_{esd} + 40 \dots (\text{Kihara ve arkadaşları})$$

$$Hv_{max} = 1666 \cdot C_{esd} - 166 \dots (\text{Suzuki})$$

$$Hv_{max} = 1450 \cdot C_{esd} \dots (\text{Ito, Bessyo})$$

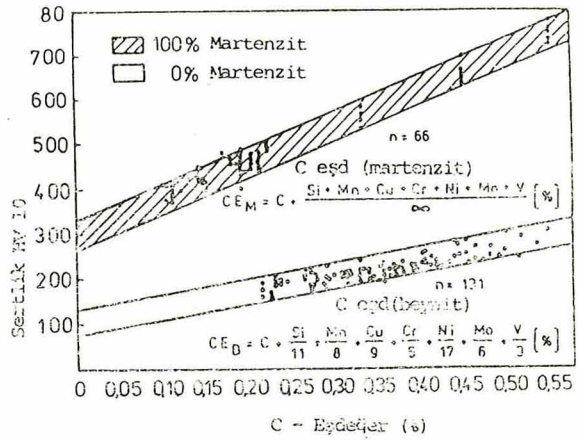
$Q = 17 \text{ kJ/cm'da}$

$$Hv_{max} = 1250 \cdot C_{esd} \dots (\text{Ito, Bessyo})$$

$Q = 35 \text{ kJ/cm'da}$

$$Hv_{max} = 783 \cdot C_{esd} \dots (\text{Ito, Bessyo})$$

$Q = 45 \text{ kJ/cm'da}$

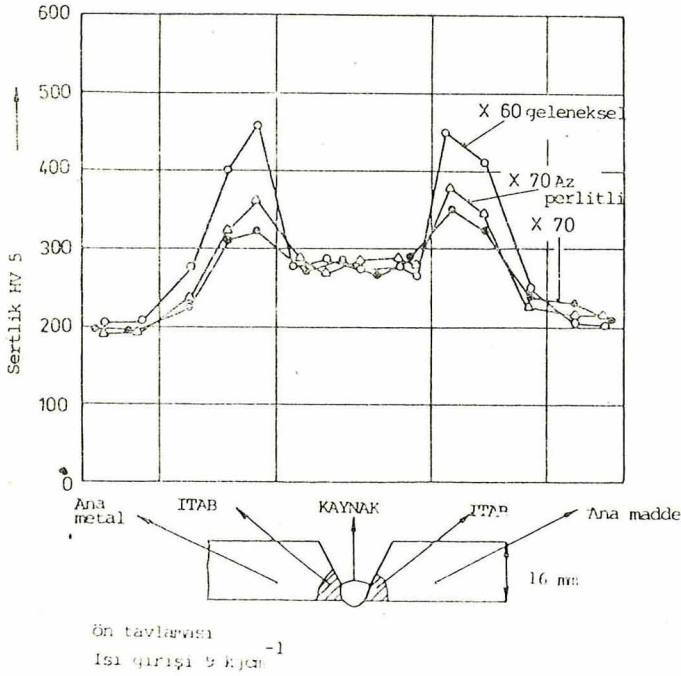


Şekil 11. ITAB'da, kendi C_{esd} nin fonksiyonu olarak martenzit ve beynitin sertlikleri.

ITAB'daki martenzit ve beynitin sertliği C_{esd} fonksiyonu olarak Şekil 11 de verilmiştir. Martenzit ve beynit içeren iç yapıların maksimum sertliği saf martenzit ve saf beynit miktarına bağlıdır.

ITAB'daki sertleşme çeliğin kimyasal bileşiminden çok soğuma hızına bağlıdır. Şekil 12'de, X 70 az perlitli, X 70 Cr ve X 60 geleneksel çeliklere ait kaynak bağlantısının sertlikleri verilmiştir. Kaynak, ön tavlama ve 9 kJ/cm ısı girişi altında yapılmıştır. Ana (esas) metalin sertliği 200 Hv₅ dir. X 60 geleneksel çelikte, ITAB'da önemli bir sertleşme görülmektedir. Bu nedenle bu tip çeliğin kaynağında ön tavlama ihtiyacı vardır. X 70 çeliğinin sertleşmesinde önemli fark-

lar yoktur. Düşük karbon miktarı maksimum sertliği 345 Hv civarında tutmaktadır.



Şekil 12. X 60 geleneksel, X 70 az perlitli ve X 70 Cr çeliklerinin ITAB'daki sertlik değerleri.

3.4. — Dikişaltı çatlağı

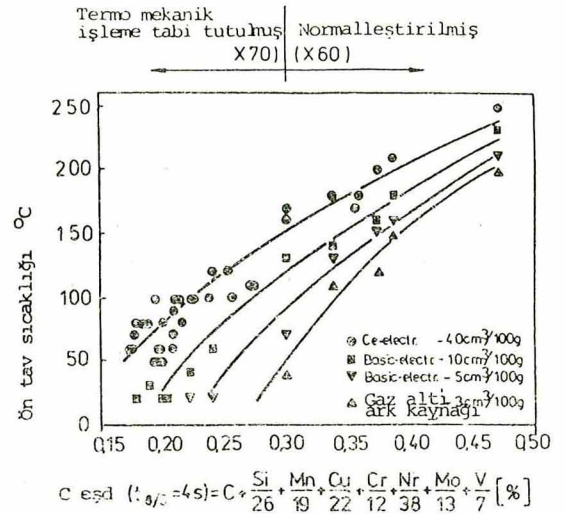
Kaynakta yeterli mukavemet ve tokluğu sağlamadan önce asıl problem soğukta çatlamaı önlemektir. Bu çatlamanın meydana gelme ihtimali H, yüksek gerilmeler ve iç yapıdaki uygunsuz sertleşmenin mevcudiyeti ile artmaktadır. Bu etkenler ITAB içerisinde yer alabilir ve bileşik tesirleri çatlamaı öncülük edebilir.

Soğuk çatlama özelliğini araştırmak için bir çok usuller uygulanmıştır. En çok kullanılanlar Tekken ve Implant deneyleridir. Kaynağın soğuk çatlamaırlılığını önlemek için ön tavlama sıcaklıkları Tekken deneyi ile saptanmaktadır.

Düşük hidrojenli bazik elektrotlar kullanılsa bile, ön tavlama yapılmazsa az perlitli ve perlitsiz çeliklerin çoğu halâ soğukta çatlamaıbilme özelliğini korumaktadırlar. Selülozik elektrotlara kıyasla H

etkisi nedeni ile daha yüksek ön tavlama sıcaklıkları gerekmektedir.

Şekil 13'de, kırılmaya karşı dayanıklı kaynak bağlantıları için istenilen ön tavlama sıcaklıkları C_{esd} 'ne göre verilmiştir. Bu neticeler Implant deneyi sonuçlarına göre verilmiştir (8-9 kJ/cm ısı girişi, 4 san. t 8/5 soğuma süresi, az perlitli ve perlitsiz çelikler için $C_{esd} < \% 0,25$). Bazik elektrot kullanıldığında veya gazaltı kaynağı yapıldığında ön tavlamaıya gerek yoktur.



Şekil 13. Karbon eşdeğerine bağlı olarak ön tavlama sıcaklıkları.

3.5. — Lameler yırtılma

Çeliğin gerek kaynak sırasında gerekse kaynak sonrasında lameler yırtılmaya karşı hassasiyeti genellikle tokluk ve kalınlığa bağlıdır. Kırıldıktan sonra alan büzülmesi şeklinde tanımlanan süneklik, sülfür ve oksit miktarları ile ilgilidir. Süneklik sülfür ve oksit oranını azaltan ve bunların bileşikler oluşturmalarını kontrol altında tutan desülfürizasyon, Ca veya ender toprak metalleri ile işlem veya Ti veya Zn ile alaşımlandırma gibi önlemlerle artırılabilir. Deneyler kükürt miktarının % 0,004 - 0,006'ya indirilmesinin kalın parçalarda 3. derece için yeterli olduğunu ($Z \% > 25$) göstermiştir. Boydanboya şekil değişiminin neticesi olan sülfürlerin uzamasının ve düşük son sı-

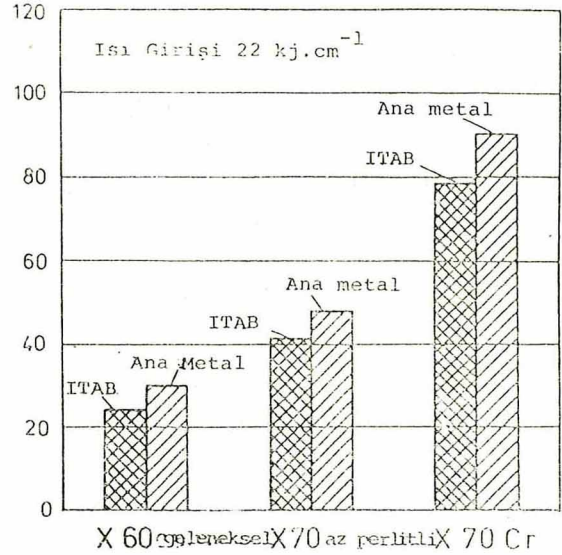
çaklığın etkileri sonucunda çok düşük sülfür oranlı MnS'li çeliklerle bile sülfürlerin bileşik oluşturma ihtimalinin çok arttığı ve alan büzülmesinde de azalma olduğu görülmektedir. Sülfür oluşumunu kontrol altına alan elemanların ilâvesi gerekmektedir. Bu da sülfürlerin hepsinin haddeme sırasında uzamadığını gösterir. Termo - mekanik işleme tabi tutulmuş çelikler için karakteristik olan uzamış ferrit yapısının alan büzülmesine az bir etkisi vardır. Az perlitli ve perlitsiz çeliklerin saflık oranı, bilinen çeliklere göre daha yüksek olduğundan bunların lameler yırtılma direnci daha fazladır.

3.6. — Transformation gevrekleşmesi ve yaşlanma

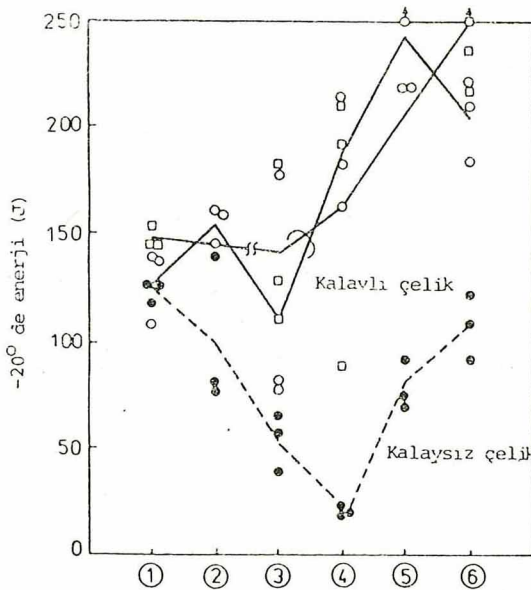
Az perlitli ve perlitsiz çeliklerdeki çok düşük karbon miktarı, ITAB'ın tokluğunu artırır. Martenzit yüksek karbon oranını azaltmak, beyitik çeliğin ITAB tokluğunu arttırmak için kalay gibi ergimiyen partiküllerin ilâvesi gerekir. Şekil 15 de, ITAB tokluğunun esas metalin tokluğuna bağlı olduğu görülmektedir. Esas metale nazaran ITAB'da görülen tokluk azalması çok küçüktür.

3.7. — Kaynak bağlantılarının gerilmeli korozyon altındaki kırılmaları

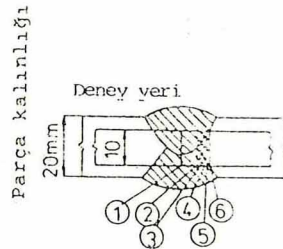
Kaynakta genellikle ITAB esas metalden daha serttir. Sertleşen bölge gerilmeli korozyon altında kırılmaya daha müsaittir. ITAB'ın sertleşmesi C_{esd} 'ne, C miktarına ve kaynak şartlarına bağlıdır. C miktarı % 0,12 den az ise, (az perlitli ve perlitsiz) C_{esd} ve sertlik birbiriyle yakından ilgilidir, (Şekil 16).



Şekil 15. Ana metalin ve ITAB'ın darbe enerjileri.



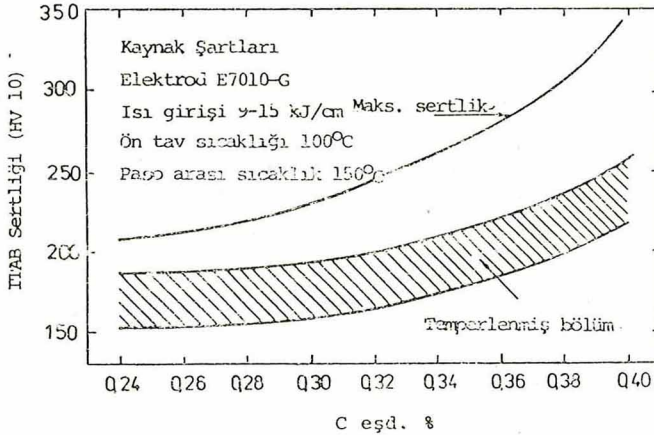
Şekil 14. Su altı kaynağında V - çentik darbe enerjisi.



4. — SONUÇ

4.1. — Genel olarak

Az perlitli ve perlitsiz çeliklerde akma sınırı 360 - 800 MPa çekme mukavemeti de 500 - 1000 MPa arasındadır. Düşük karbon miktarlı çelikler (% 0,12, % 0,09) termo - mekanik işlemlerle veya su verme ve temperleme ile üretilir. Genellikle Ti, Al, V veya Nb ile mikro alaşımlandırılmıştır. Çok az C'li beynitik çelikler, borlu çeliklerin kontrollü haddelenmiş çeliklerle kombine edilmesi sonucu elde edilebilirler. Bor, Ti ve azot ilâvesi tokluğu azaltmaksızın çekme mukavemetini artırır. Bu çelikler borularda ve otomotiv endüstrisinde kullanılmaktadır.



Şekil 16. C_{esd} ile ITAB'daki maksimum sertlik arasındaki bağıntı.

4.2. — Ön tavlama gereği

Minimum ön tavlama sıcaklığı şu faktörlere bağlı olarak seçilir: Kalınlık, kimyasal bileşim, elektrot tipi, gerilme ve ısı girişi. Bazik elektrotlar kullanarak

perlitsiz ve az perlitli çeliklerin çoğu ön tavlamasız kaynak edilebilir. Aranılan ön tavlama sıcaklığının kesin değeri Tekken ve Implant deneyleri gibi kırılma deneyleri sonunda bulunabilir. Başlangıç için Şekil 13 kullanılabilir. Diffüzyon yoluyla giren hidrojenin çıkarılması için kaynaktan sonra uygulanacak bir tavlama da faydalıdır.

4.3. — Isı girişi

Bazı hallerde gevrekleşme ve su verilmiş temperlenmiş ve termo - mekanik işleme tabi tutulmuş çeliklerde yumuşama tehlikesi karşısında ısı girişi sınırlandırılmalıdır. Isı girişi ve ön tavlama sıcaklığı çelik tipine ve kaynak şartlarına bağlıdır. ITAB tokluğu, istenildiği şekilde değilse, ısı girişinin sınırlandırılması gerekir.

4.4. — Gerilme giderme

Kaynaklı konstrüksiyonların çoğu gerilme giderme işlemine tabi tutulmaz. Gerilme gidermenin gerektiği hallerde, uygun işlemin tatbikine çalışılır.

4.5. — Kaynak usulleri

En çok kullanılan kaynak usulleri elektrik ark, toz altında kaynak ve gaz altında kaynak usulleridir. Uygun ilâve metalin kullanılması gerekir. Kaynak metaline Nb ve V ilâvesi istenilen sınırlarda tutulmazsa (yani bu mikro alaşımlar sınırlandırılmaz ise), arzu edilen tokluk sağlanamaz. Esas metal % 0,04'den az Nb ve % 0,10'dan az V ihtiva ediyorsa, herhangi bir zorluk söz konusu olmaz.

Marpol 73/78 Neler Getirdi ?

Mehmet ÇAĞLARCA (*)

Bilindiği gibi 1 Ekim 1982'de İtalya'nın da imzalaması ile sözleşmeyi imzalayan ülke sayısının 15'i bulması ve bu ülkelerin ticaret filosu kapasitelerinin dünya toplamının % 50 sine eşit olması koşulu sağlanmış, ve anlaşma gereği bu tarihten bir yıl sonra, 2 Ekim 1983'den itibaren MARPOL 73/78 adıyla bilinen Denizlerin Gemilerce Kirletilmesi ile ilgili Uluslararası Sözleşme kararları yürürlüğe girmiş bulunmaktadır. Sözleşme 1954 yılındaki ilk girişimlerden bu yana gemilerin denizi kirletmesine karşı yapılan konferans kararlarının son hali ile kesin bir uygulamasını getirmektedir.

Gemiler denizi genel olarak 3 şekilde kirletmektedir :

- 1 — Yakıt çamuru (sludge), sintine suları ve tankerlerde tank yıkama suları,
- 2 — Tuvalet, Mutfak, Çamaşırhane, Lavabo, Revir vs. bölgelerden gelen sıvı halde sıhhi tesisat artıkları,
- 3 — Katı artıklar (çöpler)

Kirlenmenin en önemli ögesi kuşkusuz yakıt artıkları konusudur ve bu konuda MARPOL kuralları ana hatları ile şöyledir :

150 GRT'dan büyük tankerler ve 400 GRT'dan büyük tüm gemiler aşağıdaki koşulların tümünün bir arada oluşması dışında denize yakıt artığı veya karışımını atamayacaklardır :

- 1 — Gemi tam yolla ilerlemekte,
- 2 — Artık boşaltma miktarı mil başına 60 litreyi geçmemekte,
- 3 — Gemi özel bir bölgede (Akdeniz, Karadeniz, Baltık Denizi, Kızıldeniz ve Körfez Bölgesi) seyir etmemekte,

- 4 — En yakın kıyıdan tankerlerde 50 mil, diğer gemilerde 12 mil açıkta bulunma
- 5 — Tankerlerde denize basılan artık miktarının geminin yük kapasitesinin 1/15000'ini aşmaması
- 6 — Tüm gemilerde artıktaki yakıt oranının en az 100/1 Milyon (100 parts per million - 100 ppm); özel bölgelerde ise 15 ppm olması.

Pis su (sewage) olarak adlandırılacağı ikinci tür kirlenmeye karşı 200 GRT'u aşan veya 10 kişiden fazla mürettebatı bulunan tüm gemiler aşağıdaki kurallara uyacaklardır :

- 1 — Herhangi bir işlem uygulanmamış pis sular en yakın kıyıdan 12 mil açıkta ve gemi hızı 4 knot'dan az olmamak koşulu ile IMO'nun belirlediği standartlara uygun miktarda atılabilecektir.
- 2 — Kıyıdan 4 mil ile 12 mil arasında ancak dezenfekte edilmiş ve katı kısımları parçalanmış artıklar atılabilecektir.
- 3 — Gemide IMO belgeli bir pis su arıtma cihazı bulunuyorsa herhangi bir kısıtlama yoktur.

Katı artıklar için :

- 1 — Atılması kesin olarak yasak olan maddeler :
Tüm plastikler, sentetik halatlar, sentetik balık ağları,
- 2 — En az 25 mil açıkta atılabilen maddeler :
Panyol tahtaları, ambalaj malzemeleri vb. yüzebilen cisimler,

(*) Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh., Kalyon Müh. ve Müş. Bürosu, Karaköy.

- 3 — En az 12 mil açıktaki atılabilen maddeler :
Yiyecek artıkları, kağıt, cam, metal, şişe vs.,
- 4 — En az 3 mil açıktaki atılabilen maddeler :
25 mm'den küçük parçalara ayrılmış yiyecek artıkları, kağıt, cam, metal, şişe vs.
- 5 — Yiyecek artıkları dışında sayılanlardan hiçbirinin özel bölgelerde atılması yasaktır.

Gemilerde yapım, donanım, fitting ve malzeme açısından kurallara uyma zorunluluğu yeni gemiler için 2 Ekim 1983, eski gemiler için 2 Ekim 1986 olmaktadır. 31 Aralık 1975'ten sonra kontratı yapılmış veya 30 Haziran 1976'dan sonra omurgası kızığa konmuş veya 31 Aralık 1979'dan sonra yapımı bitirilmiş gemiler sözleşmeye göre «yeni gemi» sayılmaktadır.

Özellikle yakıt ve sintine artıkları konusunda gemilerde yakıt - su separatörlerinin ve buna ait uygun bir sistemin bulunması klas kuruluşlarınca kontrol edilecek ve koşullara uygunluk halinde Uluslararası Yakıt Kirlenmesini Önleme (IOPP) Belgesi verilecektir. Eski gemilerde bu belgenin sağlanması için 2 Ekim 1986'ya kadar süre olmasına rağmen bu gemiler sözü geçen kurallara uymak zorundadırlar. Bu durumda örneğin sintine sularını veya pis suları bekletme ve uğranan limandaki istasyonlara verme yoluna gideceklerdir. Yeni gemiler ise bu belgenin olmaması veya kurallara aykırı davranışının saptanması halinde sözleşmeyi imzalayan ülkelerin (bu tarihe kadar: Liberya, Fransa, Kolombiya, ABD, İngiltere, İtalya, İsveç, Peru, Uruguay, Yunanistan, Norveç, Tunus, Yugoslavya, Federal Almanya, Danimarka, Panama, SSCB ve Japonya) karasularında ceza verecekler ve limanlara alınmayacaklardır.

Ülkemiz ticaret filosunu büyük ölçüde 10.000 DWT'a kadar olan kuruyük gemilerinin oluşturduğu ve büyük bir ço-

ğunluğunun özel bir bölge olan Akdeniz'de çalıştığı düşünülürse gemilerimizin yapım ve işletme sırasında bu konuya çok dikkatle eğilmek gerektiği ortaya çıkmaktadır.

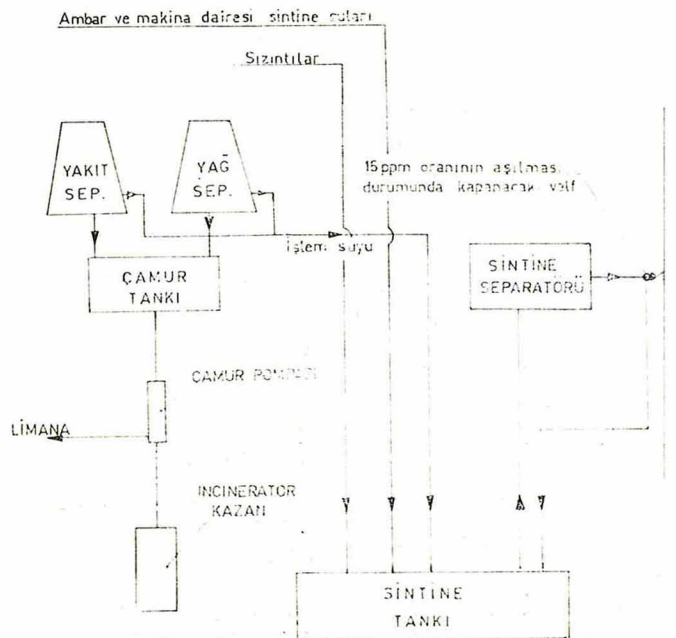
Özellikle ülkemiz gemi sanayii ve işletmeciliği açısından kuralların pratik yorumları şöyle sıralanabilir :

1 — Yakıt artığı kirlenmesi :

— Yakıt artığı kavramı IMO tarafından hertürlü yağ, yakıt, petrol, sızıntılar vs. yi kapsayacak şekilde genişletilmiştir.

— Özel bölgelerde seyir edecek tüm gemilerde 15 ppm standardını sağlayan ve bu standardtan yüksek oranda artık atılması anında bir alarm sistemi ile discharge valfini kapayarak devreyi by-pass'a veya tekrar sintine tankına verecek bir yakıt - su separatörü ve gerekli donanımı bulunmalıdır. Gemiler tüm ömürleri boyunca sayılan özel bölgeler dışında seyredecekleri düşünülemez olduğundan bu durum tüm gemileri kapsamaktadır. Zaten tüm yakıt - su separatör imalatçıları da bu standardı sağlamaktadır. Şekilde kurallara uygun bir sintine arıtma sisteminin basit şeması görülmektedir, (Şekil 1).

— Özel bölgeler dışında 100 ppm oranında artığı 1, 2, 3, 4, 5 nolu kuralların tü-



Şekil 1. Örnek bir yakıt artığı arıtma sistemi.

münün aynı anda oluşması halinde atmak olanağı vardır. Bu durum da yine sintine separatörü gerektirecektir.

— Sözleşmeyi imzalamış ülkeler, «eski gemiler» sayılan ve 1986'ya kadar IOPP belgesi alması gerek bulunmayan gemilerden veya yakıt çamuru tankları dolmuş tüm gemilerden bu maddeleri almak üzere limanlarda etkin sistemlere sahip olacaktardır.

— İdeal sistemde yakıt çamurunun yakılacağı incineratör - kazan bulunmalıdır.

— Çamur tankları için ABD Sahil Koruma Örgütünün önerdiği minimum kapasite :

$$V_1 = K_1 CD (m^3)$$

K_1 = Ana makinası separatörler ile arıtılmış ağır akaryakıt (Heavy Fuel - Oil) yakan gemiler için 0.01; arıtmaya gereksinme göstermeyen akaryakıt yakan gemilerde 0.005

C = Geminin normal seyirinde işlemde olan tüm makinaların toplam günlük yakıt harcaması

D = Yakıt çamurunun atılmadan bekle-tileceği 2 liman arası en uzun süre (gün). Yeterli bilgi olmazsa 30 gün alınabilir.

— Tüm gemilerde artık atma işlemlerinin dakikası dakikasına yazılacağı petrol jurnali tutma zorunluluğu vardır.

— Tankerler ise bu kurallara ek olarak aşağıdaki yapım, donanım ve işletme kısıtlamalarına uyacaklardır :

.) Kazalarda denize yayılan yük miktarını kısıtlamak üzere tank kapasiteleri en fazla merkez tanklarda 30.000 m³, wing tanklarda 15.000 m³ olacaktır.

.) Yaralı durumdaki stabilitenin ayarlanması için tank boyları gemi boyuna bağlı olarak bulunacaktır.

.) 70.000 DWT'dan büyük tankerlerde başka hiçbir amaçla kullanılmayacak ayrı balast tankları (SBT) düzenlenecektir.

.) 20.000 DWT'dan büyük tankerlerde ham petrol yıkama (COW) sistemi bulunacaktır.

Bu konu çok geniş olduğundan genel hatları ile sözedilmiştir. Ancak kouyla ilgili ABD Sahil Koruma Örgütünün yayımlanmış olduğu (3) nolu kaynakta geniş bilgi sunulmaktadır.

2 — Pis su kirlenmesi :

— Gemiye artık pis sular, insan artıkları (kara su - black water) yani WC, pisuar vs. dreynleri ve sıhhi tesisat suları (gri su - gray water) yani duş, çamaşırhane ve mutfak artık suları olarak ikiye ayrılmakta ve yalnızca kara suların işlem görmesi gerekmektedir.

— Kural 1'e göre bu artıkları işlem uygulamaksızın atmanın belli standartlara ve koşullara bağlı olduğu görülmektedir. Buna göre eğer gemide bir pis su arıtma cihazı bulunmuyorsa artıklarını limanda ve karadan 12 mil dahilinde bir tankta bekletmek ve 12 mil açıktaki belli standard ve koşullarda atmak yoluna gidilecektir. Ancak örneğin 20 kişilik bir mürettebata sahip bir gemide 5 günlük bir limanda bekleme süresi geçirildiğini düşünürsek, Avrupa standartlarına göre 170 litre olan günlük kişi başına pis su üretimi (ABD standartları bunun 2 katı olmaktadır) esas alındığında gerekli tank kapasitesi en az :

$$V_{min} = 170 \text{ lt/gün} \times 200 \text{ kişi} \times 5 \text{ gün} = 17.000 \text{ lt olacaktır.}$$

Bu durum gereksiz bir yer kaybı ve bu birikimin 12 mil açıktaki atılması esnasında bir işgücü kaybını gerektirmektedir.

Pis su kirlenmesi ile ilgili uluslararası kurallara uygun birçok sistem geliştirilmiştir. Uygun sistemi seçerken şu faktörler gözönüne alınmalıdır.

.) İşlem, sağlandığı ölçüde otomatik olmalı

.) Cihaz veya yöntem özellikle bu konuda yetişmiş bir insan gücü gerektirmemelidir.

- .) İlk yatırım ve tutum giderleri düşük olmalı
- .) Dayanıklı ve bakımı kolay olmalıdır.
- .) Personelin sistemdeki koku ve kirli su ile ilişkisi olmamalıdır.
- .) Limandaki sistemlere bağımlı olmalıdır.

Sözü edilen sistemler kısaca :

- .) Bekletme tankı : Yer kaplama, ağırlık ve kıyıdaki sistemlere bağımlılığı açısından olumsuzdur.
- .) Parçalama ve Klorlama : Kirli suyun dışarı atılmadan önce öğütülmesi ve klorlanması işlemidir. Deneyimler sonucu bu sistem ile zaman zaman homojen olmayan karışımlar elde edilmekte ve zararlı maddeler de dışarı atılmaktadır.
- .) Tekrar dolaşım : Kirli suyu arıtarak tekrar kullanma işlemidir. Personel açısından tehlikeli ve kullanımı sınırlıdır.
- .) Anında temizleme (Flow - through) : İki türlü olabilir. Biyolojik temizlemede kirli su bakterilerden arındırılarak atılır. BOD arındırılması yapılmaz. Fiziksel - kimyasal sistemde BOD arındırılması da yapılmaktadır. Bu sistemler karmaşık ve pahalı olmasına rağmen işlemin komple yapılması ve istenen standartların en iyisini verebilmesi açısından en olumlu olanlardır.

Günümüzde imal edilen pis su arıtma cihazlarının yaklaşık tümü fiziksel - kimyasal tipte, anında temizleme prensibine sahiptir. Şimdi de bu sistemde bir cihazı seçerken dikkat edilmesi gereken noktalar üzerinde duralım :

- .) İlk olarak cihazın bedeli önemli olmaktadır ve cihaz ek bazı teçhizatı (pompa, hava üfleleyici, montaj parçaları) gerektirmemelidir.
- .) Cihazın parçalar halinde montesi avantaj sayılmalıdır.

- .) Cihazın çalışma prensibi basit ve anlaşılır olmalıdır, aksi halde bir işletme hatası sonucu kullanılmaz hale gelebilir (Bazı gemilerimizde rastlanan bir durum).
- .) Yedek parçalar bulunabilir ve mürettebat tarafından değiştirilebilir olmalıdır.
- .) Cihazın işleme girmesi ve durdurulması çabuk olmalıdır.

Son yıllarda ülkemizde bu konuda önemli bir gelişme olmuş ve Hacettepe Üniversitesi tarafından geliştirilen bir pis su arıtma cihazı ABD Sahil Koruma Örgütü belgesi almış ve D.B. Deniz Nakliyat'a ait gemilerde uygulanmaya başlanmıştır.

Üzerinde titizlikle durulan özel bölgelerle üç yandan çevrili ülkemizin 1973 ve 1978 konferanslarında gözlemci bile buldurulmaması düşündürücüdür. Çünkü bu konudaki ilgisizliğimiz hem yabancı gemileri karasularımızın kirlenmesine ilgisiz kılacak, hem de Türk gemilerinin dış limanlarda sorunlarla karşılaşması ve masraflara girmesine (cezalar, artıkları toplayan mavnalara ödenen ücretler) neden olacaktır. Durum gemicilikle ilgili herkesi ilgilendirmektedir, ve yapılacak olan da teknik elemanların ve işletmecilerin konuyu derinlemesine kavrayarak hem filomuzun dünya standartlarına uygun hale gelmesine yardımcı olmak, hem de ülkemizin her ülkenin yaptığı gibi gerek uluslararası sözleşmeyi imzalamak, gerek kendi ulusal kurallarını ve yaptırımlarını koyma yolunda gerekli ortamı oluşturmak olmalıdır.

Konuya ait terminoloji : Bu yazının konuyla ilgilenecek tüm meslektaşlarım için bir başlangıç adımı olduğunu düşünerek, çoğunluğu yabancı olan kaynaklardan bilgi alırken yazıda geçen terimlere ek olarak aşağıdakilerin açıklamasının yararlı olduğu kanısındayım.

Oil Sludge (Yakıt çamuru) - Ağır yakıtın separatör ve yakıt filtrelerinde kalan artık kısmı

Sewage=*Waste water* (Kirli su) - Tuvalet, duş, mutfak, çamaşırhane vs.'den gelen artık sular

Black water (Kara su) - Tuvalet artıkları. İngiliz terimi «soil»

Grey water (Gri su) - Duş, mutfak, ve çamaşırhane artıkları. İngiliz terimi «waste»

Oil Record Book - Petrol jurnali

Flush Water - Sifonda kullanılan su

Rubbish=*Garbage* - Katı artıklar, çöpler

Sewage Treatment Plant=*Waste Water*

Unit (Kirli su arıtma ünitesi) - Kirli suyu dışarı atılabilecek standardda arıtan ve tortuları ayıran cihaz. ABD Sahil Koruma Örgütünün verdiği genel ad MSD (Marine Sanitary Device). Sistemler arıtma kalitesine göre MSD I, II, III olarak klaslanmaktadır.

BOD - *Biochemical Oxygen Demand* (Biyokimyasal Oksijen Gereksinimi) - Kirli su içindeki organik maddelerin biyokimyasal oksidasyonu sırasında belli zaman ve şartlarda kullanılan oksijen miktarı. Kirli su arıtma ünitesi kirli sudaki BOD oranını düşürmektedir.

Coliform - Bakteri grubu

Effluent (Temizlenmiş sıvı) - Kirli su arıtma ünitesinden çıkan ve denize atılabilir nitelikte sıvı

Maceration=*Comminution* (Parçalama) - Katı artıkların parçalanarak görünen katı parça standardına (standard of visible solids) indirgenmesi

Flocculation (Çökeltme, toplama) - Kirli sudaki taneciklerin mekanik, kimyasal veya biyolojik toplanma işlemi

Noxious substance - Denize atıldığında insan ve çevre sağlığına zarar verecek herhangi bir madde

Incineration (Yakma) - Gemideki artıklardan toplanan katı kısmın yakılması. Kalan yanmaz küller limanda veya belli seyir şartlarında bırakılabilir.

Oxidation (Oksitleme) - Kirli sudaki organik maddelerin bakteriler veya kimyasal oksitleyiciler yoluyla yok edilmesi

Suspended solids - Kirli suda çökelmeyen artıklar.

Slop tank (Bekletme tankı) - Artık yarıkların (oil residue) bekletildiği tank.

US. EPA (Environmental Protection Agency) - ABD Çevre Koruma Örgütü

MEPC (Marine Environment Protection Committee) - IMO'ya bağlı Deniz Çevresi Koruma Komitesi

KAYNAKÇA :

- 1 — «Gemilerce Denizlerin Kirletilmesinin Önlenmesi Hakkında Uluslararası Sözleşme» - Kaptan Necmettin Akten - Deniz Atı Dergisi.
- 2 — «Pollution from Vessels» - Marine Engineering and Log - June 1976, S. 27 - 37.
- 3 — «Guidelines for Conducting MARPOL 73/78 Surveys and Issuing IOPP Certificates» - US Coast Guard.
- 4 — «Practical Problems of Complying with Marine Sewage Treatment Regulations» - Special Ships Dergisi - Nov/Dec. 1978.
- 5 — «Oil - Water Separators/Monitors to Meet IMO Regulations» - The Motor Ship Dergisi - June 1983.
- 6 — Shipbuilding and Marine Engineering Dergisi :
- «News of Shipborne Equipment for Pollution Avoidance» - December 1981.
«1 Marpol in Force a Year Hence» - October 1982.
- «Marpol Countdown» - December 1983.
- 7 — «Marine Ecology» - A/S Atlas firması broşürü.
- 8 — «Combustion of Waste Oil, Solid Waste and Sewage with Concurrent Utilization of the Heat Energy in a Marine Boiler - Type AQ-10 - A Alborg Boilers Firması broşürü.

Gemi Mühendisliğinde Ara Değerlere Analitik Yaklaşım

A. Cemil DİKİLİ (*)
Serdar BEJİ (**)

ÖZET

Gemi Mühendisliğine özgü eğrilerin matematiksel ifadesi için, çoğunlukla yararlanılan, polinomlar incelenmiştir. İki klasik yöntemle değerlendirilerek, yeni önerilenle hesaplama açısından farklılıkları gösterilmiş, örnek bir uygulama olan Lagrange polinomları ile bilgisayar programı sunulmuştur.

GİRİŞ

Gerçekte, oldukça somut sonuçlar getiren bir diğer çalışmaya(**) yalnızca öncülük eden bu yazının içerik yönünden zenginliği tartışılabilir. Fakat, hazırlanmasının nedeni; salt sözü edilen işlevinin açıklanması değil, benzer türden uğraşlar için kolayca yararlanılacak matematiksel bir kaynak oluşturduğunun düşünülmesidir.

Ayrıca, sunulan yeni yaklaşımın yalnız, fakat; özgün olduğuna inanıyoruz.

1. EĞRİLERİN DEĞİŞİMİ

Mühendislik açısından, herhangi bir eğriye ait koordinatları belirli iki nokta arasında, eğri karakterini temelde iki özellik belirler :

- Noktalar arası uzaklık,
- Eğrinin fiziksel anlamı.

Gemi Mühendisliğinde söz konusu olan eğrilerin (Su hatları, güç ve stabilite eğrileri) düzgünlük koşullarını sağlayan formlara yakın oldukları, hatta olmaları gerektiği deneyimlerle belirlenmiştir. Orantılı artımlarla seçilen apsislere karşı gelen ordinatların fark tabloları, sonuçta; sabit değerlere gitme eğiliminde-

dir. Bu nedenle de polinom sınıfı eğriler, gemi mühendisliğinde gereken analitik yaklaşımlar için şimdilik en uygun grup olarak görünmektedir.

2. KLASİK YÖNTEMLER

2.1. N. Dereceden Bir Polinomun Katsayılarını, Köklerin Kombinezonları ile Hesaplamak,

Kökleri : $-\theta_1, -\theta_2, \dots, -\theta_i, \dots, -\theta_N$ olan N. dereceden bir polinom, $P_N(x)$ ise :

$$P_N(x) = (x + \theta_1)(x + \theta_2) \dots (x + \theta_i) \dots (x + \theta_N)$$

veya

$$P_N(x) = x^N + A_1 x^{N-1} + A_2 x^{N-2} + \dots + A_i x^{N-i} + \dots + A_N$$

formunda yazılabilir. İkinci ifadedeki sabitler için :

$$A_i = f_i(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_N) \quad v \dots$$
$$A_1 = \theta_1 + \theta_2 + \dots + \theta_N$$
$$A_2 = \theta_1 \theta_2 + \theta_1 \theta_3 + \dots + \theta_{N-1} \theta_N$$
$$A_3 = \theta_1 \theta_2 \theta_3 + \theta_1 \theta_2 \theta_4 + \dots + \theta_{N-2} \theta_{N-1} \theta_N$$
$$\vdots$$
$$A_N = \theta_1 \theta_2 \theta_3 \dots \theta_N$$
$$, C_1^N = N$$
$$, C_2^N = N(N-1)/2$$
$$, C_3^N = N(N-1)(N-2)/3!$$
$$\vdots$$
$$, C_N^N = 1$$

olduğu matematikte gösterilmiştir.

Herhangi, A_i sabiti için :

(*) Araştırma Görevlisi Müh. İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bil. Fak. Taşkışla/İST.
(**) Gemilerde güç hesabı için yeni bir yaklaşım (Yayınlanacak).

C_i^N değeri : Toplanacak eleman sayısını,
 i değeri : Toplama giren her bir kombinasyon grubundaki eleman sayısını vermektedir.

Yukarıda, alışlagelen biçimi ile belirtildiği üzere, polinomun açılımındaki katsayılar hesaplanabilir. Fakat bu amaca yönelik bir bilgisayar programında «N» değeri sınırının, programcı sabrına ve zamanına bağlı olduğunu belirtelim.

2.2. Lineer denklem takımlarının çözümü ile katsayıların hesabı :

Verilen : $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_i, \dots, \theta_N$ değerleri; N. dereceden :

$$P_N(x) = x^N + A_1 x^{N-1} + \dots + A_i x^{N-i} + \dots + A_N$$

gibi bir polinomun kökleri olsun. Böylece :

$$\begin{aligned} \theta_1^N + A_1 \theta_1^{N-1} + \dots + A_i \theta_1^{N-i} + \dots + A_N &= 0 \\ \theta_2^N + A_1 \theta_2^{N-1} + \dots + A_i \theta_2^{N-i} + \dots + A_N &= 0 \\ \vdots & \\ \theta_N^N + A_1 \theta_N^{N-1} + \dots + A_i \theta_N^{N-i} + \dots + A_N &= 0 \end{aligned}$$

ve buradan,

$$\begin{bmatrix} \theta_1^{N-1} & \dots & \theta_1^{N-i} & \dots & 1 \\ \theta_2^{N-1} & \dots & \theta_2^{N-i} & \dots & 1 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \theta_N^{N-1} & \dots & \theta_N^{N-i} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\theta_1^N \\ -\theta_2^N \\ \vdots \\ -\theta_N^N \end{bmatrix}$$

yazılabilir.

Kısaca :

$$[\bar{\theta}] [A] = [\bar{\theta}]$$

veya :

$$[A] = [\bar{\theta}]^{-1} [\bar{\theta}]$$

Dikkat edilirse, ilkinde her kombinasyonun ayrı ayrı hesaplanması, burada ise $N \times N$ boyutunda lineer denklem takımının çözümü gerekmektedir.

Konuyla bir parça ilgilenenler, yalnız yüksek değerlerdeki N sayıları için değil fakat $N > 3$ olur olmaz; çözümde çeşitli sorunların çıktığını kabul edecektir.

3. YENİ BİR YAKLAŞIM : Ardışık Bağıntılar

Çalışmamızda önerilen yeni yöntem bu bölümde açıklanmaktadır : Kökleri lediğini varsayalım : $-\theta_1, -\theta_2, \dots, -\theta_N$. bir polinomun katsayılarının, $N=1$ 'den başlayarak, kökler yardımı ile $N=2, 3, \dots, N$ değerleri için hesaplanması.

Verilen köklerin belirli bir sırayı izlediğini varsayalım : $-\theta_1, -\theta_2, \dots, -\theta_N$. İlkini kök kabul eden polinom : $P_1(x) = x + \theta_1$, birinci ve ikinci kök kabul eden polinom : $P_2(x) = x^2 + (\theta_1 + \theta_2)x + \theta_1 \theta_2$ ilk üç değer için

$$P_3(x) = x^3 + (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)x^2 + (\theta_1 \theta_2 + \theta_1 \theta_3 + \theta_2 \theta_3)x + \theta_1 \theta_2 \theta_3 \text{ olur.}$$

$$P_1(x) = x + \theta_1 \equiv x + A_1^1, \quad A_1^1 = \theta_1$$

$$P_2(x) = x^2 + (\theta_1 + \theta_2)x + \theta_1 \theta_2 \equiv x^2 + A_1^2 x + A_2^2, \\ A_1^2 = \theta_1 + \theta_2 = A_1^1 + \theta_2 \text{ ve } A_2^2 = \theta_1 \theta_2 = A_1^1 \theta_2$$

$$P_3(x) = x^3 + (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)x^2 + (\theta_1 \theta_2 + \theta_1 \theta_3 + \theta_2 \theta_3)x + \theta_1 \theta_2 \theta_3 \\ \equiv x^3 + A_1^3 x^2 + A_2^3 x + A_3^3, \\ A_1^3 = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 = A_1^2 + \theta_3, \\ A_2^3 = \theta_1 \theta_2 + \theta_1 \theta_3 + \theta_2 \theta_3 = A_1^2 \theta_3 + A_2^2 \text{ ve} \\ A_3^3 = \theta_1 \theta_2 \theta_3 = A_2^2 \theta_3$$

yazılabilir ve göüldüğü üzere N. dereceye ait terimler (N-1). dereceye ait katsayılar ve θ_N yardımı ile çıkılmaktadır.

Bağıntıyı genelleştirelim :

$$A_1^1 = \theta_1 \quad \dots \quad N=1 \\ A_1^2 = A_1^1 + \theta_2, \quad A_2^2 = A_1^1 \theta_2 \quad \dots \quad N=2 \\ A_1^3 = A_1^2 + \theta_3, \quad A_2^3 = A_1^2 \theta_3 + A_2^2, \quad A_3^3 = A_2^2 \theta_3 \\ \dots \quad N=3 \text{ ve } N=N \text{ için :}$$

$$A_1^N = A_1^{N-1} + \theta_N, \quad A_2^N = A_1^{N-1} \theta_N + A_2^{N-1}, \\ A_3^N = A_2^{N-1} \theta_N + A_3^{N-1}, \\ \dots \quad A_S^N = A_{S-1}^{N-1} \theta_N + A_S^{N-1}, \\ \dots \quad A_N^N = A_{N-1}^{N-1} \theta_N$$

Yukarıdaki, herhangi A_S^N katsayısı N. dereceden bir polinomun x^{N-S} mertebeli değişkenine aittir :

$$P_N(x) = x^N + A_1^N x^{N-1} + \dots + A_S^N x^{N-S} + \dots + A_N^N$$

Ekteki bilgisayar programını incelenirse böyle bir yol izlemenin üstünlükleri farkedilecektir.

Fakat bu kolaylıktan nasıl ve nerelerde yararlanabiliriz?

4. ARA DEĞERLERE ANALİTİK YAKLAŞIM

4.1. Lagrange Polinomları

Lagrange interpolasyon yöntemi, verilen $N+1$ ayrıık noktadan geçen N . dereceden polinomu belirler :

$$I_N(x) = \sum_{i=0}^N L_i(x) f(x_i) \quad (a)$$

$$L_i(x) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^N \frac{(x - x_j)}{(x_i - x_j)} \quad \text{ve } i = 0, 1, \dots, N \quad (b)$$

Herhangi ayrıık noktanın koordinatları (x_i, Y_i) olsun. Genel bağıntıda kullanılan $f(x_i) = Y_i$ şeklinde tanımlanmıştır.

(b) denklemini (a) da yerine konulup açılırsa, N . dereceden Lagrange interpolasyon polinomu :

$$\begin{aligned} I_N(x) = & A_0(x-x_1)(x-x_2)(x-x_3)\dots(x-x_N) \\ & + A_1(x-x_0)(x-x_2)(x-x_3)\dots(x-x_N) \\ & + A_2(x-x_0)(x-x_1)(x-x_3)\dots(x-x_N) \\ & \vdots \\ & + A_i(x-x_0)(x-x_2)\dots(x-x_{i-1})(x-x_{i+1}) \\ & \quad \dots (x-x_N) \\ & \vdots \\ & + A_N(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{N-2}) \\ & \quad (x-x_{N-1}) \end{aligned}$$

formunda olacaktır.

Yukarıdaki ifadeye ait katsayılar : A_0, A_1, \dots, A_N ise $P_N(x_i) = f(x_i), i=0, 1, \dots, N$ koşulu yardımı ile belirlenir.

$$A_0 = \frac{f(x_0)}{(x_0-x_1)(x_0-x_2)\dots(x_0-x_N)}$$

$$A_1 = \frac{f(x_1)}{(x_1-x_0)(x_1-x_2)\dots(x_1-x_N)}$$

$$A_i = \frac{f(x_i)}{(x_i-x_0)(x_i-x_1)\dots(x_i-x_{i-1})(x_i-x_{i+1})\dots(x_i-x_N)}$$

4.2. Lagrange Polinomları İçin Sayısal Örnek :

$N=3$ ayrıık nokta için 2. dereceden Lagrange enterpolasyon polinomu,

Verilen ayrıık nokta koordinatları : $(-3,1), (2,7), (1,4)$

i	0	1	2
x_i	-3	2	1
$y_i = f(x_i)$	1	7	4

$$P_2(x) = \sum_{i=0}^2 L_i(x) f(x_i)$$

$$\begin{aligned} &= L_0(x)f(x_0) + L_1(x)f(x_1) + L_2(x)f(x_2) \\ &= Y_0L_0(x) + Y_1L_1(x) + Y_2L_2(x) \end{aligned}$$

$$L_0(x) = \frac{(x-2)(x-1)}{(-3-2)(-3-1)} = \frac{1}{10}(x^2-3x+2)$$

$$L_1(x) = \frac{(x+3)(x-1)}{(2+3)(2-1)} = \frac{1}{5}(x^2+x-3)$$

$$L_2(x) = \frac{(x+3)(x-2)}{(1+3)(1-2)} = -\frac{1}{4}(x^2+x-6)$$

Belirlenen terimler $P(x)$ ifadesine yerleştirilip düzenlenirse :

$$P(x) = \frac{9}{20}x^2 + \frac{33}{20}x + \frac{19}{10}$$

elde edilir.

Polinomun koordinatların üçünü de tam olarak sağladığı görülebilir.

4.3. Program

Üçüncü bölümde : «Ardışık Bağıntılar» başlığı ile açıklanan yeni hesaplama yöntemi uygulanmıştır. N . dereceden Lag-

range Interpolasyon polinomunun katsayılarını anılan yöntemle bulan HPL programı ilişiktir.

5. SONUÇLAR

Düzgünlüğü saptanmış eğrilerin, matematiksel ifadesinden söz edilerek, uygulamayı oldukça basitleştiren yeni bir yaklaşım açıklanmıştır. Lagrange polinomlarına ilişkin programın, klasik yöntemlerle kıyaslanması bunun en açık kanıtıdır. Özellikle yüksek mertebeden yaklaşımlarda çalışmanın yararlı olacağı ümit edilebilir.

TEŞEKKÜR : Sürekli teşvikleri ile cesaret veren Ar. Gör. Y. Müh. Ömer GÖREN'e teşekkürü borç biliriz.

REFERANSLAR :

1. AKTAŞ Z., ÖNCÜL H. ve URALS., Sayısal çözümleme, Cilt I, Ankara, 1981.
2. CARNAHAN B., LUTHER H.A. and WILKES J.O., Applied Numerical Methods, 1969.
3. HILDEBRAND F.B., Introduction To Numerical Analysis, McGraw-Hill Book Company, Second Edition, New York, 1974.
4. PHILLIPS G.M. and TAYLOR P.J., Theory And Applications of Numerical Analysis, Akademik Press, New York, 1973.
5. RALSTON A., A First Course In Numerical Analysis, McGraw-Hill Book Company, New York, 1965.
6. STIEFEL E.L., An Introduction To Numerical Mathematics, Academic Press, Fourth Printing, New York, 1969.
7. WENDROFF B., Theoretical Numerical Analysis, Academic Press INC. New York, 1967.

EK :

```

0 : Dim A[6], X[6]
    , Y[6], C[6], R[6,
    6], T[20], S[6, 6,
    20]; fixd 4
1 : ent M
2 : for I=1 to M
3 : ent X[I], Y[I]
4 : next I
5 : M-1->N
6 : for S=1 to M

```

```

7 : 0->Q; for I=1
    to N
8 : if S=I; X[S]->U
9 : if S=I; 1->Q
10 : -X[I+Q]->A[I]
11 : next I; if
    S=M; X[M]->U
12 : for K=2 to
    N; for J=1 to K
13 : A[J]->S[K, 1,
    J]; next J; next
    K
14 : for K=2 to
    N; 1->S[K, K, 1]
15 : for J=1 to
    K; S[K, K, 1]*A[J]
    ->S[K, K, 1]; next
    J; next K
16 : for K=3 to
    N; for I=2 to K-
    1
17 : 1->r1; for
    D=1 to K; r1*
    D->r1; next D
18 : 1->r2; for
    D=1 to I; r2*
    D->r2; next D
19 : 1->r3; for
    D=1 to K-I; r3*
    D->r3; next D
20 : r1/(r2*r3)->Z
21 : 1->r4; for
    D=1 to K-1; r4*
    D->r4; next D
22 : 1->r5; K-(I+
    1)->F; for D=1
    to F; r5*D->r5;
    next D
23 : r4/(r2*r5)->Y
24 : for J=1 to Z
25 : if J<=Y; S[K-
    1, I, J]->S[K, I, J]
26 : if J>Y; S[K-
    1, I-1, J-Y]*A[K]
    ->S[K, I, J]
27 : J->T[I]; next
    J; next I; next K
28 : for I=1 to
    N; 0->C[I]
29 : for J=1 to

```

```

T[I]; C[I]+S[N,
I, J]→C[I]; next
J; next I
30 : S[N, N, 1]→C[N
]
31 : 0→C[1]; for
I=1 to N; C[1]+
S[N, 1, I]→C[1];
next I
32 : U↑N+C[N]→P
33 : for I=1 to
N-1
34 : P+C[I]*U↑(N-
I)→P
35 : next I
36 : for I=1 to
N; C[I]/P*Y[S]→R
[S, I+1]
37 : next I
38 : 1/P*Y[S]→R[S
, 1]
39 : next S
40 : for I=1 to M
41 : 0→C[I]
42 : for J=1 to M
43 : C[I]+R[J,
I]→C[I]
44 : next J
45 : next I
46 : prt "M=", M

```

```

47 : for I=1 to M
48 : prt X[I],
Y[I]
49 : next I
50 : for I=1 to
M; prt "C", C[I];
next I
51 : "ek": ent Y
52 : C[1]*Y↑N+
C[M]→V
53 : for I=2 to N
54 : V+C[I]*Y↑(M-
I)→V; next I
55 : dsp "Y=", Y;
wait 4000
56 : dsp "V=", V;
wait 4000
57 : gto "ek"

```

Hewlett Packard language (HPL) dili ile Hewlett Packard (HP9825) bilgisayarını için yazılmıştır.

Yukarıdaki programın sonuçları yapılan örnek için aşağıda verildiği gibi elde edilmiştir.

"c" 0.45

"c" 1.65

"c" 1.90

Kavitasyon

Nedenleri - Etkileri ve Önlemler

Çeviren : *Hasan Sait ÖLMEZ* (*)
Muhittin SÖYLEMEZ (*)

ÖZET

Pervanelerde meydana gelen kavitasyon olayı üzerine bir firma tarafından yapılan deney sonuçlarından temin edilen görüşleri ve gemilerin normal seyir sırasındaki elde edilmiş gözlemlerini içeren bu yazının çevrilmesindeki amaç, Türkiye'de gemi inşaatı sanayiinde çalışan teknik personelin ilgisini çekecek türde olmasıdır. Zira pervanelerdeki kavitasyon olayı titreşim, gürültü, sevk verimi ve diğer özelliklere doğrudan veya dolaylı yoldan etkir. Bu yüzden inşaatçı firmalar (tersaneler) ve işletmeciler (armatörler) açısından bu mesele fazlaca önem arzeder. Ticari kuruluş olmaları nedeniyle piyasaya yönelik araştırmalarda bulunan kurumların, bu konu üzerinde yaptıkları çalışmalar özellikle deneysel yönden gemi inşaatı teknolojisinde ilerlemeler kaydedilmesine vesile olmuştur.

Türk gemi inşaat sanayiinin de gelecekte ileri teknolojilerle rekabete girebilmesi için bu konuda yurt dışındaki çalışmalara paralel yönde her türdeki araştırma faaliyetlerinin hem akademik çevrede hem de piyasada birbirleri ile ilişkili ve uyumlu olarak yürütülmesi gerekir.

1. GİRİŞ

Kavitasyon, akışkan içerisinde artan hızlarda meydana gelen gözlenebilir bir olaydır. Artan hız akışkanda bir basınç azalmasına neden olur. Daha düşük basınç da akışkan içerisinde daha düşük bir kaynama noktası anlamına gelir. Deniz seviyesinin 8000 m üzerinde atmosferik basınç deniz seviyesindeki kadar üçte biridir ve kaynama noktası 74°C'a kadar düşmüştür.

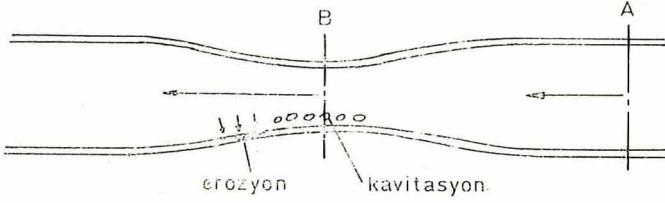
Suda erişilebilen yeterince yüksek hızlarda, basınçtaki azalma kaynama noktasını suyun ortam sıcaklığına kadar düşürebilir. Bu durumda içinde su buharı bulunan hava kabarcıkları ihtiva eden bir tür soğuk kaynama meydana gelir. Bu olay «kavitasyon» olarak bilinir.

Olayı basitçe anlatabilmek amacı ile içinde su akan bir boru düşünelim (Şekil 1). A noktasındaki kesitten birim zamanda belirli bir miktar su düşük hızda geçmektedir. B noktasında boru daralmaktadır. Süreklilik prensibine göre yine aynı miktarda su birim zamanda B noktasındaki kesitten geçmek zorunda kaldığından akışkanın hızı artar böylece su ivme kazanır. Bu ivmeyi oluşturan kuvvet A ile B noktaları arasındaki basınç farkından meydana gelmektedir. B noktasındaki basınç A noktasındakinden daha azdır. Dolayısıyla B noktasında kayma noktası da düşüktür. Yeterince yüksek hızlarda yukarıda değinildiği gibi kaynama noktası su sıcaklığına kadar düşer ve su kaynamaya başlar. Buhar kabarcıkları akımla birlikte taşınır. Boru genişlediğinde suyun hızı azalır, buna bağlı olarak basınç ve kaynama noktası yeniden yükselir. Artık suyun kaynamaya devam etmesi için hiç bir neden yoktur. Artan basınç karşısında kabarcıkların aniden patlamasıyla boru çeperinde sert etkiler oluşur. Bu darbeler öylesine kuvvetlidir ki çoğu kez duyulabilir ve meydana getirdiği kavitasyon erezyonu ile malzemeyi aşındırabilir.

Pratik bir örnek verilecek olursa; Bir hortumu musluğa bağlayarak hortuma

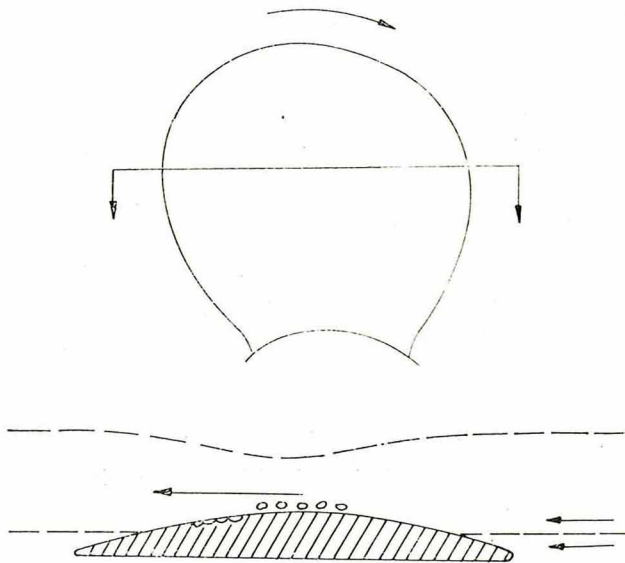
(*) Gemi İnş. ve Mak. Müh., İ.T.Ü. Gemi Araştırma Merkezi, Taşkışla.

keskin bir hüküm verilir veya hortumun ağzı sıkılarak daraltılırsa bir tıslama sesi işitilir. Bu ses kavitasyon olayı nedeniyle meydana gelmektedir. Eğer deney iki hafta veya daha uzun süre boyunca sürdürülecek olursa kavitasyon erozyonu hortum çeperini aşındıracaktır.



Şekil 1. Daraltılmış borudaki akım.

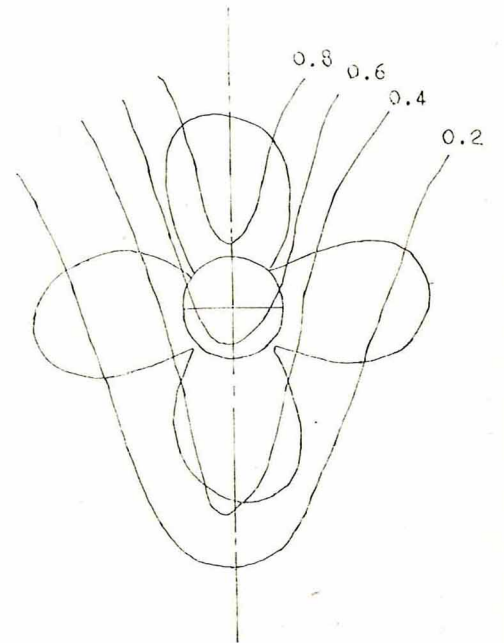
Şimdi bu olayı, Şekil 2'deki pervane kanadı üzerinde inceleyelim. Pervane kanadına ait kesit profilini borunun çeperi gibi düşünelim. Su akımı profilin giriş ucundan belirli bir hızla geçer. Profil suyun akış yönünde kalınlaşır. Dolayısıyla profili geçmek için suyun hızı artmak zorundadır. Yerel basınç ile buna bağlı olarak kaynama noktası düşer ve kavitasyon oluşur. Hava kabarcıkları akım ile profil yüzeyinde taşırken profil kalınlığı da azalır ve basınç artışı ile kabarcıklar patlar. Böylece kavitasyon olayı meydana gelir. Yukarıda ele alınan durumda akım hatları profile paraleldir. Fakat bu, gemi kıçındaki pervane için normal bir çalışma hali değildir.



Şekil 2. Pervane kanadı etrafındaki akım.

2. PERVANE ETRAFINDAKİ AKIM

Su içinde hareket etmekte olan bir geminin iz alanı pervaneye gelen akımı önemli derecede etkiler. İz alanı tekne yüzeyi ile su arasındaki sürtünmeden, tekne formundan ve gemi tarafından oluşturulan yüzey dalgalarından etkilenir. Bir tam devir boyunca pervane kanadı, kanat profilleri ile akım yönü arasındaki açı farkı nedeniyle suyun değişken hızları - normal olarak tekne hızından daha küçük - ile karşılaşır. Belirli bir kanat için su hızı, kanat kökünden ucuna kadar çap boyunca değişir. Daha karmaşık bir hal iz alanının sabit olmadığı bir haldir. İz alanı gemi kıçındaki düzensiz girdaplar nedeni ile zamanla değişir. Bu sebeple her tür iz alanında optimum çalışma şartı sağlayan hatve (pitch) kontrollü pervaneler kullanılabilir. Şekil 3'de hızların eşit olduğu noktaların birleştirilmesi ile ortaya çıkan pervane düzlemindeki iz alanı görülmektedir. Örneğin, 0.4 rakamı pervaneye gelen akışkan hızının gemi hızından % 40 daha az olduğunu veya o bölgede gemi hızının % 60'ı kadar olduğunu belirtir. Lokal iz katsayısının 1.0 olması ölü su bölgesini tanımlar.

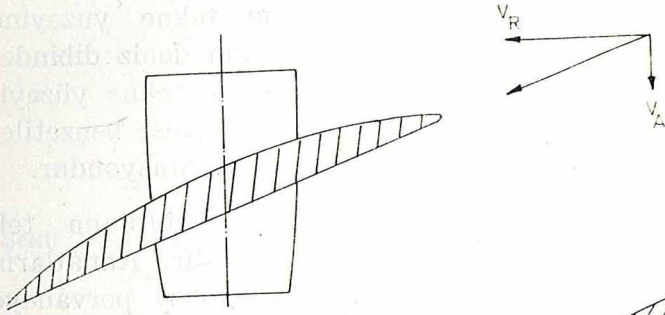


Şekil 3. Pervane düzlemindeki iz alanı.

3. ÇEŞİTLİ KAVİTASYON TİPLERİ

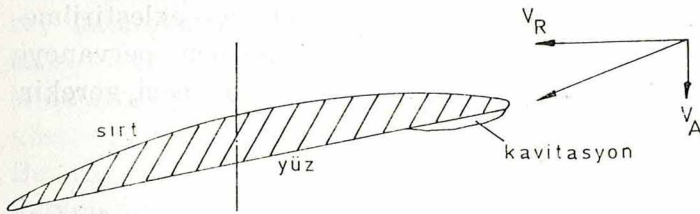
Gemi kıçında çalışan bir pervanede çeşitli kavitasyon tipleri meydana gelebilir. Daha önce açıklanan tipte bir kavitasyon olayı kabarcıklı kavitasyon olarak bilinir. Ancak bu tür kavitasyon çok sık meydana gelmez.

Şekil 4'de iz alanının bulunmadığı açık suda çalışan bir pervane görülmektedir. Oklar pervane ilerleme hızı V_A ile V_R dönme hızını ve kanat profiline paralel bir bileşke hızı göstermektedir.



Şekil 4. Paralel akım, kavitasyon yok.

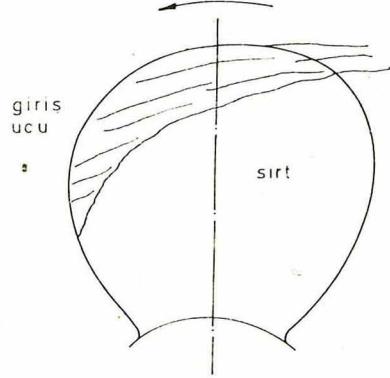
Şekil 5A'da kanat profili iz alanının ortalama iz katsayısından daha büyük bir değere sahip olan bölgesinde çalışmakta ve V_A ilerleme hızı bu yüzden daha küçük bir değer almaktadır.



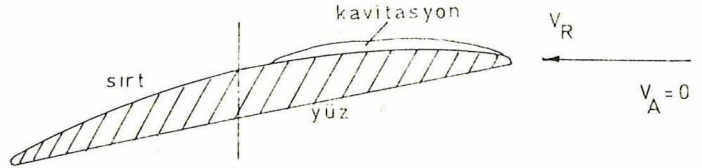
Şekil 5A. Belirli bir açıdaki akım, sırt yüzey kavitasyonu.

Kanat profili suyu belirli bir açıda karşılar. Giriş ucunun keskin köşesi etrafında hız artar ve kavitasyon oluşmaya başlar. Bu tip kavitasyon kanat sırtının giriş ucundan itibaren bir kısmını kaplayan yassı kabarcıklar şeklinde kendini gösterir ve yüzey kavitasyonu olarak adlandırılır. Şekil 5B geminin kıçın-

dan bakıldığında bir pervaneyi göstermektedir. Sırt yüzey kavitasyonu küçük hatvelerde, V_A ilerleme hızının sıfır ya da çok küçük olduğu ağır çekme veya rıhtım deneyinde olduğu gibi ağır yüklemelerinde oluşabilir (Şekil 5C).



Şekil 5B. Sırt yüzey kavitasyonu.



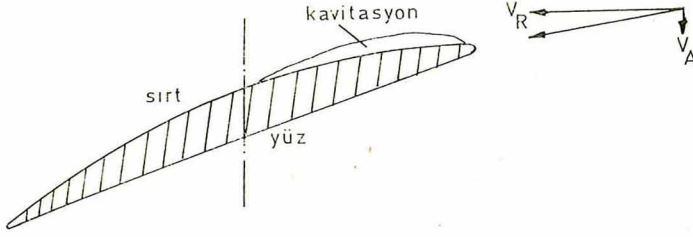
Şekil 5C. Rıhtım deneyi halinde akım.

Şekil 6A kanat giriş açısının suyun akım açısından daha küçük olduğu hali göstermektedir. Su kanat profilinin giriş ucuna yakın yüz kısmında hızlanır ve kanat profilinin yüzünde yüzey kavitasyonu başlar. Şekil 6B kanada önden bakışı göstermektedir.

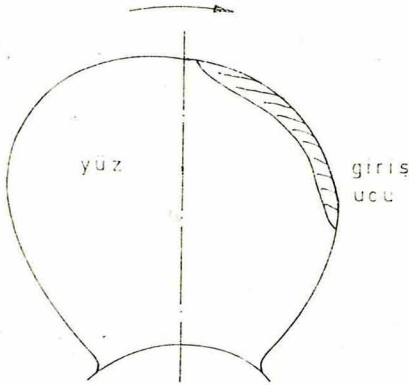
Gemi kıçına bakan kanat yüzü üzerindeki yüksek basınç ve kanat sırtındaki düşük basınç suyun kanat ucundan ayrılmasına neden olur. Böylece her kanadın ucunda bir girdap oluşur. Ağır yüklü pervanelerde ve yüksek iz katsayısı içindeki pervane kanadı üzerine şiddetli girdaplar oluşur. Merkezkaç kuvvetinin etkisi ile girdap merkezindeki basınç düşük olacak ve kavitasyon oluşacaktır. Bu uç girdap kavitasyonu kanat ucu ardında kendisini bir helis şeklinde gösterir ve şerit kavitasyonu olarak adlandırılır.

Özel bir kavitasyon türü de tekne-pervane kavitasyonudur. Bu tür kavitasyon pervane en üst kanat ucundan tek-

neye doğru bir şimşek karakterindedir. Kısa bir müddet boyunca düzensiz aralıklarla oluşur. Kıç tarafta ölü suyun bulunduğu bir bölgeye sahip dolgun kışık gemilerde bu olay meydana gelebilir.



Şekil 6A. Belirli bir açıdaki akım, yüz kavitasyonu.



Şekil 6B. Pervane yüzündeki yüzey kavitasyonu.

4. KAVİTASYONUN SONUÇLARI

Çeşitli kavitasyon tipleri model deneylerinden bilinmektedir. Ancak bunlar normal olarak tam ölçekte her zaman gözlenemezler. Bununla beraber kavitasyon değişik etkilerle kendini gösterir. Yani;

- 1) Pervane kanadı ve dümen üzerinde erozyon,
- 2) Gürültü,
- 3) Titreşim,
- 4) Pek çok halde verimde azalma.

4.1. Erozyon

Kavitasyon kabarcıkları patladığı zaman kanat yüzeyi üzerinde şiddetli darbeler oluşur. Belirli bir zaman sonunda (birkaç saatten birkaç aya kadar) kanat malzemesinde yerel olarak yorulmalar meydana gelebilir ve küçük parçacıklar halinde kanat yüzeyinden kopmalar olabilir. Böylece küçük delikler oluşur. Da-

ha fazla kavitasyona neden olan keskin kenarlar ve kimyasal korozyon gözenekli yüzeye tesir ederler. Bununla birlikte farklı tipteki kavitasyonların pervaneye etkileri de farklıdır ve bir pervane hiç bir zarara uğramaksızın geniş bir kavitasyon da gösterebilir.

4.2. Gürültü

Kabarcıkların patlamasıyla meydana gelen kavitasyonun kanat yüzeyine karşı sert darbesi gürültülü metalik bir ses oluşturur. Bu, pervaneden çözünerek gelen bazı küçük parçaların tekne yüzeyine çarpması veya pervanenin deniz dibindeki çakıl taşlarını çevirerek tekne yüzeyine vurması halinde oluşan sese benzetilebilir. Oysa gerçekte bu kavitasyondur.

Pervaneden gelen gürültünün tek kaynağı kavitasyon değildir. Kanatların etrafındaki basınç değişimleri pervaneye yakın kompartmanlarda yaklaşık olarak 110 desibel mertebesinde gürültü meydana getirebilir. Örnek olarak pervane sevk gücünün 13600 BG olduğu kabul edilirse bu güç 10000 kW veya 10000000 W demektir. 1 watt'lık ses enerjisi bağıran 1000 insanın sesine eşdeğer bir gürültü meydana getirir. Şu halde sessiz çalışan bir pervanenin elde edilmesindeki güçlük kolaylıkla anlaşılmaktadır. Bu nedenle gemilerde ses izolasyonu gerçekleştirilmedikçe yolcu ve mürettebatın pervaneye yakın konumda yerleştirilmemesi gerekir.

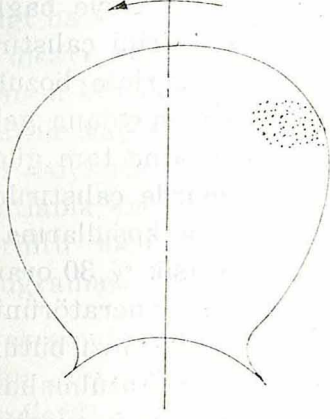
4.3. Titreşim

Çalışan bir pervanenin etrafındaki bölgelerde tekne yüzeyine etki eden ve muhtemelen kavitasyon oluşturan alçak ve yüksek basınç mevcuttur. Büyük kavitasyon kabarcıkları patlarken kuvvetli basınç impulsları doğar. Bunlar geniş bir yüzeye çarptıklarında şiddetli titreşimleri başlatan basınç dalgaları üretirler.

4.4. Verimde Azalma

Kavitasyonun pervane kanadının büyük bir kısmını kapladığı durumlarda per-

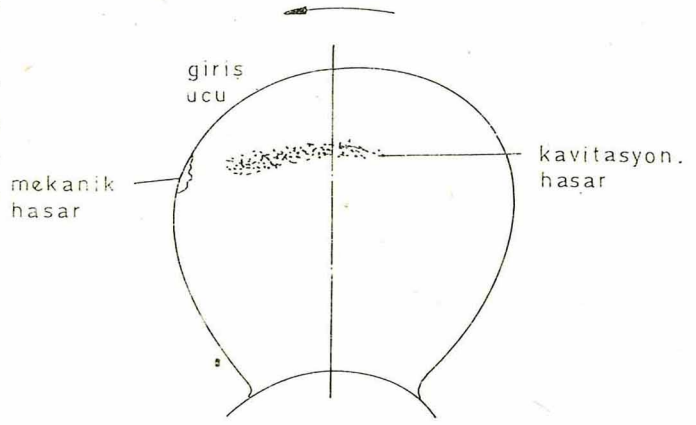
vane verimi düşebilir. Bir geminin beklenenden daha az hıza ulaşmasıyla sonuçlanan bir tecrübe ile 19. yy sonunda kaviteasyon hakkında ilk bilgiler elde edildi. Pervanenin yeniden dizaynı - kanat alanının arttırılması - problemi çözdü. Bununla birlikte ticaret gemilerine ait pervanelerde kaviteasyonun verim üzerine etkisi ihmal edilebilir.



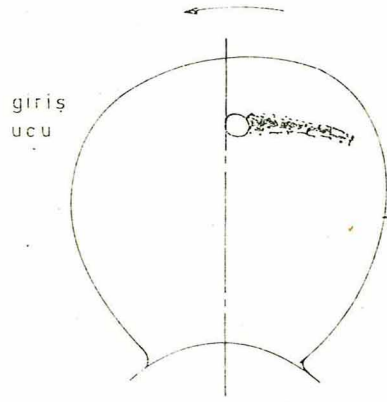
Şekil 7. Kanat sırtında tipik bir kaviteasyon hasarı.

Şekil 7 kararsız bir sırt yüzey kaviteasyonu nedeniyle meydana gelmektedir ve tipik bir hasarı gösterir. Büyük kaviteasyon kabarcıkları patladığında çıkış ucu yakınlarında bulut kaviteasyonu şeklinde dağılır. Hasar çıkış ucunda veya buraya yakın dış eğriliğin bulunduğu bölgede oluşur. Bazen çıkış ucu sırttan yüze doğru bükülebilir. Bunu, kanat kenarı boyunca bakıldığında görmek mümkündür. Sırt yüzey kaviteasyonu düzensiz ve kısa aralıklarla meydana gelen bir seri şiddetli patlamalarla gürültü oluşturarak kendini gösterir. Yaygın bir kaviteasyon türüdür. Bu tür kaviteasyonun nedeni pervanenin uygun olmayan bir iz alanı içinde veya pervanenin hafif yüklü olduğu durumlarda çalışmasıdır. Giriş ucundaki mekanik hasar, Şekil 8'de gösterildiği gibi kaviteasyon hasarına sebep olabilir. İmalatta giriş ucunun teorik formundan ayrılma da aynı etkiyi gösterir. Bir pervane kanadının söküp takılmasında kullanılan kaldırma deliği herhangi bir nedenle tıpası çıktığında deliğin keskin kenarları sebebiyle kaviteasyon oluşturacaktır. Hasar neticesinde kaviteasyon daha da artarak kanat-

ta oluşan yara derinleşecek ve çıkış ucuna doğru ilerleyecektir (Şekil 9).



Şekil 8. Giriş ucundaki mekanik hasar nedeniyle oluşan kaviteasyon hasarı.

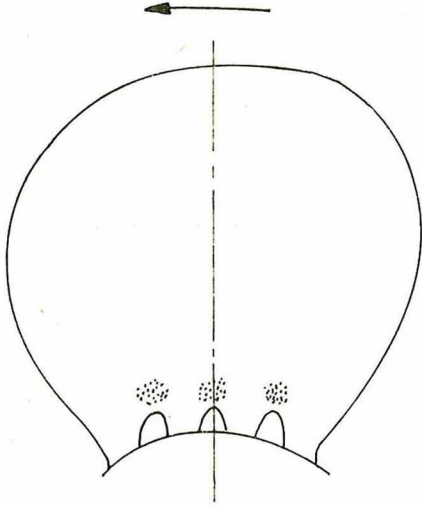


Şekil 9. Tıpası çıkarılmış kaldırma deliği nedeniyle oluşan kaviteasyon hasarı.

Örnek olarak, ayaklı (hydrofoil) bir teknenin kıç tarafındaki ayak veya çift pervaneli bir teknenin şaft braketi üzerindeki tutyalar gibi pervane önündeki tekneye ait kısımlar akımı bozabilir. Özellikle buzlu denizlerde çalışan ve yüksek güce sahip gemilere ait pervanelerde kanat kökü kalındır. Kanat ve kanat fleneci arasındaki bağ ile kalınlık daha da arttırılır ve kanat civatalarına ait yuvalar tarafından yüzeyin düzgünlüğünde bir süreksizlik meydana gelir. Kök kabarcıkları diye adlandırılan yüzey kaviteasyonu meydana gelebilir ve Şekil 10'da gösterildiği gibi bir hasar oluşabilir.

Yukarda değinilen tipte hasarlar normal olarak kanat sırtında meydana gelir. Fakat değinildiği gibi kaviteasyon kanat yüzünde de oluşabilir (Şekil 6A ve Şekil 6B).

Şekil 6A-B'de gösterilen hasar kanat yüzünde giriş ucuna yakın bölgede oluşmakta ve hemen hemen kanat kenarına paralel bir konuma yerleşmektedir. Daha önce açıklandığı gibi yüz kavitasyonu ka-



Şekil 10. Kanat kökündeki kavitasyon hasarı.

nat giriş açısı suyun akım açısından daha küçük olduğu zaman meydana gelmektedir. Bu aşağıda anlatılan tarzda ortaya çıkar: Kanadın hatve açısı pervane göbeğinden kanat ucuna doğru bir azalma göstermektedir. (Spiral bir merdivenin parmaklığın bulunduğu yerde merkeze oranla daha az dik olması gibi...). Hatve dizaynında kanat profili ile su akımı arasındaki açı her radyal konumda sifıra yakındır. Hatve kontrollü bir pervanede hatve azaltıldığı zaman hatve açısı da her radyal konumda aynı miktar kadar düşürülür. Kanat ucunda başlangıç hatve açısı en küçüktür. Dolayısıyla açıda azalma yüzdesi burada en büyük olacaktır. Kanat ucuna yakın bölgede hatve açısı akım açısının altına düşebilir ve böylece kanat yüzü üzerinde kavitasyon meydana gelebilir. Kavitasyon kabarcığının içindeki basınç çok düşüktür. Halbuki kanat yüzü üzerindeki basınç çevre basıncından daha büyüktür. Böylece alçak basınçtan yüksek basınca ani bir geçiş olacak ve patlayan kabarcıklar kanat yüzeyine sert bir biçimde çarparak erozyona sebebiyet

vereceklerdir. Yüz kavitasyonu daima erozyon meydana getirir.

Bu durum, pervanenin tam şaft hızında düşük güçle çalıştırıldığı ve hatvenin azaltılması gerektiği hallerde meydana gelir. (Düşük hatve ve normal güçte rih-tim deneyi yüz kavitasyonuna sebebiyet vermez. Bkz. Bölüm 3, Şekil 5C). İki makinenin tek bir pervaneye bağlandığı durumda makinenin birini çalıştırma zorunluluğu yalnızca diğerinin bozulması veya tamiri durumunda meydana gelebilir. Dolayısıyla kalan makine tam gücü elde etmek için tam devirde çalıştırılmalı ve iki makine ile çalışma koşullarına göre pervane hatvesi yaklaşık % 30 oranında azaltılmalıdır. Bir şaft jeneratörünün bağlandığı durumda makine hızı bütün güç aralığı civarında sabit tutulmalıdır. Kuşkusuz gemi hızı yalnızca hatvenin değiştirilmesi yoluyla ayarlanmalıdır.

Yüz kavitasyonu pervane kanadına adeta saldırır ve pek çok halde iki haftalık sürekli çalışma sonunda erozyon meydana gelir.

Yüz kavitasyonu tekne kaplamasına çarpan çakıl taşlarının sürekli akımı ile çıkan sese benzer bir ses üretir ve bu tekne içinden (özellikle dümen dairesinden) açık bir şekilde işitilebilir.

Kanat ucundaki ve göbekteki girdapların oluşturduğu kavitasyon pervanede hasara yol açmaz ancak, biraz gürültüye neden olabilir. Kavitasyon dümen üzerinde de meydana gelebilir ve hasar söz konusu olabilir. Bu kaçınılmazdır ve genellikle şikayetlere yol açmaz. Dümen üzerindeki bazı kaplama levhalarının değiştirilmesi çok zor değildir.

Pervane - tekne kavitasyonu pek alışılmış bir kavitasyon türü değildir. Şiddetli darbelere ve tekne kıçında titreşime neden olurlar. Bazı hallerde öylesine şiddetli olabilir ki makineyi tam güçte çalıştırmak imkansız hale gelebilir. Tekne kaplaması içindeki çatlaklar da büyüyebilir. Bu durumda yegane çare gemi kıçına uygun finler yerleştirmek suretiyle iz alanını düzeltmektir.

5. ÖZEL KANAT FORMLARI

Belirli pervane tipleri hasara uğramadan veya özellikle çok fazla gürültü çıkarmadan kuvvetli kaviteasyonlarda çalışırlar. Örnek olarak başı ve kığı simetrik, her bir ucunda birer pervanesi bulunan feribotlarda olduğu gibi pervaneler, ileri ve geri itme gücünün eşit olması arzu edildiği hallerde bükümsüz düzlem kanatlarla dizayn edilebilir. Bu pervanelerin sırt kısmının büyük bir bölümü yüzey kaviteasyonunu ile kaplıdır. Bu kaviteasyon tam bir devir boyunca görünür ve kabarcıklarda patlama meydana gelmez. Dolayısıyla gürültü oluşmaz ve pervane kanadı hasara uğramaz.

Savaş gemileri ve devriye teknelerinde olduğu gibi yüksek güç, rpm ve hızdaki gemilerde pervane kanatları birbirlerinin üzerine yayılarak kapatacak kadar geniş olsa bile kaviteasyonun önüne geçilemez. Kaviteasyon kabarcıklarının patlamasıyla kanadın hasara uğrayan kısmının alınmasıyla geriye kalan daha dar bir kanat sırtı tamamen kaviteasyon ile kaplanacaktır. Bu şekilde çalışan pervanelere süper kaviteasyon pervaneleri adı verilir.

6. BAZI TANIMLAR

Kaviteasyon çoğu pervanenin üzerinde oluşan hava kabarcıklarının ismidir. Bazı hallerde kaviteasyon kanat yüzeyi üzerinde erozyon ve hasara neden olur. Kaviteasyon ve kaviteasyon *hasarını* birbirine karıştırmamak gerekir. Erozyona sığınularda deniz dibinden kalkan kumlar da sebep olabilir.

Kimyasal olarak deniz suyu kanat malzemesine hasar verebilir. Bu olaya *korozyon* denir.

Kanat *sırtı*, yani emme tarafı, ileriye bakan yüzdür. Kanat *yüzü*, ya da basıncı tarafı geriye bakan yüzdür.

7. ÇARELER

— Kaviteasyona karşı olan mücadele

tersanelerin resim tahtaları üzerinde başlar. Kığ bodoslama ve kığ tarafta su hatları uygun bir iz alanı elde edebilecek formda olmalıdır. Tekne ile pervane arasındaki mesafe yeterli oranda tutulmalıdır.

— Pervane dizaynı, eğer biliniyorsa iz alanına mümkün olduğu kadar adapte edilmelidir. (Birçok halde iz alanı bilinmemektedir.). Kaviteasyon tüneline benzer iz alanı meydana getirerek model pervane ile yapılan deneyler, kaviteasyon ve kaviteasyon hasarları hakkında karar verebilmek açısından oldukça yararlıdır. Fakat bu testler hem pahalıdır hem de tam ölçekli pervanenin imalatına kadar sürdürülemez ve herhangi bir değişiklik yapmak için çoğu kez geç kalınmış olur.

— Pervane dizaynında kanatlar öyle geniş ve kesit profilleri öyle narindir ki kabarcık kaviteasyonuna karşı yeter miktarda bir pay (marjin) elde edilir. Marjin kaviteasyon mefhumu aşağıdaki şekilde izah edilir :

— Pervane yolundaki statik basınç, pervane üzerindeki su sütununun atmosferik basınçla toplamına eşittir. Çalışma sırasında pervane kanat sırtlarında bir basınç azalması oluşur. Basıncıdaki azalma mevcut statik basınçdan daha küçük olursa kaviteasyona karşı bir pay var olur. Basınç azalması statik basıncın % 80'ine eşit olursa kaviteasyon payı (marjin) % 20 demektir. Bu kabarcık kaviteasyonu için geçerlidir, fakat aynı zamanda diğer tip kaviteasyonların riski için ölçü olarak da düşünülebilir.

Kesit profilinin sehimi ve giriş ucunun genel şekli pervanenin kaviteasyon özellikleri açısından önemlidir. Dizayn sırasında mevcut pervanenin çalışması hakkında mümkün olduğu kadar tam bilgi sağlanması da oldukça önem taşımaktadır. Özellikle daha az sayıda makine ile çalışırken (Örneğin iki makinenin biri veya üç makinenin ikisi ile) veya bir shaft jeneratörü yerleştirildiğinde...

— Bir süre sonra oluşan kaviteasyon

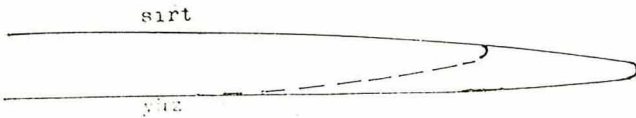
hasarı mekanik bir zarara yol açmamışsa iki şey yapılabilir :

1) Çalışma tarzını değiştirmek - Personel pervanenin çalışma talimatına uymuyor olabilir veya geminin çalışması hakkında pervane imalatçısına eksik bilgi verilmiş olabilir.

2) Kanatların giriş ucunu değiştirmek - Kanat sırtındaki hasar stabil olmayan yüzey kavitasyonu nedeniyle olabilir. Şekil 12'de görüldüğü gibi bu giriş ucunun kaldırılmasıyla dengeli hale getirilebilir. Giriş ucunun bir kısmı kesilerek alınmalı ve geriye kalan daha kalın kesitte uygun bir form verilmelidir. (Şekil 11) Yuvarlatılmış kesit burnundan ayrı olarak giriş ucuna, yalnızca kanat yüzü üzerinde yeni bir form kazandırıldığına dikkat edilmelidir.

Bu değişim aynı zamanda yüz kavitasyonuna karşı bir çaredir. (Giriş ucu yüzde daha az keskin olacaktır.)

Öyleyse imalatta neden giriş ucuna bu genel form verilmemektedir? Yukarıda değinildiği gibi sırt kavitasyonu denetlenmiştir, yani arttırılmıştır. Sırt kavitasyonunun uygun olmayan iz alanı yüzünden daha kuvvetli olması halinde basınç impulsları ve buna bağlı olarak titreşim riski artabilir. Her bir dizayn hali ayrı ayrı düşünülmelidir.



Şekil 11. Giriş ucunun değiştirilmesi.

8. PERVANE KANATLARI ÜZERİNDE KAVİTASYON HASARININ BELİRLENMESİ İÇİN TALİMATLAR

Aşağıdaki hususlar not edilmelidir :

- Hasarın yüzdeki veya sırttaki konumu.
- Hasarın radyal konumu.
- Hasarın giriş ya da çıkış ucuna göre konumu.

— Hasarın cinsi ve büyüklüğü, renk değişimi, yüzeyin pürüzlüğü ve gözenekliliği.

— Hasarın maksimum derinliği.

— Varsa hem sancak hem de iskele pervanesinde hasarın bütün kanatlarda ve aynı büyüklükte meydana gelip gelmediği.

Hasarlar üzerinde skeçlerin alınması ve fotoğraf çekilmesi uygundur. Fotoğraf hasarın konumunu açık bir biçimde gösterecek şekilde tüm kanadı içine almalıdır. Fotoğrafın üzerinde kanat numarası, gemi adı ve tarih bulunmalıdır. Flaş kullanılması durumunda kanat yüzeyindeki delik ve gözeneklerin dibinden yansıyan ışık gölge teşkil ederek hasarın net bir biçimde görülmesini engelleyebileceğinden, ışık kanat yüzeyine paralel olmalıdır.

— Ayrıca aşağıdaki sorular da belirlenmelidir;

Giriş ucundaki hasar tel, zincir v.s. malzemelerle temas ya da sürtünme ile mi, imalatın kötü olması veya eski onarımlardan kaynaklanan yüzey pürüzlülükleri nedeniyle mi oluşmuştur?

Şaft braketleri üzerindeki tutyalar gibi pervane önünde akımı bozabilecek malzemeler var mıdır?

Makine ve pervanenin nasıl çalıştırıldığı konusunda görevli personel ile görüşülmelidir.

Pervane tam devirde ve alçak güçte veya iki makinenin teki ile çalıştırılmış mıdır? Eğer öyleyse hangi durumlarda ve ne kadar bir süre ile? Pervane gürültü yapmakta mıdır? Geminin daha önce havuzlanması sırasında pervane herhangi bir hasar görmüş müdür?

9. PERVANE KANADI GİRİŞ UCUNUN DEĞİŞTİRİLMESİ İÇİN TALİMATLAR

Pervane kanadının giriş ucunu «yükseltmek» diye adlandırılan uygun bir şe-

kil verme işlemi, normal olarak pervane yarıçapının % 70'inden sonra (0.7 R) kanat ucuna doğru olan kısımda aşağıdaki şekilde yapılır.

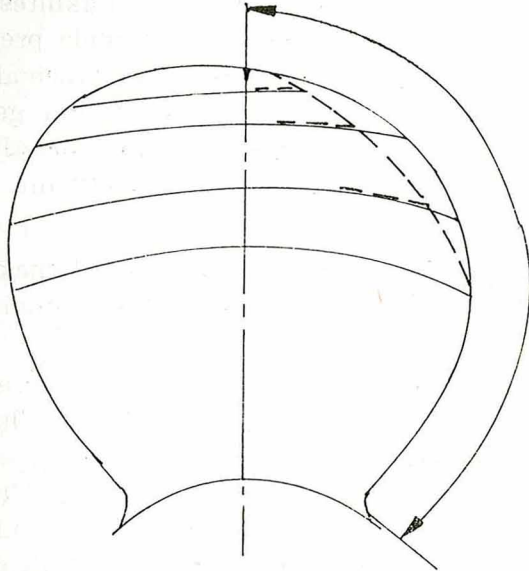
1) Rendeleme payı elde edebilmek için giriş ucunun bir kısmını keserek almak.

2) Sözü edilen kesitlerin konumunu kanat üzerinde işaretlemek.

3) Bu kesitlede kalıba göre yeni giriş ucunu rendelemek. (Burun kısmındaki yuvarlaklığın dışında yalnızca yüz kısmı rendelenecek.)

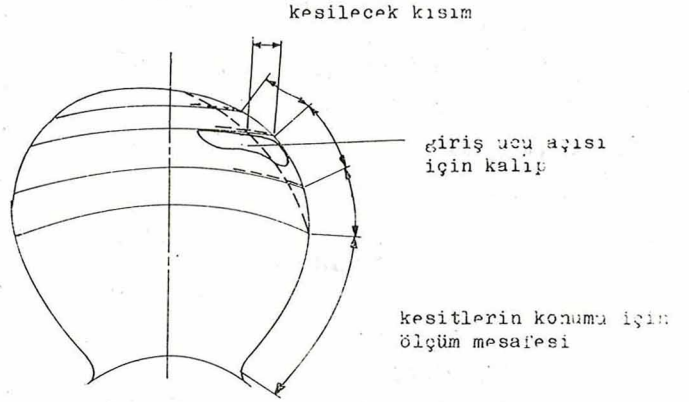
Giriş ucunun kesimi (1) ve kesitlerin markalanması (2) kanadın dış kısmı için tam ölçekte hazırlanan mukavva kalıp sayesinde yapılır. Kalıbın dış hattı orijinal kanadınki ile uyum sağlamalıdır. Uçta referans hattı diye bilinen kanat dış hattının ayrılma noktası ile kalıp markalanır. Kanat üzerinde uyuşma noktası, orijinal giriş ucu boyunca ölçerek elde edilir. Yeni giriş ucunun dış hattı mukavva üzerinde deliklerle markalanır ve böylece radyal doğrultuda kanat kesitlerinin konumu belirlenmiş olur. Şekil 12'de giriş ucu ile keskin açılı kesit formu dikkati çeker.

Büyük pervane kanatları için yukarı-



Şekil 13. Kesitlerin markalanmasında değişik bir metod.

daki mukavva kalıplar olumlu sonuç vermeyecektir. Her bir kesitin konumu her bir kesite giriş ucu boyunca ölçüm yapmak suretiyle elde edilebilir. Kesitler ve giriş ucu arasındaki açı küçük mukavva kalıplar sayesinde elde edilir. Şekil 13'de ki gibi radyal doğrultuda her bir yeni giriş ucunun dış hatları ve ne miktarda kesilecekleri markalanır. Söz konusu radyal doğrultularda her bir kesit için çift kalıp hazırlanır. Yarım kalıp, kanat sırtındaki yalnızca burun kısmının rendelenmesi ve yüz kalıbına destek teşkil etmesi amacıyla kullanılır (Şekil 14). Daha eski pervanelerde kanat sırtının biraz düzeltilmesi gerekebilir.

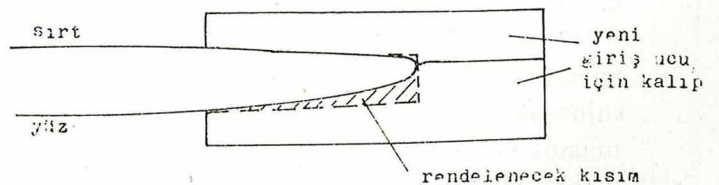
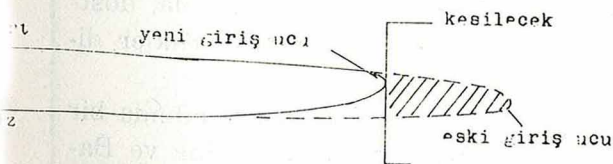


Şekil 12. Giriş ucunun kesilmesi, kesitlerin markalanması.

düzeltilmiş giriş ucu

giriş ucu kalıp konumu

kalıp yapımı için ölçülecek mesafe



Şekil 14. Giriş ucunun kaldırılması.

ODADAN HABERLER

• Yeni kaydolun üyeler

Odamıza 10 Ekim 1983 tarihinden sonra kayıt olan üyeler: Erkan Coşkun, K. Turgut Gürsel, Ethem Hacıgençağaoğlu, A. Murat Özel, Şemsettin Eksert, Asım Mü-lazimoğlu, M. Fatih Günay, Haydar Laf-cı, M. Cumhur Kocabaylıoğlu, C. Korkut Tanyeli, İ. Hakkı Helvacıoğlu, Ali Cebeci.

• Odamızın 29. Genel Kurulu toplanıyor.

Çoğunluk sağlandığı takdirde Genel Ku-rulumuz 28/29 Ocak 1984 günü TMMOB Gemi Mühendisleri Odası - Fındıklı'da toplanacak, çoğunluk sağlanamadığı tak-dirde (çoğunluksuz) 4. Şubat 1984 günü saat 9.00 dan itibaren Pera Palas Oteli salonu - Tepebaşı'nda aşağıdaki gündem ile toplanacak ve seçimler 5 Şubat 1984 günü 9.00 - 17.00 arası Gemi Mühendisle-ri Odasında yapılacaktır.

G Ü N D E M

1. Gün : 4 Şubat 1984

- 1 — Açılış
- 2 — Başkanlık divanı seçimi
- 3 — M. Kemal Atatürk ve Ulusal Ba-gımsızlık Savaşı şehitleri için saygı duruşu
- 4 — Çalışma raporlarının okunması ve görüşülmesi
 - a) Yönetim Kurulu
 - b) Saymanlık raporu
 - c) Denetleme Kurulu raporu
 - d) Onur Kurulu raporu
- 5 — Yönetim ve Denetleme Kurulu-nun aklanması
- 6 — 1984 yılı bütçe tasarısının görü-şülmesi ve karara bağlanması
- 7 — Öneriler ve dileklerin görüşül-mesi
- 8 — Oda organları için adayların be-lirlenmesi
 - a) Yönetim Kurulu
 - b) Denetleme Kurulu
 - c) Onur Kurulu
 - d) TMMOB Yönetim Kurulu
 - e) TMMOB Genel Kurulu
 - f) Türk Loydu Vakfı

2. Gün : 5 Şubat 1984

- 9 — Seçimler

Sorunlarımızı da tartışacağımız genel ku-rulumuza tüm üyelerimizin yığınsal katıl-masını bekliyoruz.

• Oda Gecesi yapıldı.

Odamızın geleneksel olarak düzenlediği

1983 yılı yemekli toplantısı 16 Aralık Cu-ma günü Maçka otelinde gerçekleştiril-miştir. Odamızın kuruluşunun 29 yılını da kutladığımız geceye TMMOB Başkanı Bülent Tanık katılmış ve en eski Gemi Mühendisi sıfatıyla Hocaların Hocası Ord. Prof. Ata Nutku da geceye katılarak onurlandırmıştır. Gecede meslekte 40. yılını dolduran üyelerimiz Seyfettin Saraç-oğlu ve Ertuğrul Nişel, 25. yılını doldu-ran üyelerimiz Nur Poyanlı, Tarık Batur, Zahir Coşkuner, Günay Aktay ve Erbil Serter jübile ve onur plaketlerini almış-lardır.

• Uzakyol vardiya Mühendisliği konusun-da yeni Ulaştırma Bakanı Sn. Veysel Atasoy'a rapor sunuldu.

Oda Başkanımız Yılmaz Tabanlı tarafın-dan daha önce bir evvelki Ulaştırma Ba-kanı Prof. Mustafa Aysan'a sunulan ra-por, bilgi ve gereği için yeni Ulaştırma Bakanı Veysel Atasoy'a da sunulmuş ko-nuyu yeniden gözler önüne serme ve çö-zümü çabuklaştırma açısından olumlu ol-muştur.

• 30. yıl kutlama çalışmaları sürüyor.

11 Aralık 1984 yılında Odamızın kurulu-şunun 30. yıldönümü nedeni ile yapmayı planladığımız çalışmalardan Ulusal Gemi Mühendisleri Kongresinin, İ.T.Ü. Gemi İn-şaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi ile be-raber organizasyon çerçevesinde prensip an-laşmasına varılmış ve çalışmaları sür-dürülmektedir. Bu programın gerçekleşt-irilmesinde seçilecek yeni yönetim kuru-lumuza da görevler düşmektedir.

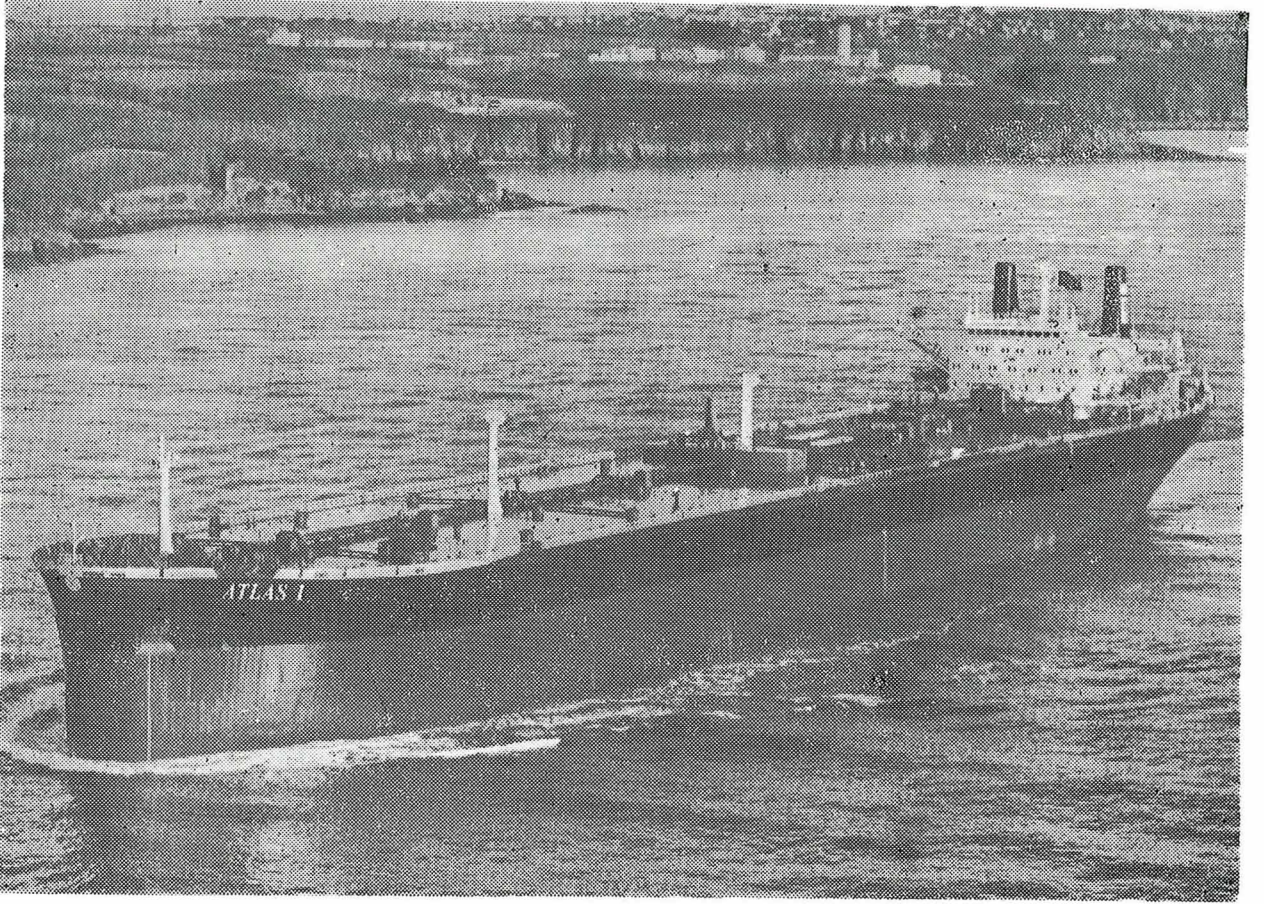
• Üyelerimizden

874'lü Gemi Mühendisleri geleneksel sınıf yemeklerini 21 Ekim 1983 günü akşamı Bebek'te gerçekleştirdiler.

Üyemiz ve Yönetim Kurulu Sekreteri Na-ci Çankaya, Sevgi Özer ile, 879'lu üyemiz Fuat İnak, Semra Uysal ile nişanlanmış ve üyemiz Sabri Gökhan, Dr. Nimet Ka-radayı ile 27 Ocak 1984, üyemiz Zafer ile Aynur Satıcı 21 Kasım 1983 günü ev-lenmişlerdir. Nişanlılara ve yeni evlilere barışın sürekli olduğu bir dünyada, dost-luk ve dayanışma içinde beraberlikler di-leriz.

Üyemiz Hasan Taşeli'nin Barış adında bir yavrusu dünyaya gelmiştir. Anne ve Ba-bayı kutlar, Barış'a uzun ömür ve sağlık dileriz.

DENİZCİLİK ANONİM ŞİRKETİ



M/T ATLAS I

M/V "AKAD" : 35.775 D.W.T.

M/V "ARPAD" : 37.765 D.W.T.

M/T "ATLAS I" : 142.800 D.W.T.

İç ve Dış sularda akaryakıt ve kuru yük nakliyatı.

**TOPLAM 216.340 DWT'LUK GEMİLERİYLE DENİZCİLİĞİMİZİN
HİZMETİNDEDİR.**

Deniz Nakliyatına Başlama Tarihi : 1948

DENİZCİLİK ANONİM ŞİRKETİ tesis tarihi : Şubat 1952

Adres : Meclisi Mebusan Caddesi 55, Fındıklı Han Kat 4, Fındıklı - İstanbul
Telefon : 43 63 70 (5 hat) 49 57 51 - 49 74 27
Teleks : 24189 Haba Tr - 24478 Hyba Tr - 24489 Gen Tr
Telgraf : Habaran - İstanbul

DENİZ BOYALARINDA RAKİPSİZ



MORAVIA

ZEHİRLİ DENİZ BOYALARI

Büro: TÜRKÖYL Ltd.Şti.

Karamustafapaşa Sok. Liman Bahçe Han Kat : 2

KARAKÖY — İSTANBUL

Telefon : 44 10 32 - 44 67 79

Telgraf : Türkoyl - İstanbul

Telex : 22030 TOYL TR.

Fab : BOYMAN Boya ve Kimya San. A.Ş.

Fevzi Çakmak Caddesi No. 2 SEFAKÖY - İSTANBUL

Telefon : 79 16 98