

IX — KROMLU ÇELİKLER

GENEL ÖZELLİKLER

Burada bahis konusu olan çelikler % 3 ilâ 30 krom içerenlerdir. Saf kromlu çeliklerde bazen az oranda nikel, tungsten, molibden, alüminyum, selenyum veya azot bulunur. Saf kromlu çelikler, austenitik doku hasıl etmeye veya özellikleri değiştirmeye yetecek miktarda nikel içerenlerden farklıdır. Aşağıdaki tablolarda, ASIM ve AISI (American Iron and Steel Institute) sınıflandırmalarına göre % 3—30 kromlu çeliklerin bileşimleriyle bunların mekanik özellikleri görülür.

Kaynak bakımından % 0,07 ilâ % 0,15 karbonlu kromlu çelikler iki ana gruba ayrılabilir: sertleşenler ve sertleşmeyenler. Sertleşen grubundakiler % 3-10 kromlu, molibdenli çelikler olup bunlar esas itibariyle bainitiktir; martensitik çeliklerde % 10 ilâ 14 krom bulunur. Bu çeliklerin hepsi havada sertleşme niteliği ile soğumada dağılma değişimleri arz eder. Dağılma değişimleri genellikle bainit ve/veya martensitin yanısıra bir miktar ferrit ve perlit ile sonuçlanır. Sertleşmeyenler grubundaki çelikler ferritik olur, % 18'den 30'a kadar krom içerirler. Bunlar, kaynak sıcaklığından itibaren hızlı soğutulular dahi sertleşmezler zira normal karbon oranı ile bunlarda genellikle kritik değişme olmaz.

Bu iki grup arasında % 14 ilâ 18 krom içerip kısmen martensitik, kısmen de ferritik olan ve tutumu karbon oranına göre krom miktarına bağlı olan bir çelikler serisi bulunur.

Sıcaklık altında çalışan çeliklerin ASTM ve DIN normları kıyaslamasını yapmak da çok yararlı olacaktır. Aşağıdaki tabloda boru, kaba sac, dökme parça ve döğme parçalar için bu her ikisinde geçerli normlar verilmiştir. Alman normunda geçerli DIN No.su mevcut değilse VdTÜV, (Verlag der Technische Ueberwachungsverein) Werkstoffblätter leri, bu da yoksa SEW (Stahl-Eisen-Werkstoffblätter) lere başvurulur. Bunda bazı zorluklar kaçınılmaz olduğundan bazı hususları saptamakla yetineceğiz.

Bazı çelik tipleri, örneğin 0,5 Mo + V; 1,25 Cr + 1 Mo + V ve Cr Mo W V 12 1 çelikleri sadece Alman normunda bulunup Amerikan normunda görülmez. Buna karşılık 1 Cr + 0,5 Mo; 2 Cr + 0,5 Mo; 3 Cr + 1 Mo ve 7 Cr ;+ 0,5 Mo çelikleri sadece ASTM da normlandırılmıştır. Bunun yanısıra Amerikan normunda göze çarpan bir husus, aynı bir alaşımı tipi ve belli bir ürün şekli için genellikle iki ve bazen de sekize kadar nüansı içine almış olmasıdır. Alman normunda sadece 0,5 Mo; 1,25+ 0,5 Mo ve 2,25 Cr + 1 Mo çelikleri her dört tip üründe bulunmaktadır. Çoğunlukla tek bir çelik veya bir ürün tipi sadece VdTÜV malzeme föyü ile temsil edilmekte olup sözü edilen malzeme föyü tek bir çelik üreticisi için geçerli olabilmektedir.

Kromlu Çeliklerin Kimyasal Bileşimi							
ASTM veya AISI tip no	Kimyasal Bileşim. %						
	C. max	Mn, alanı veya max.	Si. alanı veya max.	p. max	s. max	Cr. alanı	Diğer elementler
A213-T21	0,15	0,30-0,60	0,50	0,03	0,03	2,75-3,25	0,80-1,00 Mo
A213-T5	0,15	0,30-0,60	0,50	0,03	0,03	4,00-6,00	0,45-0,65 Mo
A213-T13	0,15	0,30-0,60	1,00-2,00	0,03	0,03	4,00-6,00	0,45-0,65 Mo
A213-T7	0,15	0,30-0,60	0,50-1,00	0,03	0,03	6,00-8,00	0,45-0,65 Mo
A213-T9	0,15	0,30-0,60	0,50-1,00 1,00	0,03	0,03	6,00-8,00	0,90-1,10 Mo
502	0,10	1,00	0,50	0,04	0,03	4,00-6,00	
403	0,15	1,00	1,00	0,04	0,03	11,50-13,00	
405	0,08	1,00	1,00	0,04	0,03	11,50-13,00	0,10-0,30 Al
410	0,15	1,00	1,00	0,04	0,03	11,50-13,50	
414	0,15	1,00	1,00	0,04	0,03	11,50-13,00	1,25-2,50 Ni
430	0,12	1,00	1,00	0,04	0,03	14,00-18,00	
431	0,20	1,00	1,00	0,04	0,03	15,00-17,00	1,25-2,50 Ni
442	0,20	1,00		0,04	0,03	18,00-23,00	
443	0,20	1,00				18,00-23,00	0,90-1,25 Cu
446	0,35					23,00-27,00	0,25 max.N

ASTM veya AISI no	Min. kopma mukavemeti kg/mm ²	Min. akma sınırı kg/mm ²	50mm(2") üzerinden kopma uzaması (min.) %	Brinell sertliği (max)
A 213-T 21	42	18	30	163.
A 213-T 5	42	18	30	163
A213-T13	42	18	30	163
A213-T7	42	18	30	179
A213-T9	42	18	30	179
502	46	18	30	150
403	53	28	30	150
405	50	32	35	150
410	53	28	30	150
414	70	56	22	217
430	53	28	35	160
431	88	67	20	250
442	60	32	20	175
443	63	35	20	187
446	60	38	25	180

Malzeme ler	Boru		Kaba sa		Dökme para		Döğme para	
	DIN	ASTM	DIN	AS- TM	DIN	ASTM	DIN	ASTM
0,5 Mo	17 175 17 177	A 161,A 209 A 250,A 335 A 369,A 426	17 155	A 204 A302 A 533	17 245	A 217 A 352 A 348	VdTÜV 438-12,81	A 182 A 336 A 541
0,5 Mo + V	17 175						VdTÜV 184-01,82	
1 Cr + 0,5 Mo		A 213,A 335 A 369,A 426	17 155	A 387				A 182 A 336
1,25 Cr + 0,5 Mo	17 175	A 199,A 200 A 213,A 335 A 369		A 387 A 389		A 217 A 389	VdTÜV 438-12,81 404-2,77	A 182 A 541
1,25 Cr + 1 Mo+V					17 245			
2 Cr + 0,5 Mo		A 199,A213 A 335,A 369 A426						
2,25 Cr + 1 Mo	17 175	A 199,A 200 A 213,A 335 A 369,A 426	VdTÜV 438-12,81 447-12,82 404-2,77	A 387 A542	17 245	A 217 A 487		A 182,A 336 A 357,A 541
3 Cr + 1 Mo		A 199,A 200 A 213,A 335 A 369,A 426		A 387				A 182 A 336
5 Cr + 0,5 Mo		A 199,A 200 A 213,A 335 A 369,A 426	VdTÜV 1207-0,5- 58	A 387	VdTÜV 153- 7,80	A 217		A 182 A 336
7 Cr + 0,5 Mo					SEW 595-76	A 217		A 182
CrMo WV 12 1	17 175		SEW 670-69		17 245	VdTÜV 110- 0,082		

Federal Almanya'da basınçlı kaplar ve basınçla yüklenmiş aksamın yorumlanması kaide olarak AD (Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter), TRG (Technische Regeln Druckgase) ve TED (Technische Regeln für Dampfkessel) tarafından saptanmıştır. A.B.D. ve Kanada illerinde geçerli olan standard ASME (American Society of Mechanical Engineers)'in «Cases of ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Cases 1592» dır.

Kaynaklı basınçlı kaplar ve basınca tabi aksam için AD -Merkblatt BO'da paragraf 6.5'in saptamaları geçerlidir :

«Konstrüksiyon parçalarında tam olarak yüklenmiş ve zaman durum mukavemetinin yardımıyla hesap edilecek olan kaynak dikişleri, ana malzemelerin mukavemet tanımlama değerlerinin % 20'si üzerinden hesaplanacaklardır zira kaynaklı birleşmelerde zaman durum değeri önde gelmektedir».

Burada özellikle vurgulanması gereken husus, bu paragrafa göre tamamen yüklenmiş kaynak dikişlerinin, kaynaklı birleşmenin zaman durum değeri elde bulunduğu halde, sadece ana malzemenin zaman durum mukavemet değerleriyle hesaplanmasına izin verildiğidir.

ASME - Code Sec. VIII. Div 1 (Appendix P) ye göre, zaman durum alanının altında sıcaklıklar için (R_m) çekme mukavemeti gibi $R_{p0,2}$) 0,2 akma sınırı da, aşağıdaki değerlerin en küçüğü esas alınmak üzere, saptanacaktır :

- (1) $0,25 \times R_m$ oda sıcaklığında
- (2) $0,25 \times R_m$ işletme sıcaklığında
- (3) $0,66 \times R_{p0,2}$ oda sıcaklığında
- (4) $0,66 \times R_{p0,2}$ işletme sıcaklığında

Zaman durum alanında hem 10.000 saatte % 0,1 zaman uzama sınırı, hem de 100.000 saat için zaman durum mukavemeti ($R_m/10^5$), aşağıdaki üç değer en küçüğü esas alınmak üzere, saptanacaktır :

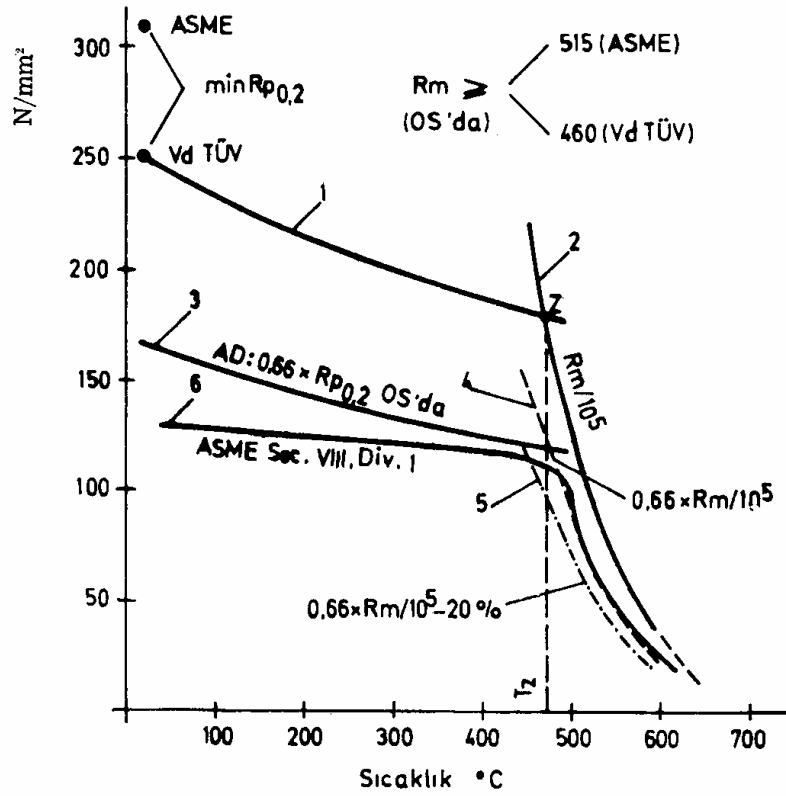
- (1) 10.000 saatte % 0,1 zaman uzama sınırı
- (2) $0,67 \times R_m/10^5$ (ortalama değer)
- (3) $0,80 \times R_m/10^5$ (asgari değer)

Alman ve Amerikan normlarında hesap gerilmeleri her zaman birbirlerini tutmamaktadır.

Şek. 53, bunu göstermektedir:

1 eğrisi, Vd TÜV malzeme föyünde, sıcaklığa göre akma sınırı asgari değerlerinin seyrini verir. 2 eğrisi, yine aynı föye göre 100.000 saat için zaman durum mukavemet değerlerini verir. Bu değerler, Vd TÜV malzeme föyünün deyimine göre «buraya kadar ele alınmış alanın ortalama değerleri» olup Vd TÜV föylerinin çoğunda «bu ele alınmış alanın alt sınırının, verilen sıcaklıklarda ve bahis konusu çelik tipi için, verilmiş ortalama değer % 20 kadar altında bulunduğu» açıkça ifade edilmektedir. Zaman durum mukavemet alanında hesap değerine bu ek indirim şek. 53'de dikkate alınmamıştır.

Z noktası sıcaklık alanını bölmektedir: Tz sıcaklığının altında, akma veya uzama sınırlarıyla; bu sıcaklığın üstünde, zaman durum mukavemeti ile hesap edilecektir. 3 eğrisi, S = 1,5 emniyet katsayısıyla azaltılmış sıcak akma sınırlarını, yani akma sınır alanında hesap gerilmelerini verir. 4 eğrisi yine aynı şekilde zaman durum mukavemet alanında uygun hesap gerilmelerini gösteriyor. Basınçlı kabın tam yüklenmiş bir kaynak dikişini haiz olması halinde müsaade edilen gerilmeler % 20 oranında azaltılacaktır. Şek. 53'de 5 eğrisi bunu gösterir. Aynı çeliğin ASME Code'ında geçerli hesap gerilmeleri 6 eğrisince verilmiştir.



Şek. 53 -- Değişik sıcaklıklarda 2,25 Cr + 1 Mo çeliği için müsaade edilen gerilmeler

Bu esaslara göre basınca yüklemiş aksamın cidar kalınlığı hesaplan, T_z sıcaklığının altında ASME'de, AD kaidesine göre

Vd TÜV - MB 451 - 82/1 ve AWS D 10.8-78'e göre önerilen kaynak ilâve malzemeleri

Ana malzemenin alaşım tipi → ↓	C-Mn	Mo	Mo-V	CrMo1	CrMoIV	CrMo2	CrMo5	CrMo9	Cr Mo WV12	
Mo	C-Mn Mo	Mo	-	Mo	-	Mo		-	-	TÜV
	C-Mn	Mo	-	Mo	-	Mo	Mo	Mo	-	AWS
Mo-V	C-Mn	-	MoV	CrMo1	Cr MoIV	CrMo2	-	--	MoV CrMoW V12 Ni Cr Fe	TÜV
	-	-		-	-	-	-	-	-	AWS
Cr Mo 1	C-Mn	Mo	CrMo1	CrMo1	CrMo1	CrMo1	-	-	-	TÜV
	C-Mn	Mo	-	CrMo1	-	CrMo1	CrMo1	CrMo1	-	AWS
Cr Mo 1 V	-		CrMoIV	CrMo1	CrMoIV	CrMo2	-	-	Cr Mo 1 V Cr MoWV1 2 Ni Cr Fe	TÜV
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	AWS
Cr Mo 2	C-Mn	Mo	CrMo2	CrMo1	CrMo	CrMo2			CrMo 2 CrMoW V12 Ni Cr Fe	TÜV
	C-Mn	Mo	-	CrMo1	-	CrMo2	CrMo2	CrMo2	-	AWS
Cr Mo 5 ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	TÜV
	C-Mn	Mo	-	CrMo1		CrMo2	CrMo 5	CrMo 5	-	AWS
Cr Mo 9 ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	TÜV
	C-Mn	Mo	-	CrMo1	-	CrMo 2	CrMo 5	Ni Cr Fe	-	AWS
Cr MoWV 12			MoV CrMoWV1 2 CrNiFe		CrMoIV CrMoWV1 2 Ni Cr Fe	CrM CrMoW V12 Ni Cr Fe			CrMoW V12 Ni Cr Fe	TÜV
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	AWS

% 5 ilâ 20 kadar daha büyük sonuç vermektedir. Oysa ki ASME -Code'a göre, zaman durum mukavemet alanında cidar kalınlığı AD kaidesine göre bulunandan daima daha azdır. 5 eğrisinde verilmiş müsaade edilen gerilmelerin gerçekte % 20 oranında azaltılmasının gerektiğini, 2 eğrisinin asgari değil, ortalama değerleri verdiğini bir kez daha vurgulayalım.

Kromlu çeliklerin uygulama alanı geniş olup bunlar özellikle oksitlenme ve korozyona mukavemet için kullanılırlar: çalışma sıcaklığına ve korozif çevreye göre çelik seçilir. Oksitlenmeye mukavemet krom oranı ile artar.

% 3 ilâ 10 kromlu tipler, kaide olarak, % 0,50'den % 1,5'a kadar değişen molibden içerirler; böylece sürünme mukavemeti artırılıp meneviş gevrekleşmesi önlenir. Bunlar geniş ölçüde yüksek sıcaklıklarda, özellikle oksitlenme ve korozyonun nispeten ılımlı olduğu petrol rafinerilerinde kullanılırlar. % 3 ilâ 5 'krom, % 0,5 ilâ 1 molibdenli tip, daha az ölçüde olmakla beraber, buhar kazanlarında ve 625°C'a kadar buharlı santrallerin boru tesisatında kullanılır. Her ne kadar bu uygulamalarda krom, oksitlenme mukavemeti yaratıyorsa da kaynak ve ısıdan etkilenmiş bölgenin grafitleşme tehlikesini küreselleşmiş veya stabil karbür dokusu hasıl ederek önlemektedir. Bu grafitleşmeye bazı krom-molibden çeliklerinde rastlanır.

Kaynaktan Sonra Isıl İşlem İçin Önerilen Tavlama Sıcaklığı

Ana malzemenin alaşım tipi	VdTÜV Malzeme föyü	VdTÜV-MB45182/1.1282		DİN 8575	AWS D10. 8-78	
		aynı 1)	değişik 2)		aynı 1)	değişik 2)
Mo	530-620	530-620°C	530-620°C	570-620°C	635-690 °C	635-760 °C
MoV		690-730°C	680-720°C	690-730°C	Veri yok.	
Cr Mo)	600-700	600-700°C	540-720°C	660-700°C	Sürünme zorlanması için 635-680°C H ₂ 'ye karşı direniş için 690-730 °C	635-760 °C
CrMo1V		Veri yok.		680-730°C	Veri yok.	
CrMo2	650-750 620-720 680-710	650-750°C 530-750°C		690-750°C	690-745°C	690-760°C
CrMo5	650-700 ³⁾ 730-760 ⁴⁾ Kaynak ısısından	Veri yok.		730-760°C	705-760°C ön ısıtma sıcaklığından önce soğutulacak, (min. 205°C)	705-760°C
CrMo9				730-780°C		
CrMoWM 12		720-780°C 700-750°C önce 130°C 'nin altına inmemek 80°C'nin altına üzere soğutulacak.		740-780 °C önce 120-100°'ye soğutulacak.	Veri yok.	

1) Eş ana malzeme arasında kaynaklı birleşmede

2) Farklı ana malzeme arasında kaynaklı birleşmede.

3) Ana malzeme tavlendiğinde

4) Ana malzeme ıslah edildiğinde.

% 10 ilâ 14 krom içeren çeliklerin geniş kullanma alanı vardır. Paslanmaz tipten olmaları ve yüksek hızlı sıvı akışında karşılaşılan erozyona mukavemetle birlikte iyi mekanik özelliklere sahip olmaları itibariyle türbin kanadı imaline ve supap yatağı dolgusuna elverişlidirler.

% 14 ilâ 18 kromlu gruptan % 15 ilâ 16 krom içeren çelikler nitrik aside mukavemetleri ve saf kromlu çeliklerin en kolay kaynak edilebileni olmaları itibariyle önemli bir grup teşkil ederler.

% 18 ilâ 30 kromlu çelikler, özellikle % 23-30 arasındakiler, en çok, yüksek sıcaklıkta oksitlenmeye karşı kullanılırlar. Bunlar aynı zamanda katalitik rafineri uygulamalarında, daha iyi kaynak edilebilen krom-nikel çelikleri yerine, nikelin bazı kimyasal proseslerde olumsuz etkisinin bulunduğu sanılması itibariyle, kullanılırlar.

KROMLU ÇELİKLERİN METALÜRJİK VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

% 0,50 ilâ 1 molibdenli % 3 -10 kromlu çeliklerle % 10-14 saf kromlu çelikler havada sertleşirler yani kaynak dikişi ve ısıdan etkilenmiş bölgeler, kaynak sıcaklığından itibaren havada soğutulduklarında sertleşirler. Sertleşme kabiliyeti ve ısıl atalet krom, karbon ve molibden oranı ile arter ve böylece yüksek sıcaklıklardan itibaren soğumada dağılma değişimleri hasil ederler. Sertleşme miktarı, bir ölçüde soğuma hızına bağlı olup bu keyfiyet özellikle %3-10 krom-molibden çeliklerinde belirlidir. Yaklaşık % 0,08'in altında karbon oram ile yavaş soğuma hızında hiç geri kalmış değişme olmaz veya çok az olur. Yaklaşık % 0,10'dan fazla karbonla ise değişmeler genellikle geri kalır ve bunda soğuma hızının rolü olmaz. Geri kalmış değişmelerde önemli olan husus bunların, metalin artık elastik olmadığı sıcaklıklarda vaki olması, ve dolayısıyla, iç gerilmeler hasil etmesidir. Bunlar, münasip yollarla giderilemezse kaynakta çatlak meydana gelebilir.

Krom aynı zamanda kuvvetli bir ferrit teşkil edicidir. % 14'ün üzerine çıktığında alfa-gamma değişmesi tedricen yok olur ve % 17-18 krom ve % 0,10'dan az karbonla tek ferrit alaşımı meydana gelir. % 14 -18 kromlu demir-krom alaşımlarına «geçiş alaşımları» denir. Bir geçiş alaşımında martensit ve ferrit oranı bileşimle değişir. Martensiti teşvik etmek bakımından karbonun rolü büyüktür.

% 18 ilâ 30 kromlu çelikler tamamen ferritik olup genellikle kritik noktaları yoktur. Ticarî tiplerdeki karbon oranının diğer kromlu çeliklerinkinden yüksek olmasına rağmen gözle görülür bir havada sertleşme hasil etmez. Ferritik çeliklerde yüksek karbon oranı, tane boylarını küçültüp gevrekliği azalttığından faydalıdır; halbuki martensitik ve bainitik tiplerde karbon tercihen % 0,10' un altında olmalıdır: böylece, çatlama daha az hassas olan ısıdan etkilenmiş bölgede düşük sertlik elde edilmiş olur.

Ferritik çelikler, az miktarda karbür dışında genellikle tek fazlı alaşımlar olduklarından ısı işleme cevap vermezler. Bu itibarla, mekanik işlenme dışında, kaba taneleri inceltme imkânı bulunmaz. Bu kaba taneler hem ana metalin ısıdan etkilenmiş bölgesinde, hem de tabakalar halinde yığılmış kaynak metalinde, kaynak sıcaklığından hasil olur. Ferritik kromlu çelikler yüksek sıcaklıklarda genellikle sünek olup 100°C'in atında gevrektiler.

% 3 ilâ 14 kromlu çeliklerin mekanik özellikleri, ezcümle kopma mukavemeti, akma sınırı, uzama ve sertlikleri ısıtılma ile; daha yüksek kromlu çeliklerde bu özellikler sadece soğuk veya sıcak mekanik işleme değiştirilebilir. Bütün bu çelikler çoğu zaman oda sıcaklığında mekanik özelliklerinden çok, yüksek sıcaklıkta sürünme mukavemetleri sebebiyle kullanıldıklarından güvenilir sürünme verilerinin bilinmesi gerekir. % 23 - 25 kromlu çelikler 550 ile 900°C arasında uzun süre ısıtıldığında, sigma fazına bağlı olarak gevrekleşme hasıl olur. 375 ile 550°C arasında uzun süre ısıtmalar ve bu arada yavaş soğuma da gevrekleşmeye yol açıp bazı otoritelere göre olay menevişlemeden sonra yavaş soğumadan ötürü daha alçak alaşimli çeliklerde vaki olan meneviş gevrekleşmesiyle aynı mahiyettedir. Uygun tavlama bu çeliklerin sünekliğini iade eder.