



**BAÜ** BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK  
FAKÜLTESİ DERGİSİ

**JOURNAL OF THE FACULTY OF ENGINEERING ARCHITECTURE  
OF BALIKESİR UNIVERSITY**

**1995/1**

**Balıkesir - Mayıs 1995**

## BALIKESİR HADDEHANELERİNDE HURDA GEMİ SACINDAN ÜRETİLEN İNŞAAT ÇELİKLERİNİN (TSE)'YE UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

\*\* Yrd.Doç.Dr.Irfan AY  
\* Arş.Gör.Sare GÜLAÇ

**ÖZET :** Bu çalışmada, öncelikle haddehanelerde üretilen inşaat çelikleri ile ilgili TSE standartları incelendi.Balikesir haddehanelerinde üretilen bu çeliklerle ilgili deneyler yapıldı.Deney sonuçları TSE standartları ile karşılaştırıldı.

**SUMMARY :** In this paper, the first TSE standarts which relate to civil steels produced in rolling-mills have examined.Then, the various tests were done to steels that are produced in rolling-mills of Balikesir.The results of tests were compared with TSE standarts.

**GİRİŞ :** İnşaat sektöründe kullanılan yapı çelikleri, sıcak haddeleme yoluyla üretilir. Elde edilen bu çelikler, dairesel kesitli,düz yüzeyli,yüzeyi nervürlü veya profilli olacak şekilde, ya hurda gemi zaclarından yada kütük yarı mamülünden haddelenirler.Ülkemizde İnşaat sektörünün çok hızlı olduğu dönemlerde, arz/talep dengesi doğrultusunda üretim artmakta, kalite kontrolüne aldirmaksızın üretilen bu mamüller, Türkiye'nin her tarafına dağılmakta ve kullanılmaktadır.

Bu araştırma, hurda gemi saclarından üretilen çeliklerin TS 708 ve buna bağlı olarak TS 133 ve TS 205 şartnamelerinde istenen özelliklere uyup uymadığı araştırılmıştır (1).Bu amaç için Balikesir haddehanelerinde üretilen inşaat çelikleri kullanılmıştır.

### 2. İNŞAAT ÇELİKLERİ İÇİN TS ŞARTLARI :

2.1 Beton Çeliklerinin Sınıflandırılmaları ,  
TS 708, beton çelik çubuklarını ;

a)-Sertliklerine göre ;

- a1 - Doğal sertlikte olanlar (sıcak haddeleme sonucu sertleşenler)
- a2 - Soğuk işlem görerek sertleşen çelikler

---

\*\* Balikesir Üniversitesi - Mühendislik mimarlık fakültesi  
\* Balikesir Üniversitesi - Mühendislik mimarlık fakültesi

b)- En düşük akma gerilmesi değerine göre ;

b1.	ak min	=	220	N/mm <sup>2</sup>	(I)
b2.	ak min	=	120	"	(II)
b3.	ak min	=	500	"	(III)

c)- Yüzey özelliklerine göre ;

- c1. Düz yüzeyli
- c2. Nervürlü
- c3. Yüzeyli profilli

şeklinde sınıflandırmaktadır.Ayrıntılı bilgi Tablo 1'de görülmektedir(I).

2.2 Beton çeliklerinin muayeneleri :

2.2.1 Makroseviyede göz muayenesi : Beton çelik çubuklarının yüzeylerindeki tufal (ayrılabilir pas), çatlak,çentik gibi özürler, ayrıca göze batacak nisbette çap değişikliği olup olmadığı incelenir.

2.2.2 Koyut muayenesi : Numune alınan çelik çubukların imalat boyaları, üreticinin belirttiği boylardan en çok + % 2,5 farklı olmalıdır. (Tablo 2)

2.2.3 Düz yüzeyli çelik çubuklarda çap muayenesi : Numune alınan çelik çubukların her iki ucundan, en az 150 mm uzaklıkta, en az 4 yerden ve her seferinde birbirine dik iki yönde 0,1 mm'ye duyarlı bir kumpasla çap ölçmesi yapılır.Aynı kesitteki en büyük çap ile en küçük çapın farkı olan ovallik, çap toplam toleransının %80'nini geçmemelidir.

2.3 Deneyler :

2.3.1 Çekme deneyi :

TS 138 'e uygun olarak çelik çubukların akma, çekme ve kopma mukavemetleri ile kopma uzamaları ( %  $\epsilon$  ) belirlenmelidir.Tüm gerilmelerin hesaplanmasında anma çapları kullanılmalıdır.Minimum kopma uzamasında ( %  $\epsilon$  ) olarak elde edilen değerlerin Tablo 1' deki değerlere uygun olup olmadığına bakılmalıdır.Ayrıca minimum çekme mukavemeti, deneysel bulunan akma mukavemetinin en az 1,2 katı olmalıdır.

2.3.2 Katlama deneyi :

Düz yüzeyli çelik çubuk numunelerinin katlama deneyleri TS 205'e göre ve Tablo 3'te belirtilen mandreller kullanılarak oda sıcaklığında ( 15-25 °C) de yapılmaktadır.Numuneler 180° katlanıldıktan sonra kırılma veya çatlama olup olmadığına bakılır.

2.3.3 Mikroyapı ve kimyasal kompozisyon :

Beton çelik çubukların tablolarındaki mekanik özellikleri sağlayabilmeleri için TS'de mikroyapı ve kompozisyonları üzerinde durulmamıştır.Ancak, istenilen mekanik özellikleri veren terkip Tablo 4'teki gibi olmalıdır.

Tablo 4. TS'ce belirtilen mekanik özellikleri sağlayacak kimyasal kompozisyon

% C	%Mn	%P	%S	%Si
0,10 - 0,15	0,3 - 0,4	0,07	0,04	0,15

Yukarıda da açıklandığı gibi, öncelikle TS'nin beton çelik çubuklar için belirlediği standartlar gözden geçirildi. Bu kurallara uyularak aşağıdaki çalışmalar yapıldı.

### 3. NUMUNELERİN ALINMASI :

Henüz ileri teknolojiye sahip olmayan, tek ayak tezgahlarıyla ihtiyacı karşılamaya çalışan Balıkesir sanayindeki değişik 13 hadde atölyesinden 3'er adet uzun çubuk (çapları 8,10,12 mm olan) seçilmiştir (bak tablo 5). Bunların içerisinde 2 tanesi kütük'le gerisi gemi hurda sacı kullanılmaktadır.

### 4. SONUÇLAR :

4.1 Makro seviyede gözle yapılan incelemelerde tufal, çentik, katlama gibi hatalara rastlanmıştır. Fakat bunlar sorun çıkartacak düzeyde değildir.

4.2 Çelik çubukların çap toleransları ve ovallik toleransları TS 708'de belirtilen değerlere göre şekil 1'deki gibi bulunmuştur. Tablo 6 ve şekil 1'den de görüleceği gibi, incelenen numunelerin %66'sı ovallik sınırı içerisinde, % 33'ü bu sınırın dışında kalmaktadır. Buradan şu söylenebilir ki, zaman zaman merdanelerin kalibrelerinde meydana gelen aşınmaların kontrol edilmeleri zarureti ortaya çıkmaktadır.

4.3 Çelik çubukların çekme deneyinde ( Tablo 7 şekil 2 'de) elde edilen sonuçlar TS'nin istediği sonuçlarla karşılaştırıldığında ;

4.3.1 Incelenen numunelerin % 15'inin akma değerleri TS'nin istediği sınırlar içinde, % 85 ise, daha yüksek değerlerde çıkmıştır. ( $\sigma_{ak}$ ) akma gerilmesinin yüksek olması, inşaat çeliklerinde bir dezavantaj gibi gözükmesine karşılık, kopma uzaması (%  $\epsilon$ ) ile alakalıdır. İnceleme sonucu bulduğumuz (%  $\epsilon$ ) değerleri TS'nin istediği sınırlarında üzerinde olduğundan, sertlik yaratmayacak uygunlukta olduğu söylenebilir.

4.3.2 Kütükten elde edilmiş çelik çubuklarla, hurda gemi sacından elde edilmiş çelik çubukların mekanik özellikleri ( $\sigma_{ak}$ ,  $\sigma_{ij}$  ve %  $\epsilon$ ) arasında, ayrıca TS değerlerinin de üzerinde farklılıklar olduğu görülmüştür. Bu farkın, içyapı farklılığından ileri geldiği söylenebilir (bak tablo 7).

4.4 Katlama deneyleri şekil 2 'de görüldüğü gibi TS 205'e uygun şekliyle yapılmış ve numunelerin % 10'unda çok az çatlama gözlenirken % 90'ında çatlama ve kırılmaya rastlanmamıştır. Çatlama P, S ve C birikintilerinden ileri gelebileceği söylenebilir.

4.5 Gemi hurda sacı malzemeleri, genellikle deniz suyunun korozyonundan etkilenmeyen, akma mukavemetleri yüksek, kaynak kabiliyetleri iyi, gevrek kırılmaya karşı

emniyetleri yüksek olan sac malzemelerdir. Tablo 8'de literatürden alınma, muhtemel gemi sacı kimyasal kompozisyonları gösterilmiştir. Tablo 9'da ise, Balıkesir haddehanelerinden alıp İzmir METAŞ fabrikasında spektrometre ile analizini yaptırdığımız numunelerin sonuçları görülmektedir.

4.6 Haddehanelerin teknoloji yenileme yolunu seçmedikleri, sağlığa uygun şartlarda çalışmadıkları bir gerçek olarak gözlenmiştir. Teknoloji yenileme, arz/talep dengesine çok bağlı olduğundan, bu yol şimdilik kapalı görülmektedir. Zira zaman zaman talebin yetersiz kalışı buna manidir (7).

Son olarak şunu söyleyebiliriz ki, bu çalışmanın amacı; ülkemizde özellikle 1984-1990 yılları arasında yaşanan kooperatifleşme furcasında, Balıkesirdeki haddehanelerimizde üretilen çeliklerin standartlara uyup uymadığının araştırılmasıydı. Bu çalışmadan sonra rahatlıkla diyebiliriz ki; kullandığımız inşaat çubukları TS' standartlarına uygundur hatta daha da ileri seviyededir. Ancak, sanayide ileri ülkeler, düz yüzeyli inşaat çelikleri yerine, nervürlü betonarme çelikleri kullanmaktadırlar. İnşaat çeliği sarfiyatında tasarrufa gitmek için bu çeliklerin üretimini ve kullanımını teşvik etmeyi de önerdiğimizizi belirtmek isteriz (2).

#### K A Y N A K Ç A

1. TSE Normları TS 708, TS 138, TS 205
2. İnşaat Sektöründe Vasıflı Çelik Kullanılmasını Teşvik Sempozyumu, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 1975.
3. Izzız S. Çelik El Kitabı (Fasikül 1-5)
4. Tekin ,E. Demir ve Alaşımlarının Uygulamalı Optik Metallografisi-SEGEM
5. Delvecchio, O. Young, C. "Empirical Models for Predicting the Mechanical Properties of Reinforcing Bar". Iron and Steel Maher Vol 12, pp 10-14, 1985.
6. Metals Handbook Atlas of Microstructures of Industrial Alloys, Volume 7.
7. Gülaç, S. "Balıkesir Haddehanelerinde İmal Edilen İnşaat Çeliklerinin TSE' normlarına uygunluğunun araştırılması" Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniver., Eylül 1988.

Tablo I. Beton çelik çubukların sınıflandırılması ve mekanik özellikleri.

Tipler	Düz Yüzeyle	Nervürlü (N) Profilli (P)			
		Doğal Sertlikte (a)		Soğukta İşlem Görmüş (b)	
	Sembol	I a	III a	III b.	IVbs   IVbk
Anma Çapı (mm)		5-28	5-28	5-12   14-28	4-16
(1) Minimum akma sınırı $f_{yk}$ veya $f_{0,2}$ kgf/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )		2200 (220)	4200 (420)	4200 (420)	5000 (500)
Maksimum akma sınırı $f_{ymax}$ kgf/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )		3200 (320)	5700 (570)	-	-
(2) Minimum çekme muk. $f_{su}$ kgf/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )		3400 (340)	5000 (500)	5000 (500)	5500 (550)
(3) Kaynaklama şekli		A	A	A   AE ND   ND	A   - ND   -
(4) Minimum kopma uzaması ( $\delta$ ) (%)		18	12	10	8   5
Katlama deneyi için mandrel çapı (Katlama açısı 180°)		2 $\phi$	-	-	-
İleri geri eğme deneyinde $\phi$ mm anma çaplarına göre kullanılacak eğme silindiri çapları	$\phi \leq 12$	-	5 $\phi$	5 $\phi$	4 $\phi$
	$14 \leq \phi \leq 18$	-	6 $\phi$	6 $\phi$	6 $\phi$
	$20 \leq \phi \leq 28$	-	8 $\phi$	8 $\phi$	-

A :Direnc alın kaynağı E :Bindirmeli elektrik ark kaynağı

ND : Nokta direnc kaynağı

Tablo 2 . Yuvarlak çubuklarda anma çapları ve toleransları

Anma Çapı ( $\phi$ ) ve Toleransları (mm)		Anma Kütlesi (kg/m)	Kesit Alanı (cm <sup>2</sup> )
	Tolerans		
5	± 0,4	0,154	0,196
6		0,222	0,283
7		0,302	0,385
8		0,395	0,503
10		0,617	0,785
12		0,885	1,131
14		1,21	1,54
16	± 0,5	1,58	2,01
18		2,00	2,54
20		2,47	3,14
22		2,98	3,80
24		3,55	4,52
26	± 0,6	4,17	5,31
28		4,83	6,16
30		5,55	7,07
32		6,31	8,04
34		7,13	9,08
36	± 0,8	7,99	10,2
38		8,90	11,3
40		9,87	12,6
45		12,5	15,9
50		15,4	19,6
60	± 1	22,2	28,3

Tablo 3. Katlama deneyi parça boyut ve toleransları, deney koşulları (TS 205).

Anma Çapı d (mm)	Anma Çapı	Toleransı	Deney parçası uzunluğu en az (mm)	Desteklerin Çapı (mm)	Eğme Mandreli Çapı (mm)	Desteklerin Açıklığı (mm)	Deneyin Başlangıcında Uyg. Kuvvet (kgf)
	İşlenmemiş deney parçasında (mm)	İşlenmiş deney parçasında (mm)					
10	1)	$\pm 0,1$	220	20-30	10-15	200	2-4
13	$+ \frac{1}{0}$	$\pm 0,1$	300			260	4-8
20	$+ \frac{1,5}{0}$	$\pm 0,2$	450	50-60	25-30	400	10-20
30	$+ \frac{2}{0}$	$\pm 0,2$	650			600	20-40
45	+2,5	-	1000			900	40-80

1) 10 mm anma çapındaki deney parçası, genel olarak her yüzeyi işlenmiş durumda kullanılır.

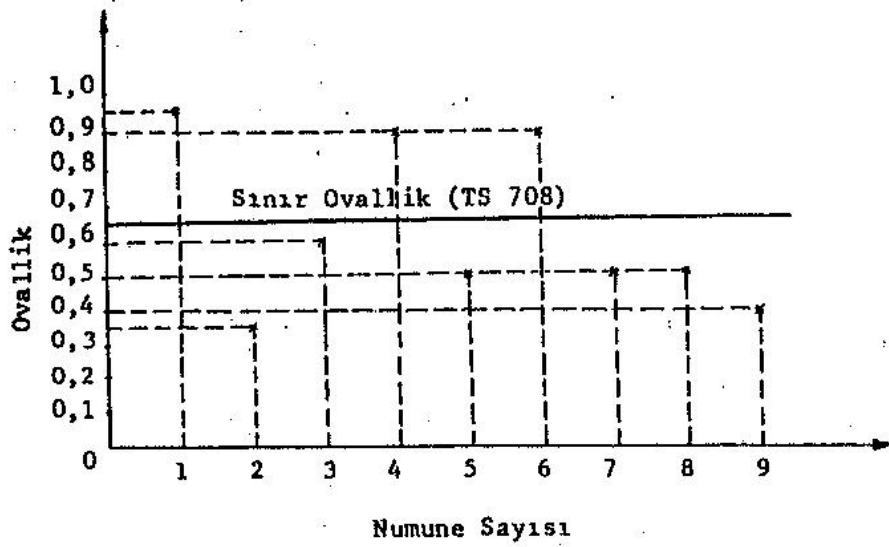
Tablo 5. Yuvarlak çelik çubuklarda numune alımı.

Alınan Firmalar	Numune Sayısı	Numune Çapları ( $\phi$ )
1. Firma	3	8-12-12
2. Firma	2	8-8
3. Firma	2	8-12
4. Firma	3	10-10-10
5. Firma	3	8-10-10
6. Firma	3	8-8-10
7. Firma	3	10-10-12
8. Firma	3	8-8-10
9. Firma	3	12-12-12
10. Firma	2	12-12
11. Firma	3	8-8-8
12. Firma	3	8-8-12
13. Firma	3	8-8-8



Tablo 6 . Ovallık ve çap toleransları

Firma No	Küçük Çap $d_1$ (mm)	Büyük Çap $d_2$ (mm)	Ovallık ( $d_2-d_1$ )	Çap Toleransının % 80'i
1	8,4	9,35	0,95	0,64
5	8,1	8,45	0,35	0,64
6	9,3	9,9	0,6	0,64
7	11,6	12,5	0,9	0,64
8	11,3	11,8	0,5	0,64
9	12	12,9	0,9	0,64
10	11,1	11,6	0,5	0,64
11	8,3	8,8	0,5	0,64
12	12,1	12,5	0,4	0,64



Şekil 1. Ovallık değerleri.

Tablo 7 . Çekme deneyinde (  $\sigma$  -  $\epsilon$  ) elde edilen sonuçlar

Firma	Numune	Çap Ölçümleri			Ort. Çap mm	Kesit mm <sup>2</sup>	$\sigma_A$ kp/mm <sup>2</sup>	$\sigma_S$ kp/mm <sup>2</sup>	$\epsilon$
		1.Çap mm	2.Çap mm	3.Çap mm					
1. (S15)	1.	8,4	8,6	8,7	8,56	57,55	37,36	52,99	30
	2.	11,3	11,5	11,2	11,33	100,82	47,11	66,45	27
	3.	11,5	11,8	11,4	11,56	104,95	50,40	70,51	25
2. (S16)	1.	8,1	8,5	8,3	8,3	54,12	34,18	44,81	34
	2.	7,8	7,4	7,4	7,53	44,53	42,67	56,14	37
3. (S17)	1.	8	7,9	7,8	7,9	49,02	39,79	56,10	38
	2.	11,4	11,5	11,6	11,6	105,68	38,79	44,71	20
4. (S18)	1.	9,1	9	9,3	9,13	65,47	42,77	56,13	34
	2.	9,1	9,4	9,5	9,33	68,37	39,49	53,39	34
	3.	9	9	9,1	9,06	64,47	42,65	57,78	38
5. (S19)	1.	9,9	10	10	9,96	77,91	34,01	47,49	35
	2.	9,6	10,1	9,8	9,83	75,89	36,24	54,03	30
	3.	8,4	8,3	8,4	8,36	54,89	52,83	58,30	34
6. (S20)	1.	8,8	8,7	8	8,5	56,75	22,91	36,12	45
	2.	8	8	7,9	7,96	49,76	23,11	43,21	41
	3.	9	9,1	9,3	9,13	65,47	34,37	51,93	33
7. (S21)	1.	9,4	9,3	9,3	9,36	68,81	42,87	52,32	38
	2.	9,3	9,3	9,4	9,36	68,81	49,41	61,04	33
	3.	11,5	11,5	11,5	11,5	103,87	38,51	46,21	34
8. (S22)	1.	8	7,9	8	7,96	49,76	42,20	55,26	36
	2.	8	8	8	8	50,26	44,77	66,65	32
	3.	10	10,2	10,2	10,13	80,59	40,95	48,70	33
9. (S23)	1.	12	12	12,1	12,06	114,23	36,99	47,71	32
	2.	11,9	12	12	11,96	112,34	32,05	47,62	38
	3.	12,3	12,2	12,4	12,3	118,82	32,19	45,45	40
10. (S24)	1.	11,4	11,4	11,4	11,4	102,07	36,74	51,92	34
	2.	11,4	11,4	11,4	11,4	102,07	31,84	53,88	35
11. (S25)	1.	8,2	8,3	8,2	8,23	53,20	43,23	60,15	32
	2.	8,4	8,3	8,4	8,36	54,89	40,99	59,66	33
	3.	8,1	8,1	8,2	8,13	51,91	43,34	61,65	32
12. (S26)	1.	8,2	8,2	8,3	8,23	53,20	67,67	87,41	28
	2.	8,3	8,3	8,3	8,3	54,11	66,53	84,09	28
	3.	12,2	12,1	12,2	12,16	116,13	36,17	53,60	35
13. (S27)	1.	8,2	8,2	8,2	8,2	52,81	36,45	52,07	33
	2.	9	8,8	8,9	8,9	62,21	45,81	62,69	31
	3.	8,8	8,9	8,8	8,83	61,24	46,54	59,60	33

Tablo 8. a)- Gemi sacı malzemelerinin mekanik özellikleri

Sembol	%C	$\sigma_A$ (kp/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_C$ (kp/mm <sup>2</sup> )	%e
X12MnCr1812	0,15	30	65-80	45
X5CrNi1811	0,07	20	50-70	50
St 42,2	0,24	26	42-50	22
St 46,2	0,20	29	44-54	22
St 52,3	0,20	36	52-62	22

Tablo 8. b)- Gemi sacı malzemelerinin kimyasal kompozisyonları

Sembol	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%N
X12MnCr1812	0,15	1	18	0,08	0,03	12	2
X5CrNi1811	0,07	1	2	0,045	0,03	18	10
SAE 1017	0,15-0,20	-	0,30-0,60	0,040	0,050	-	-

Tablo 9. Kimyasal analiz sonuçları

Yirma	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Ni	%Cu	%Mo	%Al
7. (Gemi Saçlı)	0,14	0,31	0,76	0,022	0,018	0,02	0,01	0,02	0,014	0,045
12. (Kütük)	0,26	0,01	0,45	0,015	0,030	0,06	0,03	0,06	0,014	0,002