

## 前 言

本标准的型号、尺寸、外形非等效采用欧洲标准 EN 10067:1996《热轧球扁钢尺寸、外形、重量及允许偏差》；化学成分、力学性能与国际船级社统一要求、中国船级社规范及 GB 712—2000《船体用结构钢》一致。并结合我国实际情况对 GB/T 9945—1988《造船用球扁钢》进行修订。

本标准此次修订对下列技术内容进行了修改：

——完善规格系列。将欧洲标准 EN 10067:1996 系列规格列入本标准表 1 中，增加 4 号规格球扁钢并与原标准 5 号~27 号规格列入本标准表 2。

——将球扁钢的腹板厚度负偏差调整为不小于 $-0.3\text{ mm}$ ，并保持公差带不变。

——增加钢等级 D、E、A32、D32、E32、A36、D36、E36、A40、D40，其化学成分和力学性能指标与国际船级社统一要求、中国船级社规范及 GB 712—2000《船体用结构钢》一致。

——增加对球扁钢切斜度的要求。

——明确力学性能试样的取样部位。

——补充规定了允许缺陷的深度及缺陷的清理深度都要保证球扁钢的最小厚度。

本标准自实施之日起，代替 GB/T 9945—1988《造船用球扁钢》。

本标准由原国家冶金工业局提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：重庆钢铁(集团)有限责任公司、冶金工业信息标准研究院。

本标准主要起草人：曾谨涛、李家春、杜大松、栾 燕、贾安才、肖 亚、原建华。

本标准于 1988 年 9 月首次发布。

# 中华人民共和国国家标准

## 热轧球扁钢

Hot-rolled bulb flat steel

GB/T 9945—2001

代替 GB/T 9945—1988

### 1 范围

本标准规定了结构用球扁钢的型号、尺寸、外形、重量及允许偏差、技术要求、试验方法、检验规则和包装、标志及质量证明书等。

本标准适用于船舶制造、海洋工程及钢结构等用途的热轧不对称球扁钢。

### 2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB/T 222—1984 钢的化学分析用试样取样法及成品化学成分允许偏差
- GB/T 223.3—1988 钢铁及合金化学分析方法 二安替吡啉甲烷磷钼酸重量法测定磷量
- GB/T 223.9—2000 钢铁及合金化学分析方法 铬天青 S 光度法测定铝含量
- GB/T 223.11—1991 钢铁及合金化学分析方法 过硫酸铵氧化容量法测定铬量
- GB/T 223.14—2000 钢铁及合金化学分析方法 钼试剂萃取光度法测定钒含量
- GB/T 223.17—1989 钢铁及合金化学分析方法 二安替吡啉甲烷光度法测定钛量
- GB/T 223.18—1994 钢铁及合金化学分析方法 硫代硫酸钠分离-碘量法测定铜量
- GB/T 223.23—1994 钢铁及合金化学分析方法 丁二酮肟分光光度法测定镍量
- GB/T 223.27—1994 钢铁及合金化学分析方法 硫氰酸盐-乙酸丁酯萃取分光光度法测定钼量
- GB/T 223.60—1997 钢铁及合金化学分析方法 高氯酸脱水重量法测定硅含量
- GB/T 223.63—1988 钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠(钾)光度法测定锰量
- GB/T 223.68—1997 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后碘酸钾滴定法测定硫含量
- GB/T 223.69—1997 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后气体容量法测定碳含量
- GB/T 228—1987 金属拉伸试验方法
- GB/T 229—1994 金属夏比缺口冲击试验方法
- GB/T 232—1999 金属弯曲试验方法
- GB/T 2101—1989 型钢验收、包装、标志及质量证明书的一般规定
- GB/T 2975—1998 钢及钢产品力学性能试验取样位置及试样制备
- GB/T 6397—1986 金属拉伸试验试样
- GB/T 17505—1998 钢及钢产品一般交货技术要求

### 3 型号、尺寸、外形、重量及允许偏差

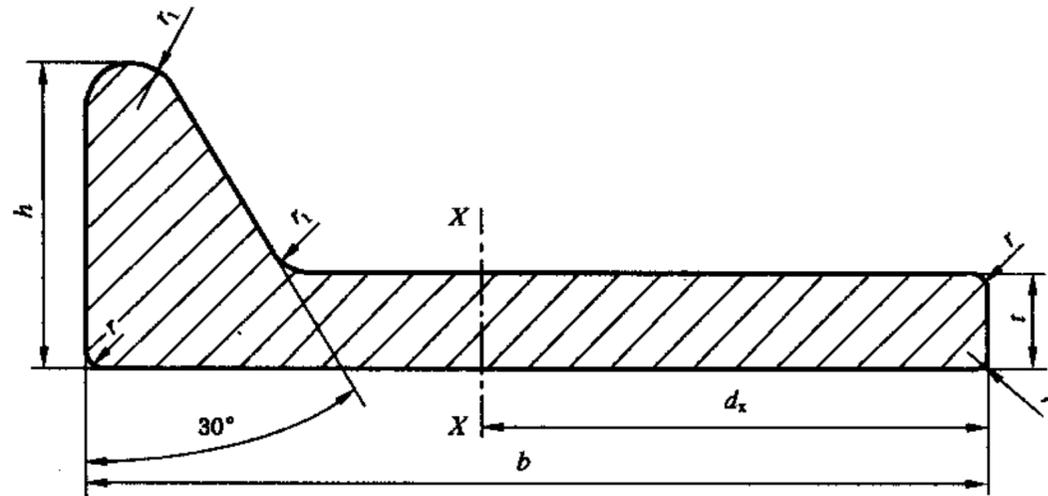
#### 3.1 尺寸

##### 3.1.1 截面尺寸及允许偏差

国家质量监督检验检疫总局 2001-12-17 批准

2002-05-01 实施

3.1.1.1 球扁钢的截面图示及标注符号如图 1 所示。



$h$ —高度; $b$ —宽度; $t$ —腹板厚度; $r_1$ —球顶面与腹板间的圆角半径、球端圆角半径  
 $r$ —腹板端部圆角半径; $d_x$ —重心距离

图 1

3.1.1.2 球扁钢的型号、公称尺寸、截面面积、理论重量、截面特性参数应符合表 1 或表 2 的规定。

表 1 公称尺寸、截面面积、理论重量、截面特性参数

型号	公称尺寸/mm					截面面积/ cm <sup>2</sup>	理论重量/ (kg/m)	重心距离 $d_x$ / cm	X-X 轴特征值	
	$b$	$t$	$h$	$r_1$	$r$				$I_x$ / cm <sup>4</sup>	$W_x$ / cm <sup>3</sup>
80×5	80	5	19	4	≤1.5	5.41	4.25	4.90	33.87	6.91
80×6	80	6	20	4	≤2	6.21	4.88	4.78	38.70	8.1
100×7	100	7	22.5	4.5	≤2	8.74	6.86	5.87	85.30	14.5
100×8	100	8	23.5	4.5		9.74	7.65	5.78	94.30	16.31
120×6	120	6	23	5	≤2	9.32	7.32	7.21	133	18.5
120×7	120	7	24	5		10.52	8.26	7.07	149	21
120×8	120	8	25	5		11.72	9.20	6.96	165	23.6
140×7	140	7	26	5.5	≤2	12.43	9.75	8.32	241	29.0
140×8	140	8	27	5.5	≤2	13.83	10.85	8.18	266	32.5
140×10	140	10	29	5.5	≤3	16.63	13.05	7.99	315	39.5
160×7	160	7	29	6	≤2	14.60	11.46	9.66	373	38.6
160×8	160	8	30	6	≤2	16.20	12.72	9.50	411	43.3
160×9	160	9	31	6	≤2	17.80	13.97	9.37	449	47.9
160×11	160	11	33	6	≤3	21.00	16.49	9.16	522	57.0
180×8	180	8	33	7	≤2	18.86	14.80	10.89	609	55.9
180×9	180	9	34	7	≤2	20.66	16.22	10.73	664	61.8
180×10	180	10	35	7	≤3	22.46	17.63	10.59	717	67.7
180×11	180	11	36	7	≤3	24.26	19.04	10.47	770	73.5
200×9	200	9	37	8	≤2	23.66	18.57	12.12	942	77.7
200×10	200	10	38	8	≤3	25.66	20.14	11.96	1 017	85.1
200×11	200	11	39	8	≤3	27.66	21.71	11.82	1 091	92.3
200×12	200	12	40	8	≤3	29.66	23.28	11.69	1 164	99.5
220×10	220	10	41	9	≤3	29.00	22.77	13.35	1 396	105
220×11	220	11	42	9	≤3	31.20	24.50	13.19	1 496	114
220×12	220	12	43	9	≤3	33.40	26.22	13.04	1 595	122

表 1(完)

型号	公称尺寸/mm					截面 面积/ cm <sup>2</sup>	理论 重量/ (kg/m)	重心距离 <i>d<sub>x</sub></i> / cm	X-X 轴特征值	
	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>h</i>	<i>r</i> <sub>1</sub>	<i>r</i>				<i>I<sub>x</sub></i> / cm <sup>4</sup>	<i>W<sub>x</sub></i> / cm <sup>3</sup>
240×10	240	10	44	10	≤3	32.49	25.50	14.77	1 865	126
240×11	240	11	45	10	≤3	34.89	27.39	14.58	1 997	137
240×12	240	12	46	10	≤3	37.29	29.27	14.42	2 127	148
260×10	260	10	47	11	≤3	36.11	28.35	16.22	2 434	150
260×11	260	11	48	11	≤3	38.71	30.39	16.00	2 605	163
260×12	260	12	49	11	≤3	41.31	32.43	15.81	2 774	175
280×11	280	11	51	12	≤3	42.68	33.50	17.44	3 333	191
280×12	280	12	52	12	≤3	45.48	35.70	17.23	3 647	206
280×13	280	13	53	12	≤3	48.28	37.90	17.04	3 757	221
300×11	300	11	54	13	≤3	46.78	36.70	18.90	4 192	222
300×12	300	12	55	13	≤3	49.79	39.09	18.70	4 459	239
300×13	300	13	56	13	≤3	52.79	41.44	18.45	4 722	256
320×12	320	12	58	14	≤3	54.25	42.60	20.12	5 525	275
320×13	320	13	59	14	≤3	57.25	45.09	19.89	5 849	294
320×14	320	14	60	14	≤4	60.85	47.60	19.68	6 168	313
340×12	340	12	61	15	≤3	58.84	46.20	21.69	6 757	313
340×13	340	13	62	15	≤3	62.24	48.86	21.34	7 152	335
340×14	340	14	63	15	≤4	65.54	51.50	21.10	7 540	357
370×13	370	13	66.5	16.5	≤3	69.70	54.70	23.54	9 469	402
370×14	370	14	67.5	16.5	≤4	73.40	57.60	23.29	9 980	429
370×15	370	15	68.5	16.5	≤4	77.10	60.50	23.06	10 483	456
400×14	400	14	72	18	≤4	81.48	63.96	25.49	12 924	507
400×15	400	15	73	18	≤4	85.48	67.10	25.24	13 573	538
400×16	400	16	74	18	≤4	89.48	70.20	25.00	14 211	568
430×14	430	14	76.5	19.5	≤4	89.70	70.60	27.70	16 460	594
430×15	430	15	77.5	19.5	≤4	94.19	73.90	27.46	17 249	629
430×17	430	17	79.5	19.5	≤4	102.79	80.70	26.95	18 853	700
430×19	430	19	81.5	19.5	≤4	111.39	87.40	26.53	20 413	770
430×20	430	20	82.5	19.5	≤4	115.00	90.80	26.30	21 180	804

表 2 公称尺寸、截面面积、理论重量、截面特性参数

型号	公称尺寸/mm					截面 面积/ cm <sup>2</sup>	理论 重量/ (kg/m)	重心距离 <i>d<sub>x</sub></i> / cm	X-X 轴特征值	
	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>t</i>	<i>r</i> <sub>1</sub>	<i>r</i>				<i>I<sub>x</sub></i> / cm <sup>4</sup>	<i>W<sub>x</sub></i> / cm <sup>3</sup>
40×3.5	40	14	3.5	2	≤1.5	2.03	1.59	2.37	3.16	1.33
50×4	50	16	4	2.5		2.87	2.26	3.13	6.88	2.36
60×5	60	19	5	3.5		4.31	3.38	3.75	14.73	4.21
70×5	70	21	5	3.5		5.09	4.00	4.42	23.97	5.93
80×5	80	22	5	4		5.87	4.61	5.08	36.22	7.96
90×5.5	90	24	5.5	4		7.07	5.55	5.66	55.86	10.97
100×6	100	26	6	5		8.67	6.81	6.31	84.08	14.88

表 2(完)

型号	公称尺寸/mm					截面 面积/ cm <sup>2</sup>	理论 重量/ (kg/m)	重心距离 <i>d<sub>x</sub></i> / cm	X-X 轴特征值	
	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>t</i>	<i>r</i> <sub>1</sub>	<i>r</i>				<i>I<sub>x</sub></i> / cm <sup>4</sup>	<i>W<sub>x</sub></i> / cm <sup>3</sup>
120×6.5	120	30	6.5	5	≤2.0	11.19	8.78	7.57	158.20	23.54
140×7	140	33	7	6		14.13	11.10	8.86	272.23	34.95
140×9	140	35	9	6		16.93	13.30	8.55	326.05	41.59
160×8	160	36	8	7		18.04	14.17	10.02	455.35	51.45
160×10	160	38	10	7		21.24	16.68	9.72	534.73	60.01
180×9	180	40	9	7		22.28	17.50	11.16	716.85	72.26
180×11	180	42	11	7	25.88	20.32	10.86	828.50	83.02	
200×10	200	44	10	8	≤3.0	27.47	21.58	12.39	1 089.90	98.90
200×12	200	46	12	8		31.47	24.72	12.08	1 243.10	112.93
220×11	220	48	11	8.5		32.94	25.87	13.57	1 584.10	130.92
220×13	220	50	13	8.5		37.34	29.33	13.27	1 787.20	146.97
240×12	240	52	12	9		38.91	30.55	14.75	2 229.60	169.04
240×14	240	54	14	9		43.71	34.32	14.45	2 492.40	188.25
270×12	270	55	12	9.5	43.92	34.53	16.66	3 206.50	217.83	
270×14	270	57	14	9.5	49.37	38.77	16.31	3 582.50	201.49	

3.1.1.3 球扁钢截面尺寸允许偏差应符合表 3 的规定。

表 3 尺寸允许偏差

mm

公称尺寸				允许偏差		
<i>b</i>		<i>t</i>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>h</i>
>	≤					
	70	≤5	14~21	±1.0	+0.6 -0.3	±0.5
70	120	5~8	19~30	±1.5	+0.7 -0.3	
120	180	6~11	26~38	±2.0	+1.0 -0.3	±0.8
180	300	8~14	37~57	±3.0	+1.1 -0.3	±0.95
300	430	11~20	58~82.5	±4.0	+1.3 -0.3	±1.10

### 3.1.2 长度及允许偏差

3.1.2.1 球扁钢的通常长度为 4 000 mm~12 000 mm。

3.1.2.2 球扁钢的长度允许偏差为 +80 mm。

### 3.2 外形

#### 3.2.1 弯曲度

球扁钢每米弯曲度不大于 3 mm, 总弯曲度不大于总长度的 0.3%。

## 3.2.2 扭转

球扁钢不得有明显扭转。

## 3.2.3 端部切斜

球扁钢端部切斜不得大于 5 mm。

## 3.3 重量

球扁钢按理论重量交货。交货的理论重量按照定倍尺长度计算。交货的理论重量与实际重量允许有一定偏差,当交货重量不小于 5 t 时,其偏差为: $\pm 6\%$ ;当交货重量小于 5 t 时,其偏差为: $\pm 8.7\%$ 。型钢也可按实际重量交货,但需在合同中注明。

## 3.4 标记

3.4.1 球扁钢的标记由球扁钢的公称宽度和厚度、钢等级、标准号等组成。按表 2 订货和生产的球扁钢在厚度后加“Ⅰ”,以区别于按表 1 订货和生产的球扁钢。

标记示例:按表 2 公称宽度为 100 mm、公称厚度为 6 mm、钢等级为 A 的球扁钢的标记为:

球扁钢·100×6Ⅰ·A—GB/T 9945—2001

## 4 技术要求

## 4.1 牌号和化学成分

4.1.1 球扁钢的牌号和化学成分(熔炼成分)应符合表 4 规定。

表 4 化学成分

%(质量分数)

钢类	钢等级	C	Mn	Si	P	S	Als	Nb	V	Ti
一般 强度钢	A	≤0.21	≥2.5C	≤0.50	≤0.035	≤0.035	≥0.015	0.02~ 0.05	0.05~ 0.10	≤0.02
	B		0.60~1.20	≤0.35	≤0.035	≤0.035				
	D		0.60~1.20	≤0.35	≤0.035	≤0.035				
	E	0.70~1.20	≤0.35	≤0.035	≤0.035					
高强 度钢	A32	≤0.18	0.90~1.60	≤0.50	≤0.035	≤0.035	≥0.015	0.02~ 0.05	0.05~ 0.10	≤0.02
	D32				≤0.035	≤0.035				
	E32				≤0.035	≤0.035				
	A36				≤0.035	≤0.035				
	D36				≤0.035	≤0.035				
	E36				≤0.035	≤0.035				
	A40				≤0.035	≤0.035				
	D40				≤0.035	≤0.035				

4.1.1.1 可以测定总铝(Alt)含量代替酸溶铝(Als)含量,此时总铝的质量分数应不小于 0.020%。

4.1.1.2 对高强度球扁钢,按表 4 中规定的 Al、Nb、V、Ti 等元素,单独或以任一组合形式加入钢中,当单独加入时,其含量应符合表 4 的规定,混合加入两种或两种以上时其总质量分数不得大于 0.12%。

4.1.1.3 一般强度钢,钢中 Cu 的质量分数应不大于 0.35%,Cr、Ni 的质量分数应不大于 0.30%。供方若能保证合格可不作分析。

4.1.1.4 高强度钢中残余元素含量应符合表 5 的规定。

表 5 残余元素

残余元素	Ni	Cr	Cu	Mo
质量分数/%	≤0.40	≤0.20	≤0.30	≤0.08

4.1.1.5 一般强度钢的碳当量为  $C+1/6Mn \leq 0.40\%$ 。

4.1.1.6 高强度钢的碳当量一般不大于 0.40%，如果大于 0.40% 应在质量证明书中注明。高强度钢碳当量，根据钢熔炼分析成分按下列公式计算：

$$\text{碳当量} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

4.1.2 球扁钢成品的化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

4.1.3 经供需双方协议并在合同中注明，也可供应其他等级的球扁钢，其化学成分和力学性能指标由供需双方协商确定。

#### 4.2 冶炼方法

球扁钢采用氧气转炉或电炉冶炼的钢制造。

#### 4.3 交货状态

球扁钢以热轧或热处理状态交货。

#### 4.4 力学性能

4.4.1 球扁钢的力学性能和工艺性能应符合表 6 的规定。

表 6 力学性能和工艺性能

钢等级	屈服点 $\sigma_s$ / MPa	抗拉强度 $\sigma_b$ / MPa	断后伸长率 $\delta_5$ / %	冲击功 $A_{kv}$ /J			冷弯 180°试验
				试验温度 ℃	纵向	横向	
A	≥235	400~520	≥22		≥27	≥20	$d=2t$
B				0			
D				-20			
E				-40			
A32	≥315	440~570	≥22	0	≥31	≥22	
D32				-20			
E32				-40			
A36	≥355	490~620	≥21	0	≥34	≥24	
D36				-20			
E36				-40			
A40	≥390	510~660	≥20	0	≥41	≥27	
D40				-20			

注： $d$  为弯芯直径； $t$  为球扁钢厚度。

4.4.2 表 6 所列的是 10 mm×10 mm×55 mm 标准试样的冲击功，当采用 7.5 mm×10 mm×55 mm 和 5 mm×10 mm×55 mm 小尺寸试样作冲击试验时，其试验结果应符合表 7 规定。

表 7 小尺寸试样冲击功

钢等级	试样尺寸/mm	冲击功/J	
		纵向	横向
A B D E	10×7.5	22	17
	10×5.0	18	13
A32 D32 E32	10×7.5	26	18
	10×5.0	21	15
A36 D36 E36	10×7.5	28	20
	10×5.0	23	16
A40 D40	10×7.5	34	23
	10×5.0	27	18

4.4.3 冲击试验的结果按 GB/T 17505—1998 中 8.3.4.2 条的规定评定。

4.4.4 表 2 中 40×3.5、50×4、60×5、70×5 型号的球扁钢,可不作冲击试验。

4.4.5 如订货合同未注明,冲击试验仅做纵向试验。

4.4.6 冷弯试验后,试样弯曲外表面应无目视可见裂纹。若供方能保证冷弯试验合格,可不进行冷弯试验。

#### 4.5 表面质量

4.5.1 球扁钢表面不得有裂纹、结疤、夹杂、折叠;端部不得有分层;允许有深度不超过厚度公差 1/4 的个别发纹、麻点、凹坑和划痕,并保证最小厚度。

4.5.2 球扁钢表面缺陷允许清除,清除处应圆滑无棱角,清除宽度不得小于清除深度的 5 倍,清除深度从实际尺寸算起不得大于厚度公差之半,并保证最小厚度。球扁钢不得进行横向清除缺陷。

4.5.3 球扁钢表面上的任何缺陷不得进行焊补。

### 5 试验方法

5.1 球扁钢的检验项目、取样数量、试验方法应符合表 8 的规定。

表 8 检验项目、取样数量及试验方法

序号	检验项目	取样数量	取样方法	试验方法
1	化学分析	每炉 1 个	GB/T 222	GB/T 223
2	拉伸试验	每批 1 个	GB/T 2975、6.3	GB/T 228 GB/T 6397
3	弯曲试验	每批 1 个	GB/T 2975、6.3	GB/T 232
4	冲击试验	每批 3 个	GB/T 2975、6.3	GB/T 229
5	尺寸、外形	逐支		卡尺、样板
6	表面	逐支		目视

### 6 检验规则

#### 6.1 检查和验收

球扁钢的质量由供方质量技术监督部门进行检查和验收。需方有权对本标准或合同所规定的任一

检验项目进行检查和验收。

## 6.2 组批规则

球扁钢应按批检查和验收,每批应由同一牌号、同一规格、同一炉罐号或同一热处理状态的型钢组成。一般强度 A、B、D 级球扁钢每批重量不得大于 50 t,一般强度 E 级和高强度球扁钢每批重量不得大于 25 t。

## 6.3 取样位置

应从球扁钢腹板三分之一处切取矩形拉力、弯曲和冲击样坯,如图 2 所示。当腹板厚度  $t \leq 7$  mm 时,应在球头取冲击样坯。

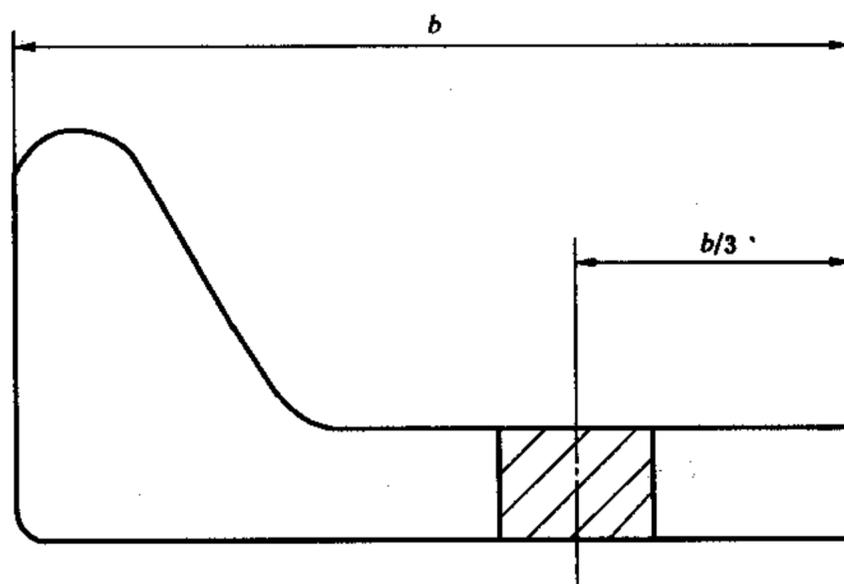


图 2

## 6.4 取样数量

球扁钢的质量检验取样数量应符合表 7 的规定。

## 6.5 复验与判定规则

球扁钢的复验与判定规则按 GB/T 17505—1998 标准中 8.3.4 的有关规定执行。

## 7 包装、标志及质量证明书

### 7.1 包装

7.1.1 球扁钢应按同一倍尺、同一方向叠落整齐、包装捆扎牢固。

7.1.2 球扁钢应成捆交货。

### 7.2 标志

7.2.1 球扁钢每捆挂两个标牌,注明型号、钢等级、炉罐号及生产厂商标。在每捆球扁钢上应至少书写一处炉罐号。

### 7.3 质量证明书

7.3.1 球扁钢的质量证明书应符合 GB/T 2101 的规定。

7.3.2 根据需方要求应提供中英文对照的质量证明书。