

金属布氏硬度与洛氏硬度 试验方法国家标准的新变化

辽宁五一八内燃机配件有限公司 (118009) 王开远

硬度是金属零件力学性能的重要技术指标之一。金属维氏硬度试验、金属布氏硬度试验和金属洛氏硬度试验是金属件常用的硬度测试方法。这三种硬度试验方法已有相应的国家标准,其现行版本分别为 GB/T4340.1—1999《金属维氏硬度试验 第1部分:试验方法》、GB/T231.1—2002《金属布氏硬度试验 第1部分:试验方法》及 GB/T230.1—2004《金属洛氏硬度试验 第1部分:试验方法》。由于金属布氏硬度试验方法与金属洛氏硬度试验方法两项标准是近几年才修订的,因此,本文仅对这两项新版硬度试验方法标准中的主要变化做一介绍,供实际操作时参考。

一、金属布氏硬度试验方法标准

1. 概述

GB/T231.1—2002《金属布氏硬度试验 第1部分:试验方法》修改采用国际标准 ISO6506—1:1999《金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法》,是对 GB/T231—1984《金属布氏硬度试验方法》的修订,并于2002年12月31日发布、2003年6月1日实施。从实施之日起代替 GB/T231—1984。

2. 取消用钢球压头进行布氏硬度试验

按旧标准规定,布氏硬度试验可以采用钢球压头或硬质合金球压头两种。压头为钢球时,用符号“HBS”或“HB”表示;压头为硬质合金球时,用符号“HBW”表示。钢球压头的布氏硬度试验适用于450HBS以下的材料。硬质合金球压头的布氏硬度试验适用于650HBW以下的材料。由于淬火钢球相对硬质合金球压头容易产生变形,当布氏硬度值超过350时,用钢球和硬质合金球得到的试验结果明显不同。因此,为了统一起见,新标准只规定了硬质合金球压头一种。因此,本标准实施后,硬度计应全部采用硬质合金球压头。技术文件应一律标注符号“HBW”。

3. 取消了2mm球直径

球直径原来规定可以采用10、5、2.5、2和1共五种规格。新标准删除了“2mm”球直径,只保留10、5、2.5和1共四种规格。原因是2mm规格的球直径,与2.5mm的球直径过于接近,没必要继续保留。保留的四种规格,基本上是按照1/2的比例递增或递减的。

4. 钢类的 $0.102F/D^2$ 的比值一律为30

众所周知,布氏硬度试验由于试件厚薄的限制或由于压痕直径适用范围($0.24D \sim 0.6D$)的限制,往往需要更换负荷与球直径。为了保证在负荷与球直径变更后,在同一试样上所测得的硬度值相同,必须满足相似条件。即:试验力-压头球直径平方的比率 $0.102F/D^2$ 为常数。为此,新、旧标准都明确给出了各种材料在不同的硬度范围内所对应的 $0.102F/D^2$ 比值。该比值新、旧标准对比见表1(表中带括号的数值为尽量不选用数值)。

表1 材料 $0.102F/D^2$ 比值的对比

材料	布氏硬度		试验力-压头球直径平方的比率	
			新标准	旧标准
钢	< 140		30	10
	≥ 140		30	30
镍合金和钛合金			30	—
铸铁	< 140		10	10
	≥ 140		30	30
铜及铜合金	新标准	旧标准		
	< 35	< 35	5	5
	35 ~ 200	35 ~ 130	10	10
	> 200	> 130	30	30
轻金属及其合金	< 35		2.5	2.5 (1.25)
	35 ~ 80			10 (5 或 15)
	> 80			10 (15)
铅、锡			1	1.25 (1)

从表 1 可见,新标准将硬度范围 < 140 的钢的 $0.102F/D^2$ 比值由原来的 10 修改为 30。即:按新标准规定,不论布氏硬度小于 140,还是大于或等于 140 时,该比值一律为 30。同时增加了对镍合金和钛合金 $0.102F/D^2$ 比值的規定。镍合金和钛合金 $0.102F/D^2$ 比值与钢相同,均为 30。而铸铁的比值未变。

另外,还应注意两点:一是新、旧标准对铜及铜合金的布氏硬度分段有所不同(见表 1);二是新标准特别规定了铸铁试验用球直径规格。新标准明确规定,对于铸铁的布氏硬度试验压头球直径一般为 2.5mm、5mm 和 10mm 三种规格。这是旧标准所没有的。

5. 注意布氏硬度的表示

布氏硬度的表示方法是本标准的重要内容之一,也是技术文件标准化审查中问题较多的一个方面。新规定的布氏硬度表示方法与旧标准基本相同。其标注内容及顺序为:硬度值、符号 HBW、球直径、试验力、与规定时间不同的试验力保持时间。其中,球直径、试验力及试验力保持时间三者之间用斜杠“/”分隔。球直径及试验力应按 GB/T 231.1—2002 标准中的表 2 选取。关于试验力保持时间,新标准仍规定为 10~15s。当选用的试验力保持时间与本标准相同时,试验力保持时间可省略不标。否则,应予以标注。例如:当要求用直径 1mm 硬质合金球、在 294.2N 试验力下保持 20s 测定布氏硬度值为 600 时,则应表示为“600HBW1/30/20”。当要求用直径 5mm 的硬质合金球、在 7.355kN 试验力下保持 10~15s 测定的布氏硬度值为 350 时,则应表示为“350HBW5/750”。由于所选试验力保持时间符合本标准的规定,因此,试验力保持时间省略标注。

从技术文件标准化审查情况看,布氏硬度表示方法方面存在的主要问题有两个:一是将硬度符号标在数值前面,如类似于“HBW300”等;另一个是只标注硬度值和硬度符号,不标注所要求的球直径及试验力等内容。对此,贯彻新标准时应引起注意。

6. 试样的表面粗糙度与最小厚度

新标准对试样的表面状况、试样的制备及试样的最小厚度等都有明确规定。与旧标准相比,有两点变化:一是试样表面粗糙度的要求由原来的不低于 6 级表面光洁度改为 R_a 不大于 $1.6\mu\text{m}$;另一个是试样最小厚度的规定由至少为压痕深度的 10 倍修改为 8 倍。同时,修

改了原附录 B“试样最小厚度表”中所给出的试样最小厚度值。试样最小厚度的新、旧规定对比见表 2。

表 2 试样最小厚度的新、旧规定对比

压痕 平均 直径 d/mm	试样最小厚度				
	球直径/mm				
	$D=1$	$D=2$	$D=2.5$	$D=5$	$D=10$
0.2	0.08(0.10)				
0.3	0.18(0.23)				
0.4	0.33(0.41)				
0.5	0.54(0.68)	—(0.31)			
0.6	0.8(1.00)	—(0.46)	0.29(0.36)		
0.7		—(0.64)	0.4(0.50)		
0.8		—(0.84)	0.53(0.66)		
0.9		—(1.08)	0.67(0.84)		
1		—(1.38)	0.83(1.04)		
1.1		—(1.65)	1.02(1.28)		
1.2		—(2.00)	1.23(1.54)	0.58(0.73)	
1.3			1.46(1.83)	0.69(0.86)	
1.4			1.72(2.15)	0.8(1.00)	
1.5			2(2.50)	0.92(1.15)	
1.6				1.05(1.31)	
1.7				1.19(1.49)	
1.8				1.34(1.68)	
1.9				1.5(1.88)	
2				1.67(2.09)	
2.2				2.04(2.55)	
2.4				2.46(3.08)	1.17(1.47)
2.6				2.92(3.65)	1.38(1.73)
2.8				3.43(4.29)	1.6(2.00)
3				4(5.00)	1.84(2.30)
3.2					2.1(2.62)
3.4					2.38(2.98)
3.6					2.68(3.35)
3.8					3(3.75)
4					3.34(4.18)
4.2					3.7(4.63)
4.4					4.08(5.10)
4.6					4.48(5.60)
4.8					4.91(6.14)
5					5.36(6.70)
5.2					5.83(7.29)
5.4					6.33(7.91)
5.6					6.86(8.58)
5.8					7.42(9.28)
6					8(10)

注:括号内的数值为旧标准规定的数值。

7. 试验方法的修改

新标准在“试验方法”一章中规定的内容范围与旧标准变化不大,主要有三个不同点:一是关于施加试验力时间的规定。旧标准按黑色金属和有色金属分别作出规定。黑色金属的试验力保持时间规定为10~15s;有色金属为 (30 ± 10) s;布氏硬度小于35时为 (60 ± 2) s;而新标准则只规定10~15s一种试验力保持时间,即不论何种金属,标准的试验力保持时间都相同。同时,给出了要求试验力保持时间较长的材料的试验力保持时间允差。新标准规定,对于要求试验力保持时间较长的材料,试验力保持时间允许误差为 ± 2 s。新标准虽然未直接给出类似于有色金属这样的软金属的试验力保持时间,但一般而言,软金属要获得稳定的布氏硬度值,其试验力保持时间应适当加长。二是关于两相邻压痕中心距的规定。新标准将两相邻压痕中心距由至少为压痕平均直径的4倍修改为3倍。三是新标准取消了关于压痕两直径最大差不应超过较小直径的2%这一规定。对压痕两直径差不再提出具体要求。

8. 增加试验报告的规定

新标准增加了“试验报告”一章。新标准规定的试验报告内容包括:

- (1) 本国家标准编号。
- (2) 有关试样的详细资料。
- (3) 试验温度。
- (4) 试验结果。
- (5) 不在本标准规定之内的各种操作。
- (6) 影响试验结果的各种细节。

9. 增加硬度计检验周期的规定

新标准第6章是新增加的,它规定了硬度计的检验周期。众所周知,硬度计检验分为直接检验和间接检验两种。直接检验用于检验硬度计的基本功能;间接检验则用于检查硬度计的综合性能。新标准明确规定,在硬度计安装时或经拆卸重新装配后或改变位置后,间接检验结果不合格时,间接检验的时间间隔超过12个月这几种情况下应进行直接检验。而且,每次直接检验后,接着应做间接检验。另外,关于间接检验的周期,新标准明确规定,两次间接检验的周期视硬度计的维护水平和被使用的次数而定。在任何情况下,检验周期不应超过12个月。

二、洛氏硬度试验方法国家标准

1. 概述

新版金属洛氏硬度试验方法国家标准的编号与名称为GB/T230.1—2004《金属洛氏硬度试验 第1部分:试验方法(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T标尺)》。该标准修改采用相应的1999年版ISO6508国际标准,于2004年5月9日发布,2004年10月1日实施。实施后将代替GB/T230—1991《金属洛氏硬度试验方法》和GB/T1818—1994《金属表面洛氏硬度试验方法》两项旧标准。新标准规定了金属材料洛氏硬度试验的原理、符号、硬度计、试样、试验方法及试验报告等。

2. 增加了六个洛氏硬度标尺及其对应的硬度适用范围

在旧标准基础上,新标准增加了15N、30N、45N、15T、30T、45T等六个洛氏硬度标尺及其对应的硬度适用范围(见表3)。

表3 增加的洛氏硬度标尺及其对应的参数

洛氏硬度标尺	硬度符号	压头类型	初试验力/N	主试验力/N	总试验力/N	适用范围
15N	HR15N	金刚石圆锥	29.42	117.7	147.1	70~94 HR15N
30N	HR30N	金刚石圆锥	29.42	264.8	294.2	42~86 HR30N
45N	HR45N	金刚石圆锥	29.42	411.9	441.3	20~77 HR45N
15T	HR15T	直径1.5875mm球	29.42	117.7	147.1	67~93 HR15T
30T	HR30T	直径1.5875mm球	29.42	264.8	294.2	29~82 HR30T
45T	HR45T	直径1.5875mm球	29.42	411.9	441.9	10~72 HR45T

值得注意的是,表3中“压头类型”一栏原来写的是“ $\times \times$ mm 钢球”,现在改为“ $\times \times$ mm 球”,即将原来的“钢球”二字修改成“球”字。之所以这样写,是

因为新标准除了允许用钢球做压头外,还允许用硬质合金球做压头。即这里的“球”代表钢球和硬质合金球两种压头。而旧标准则未提及硬质合金球压头。

3. 增加硬质合金压头的规定

旧标准只规定金刚石圆锥压头和钢球压头两种，而新标准则明确规定，洛氏硬度试验可以使用金刚石圆锥压头和钢球压头，还可以使用硬质合金球压头。其中，用硬质合金球压头做洛氏硬度试验是新增加的内容。

4. 增加标注区分压头类型的符号

新旧标准关于洛氏硬度表示符号的规定没有差别，仍用符号 HR 加相应的标尺符号表示。比如，常用的 C 标尺洛氏硬度符号仍为“HRC”。新旧标准关于洛氏硬度值的表示方法的规定也没有差别，仍按硬度值、洛氏硬度表示符号这一顺序读写。但按新标准规定，洛氏硬度试验采用金刚石圆锥压头，也可以采用钢球压头或硬质合金球压头。因此，为了区别洛氏硬度试验所使用的压头类型，新标准增加了在硬度符号后面追加符号“S”或“W”的规定。当采用钢球压头试验时，应在原符号后面加字母“S”；当采用硬质合金球压头时，应在原符号后面加字母“W”；而采用金刚石圆锥压头时，则不用附加任何符号。例如，B 标尺、硬质合金球压头测定的洛氏硬度值为 60，应表示为“60 HRBW”。

按本标准规定，标尺为 A、C、D、15N、30N、45N 的洛氏硬度试验均为金刚石圆锥压头。其余标尺的洛氏硬度试验采用钢球或硬质合金球压头。因此，对标尺为 A、C、D、15N、30N、45N 的洛氏硬度试验，表示硬度值时，不必考虑附加任何符号。采用其他标尺的硬度试验需要考虑硬度符号后面附加字母 S 或 W，这一点须加以注意。

5. 修改试样最小厚度的规定

新标准规定了试样的表面质量、试样最小厚度、在凸圆柱面与凸球面上试验时洛氏硬度修正值等。与旧标准相比，主要修改了对试样最小厚度的要求。旧标准规定，试样或试验层厚度不小于在初始试验力下的残余压痕深度增量“e”的 10 倍。而新标准则按残余压痕深度、分金刚石圆锥压头和球压头两种对应给出试样最小厚度的规定。新标准规定，对于用金刚石圆锥压头进行的试验，试样或试验层厚度应不小于残余压痕深度的 10 倍；对于用球压头进行的试验，试样或试验层厚度应不小于残余压痕深度的 15 倍。即按新标准规定，用钢球或硬质合金球压头试验，试样或试验层厚度比用金刚石

圆锥压头要大。这一点应引起注意。

6. 对试验方法的修改

新标准这一章规定了试验温度、试样的放置、试验力施加与保持时间、相邻压痕距离及试验点数等要求。本次修订，主要有以下三点修改。

(1) 修改了试验力施加及保持时间的规定。修改的内容新旧标准对比见表 4。

表 4 修改前后内容对比

序号	项 目	要求	
		旧标准	新标准
1	初试验力保持时间	无	≤3s
2	初试验力和总试验力的施加时间	2~8s	1~8s
3	总试验力保持时间	对不变形的试样：1~3s 对变形的试样：2~8s	2~6s（对于低硬度材料，经协商试验力保持时间可以延长，允许偏差为±2s）

(2) 对表面洛氏硬度试验的两压痕中心距和任意压痕距试样边缘的距离的规定做了修改。旧标准中曾规定，表面洛氏硬度试验时，两压痕中心距和任意压痕距试样边缘的距离，N 标尺为 2mm、T 标尺为 3mm。而按新标准规定，不论是表面洛氏硬度试验，还是非表面洛氏硬度试验；无论是 N 标尺，还是 T 标尺，此项规定一律相同。即洛氏硬度试验的两压痕中心距至少为压痕直径的 4 倍，并且不应小于 2mm。任意压痕中心距试样边缘的距离至少应为压痕直径的 2.5 倍，并且不小于 1mm。

(3) 删去了大批量试样检验时压痕点数的规定。旧标准曾规定每个试样上的点数应不少于 4 点，对大批量试样的检验，点数可适当减少。新标准去掉了“对大批量试样的检验，点数可适当减少”一句。即按新标准规定，不管检验的试样批量多大，点数都不能少于 4 点，除非有其他规定。这一点应引起注意。

7. 增加试验报告的规定

新标准明确规定，试验报告应包含下列内容：

- (1) 本国家标准号。
- (2) 与试样相关的资料。
- (3) 不在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 范围的试验温度。

(下转第 52 页)



图 3 400×



图 4 400×

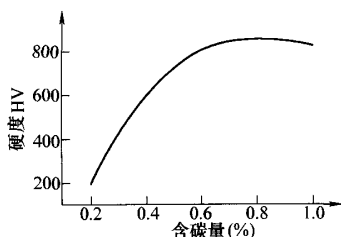


图 5 钢材含碳量与硬度的对应关系

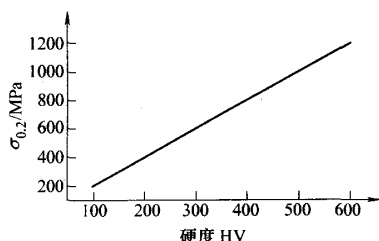


图 6 淬火马氏体的硬度与屈服强度的线性关系

计最高炉气碳势、最高表面碳浓度、表面碳浓度三者之间的关系可以获得相对比较缓慢的硬度梯度，得到尽量合理的深层组织应力的分布。渗碳炉内气相碳势的设置

应比所要求的表面碳浓度高 0.15% ~ 0.20% 为宜，而最高表面碳浓度介乎于二者之间，渗碳参数这样的配合所取得的效果最为理想。

三、结语

严格控制渗碳后的淬火方法、淬火温度、保温时间，减少残余奥氏体量，硬度梯度的变化趋势和碳浓度的实际分布趋势近似。

渗碳炉内气相碳势的设置应比所要求的表面碳浓度高 0.15% ~ 0.20% 为宜，而最高表面碳浓度介乎于二者之间，渗碳参数这样的配合所取得的效果最为理想。

热 (20061028)

(上接第 48 页)

(4) 试验结果，应至少精确到 0.5HR。

(5) 本标准规定以外的操作。

(6) 各种可能影响试验结果的细节。

此外，新标准删除了可以按相应国家标准进行硬度换算的规定，并增加一条说明。新标准增加的说明是：资料表明，某些材料可能对应变速率较敏感，应变速率的改变可能影响屈服应力值轻微变化，压痕形成时间对硬度值的改变有相应影响。

8. 增加硬度计硬质合金球压头的特性以及硬度计检验周期等规定 (见表 5)

表 5 增加的内容

序号	项 目	内 容
1	硬 质 合 金 球 的 特 性	硬质合金球的密度 $\rho = (14.8 \pm 0.2) \text{ g/cm}^3$ 硬度：维氏硬度不低于 1500HV10 确定压头硬度的平均对角线的最大值 (用维氏压头以 98.07N 的力在球上形成的压痕)：球直径为 3.175mm 时，为 0.109mm；球直径为 1.5875mm 时，为 0.107mm 推荐的化学成分 (质量分数)：碳化钨 (WC) 为主要成分；其他碳化物总量 2.0%；钴 (Co) 5.0% ~ 7.0%
2	硬 度 计 检 验 周 期	检验周期按直接检验和间接检验分别做出规定。下列情况下进行直接检验：a) 硬度计安装时或经拆卸并重新装配后或改变位置时；b) 间接检验结果不合格时；c) 间接检验时间超过了 12 个月。 每次直接检验后，接着应做间接检验。间接检验的周期应视维护水准和硬度计被使用的次数而定，但不超过 12 个月

热 (20061208)