

合金钢手册

上册

第三分册

冶金工业出版社

63

75.63
306

合金鋼手冊

上 冊

第三分冊

冶金工業部鋼鐵研究院 主編

冶金工業出版社

《合金鋼手册》是介紹我国有关合金鋼和优质碳素鋼的綜合工具书。全书內容共分四篇，分上、下册出版。本书是上册的第三分册，內容包括第二篇：鋼的試驗檢驗方法概述，以及附录。全篇共分十章，概要地介紹鋼的力学性能、物理性能、化学性能、工艺性能試驗，鋼的宏觀、显微、夹杂、无损檢驗以及X射线、电子显微鏡技术与化学分析等各种常用的試驗檢驗方法。附录中列有与試驗方法有关的参考資料。

本分册主要是为与合金鋼材料有关的各方面人員了解鋼的各种試驗檢驗方法而編写的，可供冶金、机械等工厂以及有关科研、設計、教学部門的工人、技術人員和革命干部参考。

合 金 鋼 手 册

上 册

第 三 分 册

冶金工业部鋼鉄研究院 主編

(只限国内发行)

*

冶金工业出版社出版

新华书店发行

北京市第六印刷厂印刷

*

开本 小16开 印张 $15\frac{3}{4}$ 插頁 15 字数 496 千字

1972年4月第一版 1972年4月第一次印刷

印数00,001~36,000册

統一书号: 15062·3003 定价: (压膜封面) 2.30 元

毛主席語錄

領導我們事業的核心力量是中國共產黨。

指導我們思想的理論基礎是馬克思列寧主義。

進行一次思想和政治路綫方面的教育。

人的正確思想，只能從社會實踐中來，只能從社會的生產鬥爭、階級鬥爭和科學實驗這三項實踐中來。

一個正確的認識，往往需要經過由物質到精神，由精神到物質，即由實踐到認識，由認識到實踐這樣多次的反覆，才能夠完成。

毛主席語录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，
赶上和超过世界先进水平。

外国有的，我们要有，外国没有的，我们也要有。

一个粮食，一个钢铁，有了这两个东西就什么都好
办了。

毛主席语录

馬克思主义的哲学认为十分重要的問題，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。

几点說明

在偉大領袖毛主席的英明领导下，在毛主席革命路綫的指引下，我国在建立和发展合金鋼系列方面取得了显著的成績。經過这场史无前例的无产阶级文化大革命，特别是党的九届二中全会以来，进一步批判了刘少奇一类騙子所推行的反革命修正主义路綫，全国掀起了“抓革命，促生产，促工作，促战备”的新高潮。在合金鋼的生产、使用、科研等各个方面出现了新的跃进局面，形势一派大好。

为适应鋼鉄工业发展形势的需要，根据各方面的要求和上级的决定，继续编写出版这部《合金鋼手册》，现作以下几点說明：

1.《合金鋼手册》是供各有关部门参考的合金鋼和优质碳素鋼方面的綜合工具书。全书內容共分四篇，分上、下冊出版。下冊由冶金工业部鋼鉄研究院和第一机械工业部机械科学研究院主編，已于1964年出版。其內容包括本手册的第三、四两篇，第三篇主要介紹：普通低合金鋼、合金結構鋼、工具鋼等十大鋼类，按鋼号介紹其化学成分、性能和一般用途等。在第四篇中，包括汽車、汽輪机、重型与矿山机械、氮肥設備等九个专业用鋼，按不同产品零件对用鋼要求、实际应用和热处理工艺等作了适当介紹。

2.《合金鋼手册》上册，根据工人同志的建議和各方面的要求，按內容分成三个分冊以試行本形式陸續出版，以后再考虑出版上册合訂本。

3.《合金鋼手册》上册的第一分冊，由冶金工业部鋼鉄研究院負責主編，已于1971年出版。其內容包括第一篇的第一、二两章以及附录。第一章为常用名詞和元素的物理、化学性能数据。第二章为合金元素在鋼中的作用，分节介紹硅、錳、鋁、鉬、鎢、釩、鈦、鉍……等近三十种元素对鋼的組織、性能和工艺的影响，以及在发展各类鋼中的实际应用。附录中列有各种常用計量換算表。

4.《合金鋼手册》上册的第二分冊，其內容主要介紹鋼的热处理，现正在补充和修改中。

5. 本分冊是《合金鋼手冊》上冊的第三分冊，由冶金工業部鋼鐵研究院負責主編。其內容包括第二篇：鋼的試驗檢驗方法概述以及附錄。全篇共分十章，概要地介紹鋼的力學性能、物理性能、化學性能、工藝性能試驗，鋼的宏觀、顯微、夾雜、無損檢驗以及X射綫、電子顯微鏡技術與化學分析等各種常用的試驗檢驗方法。附錄中列有與試驗方法有關的參考資料。

6. 本分冊在編寫過程中，曾得到全國各地許多工廠和科研、設計單位黨組織和革委會的熱情關懷與幫助，特別是得到北京、上海地區許多冶金、機械工廠和科研單位的大力支持，一機部機械科學研究院和上海材料研究所有關同志也共同參加了上海地區的审稿座談會。本分冊在审稿過程中，承蒙許多兄弟單位的老工人、技術人員和革命幹部參加了审稿座談會，提供了寶貴的修改和補充意見，在此一併表示感謝。

7. 本分冊初稿是在無產階級文化大革命以前編寫的，這次出版前雖然根據新的情況作了多次修改和補充，但因編寫人員水平所限，加之資料缺乏，書中可能存在不少缺點或問題，希望廣大讀者批評指正，並歡迎提供有關生產和科研數據資料，以便修訂再版，使這部手冊更好地為我國社會主義革命和社會主義建設服務。

編 者

1972年1月

符号名称对照表

一、以拉丁字母为序

符 号	名 称	单 位	符 号	名 称	单 位
A	① 奥氏体	—	d	① 直径	cm, mm
	② 安培, 安	电流单位		② 冷弯軸心直径	mm, cm
Å	埃	10^{-8}cm		③ 天 (24h)	—
a	试样厚度或直径 (冷弯試驗)	mm	dm	分米, 1/10米	长度单位
Ac ₁	加热下临界温度	°C	d _n	布氏硬度試驗中的压痕直径	mm
Ac ₃	亚共析鋼加热上临界温度	°C	E	弹性模数	kG/mm ²
Ac _{cm}	过共析鋼加热上临界温度	°C	erg	尔格	能量单位
A _K	冲击功	kG·m	F	① 铁素体	—
a _K	冲击值	kG·m/cm ²		② 面积	mm ² , cm ²
Ar ₁	冷却下临界温度	°C	f	最大挠度	mm
AT/cm	安培·匝/厘米	磁場强度单位	ft	英尺	长度单位
atm	标准大气压	压力单位	G	① 切变弹性模数	kG/mm ²
B	① 貝氏体	—		② 气态相	—
	② 磁感应强度	Gs	Gs	高斯	磁感应强度单位
B _r	剩余磁感	Gs	g	克	质量单位
B _s	① 饱和内蕴磁感 (=4πI _s)	Gs	H	① 磁場强度	Oe
	② 貝氏体转变开始温度	°C		② 亨利	电感单位
B _{xx}	表示磁場强度为 xx AT/cm 时的磁感应强度, 例如 B ₂₅ 是表示磁場强度为 25 AT/cm 时的磁感应强度, 余类推	Gs	h	小时	時間单位
C	① 碳化物	—	HB	布氏硬度值	—
	② 比热	cal/g·°C	H _c	矫頑力	Oe
cal	卡	热量单位	HRA	洛氏 A 标度硬度值	—
cm	厘米	长度单位	HRB	洛氏 B 标度硬度值	—
cm ²	平方厘米	面积单位	HRC	洛氏 C 标度硬度值	—
cm ³	立方厘米	体积单位	HS	肖氏 (回跳) 硬度值, 也叫旭氏硬度	—
C _p	定压比热	cal/g·°C	HV	維氏硬度值	—
D	① 管子外径	cm, mm	Hz	赫兹	頻率单位, -/s
	② 扩散系数	—	I	磁化强度	Gs
			I _s	饱和磁化强度	Gs
			J $\frac{\text{HRC}}{d}$	鋼材淬透性值 (符号中的 d 为至水冷端的距离, HRC 为该处的洛氏 C 标度硬度值。如 J $\frac{42}{5}$ 表示鋼材的淬透性值为在至水冷端为 5mm 处	—

符 号	名 称	单 位	符 号	名 称	单 位
k	的硬度为 HRC 42) 磁化系数	Gs/Oe		② 鉄心損耗	W/kg 或 erg/cm ³ ·Hz
kcal	千卡	热量单位		③ 压力	kG/mm ²
kG	公斤力	力的单位	P _e	涡流損耗	W/kg 或 erg/cm ³ ·Hz
kg	公斤(千克)	质量单位	P _h	磁滯損耗	W/kg 或 erg/cm ³ ·Hz
kW	千瓦	功率单位	P _{x/y}	鉄心損耗(右下角分 数表示规定的条件, 其中 x 表示磁感应强 度最大值为 $x \times 10^3$ Gs, y 表示交变磁場 的頻率為 y Hz。如 P _{15/50} 表示磁感应强 度最大值为 15000Gs, 交变磁場頻率為 50Hz 时的鉄心損耗, 余类 推)。	kW/kg 或 erg/cm ³ ·Hz
kX	等于 1.002020 Å, 一 般在晶体結構分析, 表示点陣常数时用	长度单位			
L	① 液态相	—	R	半径	mm, cm
	② 长度	m, mm, 等	r	① 半径	mm, cm
l, l	① 升	容积单位		② 伦琴	X 射线的剂量单 位
	② 长度	mm, cm, 等	S	① 走刀量	mm/轉
lb	磅, 等于 453.592 g	英制重量单位及 质量		② 管壁厚度	mm
M	① 馬氏体	—		③ 面积	mm ² , cm ²
	② 力矩	kG·m	s	秒钟	時間单位
m	① 米	长度单位	T	① 溫度	°K
	② 分(钟), 在易 与米混淆时, 用 min	時間单位		② 扭力矩	kG·m
mg	毫克	质量单位	t	① 溫度	°C
min	分(钟), 一般用 m, 有 易与米混淆时, 用 min	時間单位		② 時間	s, m, h 等
ml	毫升, 1/1000 l	容积单位		③ 切削深度	mm
mm	毫米, 1/1000 m	长度单位	V	伏特	电压单位
mon	月, 30 × 24h, 一般 不常用	時間单位	V _c	蠕变速度	%/h
M _s	馬氏体点, 即馬氏体 轉变开始溫度	°C	V ₆₀	工具寿命为 60 分钟时 的切削速度	m/min
mV	毫伏	电压及电动势单 位	W	瓦	功率单位
M _z	馬氏体轉变終了溫 度。英美书籍中多用 M _f , 俄文书籍中用 M _K 表示之	°C	y	年, 一般不常用	時間单位
Oe	奥斯特	磁場强度单位			
P	① 珠光体	—			

二、以希腊字母为序

符 号	名 称	单 位	符 号	名 称	单 位
α	① α 相	—	σ_{-1k}	缺口试样对称弯曲应力时的疲劳极限	kG/mm^2
	② 线胀系数	$\text{mm/mm} \cdot ^\circ\text{C}$	σ_{-1p}	对称拉压应力时的疲劳极限	kG/mm^2
	③ 电阻温度系数	$-/^{\circ}\text{C}$	$\sigma_{x/y}$	蠕变强度, 右下角的分数中的分子 x 表示规定的变形量的百分数, 分母 y 表示产生该变形量所经历的时间 (以小时计, 系由试验曲线外推得到)。如 $\sigma_{2/10000}$ 表示在 10000 小时产生 2% 变形量的应力。为了免除误解起见, 必要时并应在 σ 的右上角标明试验温度, 如 $\sigma_{2/10000}^{600}$ 表示在 600°C 时在 10000 小时内产生 2% 变形量的应力	kG/mm^2
γ	① γ 相	—			
	② 比重	—			
Δl	伸长	mm			
ΔV	① 压痕体积	mm^3, cm^3			
	② 磨损试验中压痕体积	mm^3, cm^3			
δ	① δ 相	—			
	② 伸长率	%			
δ_x	伸长率, 右下角的 x , 为圆形抗拉试样标距与直径之比; 我国国家标准 GB228-63 规定短试样为 5 倍, 长试样为 10 倍, 亦即 x 分别为 5 和 10。国外有用 4 倍和其他倍数试样者。不同倍数试样的伸长率, 不宜彼此比较	%	$\sigma_{0.2}$	永久变形量为 0.2% 时的屈服强度。如要求永久变形量为其他数值时, 则右下角的 0.2 应相应地改为其他数值, 如 $\sigma_{0.02}$, $\sigma_{0.5}$ 等, 分别表示永久变形量为 0.02%, 0.5% 等时的屈服强度	kG/mm^2
ε	应变或真应变	mm/mm , 或 %			
$\dot{\varepsilon}$	应变速度	$\text{mm/mm} \cdot \text{s}$ 或 %/s			
λ	① 导热系数	$\text{cal/cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$			
	② 波长	μ , $\text{\AA}$ 或 kX			
μ	① 微米	10^{-6}m			
	② 磁导率, μ_m 为最大磁导率, μ_0 为起始磁导率	Gs/Oe			
	③ 百万分之一, 即 10^{-6} ; 如 $\mu\Omega$ 为百万分之一欧姆, 称做微欧	—	σ_b	抗拉强度	kG/mm^2
			$\sigma_{b/x}$	持久抗拉强度, 或简称持久强度, 右下角分数中的分子 b 表示为抗拉强度, 分母 x 为在此拉应力下持续至试样断裂所持续的时间。必要时, 并应在 σ 的右上角标明试验温度。如 $\sigma_{b/100}^{700}$ 为在 700°C 持续 100 小	kG/mm^2
ρ	① 电阻系数	$\Omega \cdot \text{cm}$, $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 或 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$			
	② 密度	g/cm^3			
σ	① σ 相	—			
	② 应力	kG/mm^2			
σ_{-1}	光滑试样对称弯曲应力时的疲劳极限	kG/mm^2			

續表

符 号	名 称	单 位	符 号	名 称	单 位
	时断裂时的最大拉应力		σ_{su}	上屈服点	kG/mm^2
σ_{bb}	抗弯强度	kG/mm^2	τ	切应力	kG/mm^2
σ_{bc}	抗压强度	kG/mm^2	τ_{-1}	光滑试样扭转应力时的疲劳极限	kG/mm^2
σ_e	弹性极限	kG/mm^2	τ_{-1k}	缺口试样扭转应力时的疲劳极限	kG/mm^2
σ_N	循环周次为 N 的疲劳强度	kG/mm^2	ϕ	直径	mm
σ_P	比例极限	kG/mm^2	ϕ, φ	角度	°(度), 弧度
σ_s	屈服点, 如不特殊标明, 应认为是上屈服点 σ_{su}	kG/mm^2	χ	质量磁化系数 [$\chi = (\mu - 1)/4\pi\rho$]	$\text{Gs}\cdot\text{cm}^3/\text{Oe}\cdot\text{g}$
σ_{sl}	下屈服点	kG/mm^2	ψ	面缩率	%
			Ω	欧姆	电阻单位

三、其 他

°C——摄氏温度

°F——华氏温度

°K——开氏温度 (绝对温度)

梅 氏 冲 击 试 样——Mesnager 试样, 我国目前采用的标准试样

夏 氏 冲 击 试 样——Charpy 试样

夏氏钥孔形缺口冲击试样——Charpy keyhole 试样, 系标准的夏氏试样

夏氏 V 形 缺 口 冲 击 试 样——V-notched Charpy 试样

DVM 冲 击 试 样——西德标准 DIN 中规定的夏氏冲击试样

VGB 冲 击 试 样——西德标准 DIN 中规定的一种大型夏氏冲击试样

艾 氏 冲 击 试 样——Izod 试样

第 二 篇

鋼的試驗檢驗方法概述

目 录

几点说明

符号名称对照表

1103379

第二篇 鋼的試驗檢驗方法概述

第一章 鋼的力学性能試驗

第 1 节	硬度試驗	1
§ 1	布氏硬度試驗	1
§ 2	洛氏硬度試驗	3
§ 3	維氏及显微硬度試驗	6
§ 4	肖氏硬度試驗	7
§ 5	高温硬度試驗	8
第 2 节	拉力試驗	9
§ 1	拉力-伸长及应力-应变 曲线	9
§ 2	試驗设备及条件	10
§ 3	試样制备	11
§ 4	試驗操作要点及結果整理	15
§ 5	高温短时拉力試驗	18
第 3 节	冲击試驗	19
§ 1	橫梁式冲击試驗	19
§ 2	冲击值-温度曲线	22
§ 3	影响冲击值的因素	23
§ 4	試驗結果整理	24
§ 5	多次重复冲击試驗	25
第 4 节	疲劳試驗	27
§ 1	弯曲疲劳試驗原理	27
§ 2	試驗设备和試样制备	29
§ 3	試驗操作要点及結果整理	32
§ 4	影响試驗結果的因素	32
第 5 节	扭轉試驗	33
§ 1	原理簡介	33
§ 2	試驗设备和試样制备	35
§ 3	試驗操作要点及結果整理	35
§ 4	线材扭轉試驗	36
第 6 节	弯曲試驗	36
§ 1	挠曲公式和弯曲力矩 及挠度关系曲线	36

§ 2	脆性材料的弯曲試驗	37
§ 3	塑性材料的弯曲試驗	39
§ 4	焊接接头的弯曲試驗	41
第 7 节	高温蠕变及有关試驗	42
§ 1	原理簡介	42
§ 2	蠕变試驗	44
§ 3	持久試驗	46
§ 4	松弛試驗	46

第二章 鋼的物理性能試驗

第 1 节	綫胀系数及临界温度的測定	48
§ 1	原理簡介	48
§ 2	測定用仪器和試驗操作要点	48
§ 3	綫胀系数和临界温度的确定	51
第 2 节	等温轉变曲线的測定	51
§ 1	原理簡介	52
§ 2	影响奥氏体等温轉变曲线的因素	53
§ 3	常用的測定方法	56
第 3 节	导热系数的測定	62
§ 1	原理簡介	62
§ 2	常用的測定方法	62
第 4 节	电阻系数的測定	64
§ 1	原理簡介	64
§ 2	常用的測定方法	64
第 5 节	磁学性能的測定	66
§ 1	概述	66
§ 2	直流冲击測定法	68
§ 3	鉄心損耗及交流磁感应測定法	73
§ 4	弱磁材料磁化率及磁导率測定法	76

第三章 鋼的化学性能試驗

第 1 节	概述	78
§ 1	鋼的腐蚀与抗蚀性	78
§ 2	抗蚀性試驗的目的与方法	78

§ 3	抗蝕性試驗結果的評定 及表示方法	79
第 2 节	大气腐蝕試驗	80
§ 1	大气暴露腐蝕試驗	80
§ 2	大气加速腐蝕試驗	81
第 3 节	全浸、間浸腐蝕試驗	82
§ 1	試驗条件	83
§ 2	試驗方法及影响因素	84
§ 3	試驗結果的处理及評定	85
第 4 节	晶間腐蝕試驗	86
§ 1	試驗条件	86
§ 2	試驗方法	88
§ 3	晶間腐蝕傾向的評定	91
第 5 节	应力腐蝕試驗和腐蝕 疲劳試驗	94
§ 1	应力腐蝕試驗	94
§ 2	腐蝕疲劳試驗	95
第 6 节	高温抗氧化性試驗	96
§ 1	試驗条件	97
§ 2	試驗方法	97
§ 3	試驗結果的处理及評定	98

第四章 鋼的工艺性能試驗

第 1 节	淬透性試驗	100
§ 1	概述	100
§ 2	碳素工具鋼淬透性試驗法	100
§ 3	末端淬透性試驗法	101
第 2 节	焊接性試驗	105
§ 1	概述	105
§ 2	常用的試驗方法	105
第 3 节	切削加工性試驗	109
§ 1	概述	109
§ 2	常用的試驗方法	110
§ 3	影响切削加工性的因素	113
第 4 节	鋼的磨損試驗	115
§ 1	概述	115
§ 2	常用的試驗方法	115

第五章 鋼的宏观檢驗

第 1 节	酸蝕試驗	118
§ 1	取样和檢驗面的制备	118

§ 2	热酸蝕試驗及其常見的 組織和缺陷	120
§ 3	电解腐蝕試驗	125
§ 4	冷酸蝕試驗	126
第 2 节	断口檢驗	127
§ 1	取样和断口的制备	127
§ 2	常見断口組織和缺陷	128
第 3 节	塔形車削发紋檢驗	130
§ 1	試样制备	130
§ 2	关于发紋的显示、識別和計量	130
第 4 节	硫印試驗	130
§ 1	試驗方法	130
§ 2	硫印試驗的化学反应	131

第六章 鋼的显微檢驗

第 1 节	試样的选择和制备	132
§ 1	試样的切取	132
§ 2	試样的鑲嵌	132
§ 3	試样的磨制	133
§ 4	試样的拋光	134
第 2 节	显微組織的显示方法	139
§ 1	化学浸蝕法	139
§ 2	物理显示法	143
§ 3	复制膜法	143
第 3 节	使用金相显微镜应注意的 一些問題	150
§ 1	物鏡及目鏡的类型、性能及識別	150
§ 2	光圈的使用	154
§ 3	濾光片的作用	155
§ 4	平面玻璃和稜鏡的使用	155
§ 5	特殊金相研究方法的使用范围	158
第 4 节	晶粒度的測定	159
§ 1	本质晶粒度的显示方法	159
§ 2	晶粒度的測定和記錄	161
第 5 节	脫碳层的測定	162
§ 1	測定方法	162
§ 2	測定脫碳层的一些問題	162

第七章 鋼中非金属夹杂物檢驗

第 1 节	非金属夹杂物的評級和鉴定	164
§ 1	非金属夹杂物的評級	164

§ 2	非金属夹杂物的鉴定	165
第 2 节	夹杂物的电解分离、总含量的测定及成分的分析	179
§ 1	夹杂物的电解分离及总含量的测定	179
§ 2	电解分离出夹杂物的化学分析	181

第八章 X 射线显微分析和 电子显微镜技术

第 1 节	X 射线显微分析	182
§ 1	射线的基本性质	182
§ 2	晶体学基础知识	183
§ 3	X 射线衍射方法	187
§ 4	X 射线衍射的应用	191
§ 5	X 射线化学及金相分析	194
第 2 节	电子显微镜技术	196
§ 1	电子显微镜的特点与工作原理	196
§ 2	电子显微镜的调整和维护	198
§ 3	电子显微镜所用试样的制备	200

第九章 鋼的无损检验

第 1 节	磁粉检验	204
§ 1	原理简介	204
§ 2	磁化方法及磁化电流	205
§ 3	检验方法、磁粉和悬浮液	206
第 2 节	渗透检验	207
§ 1	荧光法	207
§ 2	着色法	208
第 3 节	射线探伤	209
§ 1	原理简介	209
§ 2	射线探伤设备及防护	212
第 4 节	超声波探伤	212
§ 1	阴影法及共振法	213

§ 2	脉冲反射法	213
§ 3	其他超声波探伤方法	215
第 5 节	涡流探伤	217
§ 1	基本原理和设备	218
§ 2	检验方法和应用	219

第十章 鋼的化学成分分析

第 1 节	化学分析及仪器分析简介	220
§ 1	化学分析方法	220
§ 2	气体分析方法	224
§ 3	光谱化学分析方法	226
§ 4	其他仪器分析方法	229
第 2 节	火花鉴别和点滴试验	231
§ 1	鋼的火花鉴别法	231
§ 2	鋼中锰、钼、铬、镍等元素的点滴试验	236

* * *

附录 1	试验数据的处理	239
§ 1	基本概念	239
§ 2	试验数据的表示方法	242
附录 2	硬度的换算和对照	246
§ 1	各种硬度及强度换算表	246
§ 2	国外洛氏-維氏-肖氏硬度换算表	249
§ 3	压痕直径与布氏硬度对照表	250
§ 4	压痕对角线与維氏硬度对照表	251
附录 3	腐蚀试验参考数据	252
§ 1	金属的标准电极电位	252
§ 2	基准电极对标准氢电极的电位	252
§ 3	人工海水的配制方法	253
附录 4	鋼中非金属夹杂物评级图	254
§ 1	SAE 评级图	254
§ 2	JK 评级图	书末插页

第一章 鋼的力學性能試驗

力學性能，或叫做機械性能，包括硬度、強度、韌性、疲勞等等，實際上是屬於物理性能的範疇，但因為它們總是同受力的情況有關，又是建築工程和機

器製造上選用鋼材的主要指標，所以把它們另列為一類來考慮。本章僅選擇幾種比較重要和常用的力學性能試驗方法作簡要介紹。

第1節 硬 度 試 驗

硬度常被說成對壓入塑性變形、划痕、磨損或切削等的抗力。實際上，不象強度、伸長率等，它不是一個單純的物理或力學量，它是代表著彈性、塑性、塑性變形強化率、強度和韌性等一系列不同的物理量組合的一種綜合性能指標。由於各種硬度試驗方法和它們所根據的原理各有不同，各組成物理量在不同的方法中所起的作用也不一樣，所得的結果也將出現很大的差別。因此，用不同試驗方法所得的硬度之間，在理論上，並沒有簡單準確的相互關係作為換算的基礎。現有的一些換算公式和對照表，只是根據對同類金屬材料，在相同狀態下和一定硬度範圍內進行比較試驗，在積累了大量數據之後，經過分析比較而歸納出來的經驗關係。它們有一定的實用價值，但在要求準確的數據時不宜採用。

有關硬度試驗的情況雖然如此，但若能夠了解影響試驗結果準確度的各項有關因素，切實掌握住試驗方法的原理和操作技術，所得結果仍有很大的使用和參考價值。因為試驗方法比較簡單易行，在某些情況下，甚而可以看作是无損檢驗。在試樣很小，不便于作其他力學性能試驗時，也可以利用它得到有價值的參考數據。所以無論是在工廠企業，還是在科學研究單位，硬度試驗仍是不可缺少的標準試驗方法之一。

以下簡要地介紹幾種常用的硬度試驗方法和與之有關的問題。

§1 布氏硬度試驗

(一) 原理

金屬布氏硬度試驗方法已在國家標準 GB 231-63 中詳加規定。這種方法是使用最早最廣的硬度試驗方法。如圖1-1所示，它是用載荷為 P 的力把直徑為 D 的圓球壓入試樣表面並保持一定時間，而後去除載荷，測量圓球在試樣面上所壓出的圓形凹陷壓痕的直徑 d ，據以計算壓痕球面積 F 及其每單位面積所受的

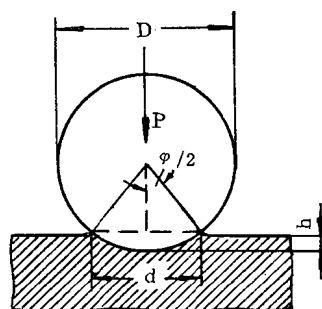


圖 1-1 布氏硬度試驗原理示意圖

力 P/F ，用以作為試樣的硬度值，稱為布氏硬度值，以符號 HB 或 BHN 表示。設壓痕深度為 h ，則壓痕球面積為：

$$F = \pi D h = \pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2}) / 2$$

試樣硬度值為：

$$HB = P/F = 2P / \pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})$$

如 P 以公斤力計， D 及 d 以毫米計，則其單位應為公斤力/毫米² (kg/mm²)。

對於鋼來講，一般規定採用圓球的直徑 D 為 10 毫米，載荷 P 為 3000 公斤力，壓入時間為 10 秒。但這並不是一些硬性的規定，還取決於其他的一些問題或條件。

1. 試驗所得壓痕直徑，應在下列範圍之內，即

$$0.25D < d < 0.6D$$

之所以如此，是因為： d 若太小，靈敏度和準確性將隨之降低； d 若太大，則壓痕深度 h 太大，也就是圓球的壓下量太大，有的試驗機因構造所限，實際上也不能壓得太深或作不準。因此，假如用一般規定試驗條件所得壓痕直徑不在上列範圍內時，即應考慮選用其他載荷重作試驗，並在布氏硬度值符號 HB 的右下角注明，如 HB 10/1000/10 表示用 10 毫米直徑的圓球，在 1000 公斤力的載荷下保持 10 秒鐘後所得的結果。

2. 在作試驗時，由於壓痕的形成，其附近的金屬

都产生冷变形硬化现象，其深度可达压痕深度的10倍；沿试样表面，亦可扩展到距压痕直径2~3倍远处。因此，在标准中规定，试样厚度应不小于压痕深度的10倍，两个相邻的压痕中心的距离不得小于压痕直径的4倍，对于较软的金属则不得小于6倍。压痕中心距试样边缘的距离不得小于压痕直径的2.5倍，对于软金属则不得小于3倍。所有这些规定，都是为了避免试样在压痕附近的变形硬化而导致下一次试验的结果（对相邻压痕言）偏高，或因变形过大而导致试验结果偏低（对靠近边缘的压痕言）的危险。此外，如果试样过薄，因为受到下面硬质砧座的支撑而使结果偏高。这些都是在试验前需要考虑到。

3. 如试样过薄或试样面积过小，不能采用10毫米直径的圆球和3000公斤力的载荷时，可考虑采用较小圆球（直径为5或2.5毫米）和载荷。但必须使压痕与圆球有相似的几何比例关系，即维持图1-1中的 φ 角不变，方可得到同一的HB值。由图1-1及HB的计算公式，可以证明：

$$\begin{aligned} HB &= 2P/\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2}) \\ &= 2P/\pi D (D - D\sqrt{1 - (d/D)^2}) \\ &= 2P/\pi D^2 (1 - \sqrt{1 - \sin^2 \varphi/2}) \\ &= 2P/\pi D^2 (1 - \cos \varphi/2) \\ &= [2/\pi (1 - \cos \varphi/2)] \times P/D^2 \end{aligned}$$

欲使HB及 φ 不变，则 P/D^2 亦应为一不变的常数。设以K表示之，则在规定的条件下，可得出：

$$P = 3000 \text{ 公斤力}, D = 10 \text{ 毫米},$$

$$K = P/D^2 = 3000/10^2 = 30$$

因此，如采用5或2.5毫米直径的较小圆球时，则载荷P应相应为

$$P = KD^2 = 30 \times 5^2 = 750 \text{ 公斤力}$$

$$\text{及 } P = KD^2 = 30 \times 2.5^2 = 187.5 \text{ 公斤力}$$

此外，如试样较软，所得压痕直径d大于0.60D时，则不可能维持K=30的关系。在此种情况下，一般多采用K等于10或2.5的关系，亦即当采用10毫米直径圆球时，载荷相应减为1000或250公斤力。但在此种条件下所得结果，不能与K=30时所得结果进行比较，并应如前所述，在符号HB的右下角标明。此种情况，只在有色金属及其合金上经常遇到，对钢铁材料则不多见。另一方面，如d小于0.25D时，则表示试样过硬，超过HB=450的范围，一般试验机上所采用的标准淬火硬化的钢圆球将有过大的弹性变形，甚而有发生永久塑性变形的可能，这将影响试验结果

的准确性，并使钢球损坏，此时不应再用此种标准钢球进行试验。可能时，可换用碳化钨圆球，但最好不再采用布氏硬度试验而改用洛氏硬度或维氏硬度试验。

（二）试验仪器及操作要点

关于布氏硬度试验机，最初是用油压静加载荷的方法，后来多改用杠杆及重锤式加载机构，也有用弹簧施力的。前者最准，无须经常校验或检定，但油压装置易漏油，维修较难。后两者操作使用较方便，但必需经常校验。试验机的校验，主要是载荷是否准确和钢球是否符合要求。载荷可以用标准测力计测验；钢球则用螺旋千分尺量度。试验机也可用标准试块进行检验，但不如用标准测力计的准确可靠。

在工厂中日常检验大工件和钢材时，为了免除切取试样的困难和钢材的浪费，多采用轻便携带式的布氏硬度试验器。此项轻便携带式的试验器，种类繁多，所根据的原理也各有不同。其中应用较广的是锤击式或手锤式简易布氏硬度试验器，使用适当时也能获得较准确的结果。图1-2为此种试验器构造和使用示意图。其主要部分为标准钢球3，锤击杆4及标准布氏硬度试块6。试验时，首先估计被测工件大致的硬度，选择与之相近的标准试块插入试验器内，如图所示。然后如右上角附图所示，使圆钢球抵住试件的表面，用左手握住握持器使与被试面垂直，并用右手持手锤用力敲击锤击杆顶端一次。这样，钢球将在试样面上及标准试块上同时各打上一个压痕。测量两个压痕的直径，根据标准试块的已知布氏硬度值和两压

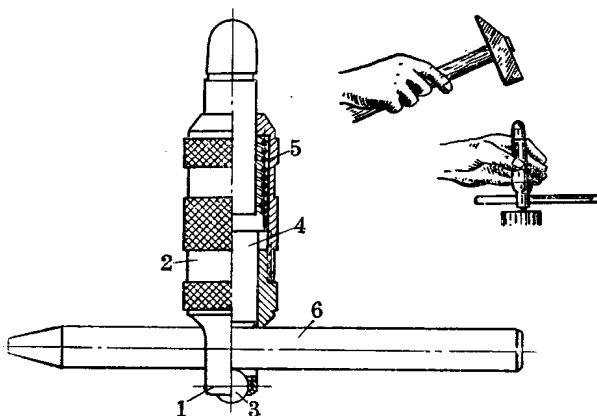


图 1-2 锤击式简易布氏硬度试验器

1—球帽；2—握持器；3—钢球；4—锤击杆；
5—弹簧；6—标准试样