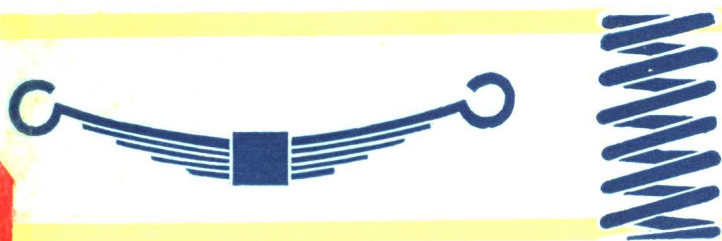


铁路机车车辆 弹簧制造工艺

刘 诚 勇 编 著



人 民 铁 道 出 版 社

铁路机车车辆弹簧制造工艺

刘 诚 勇 编 著

人 民 铁 道 出 版 社

1978年·北京

内 容 简 介

书中较详细地介绍了铁路机车车辆上使用的钢板弹簧和圆柱形螺旋弹簧的制造工艺，重点阐述了弹簧钢材及其热处理性能、弹簧原材料检查与验收、弹簧的名词术语及弹簧的计算方法、弹簧在制造过程中常见的缺陷及预防的方法、提高弹簧使用寿命的方法等。

可供从事制造和修理弹簧的工人、工程技术人员参考，也可供设计弹簧人员和有关专业的师生参考。

铁路机车车辆弹簧制造工艺

刘诚勇编著

人民铁道出版社出版

责任编辑 徐仁杰 封面设计 赵敬宇

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：13.625 字数：295 千
1978年12月第1版 1978年12月第1次印刷

印数：0001—3,500 册

统一书号：15043·5110 定价：0.93 元

前 言

弹簧的种类很多,按受力情况来分,有压缩弹簧、拉伸弹簧和扭转弹簧三种;按外形结构来分,有钢板弹簧、螺旋弹簧和其他形状弹簧三种;若按制造方法来分,又可分为热成形弹簧和冷成形弹簧两种。本书主要是介绍铁路机车车辆上使用的重型钢板弹簧和冷、热卷圆柱形螺旋弹簧的制造工艺。

弹簧在铁路机车车辆上的用途很广,由普通弹簧到要求精度高、性能好的弹簧,应有尽有。用于机车车辆走行部分的弹簧,基本是一种缓冲装置,它们对机车车辆运行中所产生的振动力和冲击力起缓冲减振作用,以减轻机车车辆部件及钢轨的损伤,并使列车在线路上能平稳地运行。用于机车动力机械和车辆制动控制系统的弹簧,是保证铁路机车车辆正常运行的重要因素之一。这些机构的弹簧要求动作灵敏,性能可靠。如果弹簧质量低劣,不仅不能达到上述目的,而且还会引起严重的运输事故。

随着铁路运输、工业的不断发展,机车车辆弹簧的需要量愈来愈大,质量要求也愈来愈高。因此,了解和研究铁路弹簧的制造,就十分必要。正确和严格地掌握弹簧制造工艺,保证弹簧产品质量,对确保铁路安全运输具有十分重要的意义。

编著者对有关弹簧制造工艺的资料和经验进行了初步的总结和整理并汇集成册,提供从事这方面工作的兄弟单位和有关同志参考。由于编著者经验较少,水平有限,书中一定还存在不少缺点错误,恳切地希望广大读者提出宝贵意见,以使本书日臻完善。

编 著 者

1978年4月

目 录

第一章 弹簧材料	1
第一节 金属的机械性质与其试验方法	1
第二节 弹簧材料种类与选择	13
第三节 弹簧材料的规格、成分和性能	18
第四节 弹簧材料中主要化学元素特性	36
第五节 弹簧原材料缺陷	39
第六节 弹簧材料的技术验收	44
第二章 弹簧钢的热处理	52
第一节 铁的同素异晶转变	52
第二节 铁—碳合金状态图	54
第三节 钢在加热时的变化	56
第四节 钢在冷却时的变化	59
第五节 钢热处理的基本操作	61
第六节 弹簧钢的热处理	68
第三章 弹簧种类、名词术语和性能计算	78
第一节 弹簧种类	78
第二节 弹簧名词术语	87
第三节 弹簧性能计算	113
第四节 弹簧性能计算举例	135
第四章 钢板弹簧的制造	173
第一节 钢板弹簧制造生产过程	173
第二节 切料	173
第三节 剪切梯形	185
第四节 钻孔	187

第五节	冲窝	188
第六节	冲孔	193
第七节	制作弯头	196
第八节	卷耳	198
第九节	锻制半圆凸与压制弯弧	203
第十节	弹簧板的弯曲与淬火	204
第十一节	弹簧板的回火	217
第十二节	钢板弹簧组装	219
第十三节	钢板弹簧的成品检验	230
第十四节	弹簧箍制造	235
第五章	热卷螺旋弹簧制造	241
第一节	切料	241
第二节	料坯两端制扁(碾尖)	248
第三节	卷制弹簧	259
第四节	弹簧淬火	284
第五节	弹簧回火	287
第六节	预压与磨削端面	290
第七节	螺旋弹簧成品检查与验收	296
第六章	几种特殊形状弹簧的制造	302
第一节	制动缓解弹簧制造	302
第二节	闸瓦托弹簧制造	306
第三节	瓦片弹簧制造	308
第四节	环弹簧制造	312
第五节	涨圈弹簧制造	318
第七章	冷卷螺旋弹簧制造	323
第一节	卷簧	323
第二节	下料与并圈	345
第三节	冷卷弹簧热处理	348

第四节	调整与磨簧	357
第五节	弹簧特殊要求工艺	365
第六节	弹簧落成检查	367
第七节	弹簧表面防锈处理	379
第八章	弹簧热处理设备及测温仪表	382
第一节	加热设备	382
第二节	冷却设备	406
第三节	测温仪表	410
第九章	弹簧喷弹处理	416
第一节	喷弹原理与作用	416
第二节	喷弹设备	417
第三节	喷弹工艺	425
第四节	喷弹强度检查	428

第一章 弹 簧 材 料

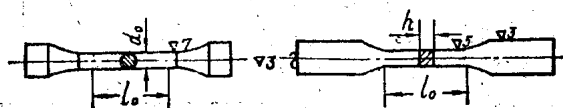
弹簧材料是构成弹簧的基本要素，也是我们学习弹簧制造必须懂得和掌握的一门知识。

第一节 金属的机械性质与其试验方法

为了便于理解弹簧材料各项性能的意义，这里首先介绍一些有关金属机械性质与其试验方法的常识。

所谓金属机械性质，例如：强度、塑性、韧性、硬度、弹性、疲劳强度等，它们标志着金属材料的性能和质量。下面我们就金属的各种机械性质与其试验方法作一概述。

拉伸试验 金属抵抗外力破坏的能力叫做强度，通常以抗拉强度表示，抗拉强度是由拉伸试验测定的。图1—1是拉伸试验用的标准试样。试验时采用圆形断面试样，直径 $d_0=20$ 毫米。试样分长、短两种。长试样 $l_0=10d_0$ ，其伸长率以 δ_{10} 表示；短试样 $l_0=5d_0$ ，其伸长率以 δ_5 表示。标准长方形试样的计算长度为：



a) 圆形试样

b) 扁形试样

图1—1 标准拉伸试样

d_0 ——试样直径； h ——试样厚度； l_0 ——计算长度。

$$\text{长试样 } l_0 = 11.3\sqrt{F_0};$$

$$\text{短试样 } l = 5.65\sqrt{F_0}.$$

式中 F_0 ——试样的横断面面积 (毫米²)。

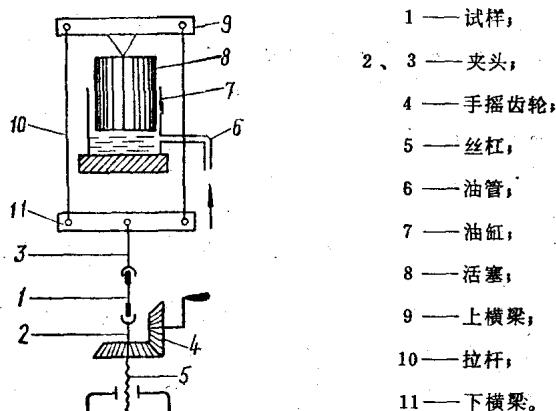


图 1-2 拉伸试验机结构示意图

拉伸试验是在专门的试验机上进行。图 1-2 是常用的一种液压试验机示意图。进行拉伸试验时，将试样 1 夹在夹头 2、3 上，手摇齿轮 4 调整夹头丝杠 5，把试样夹牢，然后开动油泵，通过油管

6 将油压入油缸 7 中，此时载荷即传到夹头 3 及试样 1 上，随着载荷的渐增，试样内产生内应力，并使试样伸长。当应力超过试样强度时则被拉断。图 1-3 是低碳钢拉伸试验图，图

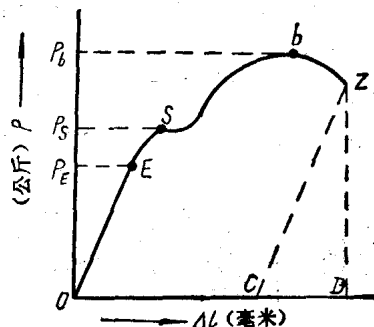


图 1-3 低碳钢拉伸图

中纵坐标表示载荷 P ，横坐标表示绝对伸长量 Δl 。

图中 OE 段是一直线，载荷在 E 点以下时，金属不发生塑性变形，金属试样的伸长与载荷成正比，去除载荷后，变形即恢复。此时的变形叫做弹性变形，此时所受的最大应力

叫做弹性极限，以 σ_e 表示，其计算公式如下：

$$\sigma_e = \frac{P_E}{F_0} \text{公斤/毫米}^2 \quad (1-1)$$

式中 P_E —— E 点承受的载荷（公斤）；

F_0 ——原试样断面面积（毫米²）。

超过 E 点增加载荷时，金属伸长与载荷不再存在正比关系，并有微量塑性变形产生。载荷增加到 S 点时，显著的塑性变形开始出现，这时不增加外力，变形仍在继续，这种现象叫做屈服现象。产生屈服现象时的最大应力叫做屈服强度，也有叫做屈服点的。要想测得金属的确切屈服点数值是很困难的，通常把金属材料的相对伸长0.2%时的应力作为屈服点，并以 $\sigma_{0.2}$ 表示。其计算公式如下：

$$\sigma_{0.2} = \frac{P_S}{F_0} \text{公斤/毫米}^2 \quad (1-2)$$

式中 P_S —— S 点承受的载荷（公斤）；

F_0 ——原试样断面面积（毫米²）。

图中 b 点标志着试样承受最大载荷，这个载荷也就是试样破裂前的极限载荷。此时所产生的最大应力叫做抗拉强度极限，以 σ_b 表示。其计算公式如下：

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_0} \text{公斤/毫米}^2 \quad (1-3)$$

式中 P_b —— b 点承受的载荷（公斤）；

F_0 ——原试样断面面积（毫米²）。

金属伸长率 δ 的计算公式如下：

$$\delta = \frac{\Delta l}{l_0} 100\% = \frac{l_1 - l_0}{l_0} 100\% \quad (1-4)$$

式中 l_0 ——试样原计算长度（毫米）；

l_1 ——试样拉断后的计算长度（毫米）。

试样拉断后的断面收缩率 ψ ，计算公式如下：

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \cdot 100\% \quad (1-5)$$

式中 F_0 ——试样原断面面积（毫米²），

F_1 ——试样拉伸后的断面面积（毫米²）。

δ 和 ψ 在判断金属的塑性或脆性上是一个重要的数据，脆性金属的 δ 及 ψ 值都很小，相反， ψ 和 δ 值愈大则说明金属的塑性愈好。

打结拉力试验 打结拉力试验适用于检验直径较细的钢丝性能。一般规定，直径小于0.8毫米的钢丝，用打结拉力试验代替弯曲试验。其试验方法是：将试样打成一个简单的死结（勿需拉紧）后，放在拉力试验机上，连续均匀地施加负荷至拉断试样为止。此时负荷指示器上所示的最大负荷，即为打结拉力 P_J 。用打结拉力 P_J 除以试样原横断面面积 F_0 ，则得打结拉力强度极限 σ_J 。其计算公式如下：

$$\sigma_J = \frac{P_J}{F_0} \text{ 公斤/毫米}^2 \quad (1-6)$$

冲击试验 施加于物体的突然载荷叫做冲击载荷，金属抵抗冲击载荷的能力叫做冲击韧性。图1—4是作冲击韧性

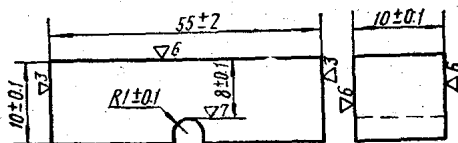


图1—4 冲击试验标准试样

试验用的标准试样。试验时，把试样放在试验机的两支承柱上，并使缺口背向摆锤的冲击方向（图1—5左），将摆锤对着试样冲击，摆锤冲击功 A_k 的计算公式如下：

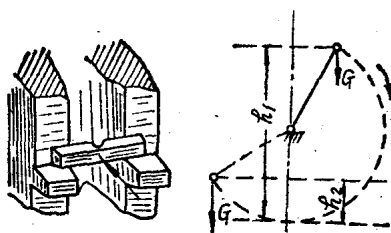


图 1—5 冲击试验

$$A_k = G(h_1 - h_2) \text{ 公斤} \cdot \text{米} \quad (1-7)$$

式中 G ——摆锤重量 (公斤) ;
 h_1 ——摆锤提起的高度 (米) ;
 h_2 ——冲断试样后摆锤上升的高度 (米) 。

通常 A_k 值是不需要计算的, 可以从试验机刻度盘上直接读出。

金属的冲击韧性是金属单位面积所能承受的冲击功, 所以冲击韧性值可以按下列公式计算:

$$a_k = \frac{A_k}{F} \text{ 公斤} \cdot \text{米} / \text{毫米}^2 \quad (1-8)$$

式中 A_k ——冲击功 (公斤·米) ;
 F ——试样缺口处断面面积 (毫米²) 。

试样越难破断, 冲击后摆锤上升高度 h_2 越小, 也就是消耗于试样上的功越大, 因此, 该金属的冲击韧性也就越高。

反复弯曲试验 金属的反复弯曲试验, 是用来检验金属线材 (或其覆盖层) 耐反复弯曲的性能, 并显示其缺陷。这是冷拉碳素弹簧钢丝的性能指标之一。一般适用于直径由 0.8 到 7.0 毫米的冷拉或热轧的线材。其试验方法是把试样垂直地夹在钳口上, 然后把试样反复地向左右弯曲 90 度角进行试验。把试样由原始垂直位置弯曲 90 度角, 再弯回 90 度角至原

始垂直位置，算作一次反复弯曲，直至试样出现折断，或有关技术条件中规定的弯曲次数为止，作为金属反复弯曲性能指标。

线材扭转试验 线材扭转试验，是用来检查金属在固定或交变方向扭转时的塑性变形性能，并显示金属的不均匀性、表面缺陷及部分内部缺陷，适用于直径小于或等于10毫米的冷拉及热轧线材。金属的扭转变形性能用扭转次数表示。扭转次数是以试样一端向任一方向转动一整圈（360度角），为一扭转次数，扭转试验进行至有关技术条件中规定次数或断裂为止。

金属的不均匀性及缺陷是按试样的断口及表面状态评定。

线材缠绕试验 所谓缠绕试验，就是将线材在规定直径的芯棒上缠绕5~10圈，检查线材承受缠绕变形后显示的表面缺陷，及表面覆盖层结合牢固性。具体考核指标可参照有关标准规定。

疲劳试验 金属材料受外力作用，内应力超过材料本身强度极限时，就会裂断。但有的时候所加外力并没有超过材料强度极限，甚至远较材料的屈服极限、弹性极限还低，但在交变载荷作用下金属即行破坏，这种现象，叫做金属的疲劳，金属经受无数次交变载荷的作用，而不破坏的最大应力叫做疲劳强度。钢的疲劳强度的交变载荷次数 $N = 5 \times 10^6$ 次，而有色金属则 $N = 2 \times 10^7$ 次。

疲劳强度是在疲劳试验机上测定。图1—6是弯曲法疲劳试验机示意图。试验时，试样1用弹簧夹头夹在主轴2的孔内。用电动机4通过软轴3带动其旋转，载荷是由重锤G通过连杆5将两个位置对称、大小相等的力P加于试样上。试样的旋转次数（交变次数）可由自动记录器6上读出。

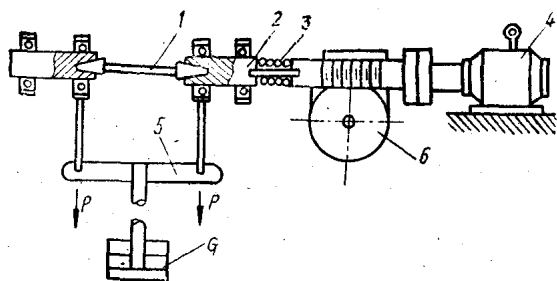


图 1-6 弯曲法疲劳试验机示意图

1——试样；2——主轴；3——软轴；4——电动机；5——连杆；6——记录器。

图 1-7 是金属疲劳试验曲线图，纵坐标代表应力 σ ；横坐标代表交变载荷次数 N ， σ_w 即为金属的疲劳强度，从图中可以看出：应力愈小则金属在破坏前所能承受的交变载荷次数愈多，当金属所受的应力低于 σ_w 值时，

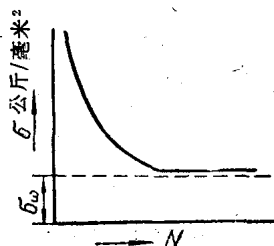


图 1-7 金属疲劳试验曲线图

则不会因疲劳而引起破坏。当金属所受应力超过 σ_w 时，金属突然破坏，并形成疲劳断口。

硬度试验 金属抵抗更硬物体侵入的能力或金属抵抗塑性变形的能力，叫做硬度。由于硬度试验方法简便迅速，又不损坏所试验的零件，同时又可根据硬度值，近似地估计出金属的拉力强度。例如轧钢（或锻钢）其硬度与抗拉强度有如下的近似关系： $\sigma_b \approx 0.36HB$ 。因此，硬度试验是测定金属材料机械性能最广泛的一种检验方法。

硬度的试验方法很多，应用最广泛的是压入法，其中尤以布氏硬度试验法和洛氏硬度试验法最普遍，下面就介绍这两种硬度试验方法。

一、布氏硬度试验

这种试验法的基本原理是将直径为 D 的小钢球，在压力 P 的作用下，压到所需试验的零件表面上，根据其压得之印痕直径来判断金属的硬度，如图1—8所示。压痕单位面积上所受的平均压力，即表示布氏硬度值HB，其计算公式如下：

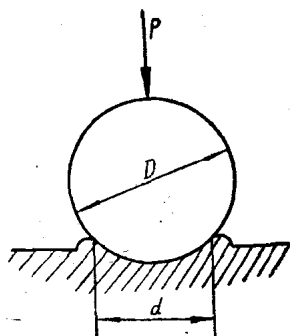


图1—8 布氏硬度试验原理

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ 公斤/毫米}^2 \quad (1-9)$$

式中 P ——载荷（公斤）；

F ——压痕表面积（毫米²）；

D ——钢球直径（毫米）；

d ——压痕直径（毫米）。

布氏硬度值的单位为公斤/毫米²，但一般并不写出。

图1—9是布氏硬度机的结构简图。将试样或零件放置在丝杆1的小台上，旋转丝杆使试样上升与钢球2接触。然后开动油泵将油压入油缸3内，推动活塞6和7，活塞6上悬挂载荷4和5，载荷通过油和活塞7而作用在钢球上，此时压力的大小可由压力计上读出。加压一定时间后，除去载荷，然后使用带刻度尺的专门放大镜观测钢球压痕直径，如图1—10所示。这种放大镜的精密度为0.01毫米，一般测到0.1毫米即可。

测量出钢球压痕直径以后，即可用上述公式计算出布氏硬度值。但在实际生产中不进行这样复杂的计算工作，而是从钢球压痕直径与硬度值的对照表（表1—1）中查得。

除上述液压布氏硬度机外，现在还广泛使用杠杆式自动布氏硬度机，它可直接从仪表上读出硬度值。

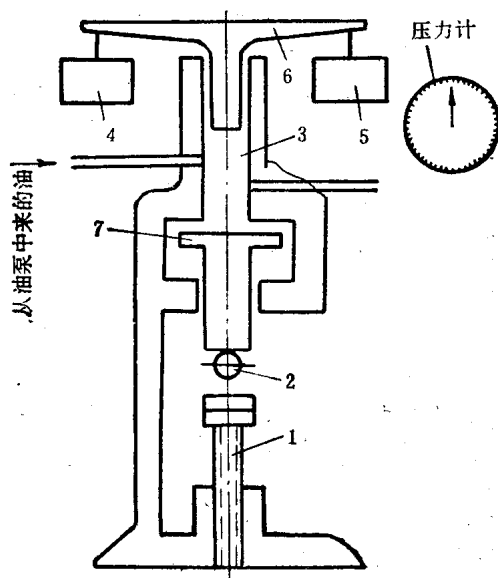


图 1—9 布氏硬度机结构简图

1 — 丝杆；2 — 钢球；
3 — 油缸；4、5 — 载荷；6、7 — 活塞。

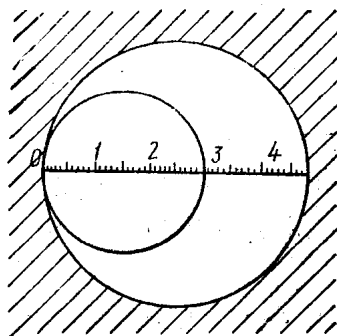


图 1—10 观测钢球压痕直径

布氏、洛氏硬度值对照表

表 1—1

布氏硬度: 钢球直径10毫米 负荷 $P = 3000$ 公斤		洛氏硬度: 金刚钻锥 负荷 $P = 150$ 公斤
钢球压痕直径 (毫米)	HB	HRC
2.45	627	61
2.50	600	59
2.55	573	58
2.60	555	56
2.65	532	54
2.70	512	52
2.75	492	51
2.80	477	49
2.85	460	48
2.90	444	47
2.95	429	45
3.00	415	44
3.05	401	43
3.10	388	41.5
3.15	375	40
3.20	363	39
3.25	352	38
3.30	341	37
3.35	331	36
3.40	321	35
3.45	311	34
3.50	302	33
3.55	293	31
3.60	285	30

图 1—11 是现场生产使用的一种结构简单而实用的布氏硬度计。试验时, 把弹簧板 3 放在台座 2 上。转动手轮 1, 通过丝杠驱动台座 2 上升, 使弹簧板 3 与压头钢球 4 紧密接触, 然后转动手轮 5, 使带丝杆的支承架 6 下移, 落下横梁 7。此时, 载荷 G 通过横梁作用, 由钢球 4 传到弹簧板上,