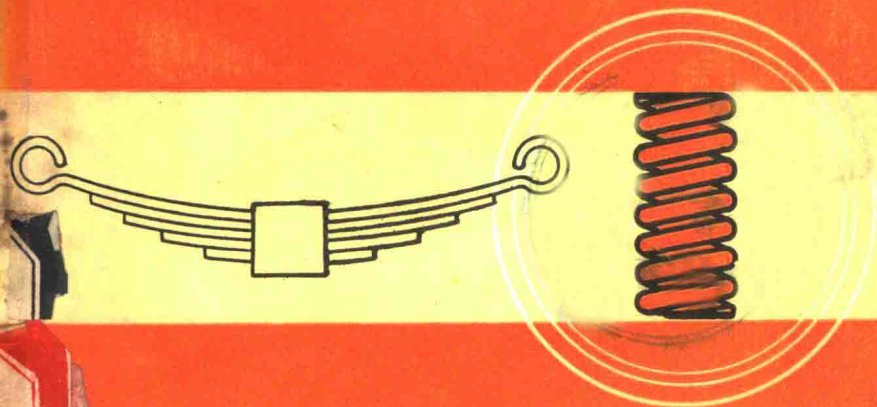


87.18235

LHB

铁路机车车辆 弹簧制造工艺

刘 海 编



铁路机车车辆 弹簧制造工艺

刘 海 编

人民交通出版社

1973年·北京

14653/08-06

书中较详细地介绍了铁路机车车辆上使用的热成形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 海 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷一厂印

开本787×1092₁ 印张8 插页4 字数175千

1973年6月第1版

1973年6月第1版第1次印刷

印数0001-10,000册 定价(科三)0.76元

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

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。

前 言

弹簧的种类很多，按受力情况来分有压力弹簧、拉力弹簧、扭力弹簧和摩擦弹簧四种；若按结构形状来分有钢板弹簧、螺旋弹簧和特殊形状弹簧三种。本书主要是介绍铁路机车车辆上使用的热成形钢板弹簧和圆柱形螺旋弹簧的制造工艺。

机车车辆上使用的弹簧，是一种缓冲装置，它对机车车辆走行中所产生的振动力和冲击力起缓冲作用，以减轻机车车辆各部件及钢轨的损伤，并使列车在线路上能平稳地运行。因此，在弹簧的生产过程中，严格掌握弹簧的制造工艺，保证弹簧产品的质量，对确保运输安全是十分重要的。

遵照伟大领袖毛主席关于“要认真总结经验”的教导，编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。由于编者实际经验较少，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 者

1972年11月

目 录

第一章 弹簧钢及其技术验收	1
第一节 弹簧钢的牌号及其化学成份	1
第二节 弹簧钢中各化学元素的特性	1
第三节 几种常用弹簧钢的比较	6
第四节 金属的机械性质和试验方法	8
第五节 弹簧钢原材料的缺陷	20
第六节 弹簧钢的技术验收	23
第二章 弹簧钢的热处理	28
第一节 铁的同素异晶转变	28
第二节 铁—碳合金状态图	30
第三节 钢在加热时的变化	32
第四节 钢在冷却时的变化	35
第五节 钢热处理的基本操作	37
第六节 弹簧钢的热处理	44
第三章 钢板弹簧的名词术语及性能计算	54
第一节 钢板弹簧的种类	54
第二节 钢板弹簧的名词术语	55
第三节 钢板弹簧的性能计算	60
第四节 钢板弹簧性能计算举例	67
第四章 钢板弹簧的制造	83
第一节 钢板弹簧制造生产过程	83
第二节 切料	83

第三节	剪切梯形	95
第四节	钻孔	97
第五节	冲压凹凸	98
第六节	冲压吊杆孔	104
第七节	制作弯头	106
第八节	卷耳	108
第九节	锻制半圆凸与压制弯弧	113
第十节	弹簧板的弯曲与淬火	114
第十一节	弹簧板的回火	128
第十二节	钢板弹簧组装	131
第十三节	钢板弹簧的成品检验	141
第十四节	弹簧箍制造	146
第五章	螺旋弹簧的名词术语及性能计算	152
第一节	螺旋弹簧的种类	152
第二节	螺旋弹簧的名词术语	152
第三节	螺旋弹簧的性能计算	157
第四节	螺旋弹簧性能计算举例	169
第六章	螺旋弹簧制造	172
第一节	切料	172
第二节	料坯两端制扁(碾尖)	177
第三节	卷制弹簧	186
第四节	弹簧淬火	204
第五节	弹簧回火	208
第六节	预压与磨削端面	211
第七节	螺旋弹簧成品检查与验收	215
第七章	弹簧热处理设备及测温仪表	219
第一节	加热设备	219
第二节	冷却设备	229

第三节 测温仪表.....	234
第八章 弹簧喷弹处理.....	239
第一节 喷弹原理与作用.....	239
第二节 喷弹设备.....	240
第三节 喷弹工艺.....	243
第四节 喷弹强度检查.....	245

第一章 弹簧钢及其技术验收

弹簧钢种类很多。按化学成份来分有碳素弹簧钢和合金弹簧钢两种；按轧制方法来分有热轧弹簧钢和冷拔弹簧钢两种。本书讲的是热轧弹簧钢材。

第一节 弹簧钢的牌号及其化学成份

我国机车车辆热成形弹簧系使用冶金工业部部颁标准 YB8—59 规定的热轧弹簧钢制造，其化学成份如表 1 所示。表 1 中钢号后边写有“A”或“高”者表示优质钢。例如，60Si2MnA（或60硅2锰高）等。普通弹簧钢与优质弹簧钢的区别主要在于含硫、磷杂质的多少，普通弹簧钢含硫 0.045% 以下，含磷 0.040% 以下。而优质弹簧钢含硫 0.030% 以下，含磷 0.035% 以下。

钢的化学成份优劣与冶炼方法有密切的关系，YB8—59 规定热轧弹簧钢用平炉、电炉冶炼。在使用单位同意下也可用转炉冶炼。

第二节 弹簧钢中各化学元素的特性

碳 碳是组成钢的基本元素之一。钢内含碳量愈多，所形成的碳化物也就愈多。铁的性能是强度低、硬度小、塑性好、韧性高的金属，而碳化物则是一种硬度极高、脆性极大、塑性极小的化合物，所以碳化物愈多，钢的硬度增加、屈服点提高，而塑性降低。同时，含碳量为 0.85% 以下的钢，其淬火温度随着含碳量的增加而降低，由此可知，碳对

各种弹簧钢的化学成份 (YB8-59)

表 1

序 号	钢 组	钢 号		化 学 成 份 (%)							硫 磷 (不大于)	
		牌	代 号	碳	硅	锰	铬	镍	钨	钒		
1	碳 素 钢	65	65	$\frac{0.62}{0.70}$	$\frac{0.17}{0.37}$	$\frac{0.50}{0.80}$	≤ 0.25	≤ 0.25			0.045	0.040
2		70	70	$\frac{0.67}{0.75}$	"	"	"	"			"	"
3		75	75	$\frac{0.72}{0.80}$	"	"	"	≤ 0.30			"	"
4		85	85	$\frac{0.82}{0.90}$	"	"	"	"			"	"
5	锰 钢	60 锰	60Mn	$\frac{0.57}{0.65}$	$\frac{0.17}{0.37}$	$\frac{0.70}{1.00}$	≤ 0.25	≤ 0.25			0.045	0.040
6		65 锰	65Mn	$\frac{0.62}{0.70}$	"	$\frac{0.90}{1.20}$	"	"			"	"
7		55 锰 硅	55MnSi	$\frac{0.52}{0.60}$	$\frac{0.50}{0.80}$	$\frac{0.60}{0.90}$	"	≤ 0.40			"	"

序 号	钢 组	钢 号		化 学 成 份 (%)							硫 磷	
		牌 号	代 号	碳	硅	锰	铬	镍	钨	钒	(不大于)	
8	硅	55 硅 锰	55SiMn	$\frac{0.50}{0.60}$	$\frac{1.30}{1.80}$	$\frac{0.80}{1.00}$	≤ 0.30	≤ 0.40			0.045	0.040
9		60 硅 锰	60SiMn	$\frac{0.55}{0.65}$	"	"	"	"			"	"
10		60 硅 锰 高	60SiMnA	$\frac{0.56}{0.64}$	"	"	"	"			0.030	0.035
11		50 硅 2 锰	50Si2Mn	$\frac{0.47}{0.55}$	$\frac{1.50}{2.00}$	$\frac{0.60}{0.90}$	"	"			0.045	0.040
12	锰	55 硅 2 锰	55Si2Mn	$\frac{0.52}{0.60}$	"	"	"	"			"	"
13		60 硅 2 锰	60Si2Mn	$\frac{0.57}{0.65}$	"	"	"	"			"	"
14	钢	60 硅 2 锰 高	60Si2MnA	$\frac{0.56}{0.64}$	$\frac{1.60}{2.00}$	"	"	"			0.030	0.035
15		63 硅 2 锰 高	63Si2MnA	$\frac{0.60}{0.65}$	$\frac{1.80}{2.20}$	"	"	"			"	"
16		70 硅 3 锰 高	70Si3MnA	$\frac{0.66}{0.74}$	$\frac{2.40}{2.80}$	"	"	"			"	"

序 号	钢 组	钢 号		化 学 成 份 (%)							
		牌 号	代 号	碳	硅	锰	铬	镍	铜	钒	硫 磷 (不大于)
17	硅 铬 钢	60硅2铬高	60Si2CrA	$\frac{0.56}{0.64}$	$\frac{1.40}{1.80}$	$\frac{0.40}{0.70}$	$\frac{0.70}{1.00}$	≤ 0.40			$\frac{0.030}{0.035}$
18		65硅铬高	65SiCrA	$\frac{0.62}{0.70}$	$\frac{1.20}{1.50}$	"	$\frac{0.40}{0.60}$	"			"
19	硅铬钒钢	60硅2铬钒高	60Si2CrVA	$\frac{0.56}{0.64}$	$\frac{1.40}{1.80}$	$\frac{0.40}{0.70}$	$\frac{0.90}{1.20}$	≤ 0.40		$\frac{0.10}{0.20}$	$\frac{0.030}{0.035}$
20		65硅2锰钨高	65Si2MnWA	$\frac{0.61}{0.69}$	$\frac{1.50}{2.00}$	$\frac{0.70}{1.00}$	≤ 0.30	≤ 0.40	$\frac{0.80}{1.20}$		$\frac{0.030}{0.035}$
21	铬 锰 钢	50 铬 锰	50CrMn	$\frac{0.46}{0.54}$	$\frac{0.17}{0.37}$	$\frac{0.70}{1.00}$	$\frac{0.90}{1.20}$	≤ 0.40			$\frac{0.045}{0.040}$
22		50 铬 锰 高	50CrMnA	$\frac{0.46}{0.54}$	"	$\frac{0.80}{1.00}$	$\frac{0.95}{1.20}$	"			$\frac{0.030}{0.035}$
23	铬 钒 钢	50 铬 钒 高	50CrVA	$\frac{0.46}{0.54}$	$\frac{0.17}{0.37}$	$\frac{0.50}{0.80}$	$\frac{0.80}{1.10}$	≤ 0.40		$\frac{0.10}{0.20}$	$\frac{0.030}{0.035}$
24		50 铬 锰 钒 高	50CrMnVA	$\frac{0.48}{0.55}$	$\frac{0.17}{0.37}$	$\frac{0.80}{1.00}$	$\frac{0.95}{1.20}$	≤ 0.40		$\frac{0.15}{0.25}$	$\frac{0.030}{0.035}$
25	钨 铬 钒 钢	30 钨 4 铬 2 钒 高	30W4Cr2VA	$\frac{0.26}{0.34}$	$\frac{0.17}{0.37}$	≤ 0.40	$\frac{2.00}{2.50}$	≤ 0.40	$\frac{4.00}{4.50}$	$\frac{0.50}{0.80}$	$\frac{0.030}{0.035}$

钢的性能影响是很大的。一般碳素弹簧钢的含碳量为0.62~0.9%,而合金弹簧钢的含碳量为0.46~0.74%。

硅 硅有脱氧作用,当其含量在0.5%以下时,它是作为一种冶炼杂质存在,超过0.5%,就作为一种合金元素存在了。

硅有提高钢的硬度、屈服点、抗拉强度、弹性极限和降低钢的塑性及韧性的作用。硅的另一特点是增加钢的硬化性能,提高钢的淬火温度。根据一些资料介绍,每增加1%硅,可提高钢的上临界点 A_{C_3} 40~50°C。弹簧钢的最高含硅量是2%,若含硅量过多,容易促使钢石墨化(析出石墨),在加热过程中产生脱碳,从而给热处理工作带来了困难。

锰 是一种脱氧剂,炼钢时,锰与硫化合生成硫化锰,这种化合物可以随熔渣一同除去。锰在钢中的含量超过0.6%时,才作为合金元素存在。

锰与碳相似,能提高钢硬度、强度、硬化性能和降低钢的淬火温度。锰的缺点是增加钢的过热敏感性,在加热过程中,易产生晶粒长大,从而引起淬火裂纹。

磷 一般来讲,它是一种由矿石带入的有害杂质,固溶于纯铁体中。磷有降低钢的塑性和韧性,增加钢的脆性的作用,所以要求钢内含磷量愈少愈好。

硫 与磷一样,也是由矿石带入钢内的一种有害杂质。硫不溶于纯铁体中,而是与铁形成硫化铁(FeS)分布在钢内组织的晶界上。硫化铁熔点低(950°C),致使钢在热加工过程中断裂,这就是通常说的钢的热脆性,所以要求钢中含硫量愈小愈好。

铬 与锰近似,它有提高钢的屈服点、强度极限、硬度和耐磨性能等作用。在中碳钢中加入0.5%的铬,可使钢的强度和弹性极限提高15~20%,但含铬过多则将会降低钢的

塑性和冲击韧性。

铬还有阻止晶粒长大降低钢的过热敏感性，提高钢的淬火温度的作用，大约每增加1%的铬，可提高淬火温度50°C左右。铬合金的缺点是易产生回火脆性。

镍 它有增加钢的强度和韧性的作用。当其含量不大于3%时，具有高的韧性。镍能阻止晶粒长大、降低钢的过热敏感性和淬火温度。淬火变形也小。但镍价格昂贵，是我国较少的一种合金元素。镍钢有回火脆性，尤其与铬一同加入钢内时，回火脆性表现的更为显著。

钨 钨能增加钢的硬化性能，提高钢的硬度和强度，并能有效地阻止钢内晶粒长大。含钨钢还具有高的耐热性能。在500~600°C高温下工作时，其硬度和强度可保持不变。钨是一种贵重的合金元素，只有性能要求高的弹簧钢才使用它。钨在我国的蕴藏量占世界第一位。

钒 是一种很好的合金元素，也是优良的脱氧剂。它能显著地提高钢的硬度、强度、弹性比、冲击韧性、疲劳强度、增加钢的硬化性能和阻止奥氏体晶粒长大，提高钢的耐热性能。但钒是一种贵重元素，只有性能要求高的弹簧才使用它。

第三节 几种常用弹簧钢的比较

碳素弹簧钢 这种钢的最大优点是价格低廉，轧制后表面干净。热处理后，具有较高的硬度和强度。这种钢的最大弱点是硬化性能差，淬火时，需要在冷却速度大的淬火剂（水）中冷却，因而容易引起淬火裂纹。故这种钢不宜制造大截面的弹簧。又由于碳素钢的屈服点低，容易产生较大的塑性变形，经不住过负荷的考验，并且它的抗氧化能力不及合金钢。所以现在大型弹簧一般都不使用碳素钢制作，而以

优良的合金弹簧钢代替。

锰弹簧钢 它是一种廉价的合金弹簧钢，它的硬化性能比碳素钢强，而且表面光洁度好，脱碳倾向小，但过热敏感性大，在加热过程中晶粒长大，易产生过热和淬火裂纹。此外，这种钢有热脆倾向，冲击韧性较低。

硅锰弹簧钢 这种弹簧钢广泛的应用在铁路机车车辆和汽车工业上。它具有很高的硬化性能，直径在40毫米以内的钢棒可淬透，适用于制作大截面的弹簧。其热处理变形小，塑性、屈服点、弹性比和冲击值等都比碳素钢高，是一种廉价的合金弹簧钢。硅锰钢最大的缺点是易于脱碳及轧制困难，硅含量高时，会形成大量的硅酸盐夹杂物，使钢表面光洁度不高。

铬锰弹簧钢 这种钢的硬化性能好，可淬透直径为25~30毫米的钢棒。淬火后具有高的机械性能，但冲击韧性不好。由于铬及锰均能引起回火脆性，因此这种钢回火脆性大，适当的选择回火温度和采用回火后快速冷却法，可使这种脆性倾向减小。

铬钒弹簧钢 是一种很好的弹簧钢，它的硬化性很高，具有高的疲劳强度和较好的耐热性能。适合于高温下工作，但由于这种钢的价格昂贵，使用并不普遍。

以上是几种常用的弹簧钢，除此之外，尚有多种弹簧钢（表1），这里就不一一叙述了。在选用弹簧钢时，应考虑弹簧的性能要求、工作条件和经济价值。例如机车上使用的涨圈弹簧，经常在300~400°C的高温下工作，因此应选用耐热的50CrVA优质钢制造，而一般机车车辆上使用的大型弹簧，则可选用碳素钢、锰钢和硅锰钢等制作。现在使用广泛的是硅锰钢。我国在解放前，铁路机车车辆弹簧大部分使用的是碳素弹簧钢，而解放后，已全部改用55Si2Mn和

60Si2Mn弹簧钢。55Si2Mn弹簧钢主要是制造钢板弹簧，而60Si2Mn弹簧钢主要用于制造螺旋弹簧。

第四节 金属的机械性质和试验方法

金属的机械性质例如：强度、塑性、韧性、硬度、弹性等和钢的化学成份一样，显著地标志着金属材料品质的优劣。现将金属的机械性质和试验方法概述如下：

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是拉伸

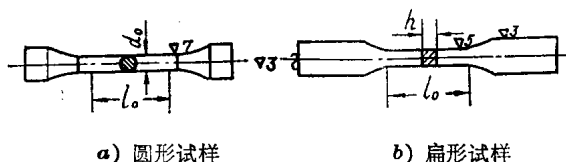


图1 标准拉伸试样

d_0 ——试样直径； h ——试样厚度； l_0 ——计算长度。

试验用的标准试样。试验时通常采用圆形断面试样，试样直径 $d_0=20$ 毫米。通常试样分长、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：

$$\text{长试样 } l_0 = 11.3 \sqrt{F_0};$$

$$\text{短试样 } l = 5.65 \sqrt{F_0}.$$

式中： F_0 ——试样的横断面面积，单位是平方毫米。

拉伸试验是在专门的试验机上进行。图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，油管6将油压入油缸7中，推动活塞8使上横梁9上升，通过拉杆10将下横梁11提起，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 3 是低碳钢拉伸试验图，图中纵座标表示载荷 P ，横座标表示绝对伸长量 Δl 。

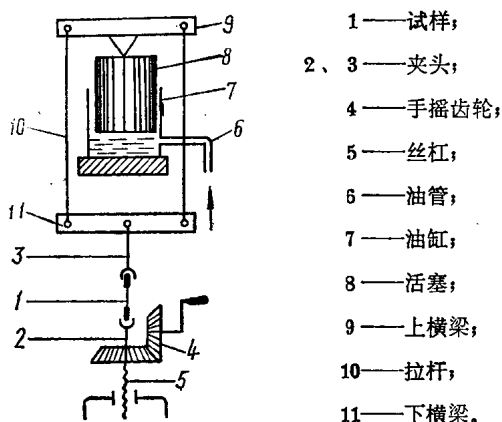


图 2 拉伸试验机结构示意图

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，即去除载荷，变形恢复。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：

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

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）。

图中 S 点是塑性变形开始点，这时不增加外力，变形仍

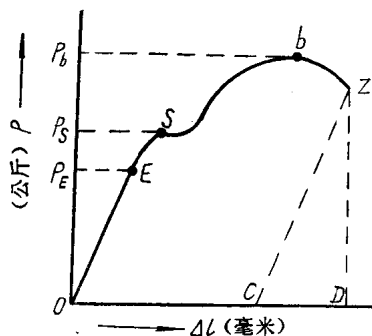


图 3 低碳钢拉伸图