

编 号: 0110

科学技术成果报告

提高压缩机气阀弹簧
使用寿命的试验

科学技术文献出版社

科学技术成果报告
提高压缩机气阀弹簧
使用寿命的试验

(内部发行)

编辑者: 中国科学技术情报研究所
出版者: 科学技术文献出版社
印刷者: 中国科学技术情报研究所印刷厂
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{16}$ 1.25印张 32 千字

统一书号: 15176 · 291 定价: 0.20元

1978年6月出版

目 录

采用油淬火、回火工艺提高压缩机气阀弹簧使用寿命的试验

前言	(1)
一、气阀弹簧用油淬火钢丝的研制	(1)
(一) 试验材料	(1)
(二) 油淬火、回火工艺及设备	(2)
(三) 油淬火、回火工艺试验	(3)
(四) 管式炉辐射加热与电接触快速加热油淬火工艺的比较	(5)
二、两种生产阀弹簧工艺路线的比较	(7)
三、新阀簧的使用寿命试验	(9)
在电接触快速加热条件下50CrVA钢丝C—曲线的初步测定	
一、实验方法和装置	(12)
二、实验结果	(14)
参考资料	(19)

采用油淬火、回火工艺提高压缩机气阀弹簧使用寿命的试验

压缩机气阀弹簧攻关组

前 言

气阀是活塞式压缩机的重要部件，气阀弹簧使用寿命短是压缩机行业技术攻关项目之一。

据调查，一些阀簧的使用寿命只有几百小时，甚至几十小时，这不仅显著地降低了压缩机的开动率，大大增加了压缩机的检修工作量，而且对使用压缩机的各行各业的生产造成不同程度的损失。

另一方面，我国目前生产阀簧的方法比较落后，它通常是用退火的低合金钢丝卷簧后，再进行淬火和回火，才能使用。由于压缩机气阀弹簧钢丝比较细小，不易控制其淬火质量，而技术要求又比较高，因此，阀簧热处理便成为弹簧行业中一个老大难问题。

为此，全国压缩机行业华北分组各厂在天津大学共同组成了压缩机气阀弹簧质量攻关组，在有关弹簧厂的大力支持下，攻关组从调查入手，从我国现实情况出发，在不改变原设计，原材料的条件下，革新了阀簧的原生产路线，设计制造了一套有其特点的连续处理阀簧钢丝的设备，在此设备上采用了先进的热处理技术，显著地提高了钢丝的质量，机械性能优良，均匀，稳定，表面状态良好。

经过几个弹簧厂的生产实践表明，新型的阀簧用油淬火钢丝具有优良的冷卷弹簧性能，不仅解决了弹簧热处理的一个老大难问题，而且简化了阀簧的生产工序，多快好省地提高了阀簧的制造水平。

经过几十个用户厂的运转试验，新阀簧的使用寿命成倍提高。

目前正在推广使用，并向提高阀簧使用寿命的深度和广度进军。

一、气阀弹簧用油淬火钢丝的研制

(一) 试验材料

试验材料有50CrVA、60Si2MnA及65Si2MnWA等低合金钢丝，4Cr13不锈钢丝及60碳素钢丝。钢丝直径为0.5—3.0毫米。钢丝的化学成份符合YB285—64、GB699—65等的规定。

根据“冶标”规定，各种低合金钢丝及4Cr13不锈钢丝，均以退火状态供应，用这些钢丝冷卷成簧后，还应进行淬火及回火热处理，方能使用。

各种合金钢丝的原始组织都是细粒状珠光体，而碳素钢丝的原始组织为索氏体和少量铁素体，具有明显的方向性，呈纤维状。50CrVA及4Cr13钢丝表面没有观察到脱碳现象，而

60Si2MnA及60碳钢丝有局部或有轻微的脱碳现象。

(二) 油淬火、回火工艺及设备

弹簧钢丝的油淬火、回火工艺都是用连续运转设备进行的。为了对比，攻关组自行设计制造了两套小型实验设备：一套是电接触快速加热油淬火回火设备，另一套是管式炉辐射加热油淬火回火设备，分别简介如下：

1. 电接触快速加热油淬火工艺及设备

在这套设备中，采用了电接触快速加热、分级淬火及快速回火等先进热处理工艺，其工艺和设备如图1所示。

(1) 淬火：当钢丝1由放线架2进入冷接点铅浴槽3时，此铅槽一方面起导电作用，另一方面起予热钢丝的作用（相当ab段），在冷热两接点之间（相当bc段）靠直接通电，在几秒钟内将钢丝加热到所需的淬火温度，此时，钢丝进入热接点铅浴炉中，此炉又起到分级冷却的作用（相当cd段），当钢丝分级冷却几秒钟之后，再用40—60℃机油淬火（相当de段）。

(2) 回火：经过油淬火的钢丝随后引入另一铅浴炉6中进行回火（相当fg段），由收线架8将处理好的钢丝卷好成捆，即得到所需要的油淬火、回火钢丝。

由此可见，钢丝油淬火、回火工艺是连续进行的，是在几十秒时间范围内完成的。另一方面，钢丝在热处理过程中，几乎是在液体介质中进行的，表面氧化及脱碳极少（金相分析没有观察到），具有较好的表面质量。

2. 管式炉辐射加热油淬火工艺及设备：

参看图2，用管式炉辐射加热油淬火、回火工艺是这样进行的：

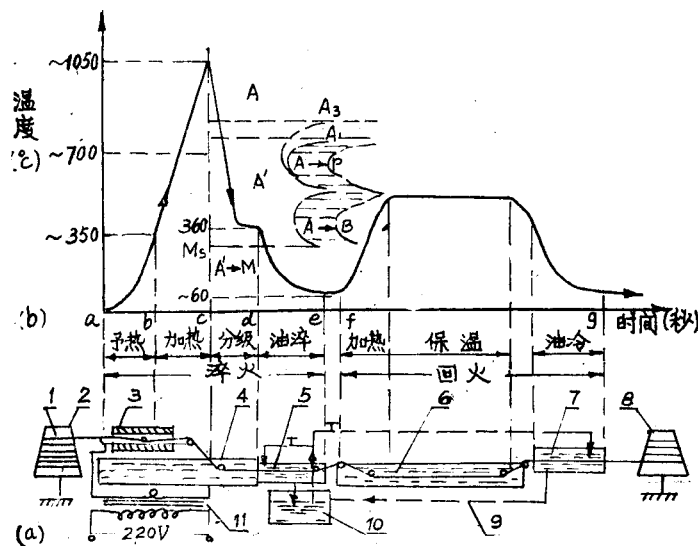


图1 电接触快速加热油淬火设备 (a) 及工艺 (b) 示意图

1. 钢丝 2. 放线架 3. 冷接点 (铅浴炉) 4. 热接点 (分级冷却铅浴炉) 5. 淬火油槽 6. 回火铅浴炉 7. 冷却油槽 8. 收线架 9. 回油管 10. 油泵及储油箱
11. 稳压器及调压器

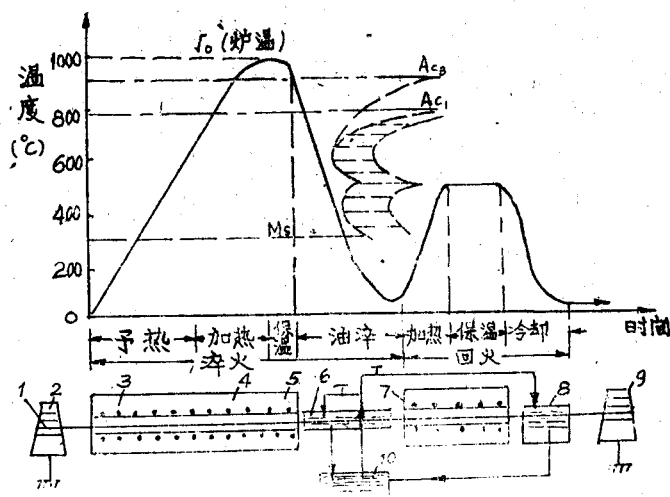


图2 管式炉辐射加热油淬火设备及工艺示意图

1. 钢丝 2. 放线架 3. 予热炉 4. 管式加热炉
5. 保温炉 6. 淬火油槽 7. 回火铅浴槽 8. 冷却油槽
9. 收线机 10. 油泵及储油槽

钢丝1由放线架2经予热炉3进入加热炉4,使钢丝加热到所需温度,然后从保温炉5出来,进入油槽6淬火冷却,经油淬火后,钢丝连续通过铅浴槽7进行回火,再经冷却油槽8冷却,最后由收线转筒9将钢丝卷成捆。

(三) 油淬火、回火工艺试验

工艺试验主要是在电接触快速加热油淬火设备上进行的,试验原料为直径0.5~1.3毫米的50CrVA及60Si 2 MnA钢丝;直径为1.0毫米的65Si 2 MnWA钢丝;直径为0.5~1.7毫米的4Cr13不锈钢丝以及直径为1.3毫米的60碳素钢丝。

为了选择比较合适的油淬火、回火工艺,初步探讨了加热温度及时间、分级冷却温度及时间、淬火介质及机油温度、回火温度及时间等因素对钢丝性能的影响,所得部分结果分述如下:

1. 淬火加热温度对钢丝机械性能的影响

试验时,固定电接触快速加热时间、分级冷却温度及时间、机油温度及机油冷却时间,以及回火温度及时间,研究了不同淬火加热温度对钢丝机械性能的影响,所得结果如图3所示。

由图3可见,在电接触快速加热条件下,当加热温度低于某一临界数值时,各种钢丝都无法淬火,强度、硬度很低,弯、扭次数很高。当淬火加热温度高于这一临界数值时,钢丝便能淬火了,强度、硬度显著提高,弯扭次数显著下降。总的趋势是:随着淬火加热温度的升高,钢丝的强度、硬度逐步上升,弯扭次数下降。但是,加热温度超过合适的淬火温度以后,强度、硬度又有下降的趋势,弯扭性能亦变坏。上述情况表明,在电接触快速加热条件下,淬火加热温度对钢丝机械性能的影响符合于热处理的一般规律。但是,在快速加热(其加热速度在100°C/秒以上)条件下,加热速度越大,珠光体向奥氏体的转变滞后越严重,临界温度越高,由于加热时间很短,碳化物来不及溶解到奥氏体中去。所以,当淬火温度在

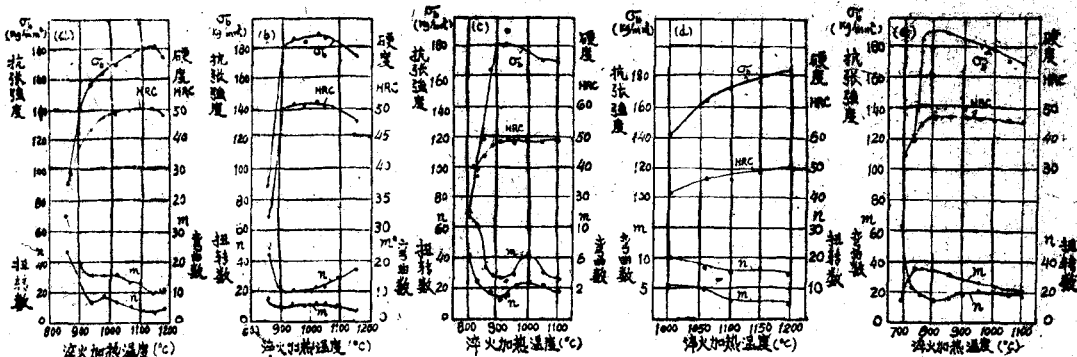


图3 淬火加热温度对各种钢丝机械性能的影响

- (a) 50CrVA钢丝 ($\phi 1.3$ 毫米) (b) 60Si2MnA钢丝 ($\phi 1.3$ 毫米),
(c) 65Si2MnWA钢丝 ($\phi 1.0$ 毫米) (d) 4Cr13不锈钢丝 ($\phi 1.7$ 毫米)
(e) 60碳素钢丝 ($\phi 1.3$ 毫米)

860°C以下时,上述各种合金钢丝都无法淬火。对于经过冷变形的60碳素钢丝,快速加热对其正常的淬火温度影响较小。

总之,在所试验的条件下,对于 $\phi 1.3$ 毫米50CrVA钢丝,合适的淬火加热温度可在950~1100°C范围内选择;对于 $\phi 1.3$ 毫米60Si2MnA钢丝,合适的淬火加热温度可在940~1020°C范围内选择;对于 $\phi 1.0$ 毫米65Si2MnWA钢丝,合适的淬火加热温度可在925~1000°C范围内选择;对于 $\phi 1.7$ 毫米4Cr13不锈钢丝,合适的淬火加热温度可在1050~1100°C范围内选择;对于1.3毫米60碳素钢丝,合适的淬火加热温度可在800~930°C范围内选择。

2. 回火温度对钢丝机械性能的影响

淬火是钢丝热处理中最重要的工序,但是,回火却最后决定了钢丝的使用性能。在固定淬火加热温度、时间、分级冷却温度、时间及回火时间等条件下,研究了不同回火温度对钢丝机械性能的影响,所得结果如图4所示。

由回火曲线可知,回火温度对各种钢丝机械性能的影响非常类似。随着回火温度的升高,钢丝的强度、硬度逐步下降,弯扭性能上升。这符合热处理一般规律。从阀簧管所要求的硬度(设计上一般为HRC46~50)来看,在攻关组试验条件下,50CrVA钢丝的回火温度

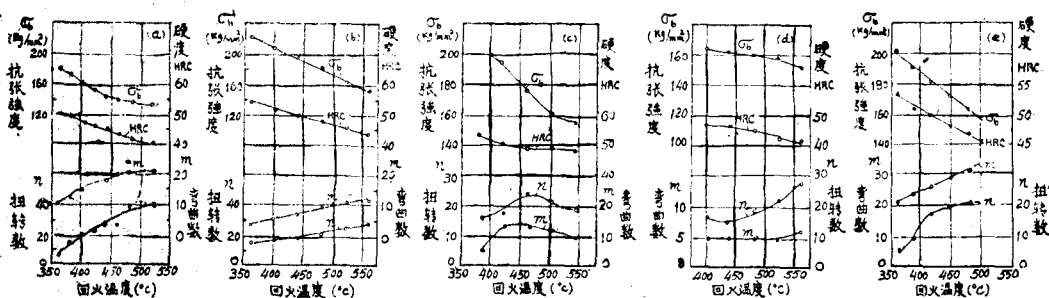


图4 回火温度对各种钢丝机械性能的影响

- (a) 50CrVA钢丝 ($\phi 1.3$ 毫米) (b) 60Si2MnA钢丝 ($\phi 1.3$ 毫米)
(c) 65Si2MnWA钢丝 ($\phi 1.0$ 毫米) (d) 4Cr13不锈钢丝 ($\phi 1.7$ 毫米)
(e) 60碳素钢丝 ($\phi 1.3$ 毫米)

表1 各种油淬火钢丝的机械性能

钢 号	直径 (毫米)	热 处 理		机 械 性 能				自绕 性能
		淬 火	回 火	抗张强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	硬 度 (HRC)	弯曲次数 m	扭转次数 n	
50CrVA	1.3	980—1000℃加热5秒, 340—390℃分级冷却5秒, 油(63℃)冷3秒	400±10℃	161—170	50	11—17	14—28	良好
60Si2MnA	1.3	1020℃加热5秒, 400℃分级冷却5秒, 油(60℃)冷3秒	500+10℃	177—180	50—52	11—20	21—23	良好
65SiMnWA	1.0	950—1000℃加热5秒, 380±10℃分级冷却5秒, 油(40—60℃)冷3秒	460—500℃	160—175	47—50	7—8	21—24	良好
4Cr13	1.7	1070±10℃加热9—10秒, 360±10℃分级冷却10秒, 油冷8—9秒	400℃	166	47	5	17	良好
			520℃	158	44	5	22	良好
60*	1.3	930℃加热5秒, 380℃分级冷却4秒, 油冷4.5秒	440℃	177—178	49—50	29—34	18—27	良好

应选 380~420℃, 60Si2MnA 钢丝——440~500℃, 65Si2MnWA 钢丝——460~500℃, 4Cr13 不锈钢丝——400~520℃, 60碳素钢丝——420~460℃比较合适。

上述油淬火工艺通过验证, 其中 50CrVA、60Si2MnA 两种钢丝已小批量投产, 所得结果如表1所示。

由表1可知, 按所选的油淬火、回火工艺处理的两种钢丝的金相组织, 是匀细的回火索氏体和未溶入的碳化物, 都获得了比较满意的机械性能。

(四) 管式炉辐射加热与电接触快速加热油淬火工艺的比较

攻关组利用自行设计制造的两套设备, 分别研究了上述两种加热条件, 对于淬火钢丝机械性能的影响, 如图5所示。

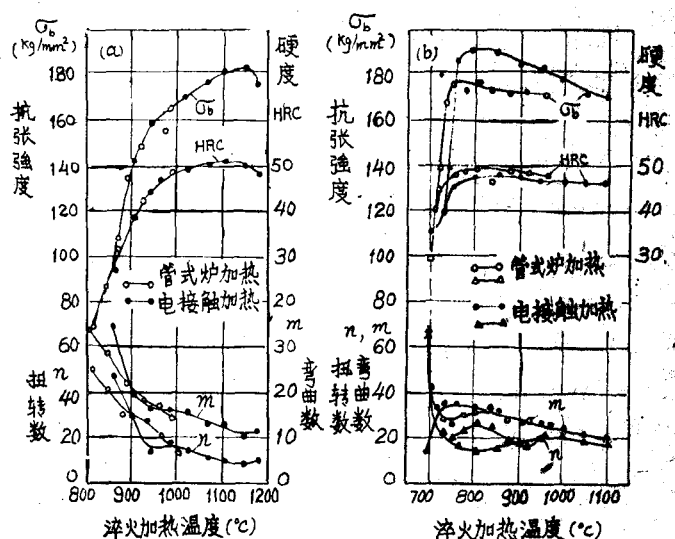


图5 在不同加热条件下, 淬火加热温度对50CrVA (a) 及 60 碳钢 (b) 钢丝机械性能的影响

表 2 $\phi 1.3$ 毫米50CrVA 钢丝两种油淬火工艺对比试验

炉 号	热 处 理 工 艺			抗 张 强 度 σ_b (公斤/毫米 ²)	硬 度 HRC	弯 曲 次 数 $m(R=5)$	扭 转 次 数 n	自 绕 性 能	表 面 脱 碳 情 况
	加 热 方 式	淬 火	回 火						
57968	管式炉 (北特钢)	炉温950℃,在炉加热时间91秒,机油(40℃)冷却22秒。	495℃ 45秒	162—166	49	15	5—10	良 好	局部脱碳层深0.019毫米
	电接触 (津大)	1020℃加热5秒,380℃分级冷却5秒,机油(30—40℃)冷却4秒。	420±10℃ 21秒	163	45—48	17—18	25	良 好	痕 迹
	管式炉 (北特钢)	炉温950℃,在炉加热时间91秒,机油(40℃)冷却22秒。	495℃ 45秒	156—164	46—49	7—8	2—5	合 格	痕 迹
	管式炉 (津大)	炉温900—950℃,在炉加热时间84秒,机油冷却38秒。	420±10℃ 42秒	168	49	13	3	—	有脱碳
374171	电接触 (津大)	980—1000℃加热5秒,340—390℃分级冷却5秒,油冷(63℃)4秒。	400±10℃ 20秒	161—170	50	11—17	14—28	良 好	痕 迹
	同 上	1020℃加热5秒,380℃分级冷却5秒,机油(40℃)冷却4秒。	410±10℃ 20秒	162	—	12—13	14—28	良 好	同 上

不难发现,虽然加热方法不同,但对相同的 50CrVA 及 60 碳钢的实验结果基本相似。其中以强度 (σ_b) 和硬度 (HRC) 数据对应较好,而弯扭性能对应较差。

但是,总的变化规律相同,对于回火曲线亦有类似现象。

后来,攻关组又用两个炉号的 $\phi 1.3$ 毫米 50CrVA 钢丝,分别在北京特殊钢厂钢丝车间的管式炉加热油淬火设备及自制的电接触加热设备进行油淬火工艺的对比试验,所得结果如表 2 所示。

从图 5 及表 2 可知,采用不同加热方式处理的 $\phi 1.3$ 毫米 50CrVA 油淬火、回火钢丝具有相近的强度水平;但是,电接触加热油淬火钢丝的弯、扭性能比管式炉加热者(虽然回火温度较高)要好些。其次,由于管式炉没有采用保护气氛,加热时间长达 91 秒,导致钢丝表面有脱碳现象;而电接触快速加热(仅 5 秒),钢丝表面几乎没有脱碳,同时,由于整个处理过程几乎是在液体介质中进行的,所以,钢丝表面质量较高。第三,电接触加热可采用较高的淬火加热温度和较大的线速度,因而生产率较高。

但是,电接触快速加热也有不足之处。例如:电气设备较多,要求控制严格。否则,淬火加热温度波动较大,甚至引起钢丝烧断。而管式炉加热时,炉温比较容易控制,不易断丝;如改变炉长及车速,可以调整适当的保温时间,使碳化物的溶解比较充分,获得较好的淬火效果。管式炉加热的缺点是:提高炉温时将受到电热元件的限制;处理时要耗费较贵重的不锈钢管或渗铝管;由于钢丝及钢管表皮的氧化作用,容易引起钢管堵塞现象,影响生产的顺利进行,增加了工人的劳动强度等。

总之,采用管式炉加热油淬火、回火工艺和采用电接触加热油淬火、回火工艺,都能使钢丝获得满意的机械性能及工艺性能。但是,从上述试验结果来看,电接触快速加热,分级冷却及油淬火还是比较先进的热处理工艺。

二、两种生产阀弹簧工艺路线的比较

我国目前压缩机行业用的阀弹簧钢丝 50CrVA、60Si2MnA 等低合金钢丝是以退火状态供应的。根据“冶标”规定,这种软钢丝在卷成簧后,再经过淬火及回火才能使用。因此,阀弹簧的原生产路线为:软钢丝卷簧→整形→淬火及回火→整形→去应力回火→煮黑。

其中弹簧的淬火及回火工序,特别复杂费事,又不能保证质量。所用方法是:以手工,周期性地小批量操作,在盐浴炉中加热、机油淬火,再使用大量夹具安装弹簧,放在空气炉中定型回火。由于阀簧的钢丝直径很细,小弹簧在高温下加热淬火不仅极易变形,特别是热处理后弹簧的机械性能很难保证,产品质量不稳定。由于生产周期长,往往锈蚀严重。这些是造成阀簧寿命低的重要原因。而这种热处理方法,生产效率低、成本高、劳动强度也大。对于小线径的弹簧,是一种落后的方法。攻关组用三种弹簧钢丝分别按生产厂现行工艺处理,和电接触快速加热油淬火钢丝进行比较,所得结果如表 3 所示。

由表 3 可知,油淬火钢丝的扭转性能比普通热处理的好得多。扭转数是检验线材在扭转时的塑性变形性能的。卷簧成型以及阀簧钢丝在承受循环扭转应力的过程中,都需要有较高的塑性,以免脆断。而更可贵的是,油淬火钢丝在明显改善塑性的同时,其抗张强度(例如 50CrVA)又比普通热处理的提高了 15—20 公斤/毫米²,硬度值高出 HRC 2—3 单位。对于有稳定组织的合金结构钢,在中等硬度范围内,疲劳极限与抗张强度之间大致有直线关系。在中等硬度范围内的油淬火钢丝其抗张强度提高了 15—20 公斤/毫米²,疲劳极限相应也有所

提高。对于含碳量0.5%左右的结构钢，其扭转弹性极限的峰值，大体在HRC45—50之间。50CrVA油淬火钢丝提高了HRC 2—3单位，硬度控制在以上范围内，其弹性极限和疲劳极限都将比普通热处理的为高。

对于直径在0.5毫米的钢丝（例如表3中的60Si2MnA）按普通热处理工艺往往无法淬火，根本不能使用。而油淬火、回火工艺使这种细丝弹簧获得良好的性能。

由金相分析可以明显看出，连续油淬火钢丝的组织匀细，普通热处理的钢丝组织粗大，因而油淬火钢丝在较高的塑性下，还可得到较高的强度。

这两种工艺处理的钢丝，在淬火、回火后，具有相同的基体组织，在同是中温回火组织下，晶粒度越小，组织越匀细，其疲劳极限越高。

此外，从显微组织中还观察到，普通热处理钢丝，表皮有局部脱碳，在油淬火钢丝中没有观察到这种现象。在循环应力的作用下疲劳裂纹优先从弹簧表面开始产生发展，钢丝的表面状态，如表面化学成分，粗糙度、内应力等，对疲劳影响十分显著。普通热处理的钢丝表

表3 三种弹簧钢丝经不同热处理后的机械性能

钢 号	直径 (毫米)	工 艺 类 别	热 处 理		机 械 性 能						自 绕 性 能
			淬 火	回 火	强 度	硬 度	弯 曲	扭 转	带扣拉力		
					σ_b (公斤/毫米 ²)	HRC	m(次)	n(次)	(公斤)	%	
50CrVA	0.9	普通工艺	在900℃盐浴炉中加热1分20秒	在空气回火炉中380—400℃回火30分钟	141—146	43—44	11—14	2—7	—	—	合格
同 上	0.9	油淬火回火	电接触加热5秒到950℃，370℃分级冷却，机油淬火	在380℃铅浴中回火16秒	161—165	46	5—8	15—29	—	—	良好
65Si2MnWA	1.0	普通工艺	890℃±10℃加热1分钟，油(室温)冷	410℃±10℃30分钟	158—160	46—48	3—5	4—6	—	—	合格
同 上	1.0	油淬火回火	950℃—1000℃加热5秒，380±10℃分级冷却，油(40—60℃)冷3秒	460—500℃16—22秒	160—175	47—50	7—8	21—24	—	—	良好
60SiMnA	0.5	普通工艺	890±10℃加热30秒，油(室温)冷	380—400℃20分钟	按生产厂工艺进行两次试验，均无法淬火				—	—	—
同 上	0.5	油淬火回火	900—950℃加热5秒，380±10℃分级冷却5秒，油(40—60℃)冷3秒	440—480℃16—22秒	160—175	47—50	—	—	—	57—60	良好

面有脱碳层，或阀簧在较长的生产周期中，不及时回火残存内应力，产生表面锈蚀等，都使钢丝表面层的疲劳极限降低。

而压缩机阀簧表面，又承受最大应力，因而裂纹易于产生发展，导致阀簧早日断裂。油淬火钢丝生产周期很短，表面状态良好，其抗疲劳的性能也高。

比较两种热处理工艺所得结果可知，同样规格的50CrVA、60Si2MnA及65Si2MnWA钢丝，连续油淬火处理后，比现行阀簧热处理工艺可以获得更优良的综合机械性能，更匀细的组织和良好的表面状态，这些都有利于提高钢丝的耐疲劳性能，增加阀簧的使用寿命。

连续油淬火工艺能得到性能优良的钢丝，是由先进的工艺路线和先进的热处理技术保证的。在钢丝油淬火设备上，采用了电接触快速加热、分级冷却、快速回火等新工艺，保证了油淬火钢丝机械性能的均匀、稳定。电接触快速加热时，加热速度快，时间短，奥氏体晶粒来不及迅速长大，使淬火后的组织细小，质点弥散，还不易产生表皮脱碳。分级冷却可以减小淬火内应力，淬火后连续进行快速回火，可减少或避免发生热处理缺陷。并且，由于处理时间很短，钢丝通过整个加热淬火、回火工艺流程只需30—40秒钟，钢丝基本上又是在液体介质中通过的，钢丝表面氧化、脱碳现象较少，不易发生锈蚀等不良现象。所有这些都有利于提高钢丝的热处理质量，有利于提高阀簧的使用寿命。

油淬火钢丝的机械性能优良，卷簧成型的性能如何？实践证明，由于油淬火钢丝的性能均匀、平直度好、自动送料长短稳定，用以卷制阀簧时，其成型性能比钢线卷制的要好，螺距均匀，质量稳定，可以大大减少调整弹簧的整形工作量。还减少一次整形工序。用油淬火钢丝卷簧，其新工艺路线是钢丝油淬火、回火→卷簧→整形→去应力回火→煮黑。

新的制簧工艺路线不仅简化了工序，更重要的是把目前单个弹簧的小批、周期性的手工操作热处理生产，改为钢丝的连续性生产，这样不仅减轻了工人的劳动强度，提高了生产率，而且比较容易控制大批量弹簧性能的稳定性和均匀性，这是一条多、快、好、省生产合金弹簧的新途径。

综合比较以上两种工艺路线和方法，可以看出，钢丝连续热处理比现行阀簧热处理工艺要先进，处理的钢丝性能更优良。攻关组所以要采用以上几项新技术处理弹簧钢丝，是从提高钢丝的抗疲劳性能出发，以达到增加阀簧使用寿命为目的。

三、新阀簧的使用寿命试验

阀簧的使用寿命与一系列因素有关。如压缩机工作条件、气阀结构、阀簧设计、阀片、阀座对阀簧的影响等，在正确设计、合理安装使用的情况下，阀簧本身材料的冶金质量，热处理工艺，阀簧制造工艺，却是决定它的使用寿命的重要因素。当前热处理质量不好，便是一些单位阀簧使用寿命低的关键。

攻关组采用钢丝油淬火工艺，提高了钢丝本身的机械性能，改善了组织状态，卷簧性能良好，制成的阀簧，其质量如何，要由实践来检验。

在攻关组自制的阀簧动态运转试验台上，对两种新阀簧进行了200小时室温运转试验。阀簧往复动作达 3×10^7 次，未发生断裂现象。阀簧高度仍在制造公差范围之内。

检验新阀簧的质量，最重要的是在装机使用过程中考察其使用寿命。经压缩机行业有关各厂的组织安排，在用户厂的大力支持下，进行了大量装车生产运转试验，简要情况如下：

攻关以前，压缩机阀簧的使用寿命短是比较普遍的现象，一般在1000—2000小时，有的

只有几百小时，甚至是几十小时，严重影响了使用单位的抓革命，促生产的顺利进行。经过阀簧攻关组一年多的研制工作后，特别是在华北组各厂的大力支持和组织下，采用新的工艺路线研制生产的阀簧进行装机工业性试验表明，新阀簧质量稳定，使用寿命有所提高，例如，北京第一通用机械厂从1973年冬到1974年期间分别在北京手表厂，北京冶金地质机械厂等用户，对六台W9/7型（960转/分）压缩机进行装机试验，阀簧的使用寿命达3000小时，在浙江余姚通用机械厂对3.5—20/8型（980转/分）压缩机上进行装机试验运转2000小时后，阀簧仍使用正常。特别是太原气压机厂采用三个单位生产的阀簧装机进行对比试验。这三种阀簧中以攻关组研制的新阀簧质量最好，使用寿命最长。此外许昌通用机械厂，保定地区压缩机厂，吴桥通用机械厂等单位也积极组织了阀簧的装机试验。

通过最近三年的努力，攻关组研制生产的阀簧，在正确设计和安装使用的条件下，其使用寿命又有新的提高。下面再举几个比较突出的例子：

1. 动力用压缩机方面

北京第一通用机械厂在L5.5—40/8型压缩机上进行装机试验，取得了显著的成绩。

该厂在峰峰矿务局有11台L5.5—40/8型压缩机，阀簧材质为50CrVA，丝径为 $\phi 1.2$ 毫米，阀簧使用寿命只有几小时或100—200小时。造成了阀座、阀盖的损坏。甚至拉伤气缸。随带备件很快用光了，导致六、七台机器不能使用，问题严重，该厂将断簧送到攻关组检查分析，从阀簧的金相组织，夹杂程度，硬度高低及表面质量来看，都正常，表明阀簧热处理工艺，材质没有问题；但从断口分析表明，疲劳区小，而一旦出现疲劳源后，疲劳纹的扩展速度很快，这说明阀簧过载严重。另一方面，该厂通过现场研究，认为阀簧弹力不够，决定变更设计改用 $\phi 1.3$ 毫米油淬火钢丝制造阀簧。攻关组制成簧后选点定机进行试验，在峰峰矿务局所属的通二矿使用的L5.5—40/8型压缩机上进行工业性寿命考核。Ⅱ级气阀阀簧使用寿命，从1975年11月13日至1978年3月31日，共运行10147小时。其中Ⅱ级排气阀阀簧，当运行到6451小时和9159小时，先后损坏阀簧各2个。该机型Ⅰ级气阀阀簧从1975年7月装机使用，安全运行至1978年1月31日，使用寿命超过10147小时。目前该试验还在进行中。此外，北京第一通用机械厂在大同煤矿进行了同类机型的工业性试验，新阀簧的使用寿命超过了6000小时。

2. 化工工艺用压缩机方面

沈阳气体压缩机厂采用攻关组用4Cr13油淬火钢丝研制的阀簧装机进行试验。试验地点在辽宁本溪化肥厂，机型为4M12—75/32，实验前，二级气阀的使用寿命只有500小时，从1975年11月2日装机使用的新阀簧，到1976年5月9日累计2194小时，在此期间抽查两次，除阀弹和阀片有轻微磨损外，其余完好无损，到8月底累计使用达3850小时。

无锡压缩机厂1976年的产品D12—7.5/1.3—80氢气循环压缩机，因气体中有硫化氢，采用4Cr13不锈钢丝制造阀簧，由于热处理不过关，阀簧易腐蚀断裂，使用寿命短，影响出口。后来采用攻关组处理的4Cr13钢绕制阀簧，在抚顺石油二厂氢压机上试验，使用833小时未发现变形、断裂现象，使用情况良好。

3. 活塞式鼓风机方面

天津油漆厂用的4L44/2鼓风机（转速增至475转/分），原阀簧的使用寿命只有三、四百小时。从75年7月17日使用攻关组研制的阀簧（同时改用塑料阀片与之配合，以减少阀簧端面与阀片的磨损），其使用寿命达到12224小时，目前仍在安全运转。而且风机的风压与风量稳定。这样有利于该厂油漆及维尼纶原料的稳产和高产。显著提高了设备的利用率，降低了工人的劳动强度。该厂还采用碳素钢油淬火钢丝卷制的阀簧进行上述试验，和50CrVA

阀簧比较，除出风量略低（可能因别的原因造成漏气现象），阀簧的使用寿命也已超过 4000 小时。这对于风压及工作温度较低的空压机，采用碳素钢油淬火钢丝代替较贵重的 50CrVA 钢丝来生产阀簧，开创了一条新路。

从以上情况可以看出，同老阀簧相比，新阀簧的性能和使用寿命都有了明显提高。

在此基础上，为了满足当前生产急需，根据压缩机制造厂的要求，攻关组两年来已制做出大量的新阀簧，已在一些压缩机产品中开始使用，同时，也是一个更广泛的使用寿命检验。

通过以上工作，提高压缩机气阀弹簧使用寿命收到了一定的效果，但是与一机部提出的要求，用户的需要，还有很大距离。今后要努力遵循毛主席的科研路线，继续发扬艰苦奋斗的革命精神，坚持厂校结合，互相合作，共同完成这项艰巨的攻关任务，为伟大祖国的社会主义建设事业，做出应有的努力。

在电接触快速加热条件下50CrVA 钢丝C-曲线的初步测定

天津大学金相教研室

因50CrVA弹簧钢丝可采用电接触快速加热进行油淬火一回火热处理新工艺,所以有必要对50CrVA钢丝在电接触快速加热条件下的奥氏体等温转变曲线—C-曲线—进行测定。因此,我们自制了一套钢丝电接触加热模拟装置(和钢丝实际的电接触加热条件相近),对在快速加热条件下50CrVA钢丝的C-曲线进行了初步测定。

我们根据电接触加热的实验条件,选择了电阻率和硬度测定方法研究奥氏体的等温转变,并通过金相组织观察进行核对和补充。为了测定在该加热条件下的马氏体点 M_s ,我们采用了交流磁感应法,具体方案将在下面介绍。因为实验工作刚开始不久,实验装置还需要改进和完善,实验测定的数据还需重复和补充。我们测定的结果只是初步的,有些现象的解释有待大家共同研究和补充。

一、实验方法和装置

为了研究钢丝经电接触快速加热后,在不同温度等温时的奥氏体转变,自制了实验装置,如图6所示。试验用的50CrVA钢丝盘料置于放线架1上,钢丝穿过滤油夹3通过导轮进入预热铅浴槽4,预热铅浴由预热炉5加热,预热温度由温度控制仪表XCT—T01调节和控制。钢丝由预热铅浴出来经过一定距离 l 进入等温铅浴槽6,等温槽温度由加热炉7和相应仪表14控制。钢丝的电接触加热由调压器11供给低电压,电压数值在电压表17上读出。电压加到预热铅槽和等温铅槽上,等温炉铅槽接零电位端。电接触加热的时间由时间继电器16控制。加热段就是 l 那一段钢丝。加热温度与加热时间有关,因采用时间继电器,加热时间一旦选定就固定不变,保证钢丝每次加热的条件相同,最终加热温度用光学高温计多次重复测定,为 $1000^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$,这同50CrVA钢丝所采用的实际淬火温度 $980^{\circ}\text{C}—1020^{\circ}\text{C}$ 符合^[1]。为了保证电压的稳定,防止供电网路电压波动影响,电接触加热的电压,采用5KVA电子管稳压器。

钢丝加热时间选为10秒,加热时间到达以后,电源自动断掉,同时安装一台蜂鸣器在实验台侧。这时立即迅速地将钢丝抽入等温铅槽内等温,抽动的距离由标尺9保证。等温温度控制较严,可保证达到 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ (等温炉中部300毫米长度内温度均匀),等温达到预定时间后,抽动钢丝进入水槽8冷却,固定组织。未转变的奥氏体,水冷后大部分转变为马氏体。将这一段钢丝(600毫米)取下,两端再去掉150毫米,只留下中间300毫米一段,然后进行电阻率、硬度测定和金相组织观察。

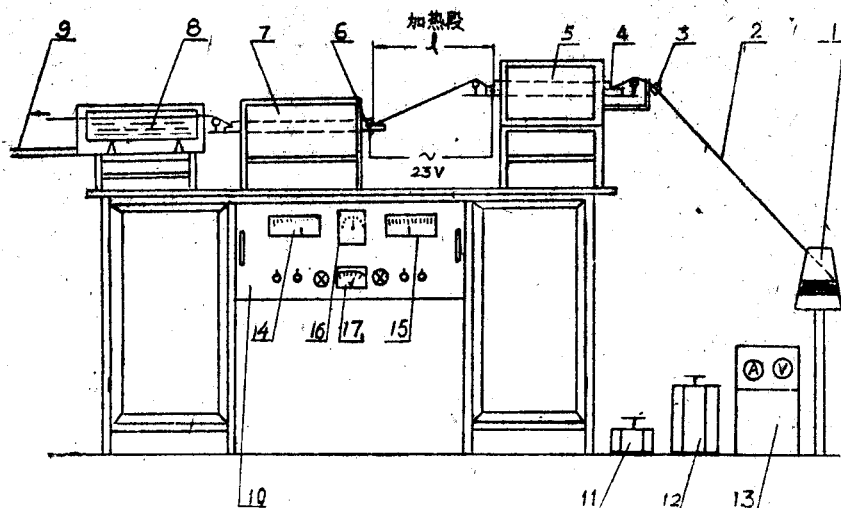


图6 实验装置简图

- | | | |
|------------|--------------|--------------|
| 1. 放线架 | 2. 钢丝 | 3. 滤油夹 |
| 4. 预热铅槽 | 5. 预热炉 | 6. 等温槽 |
| 7. 等温炉 | 8. 水槽 | 9. 标尺 |
| 10. 配电盘 | 11. 钢丝加热调压器 | 12. 等温炉调压器 |
| 13. 电子管稳压器 | 14. 等温炉温度调节器 | 15. 预热炉温度调节器 |
| 16. 时间继电器 | 17. 电压表 | |

1. 等温转变的测定

用电阻方法研究钢的奥氏体等温转变是基于固溶体的分解导致电阻率降低这一原理。钢丝在等温炉内某一温度等温，若等温时间尚未超过奥氏体在该温度下发生转变的孕育期，则钢丝抽出水冷后，将得到马氏体和少量残余奥氏体，这时钢丝具有最高的电阻率 ρ 和硬度(HV)，但当等温时间超过奥氏体等温转变的孕育期，奥氏体已开始等温转变，这时抽出钢丝水冷，未转变的奥氏体大部分转变为马氏体。因组织中出现了非马氏体组织，钢丝的电阻率 ρ 降低，硬度也下降。因此根据等温时间 τ 对 ρ 和HV的关系曲线，便可确定奥氏体等温转变的孕育期，转变终止时间亦可类似地确定。

金相组织观察不仅可以做组织转变的定量分析，观察组织转变的全过程，而且对等温转变产物的组织形态看的很清楚，但金相分析工作量大，对成分不均匀的影响过于敏锐，而且在转变的中期和后期从组织上较难鉴别。电阻率反映钢丝整体的组织状态，结果比较准确和可靠。硬度测量，因为采用低负荷维氏硬度，压痕较小，在组织分布不太均匀时，硬度数据就有一定波动，但从测量结果来看，硬度数据和电阻率基本上是一致的。

2. 马氏体点 M_s 的测定

过冷奥氏体是非铁磁性物质，而马氏体则是典型的铁磁体。当过冷奥氏体发生马氏体相变时，必然会有磁性的明显变化。根据这一原理，可用交流磁感法测定马氏体点 M_s 。磁感装置和线路见图7，两个完全相同的感应装置（包括主线圈和付线圈） L_1 和 L_2 。主线圈绕在 $\phi 6 \sim 8$ 毫米的绝缘管上，内孔的直径比钢丝直径大一些，可以让钢丝从中穿过。让感应装置 L_1 中穿以钢丝，装在等温炉的出口处，而相同的装置 L_2 则无钢丝通过。 L_1 和 L_2 串

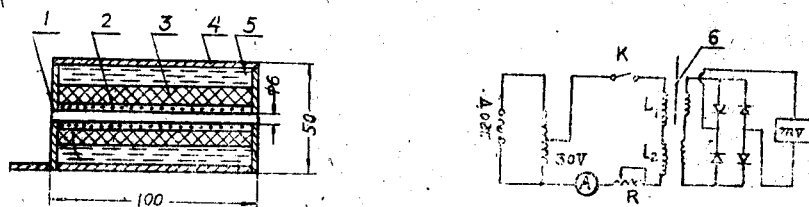


图7 测定 M_s 点的装置（左边为感应装置，右边为电路图）

1. 绝缘管；2. 付线圈；3. 主线圈；4. 外壳（有机玻璃）；
5. 变压器油；6. 钢丝（穿过 L_1 中的管1）。T—自耦调压器，
- K—开关，R—可变电阻。

联，付线圈反接，使其感应电势相互抵消。因此当钢丝从等温炉内抽到 L_1 中间时，迅速合上开关K，若钢丝仍处于奥氏体状态，则付边无感应电压输出，毫伏表指针不偏转，当钢丝已有少量马氏体产生时，钢丝已具有铁磁性，则付边有感应电压输出，经桥式整流后，毫伏表指针迅速偏转一定刻度。

测定时，预热、加热条件不变，等温炉的温度从 M_s 以上，每降低 20°C 测量一次。加热到所需温度后的钢丝抽到等温槽内，停留3秒钟（在3秒内过冷奥氏体无等温转变产生），钢丝温度也降低到和等温炉温度相近。然后，迅速抽动钢丝，进入线圈 L_1 中间，同时合上开关观察毫伏表的偏转，开始偏转时的等温炉温度便是马氏体点 M_s 。然后在 M_s 点以下再做几个温度，偏转应逐渐增大。

用交流磁感法测定钢丝的 M_s 点是比较方便的。这种方法亦可推广至普通管式炉加热的钢丝。这种方法比金相法要简便的多，装置也比较简单。缺点是钢丝抽至线圈中间位置温度要降低些，这就会使测量的 M_s 偏低些。另外，为了提高灵敏度，可用示波器代替毫伏表。在线圈方面尽量增加匝数，也就是增高磁化的磁场。因测量时间短，可在原线圈中通以较大的电流。为了防止漆包线烧毁，整个线包浸于变压器油中冷却。

在测量 M_s 点时，高温槽中铅应改为熔点较低的Pb-Sn合金。为了防止等温槽两端温度偏低，可以将等温槽适当缩短，以减少高温槽中心和两端的温差。

二、实验结果

实验的50CrVA钢丝（直径为1.2毫米），是由北京特殊钢厂生产的。实验时又进行了一次化学分析，分析结果如下：

元素	C	Cr	V	Si	Mn
含量（%）	0.49	0.77	0.26	0.26	0.57

从分析结果来看，含碳量接近50CrVA钢丝的平均值，含铬量略偏低，接近下限，而钒的含量稍高。

钢丝的原始组织为球状珠光体。测定钢丝奥氏体等温转变的实验条件如下：

钢丝电接触加热的最高温度： $1000^\circ\pm 20^\circ\text{C}$

电接触加热时间10秒

预热温度： $360^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$

等温温度：700、650、600、560、500、450、400、360、330 $^\circ\text{C}$