

# 低真空脉冲软氮化工艺

新疆机械研究所 孙晓新<sup>①</sup>

## 一、试验条件及方法

试验在我所研制的 RZJ-9-9P 型普及型真空炉中进行。该炉是外热式电炉，工作炉罐尺寸为  $\phi 220 \times 600\text{mm}$ ，真空度可达 1 帕。

试验采用真空脉冲式工艺，工艺过程为装炉后抽真空加热，到温保持一段时间后，滴入渗剂至工作炉压，如此在一定的脉冲间隔内，在一定的脉冲压力范围内循环，直到工艺结束，过程见图 1。渗剂采用甲酰胺，处理温度定在  $570^\circ\text{C}$ ，在选取合理的工作炉压后，通过对试样渗层的检验，研究了不同的脉冲压力、脉冲间隔、处理时间等对渗层的影响，并进行了盲孔试样的真空软氮化试验。

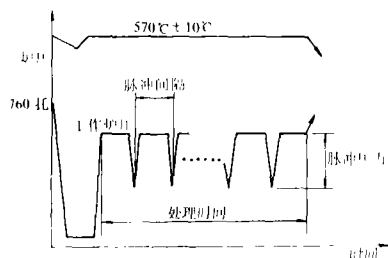


图 1 脉冲式软氮化工艺曲线

试样选取 W18Cr4V、3Cr2W8V、45<sup>#</sup> 三种钢，经常规淬火回火处理后，制成  $\phi 18 \times 4$  带  $\phi 4$  孔圆片试样。盲孔试样是用 W18Cr4V 钢制成，尺寸及形状见图 2。试样渗层深度检测采用金相法和硬度法相结合，以硬度法为主。

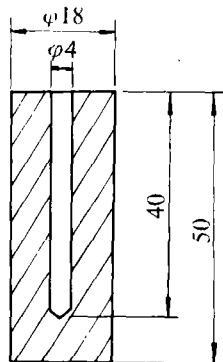


图 2 盲孔试样

## 二、试验内容及结果

### 1. 工作炉压的选定

工作炉压越高，C、N 活性原子与工件有效碰撞机会越多，容易建立有效的 C、N 浓度、利于渗入。而且工作炉压越高，越有利于渗剂的充分

利用，因此工作炉压应尽可能选得高些。但考虑到试验所用真空炉是靠炉内外压力差来密封的，炉压也不能过高，根据经验，选定工作炉压为 660 托 ( $8.8 \times 10^4$  帕)。为验证这一点，分别选工作炉压为 660 托 ( $8.8 \times 10^4$  帕) 和 460 托 ( $6.1 \times 10^4$  帕) 进行对比试验，其它工艺条件相同，脉冲压力取 300 托 ( $4.0 \times 10^4$  帕)，脉冲间隔 15 分，处理时间 2 小时。试验结果见表 1。从渗层深度和表面硬度看，工作炉压为 660 托 ( $8.8 \times 10^4$  帕) 的均优于工作炉压为 460 托 ( $6.1 \times 10^4$  帕) 的。以后的试验中，工作炉压均选为 660 托 ( $8.8 \times 10^4$  帕)。

### 2. 脉冲压力对渗层的影响

当处理时间为 2 小时，脉冲间隔分别取 15 分、10 分时，不同的脉冲压力对渗层的影响分别见表 2 和表 3。

### 3. 脉冲间隔对渗层的影响

当处理时间为 2 小时、脉冲压力分别取 300 托 ( $4.0 \times 10^4$  帕) 和 400 托 ( $5.3 \times 10^4$  帕) 时，不同的脉冲间隔对渗层的影响分别见表 4 和表 5。

表 1 工作炉压的影响

工作炉压		660 托 ( $8.8 \times 10^4$ 帕)	460 托 ( $6.1 \times 10^4$ 帕)
W18Cr4V	表面硬度, HV	1136	897
	渗层深度, mm	0.07	0.05
	白亮层	有	有
3Cr2W8V	表面硬度, HV	842	613
	渗层深度, mm	0.06	0.04
	白亮层	有	无
45 <sup>#</sup>	表面硬度, HV	332	322
	渗层深度, mm	0.22	0.11
	白亮层	有	薄

表 2 脉冲间隔 15 分

脉冲压力		200 托 ( $2.7 \times 10^4$ 帕)	300 托 ( $4.0 \times 10^4$ 帕)	400 托 ( $5.3 \times 10^4$ 帕)	500 托 ( $6.7 \times 10^4$ 帕)
W18Cr4V	表面硬度 HV	1190	1136	1176	1168
	渗层深度 mm	0.05	0.07	0.08	0.08
	白亮层	薄	有	有	有
3Cr2W8V	表面硬度 HV	907	842	892	844
	渗层深度 mm	0.05	0.06	0.05	0.05
	白亮层	薄	有	有	有
45 <sup>#</sup>	表面硬度 HV	390	332	332	339
	渗层深度 mm	0.14	0.22	0.24	0.22
	白亮层	有	有	有	有

### 4. 处理时间对渗层的影响

当脉冲压力为 300 托 ( $4.0 \times 10^4$  帕)、脉冲间隔 15 分时，不同的处理

时间对渗层的影响见表 6。

### 5. 盲孔试样的真空软氮化试验

在工作炉压力为 660 托 ( $8.8 \times 10^4$  帕) 的条件下进行。

<sup>①</sup>金相检验 王同作

帕)、脉冲压力为 300 托 ( $4.0 \times 10^4$  帕)、脉冲间隔为 15 分, 处理时间为 2 小时的条件下, 对图 2 所示盲孔试

样进行试验。试验后, 将试样纵向剖开, 对孔壁渗层检测, 其孔根部有 0.07mm 厚的渗层, 有白亮层, 而且

整个孔壁渗层均匀。

表 3 脉冲间隔 10 分

脉冲压力		200 托 ( $2.7 \times 10^4$ 帕)	300 托 ( $4.0 \times 10^4$ 帕)	400 托 ( $5.3 \times 10^4$ 帕)
W18Cr4V	表面硬度,HV	1233	1290	1176
	渗层深度,mm	0.04	0.06	0.07
	白亮层	薄	薄	有
3Cr2W8V	表面硬度,HV	762	870	792
	渗层深度,mm	0.06	0.08	0.09
	白亮层	有	有	有
45 <sup>#</sup>	表面硬度,HV	333	335	366
	渗层深度,mm	0.18	0.22	0.22
	白亮层	有	有	有

表 4 脉冲压力 300 托( $4.0 \times 10^4$  帕)

脉冲间隔		10 分	15 分	20 分	30 分
W18Cr4V	表面硬度,HV	1290	1136	1085	934
	渗层深度,mm	0.06	0.07	0.07	0.05
	白亮层	有	有	有	薄
3Cr2W8V	表面硬度,HV	870	842	795	636
	渗层深度,mm	0.08	0.06	0.08	0.05
	白亮层	有	有	有	很薄
45 <sup>#</sup>	表面硬度,HV	335	332	348	299
	渗层深度,mm	0.22	0.22	0.20	不明显
	白亮层	有	有	有	无

三、分析与讨论

1.合理的工艺

脉冲压力越大, 脉冲间隔越短, 则渗剂消耗量越大。为节约渗剂, 在保证质量的前提下, 应选取较小的脉冲压力值及较长的脉冲间隔。从表 2、表 3 的结果看, 当脉冲压力从 200 托 ( $2.7 \times 10^4$  帕) 增加到 300 托 ( $4.0 \times 10^4$  帕) 时, 渗层深度有明显增加, 但脉冲压力在 300 托 ( $4.0 \times 10^4$  帕) 以上时, 渗层深度表面硬度变化就不大了, 一般, 脉冲压力选取 300 托 ( $4.0 \times 10^4$  帕) 或 400 托 ( $5.3 \times 10^4$  帕) 即可。

从表 4、表 5 的试验结果看, 脉冲间隔选在 10~20 分钟, 表面硬度及渗层深度变化不大, 而脉冲间隔延长至 30 分钟时, 则表面硬度变小, 渗层变薄甚至不明显。一般, 脉冲间隔可选在 15~20 分之间。

从表 6 的结果看, 处理时间在 3 小时之内, 随着时间的增加, 渗层深度增加较快, 超过 3 小时, 渗层深度变化不大, 尤其对 45<sup>#</sup>钢而言, 在这种条件下, 更不宜采用过长的处理时间。一般根据要求, 处理时间在 2~3 小时为宜。

2.工艺特点

在对试样渗层金相检验中发现, 采用真空脉冲软氮化处理, 渗层很致密, 致密疏松程度基本上是 A 级, 且渗层均匀。这是由于真空的脱气作用, 对工件表面有一定的净化和活化作用, 增加表面的吸附能力, 使得活性 C、N 原子容易吸附与渗入, 表面形成致密的化合物层。由于没有排气期, 可以保证工件各部位同时起渗, 渗层均匀。另外, 可以通过调节脉冲压力、脉冲间隔、时间等多个参数来调整渗层, 增加工艺的灵活性和可控性, 渗层质量容易控制。

由于采用间歇式脉冲软氮化, 渗剂消耗少。从试验可知, 当处理时间 2 小时、脉冲间隔 15 分时, 脉冲压力取 300 托 ( $4.0 \times 10^4$  帕), 渗剂消耗量约 85ml, 脉冲压力取 400 托 ( $5.3 \times 10^4$  帕), 渗剂消耗量约 105ml; 据资料介绍, 普通滴注式气体软氮化, 氮化罐仅为  $\phi 220 \times 340$ mm, 排气期甲酰胺滴量为 4~5ml/分, 保温期甲酰胺滴量为 3~4ml/分。据此推算, 真空脉冲式软氮化渗剂消耗量不到普通软氮化的 2/5。

盲孔零件内壁软氮化一直是个难题, 而真空脉冲软氮化以其脉冲的特点, 可以不断给盲孔内供给新鲜气氛, 解决这一问题, 这点从盲孔试样的真空软氮化试验结果得到验证。另一方面, 盲孔内壁可均匀软氮化, 那么炉内所装工件多, 排列紧密, 不会影响软氮化质量, 这样可提高生产率。

表 5 脉冲压力 400 托( $5.3 \times 10^4$  帕)

脉冲间隔		10 分	15 分	20 分
W18Cr4V	表面硬度,HV	1176	1176	1233
	渗层深度,mm	0.07	0.08	0.08
	白亮层	有	有	薄
3Cr2W8V	表面硬度,HV	792	892	792
	渗层深度,mm	0.09	0.05	0.08
	白亮层	有	有	有
45 <sup>#</sup>	表面硬度,HV	366	332	366
	渗层深度,mm	0.22	0.24	0.18
	白亮层	有	有	有

表 6 不同处理时间对渗层的影响

处理时间		2 小时	3 小时	5 小时
W18Cr4V	表面硬度,HV	1176	1176	1233
	渗层深度,mm	0.07	0.09	0.09
	白亮层	有	有	有
3Cr2W8V	表面硬度,HV	842	782	784
	渗层深度,mm	0.06	0.08	0.09
	白亮层	有	有	有
45 <sup>#</sup>	表面硬度,HV	335	379	330
	渗层深度,mm	0.22	0.25	不明显
	白亮层	有	有	有

(下转第 48 页)

紧固件制造厂就决定用 718 合金更换 H-11。NASA 也规定, 航天飞机轨道器中的关键紧固件应采用 MP35N 合金。此外, 构成固体火箭助推器的扇形段的接点由精密研磨的 MP35N 合金螺栓紧固。(杨先安, 张峥)

## 金属的注射成形

金属注射成形工艺是近年发展起来的一种粉末冶金工艺, 产品精度高, 可达到无余量, 同时具有生产率高和成本低的优势, 特别适合于精度高的小型零件的生产。

金属注射成形与塑料注射成形非常类似, 其注射料都是微细的金属粉末与热塑性粘接剂的混合物, 通过注射机注入模型内。然后在炉中或化学溶剂内排除粘接剂。

一种 410 不锈钢外科镊子原使用钢板冲压、机加工、磨削和表面处理等工序制造, 现改用金属注射成形一次制成, 其力学性能和耐腐蚀性与冲压件相同, 成本降低 55%。

大型复杂工件也可使用这种工艺制造, 例如, 美国阿马克斯公司生产的导弹尾翼高 100mm, 生产的不锈钢蜂窝部件降低成本 90%。这是因为原来部件需大量机加工设备和时间, 现注射成形件在化学溶剂中排除粘接剂, 不需使用加热炉。(郝应其)

## 2090 合金——很有潜力的低温材料

铝锂合金以其高比强度和高比模量成为近年来新型铝合金研究的主流, 较为成熟的是 Al-Li-Cu-Mg 系的 8090、8091 和 Al-Cu-Li 系的 2090、2091 合金, 它们的挤压件、锻件及板材也已成功地用于一些飞机。为了适应航天器低温构件, 如航天飞机液氢液氧储箱等对材料的低温性能的要求, 寻找一种更好的铝合金替代目前使用的铝合金, 对 2090 进行了广泛的研究。结果表明, 它是一种很有潜力的低温材料。

研究表明, 各种状态的 2090 合金的强度和韧性都随温度降低而提高, 下表为 2090 合金在各种状态的力学性能。目前, 人们对其机理尚不清楚, 正采用各种手段进行深入研究。

拉伸性能与温度的关系

合金状态	2090-T81			2090-T4			2090-T8E41		
温度, °C	25	-196	-269	25	-196	-269	25	-196	-269
屈服强度 MPa	455	505	535	120	155	190	535	600	615
拉伸强度 MPa	490	625	650	270	350	435	565	715	820
延伸率, %	6	14	20	19	29	25	11	14	18

(张峥)

## 航空航天部航空物理冶金检测人员资格鉴定委员会成立

航空航天部航空物理冶金检测人员资格鉴定委员会(简称鉴委会)于 1989 年 9 月 21 至 23 日在北京召开了成立大会和第一届委员会全体委员会议。出席会议的代表共 24 人。

鉴委会成立大会由部科技司胡元凯同志主持, 会上对鉴委会的组建情况作了说明, 宣布了部的聘任名单。部科技司刘才穆处长代表部向各位委员颁发了聘书。六二一所王峙南副所长讲了话。

鉴委会第一次会议由鉴委会主任张德堂同志主持, 并对起草“航空物理冶金检测人员资格鉴定”标准(征求意见稿)作了简要介绍和说明。会议确定了第一届鉴委会的近期和任期(四年)目标。会议讨论并确定了部航空物理冶金 II 级(中级)检测人员培训教材的基本内容及分工编写单位和负责人。

为了多层次地开展考核培训工作, 会议决定成立西北等六个地区考核培训中心及地区鉴定小组, 并确定了负责单位和负责人。会议决定成立光学金相和电子金相两个专业组, 并统一由挂靠单位六二一所负责组织实施各专业组的工作。

会议认为, 提高航空物理冶金检测人员的技术素质是加强质量管理, 提高航空产品质量的重要手段。委员们决心在部科技司的直接领导下, 在各单位的大力支持下, 团结协作, 为按期完成航空物理冶金第一届鉴委会的延期和近期目标共同奋斗。

(李永祚)

## 氮化硅烧结体的生产

氮化硅导电烧结体是由平均粒度不大于 2 微米的氮化硅粒子和至少是部分连结的 TiN 和 / 或 TiC 粒子组成, 其电导率不低于  $1\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。烧结体的生产方法是, 将加有 15~40 体积百分数的 TiN 的粉末和 / 或 TiC

粉末作为导电率的给予体和 0.01~3.0 体积百分数的 MgO 粉末和 / 或  $\text{Al}_2\text{O}_3$  粉末作为氮化硅粉末烧结剂的混合物, 放在非氧化气氛中于 1600~2000°C 加热加压而成。将氮化硅、电导率的给予体和烧结剂于烧结前制成平均粒度不大于 1 微米的粉末。烧结非氧化气氛是  $\text{N}_2$ 、CO、 $\text{NH}_3$ 、He、Ar、Ne、 $\text{H}_2$  气氛或真空。

用途: 这种氮化硅烧结体是用放电法可进行机械加工的。其性能并不低于普通  $\text{Si}_3\text{N}_4$  烧结体的性能。涡轮叶片、发动机喷口等零件, 均可采用放电法加以成型。(金桥)

## 包铝和硅的难熔氧化物热喷涂粉末

粒度为 149 微米的粉末有一个核, 它含有 Zr、Mg、Hf、Ce 或 Y 的氧化物及其混合物或镁锆酸盐和由 0.5~20 重量百分数  $\text{SiO}_2$  和 0.5~15 重量百分数 Al(全部核中的每一个核都+Al)形成的均匀包复层, 核最好由  $\text{ZrO}_2$  和 / 或 MgO 组成。Al 和  $\text{SiO}_2$  最好每种都占核的 1~10 重量百分数, 粒度最好分别小于 10 微米。包复层最好含有液体有机粘合剂。 $\text{SiO}_2$  最好作为乙基硅酸盐的衍生物出现并作为粘合剂。热喷涂粉末形成耐磨、耐浸蚀的包复层。

粉末可喷在燃气涡轮发动机高温区, 该处风扇和压气机叶片可用耐磨蚀涂层封严固定在机匣之内。涂层亦可用于密封轴承、压气机机匣、活塞发动机的活塞圆顶和气缸头、火箭发动机推进室和涡轮燃烧室。(金桥)

~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~  
(上接第 36 页)

## 四、结 论

1. 低真空脉冲式软氮化工艺是可行的。在 RZJ-9-9P 型普及型真空炉中, 合理的工艺为: 工作炉压 660 托 ( $8.8 \times 10^4$  帕), 脉冲压力 300 托 ( $4.0 \times 10^4$  帕) 或 400 托 ( $5.3 \times 10^4$  帕), 脉冲间隔 15 分到 20 分, 处理时间 2~3 小时为宜。

2. 采用低真空脉冲软氮化工艺, 渗层均匀致密, 质量容易控制, 渗剂消耗少。能解决盲孔零件内壁软氮化处理问题, 且可提高炉内工件装载密度, 利于提高生产率。