

離子氣化

專



湖南省熱處理專業網

一九七六年四月

56.8

前 言

辉光离子氮化，是近期发展起来的一种新的氮化方法。通过无产阶级文化大革命和批林批孔运动，促进了群众性的科学技术研究，我省红湘江机器厂于1966年首先进行了辉光离子氮化设备和工艺研究，研究出用饱和电抗器和可控硅直流调压等多种型式电源，成功地应用到生产。接着长岭炼油厂1973年也将这种设备和工艺用于生产。继后，武汉、北京、上海、大连、沈阳、广州、江西等省市及我省其他单位都陆续先后造出了不同类型的离子氮化设备，有的厂小批生产离子氮化设备。到目前已制了20、30、50、100、150千瓦的离子氮化炉，200、300千瓦的离子氮化炉正在制造中。有些单位进行了离子碳氮共渗和离子高温渗碳等工艺的试验，向一炉多用发展。离子氮化这一新的热处理工艺的出现和发展，说明了无产阶级文化大革命的成果辉煌，有力地驳斥了右倾翻案风鼓吹制造者的种种奇谈怪论。

我网继去年《湖南机械》第一期中出版了一篇离子氮化后，现出版离子氮化专辑，主要报导我省此项工艺的试验研究成果；同时选编了部分省市的先进经验及根据伟大领袖毛主席“洋为中用”的教导编译了一些国外对我有益的资料供交流。

由于我们政治思想水平低，定有许多错误和不当之处，欢迎批评指正。

湖南省热处理专业网

1976年4月

A 841384



毛主席语录

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。

世上无难事，只要肯登攀。

要采用先进技术，必须发挥我国人民的聪明才智，大搞科学实验。

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。

独立自主，自力更生。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

目 录

1. 离子氮化夹具的设计	红湘江机器厂 (1)
2. 辉光离子氮化	长岭炼油厂 (9)
3. 离子氮化炉的结构与制造	省热处理专业网编 (59)
4. 基本工艺参数及操作要求	湖北建筑工业学院 (79)
5. 45号钢催渗离子氮化阶段小结	华中工学院 长岭炼油厂 (86)
6. 离子氮化层同气体氮化层 的性能和金相组织比较	红湘江机器厂 (90)

《译文》

1. 离子氮化	红湘江机器厂编辑 (107)
2. 钢的离子氮化	红湘江机器厂编辑 (132)
3. 关于钢铁离子氮化的研究	武汉钢铁学院金相教研室译 (144)

达不到设计的技术要求。目前,我们采用局部离子氮化法,只对曲轴后半部的内套齿和弹性轴两端的套齿进行局部氮化。

从我们工艺试验中发现,高质量的离子氮化夹具,是对薄壁高精度零件进行离子氮化的必要条件之一,夹具设计不合理时,往往“起弧”频繁,温度升不上去,严重的还要烧伤零件,故本文简介零件进行局部离子氮化时的夹具设计方法。

一、离子氮化夹具设计的基本要求:

1. 要保证达到图纸规定的氮化质量(如氮化层深度,表面硬度,中心硬度等)。
2. 氮化后零件的变形要小。
3. 在零件氮化表面产生稳定的辉光层。
4. 夹具要轻便,易装卸,易清理溅射出来的金属粉末。
5. 氮化试样要放置在适当的位置上,使试样能真正代表零件的氮化质量。
6. 夹具上的绝缘零件其高温($250^{\circ}\sim 600^{\circ}\text{C}$)绝缘性能良好。并尽量选用不放气不气化的材料,常温时绝缘电阻不小于10兆欧(用1000V兆欧表测量)。
7. 在便于控制和保证质量的前提下,在电源额定功率范围内,每个夹具可设计成装一个零件或多个零件。
8. 夹具在长期使用中要保证阴极(零件)与阳极的同圆心度。
9. 允许微量漏气的表面,可用机械法屏蔽,不允许漏气的部位,用镀铬加机械法保护。
10. 除了夹具上的定位件、测温件、安装件以外,夹具的其它部件尽量不带电位,以免辉光延伸到整个夹具上,浪费电能,另一方面亦可减少起弧因素。
11. 设计时应尽量考虑到操作人员能清楚地看到辉光放电区的情况。
12. 热电偶的安装必须尽量靠近辉光表面,但必须避免辉光延伸到热电偶上,否则指示温度高很多,造成假像,并易于在热电偶上“起弧”烧断热电偶。

二、离子氮化夹具的设计:

1. 阳极的形状和尺寸决定于氮化零件表面的形状。阴阳极之间的距离一般在 $8\sim 20\text{mm}$ 较好。但也可以大于 20mm 或小于 8mm ,主要根据氮化零件的几何形状决定,如模具由于氮化型面较复杂,采用大距离($50\sim 100\text{mm}$)辉光放电。而某些内径只有 15mm 左右的零件,阴阳极之间的距离只能是 $4\sim 5\text{mm}$ 。

阳极材料一般采用普通碳钢制造,可用板材,锻件,棒材,管材,金属丝网等做成,外圆氮化的零件采用网状阳极是有利的。为了防止金属夹具生锈,可以在夹具表面镀铬,不辉光的夹具零件表面可进行氧化。为了使内孔氮化的阳极螺纹部份不被氮化(以便修理、更换夹具上已损坏的瓷管等)可镀镍或用高碳钢制造。

2. 夹具所用的绝缘材料有玻璃钢,石棉水泥板,轻质耐火砖、刚玉、陶瓷等。玻璃钢的使用温度不能超过 160°C 。石棉水泥板能在 400°C 以下使用,使用前要放在 $150^{\circ}\sim 400^{\circ}\text{C}$ 的炉

内烘烤1~3小时，以除去水份。轻质耐火砖，陶瓷的绝缘强度好，但性脆。设计时要根据该夹具零件所处温度范围，按需要合理选用。另外石棉水泥板、玻璃钢在使用后易产生孔的径向收缩现象，设计时要适当放大。

3. 内孔表面氮化的夹具要考虑气体流动的均匀性，一般将阳极做成管状，中间通 NH_3 气。

4. 为防止阴极与绝缘材料接触处起弧，可加护隙（狭而深的缝隙，使较深的狭缝内不产生辉光，从而减少起弧（详见图3）。护隙的深度一般都要大于宽度的10倍。

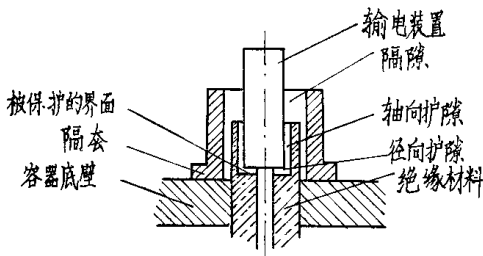


图 3 带有各种护隙的输电装置

5. 在辉光区内，零件与紧贴的保护件，两者之间的平均单边间隙不能大于0.1mm，否则易在间隙内引起电流密集而使零件局部过热。

6. 热电偶的金属丝直径最好采用 $\phi 1\text{mm}$ 的，外套瓷管绝缘，其结点要放置于在非辉光区的固定位置上。

7. 氮化试品尽可能放置在零件需要氮化的表面附近，试品的材料与调质处理应与零件相同，试品的厚度一般为4~5mm，它的形状，尺寸根据零件确定，但不一定与零件相同（如套齿氮化时用圆环试品）。

三、实例:

1. 弹性轴的离子氮化夹具（外圆氮化）:

弹性轴离子氮化时要求齿型面及表面C对中心孔的跳动不大于0.06mm，杆部的壁厚差应该 $\leq 0.06\text{mm}$ 。原用气体氮化时，两者不易同时保证。改用局部加热离子氮化后，解决了这个关键。其离子氮化夹具见图4，弹性轴中间一段不辉光。图内件号11、13及21上的喇叭形金属裙边系用以防止辉光层的延伸，保护不需要氮化的部位。阳极上开的槽或孔是便于操作者观察齿型面辉光复盖情况的。测温件21上的通孔是排除弹性轴内孔残留的空气及油污蒸气，以免在结合而的缝隙中排出而引起电弧。定位套7用外套绝缘陶瓷的螺钉固紧在底板上（底板不带电位）。同时将阴极线也接在此螺钉上。

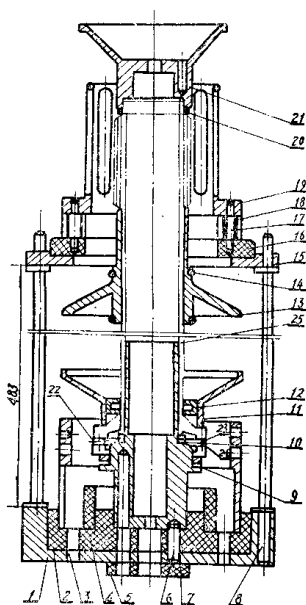


图 4 附表

件 号	名 称	件 数	材 料
1	底 座	1	45
2	绝 缘 座	3	石棉板
3	下 阳 极	1	45
4	隔 套	3	石棉板
5	底 垫	2	玻璃钢
6	定 位 销	10	玻璃钢
7	定 位 套	1	45
8	支 柱	3	45
9	试 件	1	40 CrNiMoA 中心HB d = 3.3~3.6
10	垫 圈	3	45
11	盖 套	1	45
12	定 心 套	1	45
13	屏 蔽 套	1	45
14	锁 环	2	弹簧钢丝
15	支 板	1	45
16	绝 缘 板	3	石棉板
17	支 柱	3	45
18	陶 瓷 套	3	陶瓷
19	上 阳 极	1	45
20	试 件	1	40 CrNiMoA 中心HB d = 3.3~3.6
21	测 温 套	1	45
22	锥 销	12	T8A
23	屏 蔽 环	1	45
24	皮碗弹簧	1	
25	零 件	1	40 CrNiMoA

图 4 弹性轴的离子氮化夹具图

测温套21及定位套7上的不通孔是用来插热电偶的。原用隔套4时，易在定位套7与绝缘座2的交界面起弧。后来又在隔套4内放入护套（详见图5）造成径向和轴向两个护隙，起弧就大为减少了。

由于两个套齿所需的加热功率不一样，故将上、下两个阳极分别接在两个独立可调的电源上，使其相互不干扰，各自调节温度也较方便。由于只对这个长零件的局部加热，所以电能利用较合理，每件의总功率只要1KW多一点就够了，对节省电能是显著的。

弹性轴留小量磨量用此夹具离子氮化后的氮化质量和变形情况见表1及表2。都达到了图纸的要求。

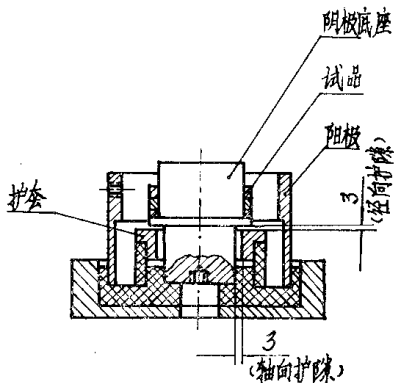


图5 弹性轴大头护陈示意图

表1

离子氮化前后弹性轴的变形值

部位 编号	杆部对顶尖孔跳动(毫米)						套齿对顶尖孔的(毫米)				壁厚差 (小套齿外圆) (毫米)	
	大端		中端		小端		套齿 类别	径向跳动		不圆度	锥度	
	氮化前	氮化后	氮化前	氮化后	氮化前	氮化后		氮化前	氮化后			
1	0.005	0.005	0.01	0.013	0.01	0.02	大套齿	0.028	0.02	0.01	0.02	小于
							小套齿	0.025	0.04	0.01	0.035	0.05
2	0.008	0.02	0.005	0.05	0	0.055	大套齿	0.027	0.04	0.01	0.025	小于
							小套齿	0.033	0.06	0.02	0.02	0.05

表2

弹性轴套齿经离子氮化后的冶金质量

测量项目		氮化层深度(毫米)			e相深度(毫米)			硬度		脆性级别
测量位置		齿顶	齿型面	齿根	齿顶	齿型面	齿根	氮化层HRN15	基体 HRC	
A 套齿	上	0.8~0.85	0.8	0.8	0.016 0.02	0.008 0.012	0.008 0.015	84~86	33~34	一 级
	中	0.8	0.75	0.75				84~86	33.5	
	下	0.8	0.75	0.75				84~86	34	
B 套齿	上	0.8~0.84	0.75~0.8	0.75				84~86	34	
	下	0.8~0.84	0.75~0.8	0.75~0.8				84~86	34	

后来改型的弹性轴在粗加工后增加高温回火再精加工，最后套齿不留磨量，经用该夹具离子氮化后的氮化质量也达到了图纸要求，而变形更小了。氮化后的套齿不需任何加工即可装配使用。由于不留磨量，氮化层的深度只要达到零件图规定的 $0.55 \sim 0.8 \text{ mm}$ 就可以了，从而又减少了氮化保温时间(原来留磨量的需60到80小时，改型后的由于不留磨量只需45到50小时)。并保留了氮化层表面最好的一层组织，在装上机器实际试车中，与其啮合的渗碳齿被剃了光头，而弹性轴的套齿完好无损。

2. 曲轴后半部的离子氮化夹具 (内孔氮化)

该零件的离子氮化夹具见图6，上下两个零件用一个阳极。试品放在两个零件的中间，非氮化而用机械法保护。热电偶结点用铁丝绑在上而零件 $\phi 55 \text{ mm}$ 轴颈的外圆上。

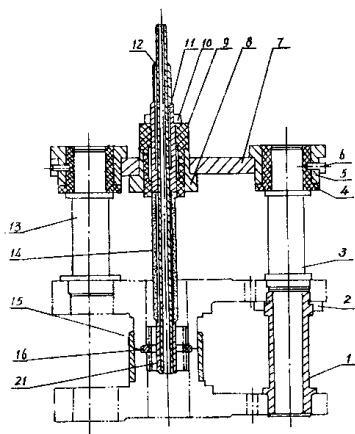


图 6 附表

件号	名 称	数量	材 料
1	定 位 销	2	45
2	螺 母	2	45
3	插 销	2	45
4	绝 缘 套	3	玻璃钢
5	钢 套	3	45
6	销 子	4	玻璃钢
7	支 板	1	45
8	钢 套	1	45
9	定 位 套	1	玻璃钢
10	螺 母	2	45
11	定 位 套	2	45
12	空 心 钢 管	2	合金钢或碳钢
13	支 承 销	1	45
14	屏 蔽 套	2	陶瓷
15	导 套	2	40 CrNiMoA
16	试 件		40 CrNiMoA
21	阳 极	1	T8A

图 6 曲轴后半部的离子氮化夹具图

该夹具的设计特点是：夹具本身没有安装座，而是把定位销1安装在零件孔内，夹具的插销3及支承销13也安装在零件孔内，简化了夹具的结构。阳极21是装在空心钢管12上，钢管内通 NH_3 ，既保证了 NH_3 的充分供应，又很好的冷却了阳极(阳极温度低不易在阳极上形成氮化层，绝缘件也不易损坏，对提高阳极使用寿命有利)。导套15是上下两个零件的定位件，又

防止了上下两个零件的接合面的间隙径向漏出 NH_3 。支板7是安装阳极及插销、支承销（阴极电位）的。而插销、支承销由绝缘套4、9相互绝缘，因而支承板7不带电位。这样既保证了阳极对零件孔的同心率，又限制了辉光只在内套齿部分，达到局部加温目的。每个零件消耗功率仅300多瓦，若整个零件加温，除了功率增大外，零件上其它孔的相对位置精度就很难保证。而局部加温完全能达到图纸要求，如表3，表4所示：

表3 曲轴后半部内套齿的氮化质量

位 置 \ 项 目	氮化层深度 (毫米)	表面硬度 (HRN15)	中心硬度 (HRC)	ε 相 深度(毫米)	脆 性 级 别	
上 部	齿 顶	0.3~0.35	86	34~36	0.004~0.008	一 级
	齿 型 面	0.3	85			
	齿 根	0.3~0.32	85			
中 部	齿 顶	0.34	85		0.008	
	齿 型 面	0.32	86			
	齿 根	0.3	85			
下 部	齿 顶	0.3~0.36	86		0.008~0.012	
	齿 型 面	0.3	85			
	齿 根	0.3~0.33	85			

表4 曲轴后半部内套齿经离子氮化后各部尺寸变化测量记录

图 纸 要 求 零 件 编 号	$\phi 55^{+0.026}_{+0.006}$	齿 厚 $3.5^{+0.06}_{-0.06}$ (用 $\phi 3.82$ 滚棒测量)	套齿圆对 $\phi 55$ 跳动 ≤ 0.06	齿向差 ≤ 0.2	套齿周 节累积 误 差 ≤ 0.04	齿底圆 $\phi 35$	齿顶圆 $\phi 31.5$	中心距 65 ± 0.05	综合套 齿量规 (检验 成品用)
1	氮化前 $+0.047$ $+0.047$	$M = 28.11$ 28.05	0.07	0.035	0.03	35.11	31.66	64.923	合 格
	氮化后 $+0.046$ $+0.050$	$M = 28.03$ 28.09	0.10	0.04	0.03	$35^{+0.166}_{+0.147}$	$31^{+0.52}_{+0.62}$	84.930	
	变化量 $+0.003$	-0.08 $+0.04$	$+0.03$	$+0.005$	0	$+0.056$ $\sim +0.037$	-0.04 ~ -0.14	$+0.007$	
2	氮化前 $+0.018$	$M = 28.00$ 27.96	0.08	0.04	0.044	35.15	31.75	64.995	合 格
	氮化后 $+0.018$ $+0.025$	$M = 27.96$ 27.86	0.08	0.08	0.04	35.14	31.72	64.975	
	变化量 $+0.007$	-0.04 -0.10	0	$+0.04$	-0.004	-0.01	-0.03	-0.02	
3	氮化前 $+0.018$	$M = 28.17$ 27.96	0.12	0.04	0.046	$35^{+0.18}_{+0.17}$	$31^{+0.60}_{+0.585}$	64.871	合 格
	氮化后 $+0.018$ $+0.03$	$M = 28.10$ 28.02	0.085	0.04	0.044	35.1	31.6	64.944	
	变化量 $+0.012$	-0.07 $+0.06$	-0.035	0	-0.002	-0.03 ~ -0.07	$+0.015$	$+0.073$	

四、结论:

1.通过我们实践证明,对于薄壁高精度零件要求局部氮化时,采用小功率多电源离子氮化是行之有效的。它能准确控制每一氮化零件的温度,易于确保产品质量,另一方面对电能利用也较合理,一般的零件在局部离子氮化时往往只要几百瓦到1瓩左右的电能就够了。对节约用电起了良好作用。并能同一炉处理不同大小、不同材料的零件。

2.只要夹具设计得合理,夹具可重复使用。整个离子氮化过程稳定,成批生产质量易于保证。故在夹具上虽要花一定成本,但它可以在节约电能、保证高精度零件质量方面得到补偿,故还是有利的。

辉 光 离 子 氮 化

长 岭 炼 油 厂

一、辉光离子氮化设备及操作方法

1. 各组件的用途:

辉光离子氮化生产设备的平面布置见图1所示,现将各组件的设计要求及用途简要说明如下:

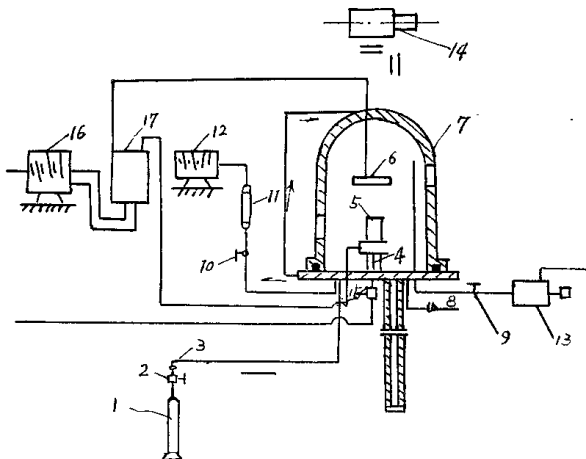


图1 辉光离子氮化生产设备平面布置示意图

1— NH_3 瓶, 2— NH_3 气阀门, 3—浮子式流量计, 4—绝缘底座, 5—氮化零件(阴极), 6—阳极, 7—真空室, 8—U型水银压力计, 9—真空阀, 10—玻璃三通真空阀, 11—热偶规管, 12—RZH-2型热偶真空计, 13—旋片式真空泵, 14—吊车, 15—热电偶, 16—XCT-101测温式毫伏计, 17—离子氮化电源控制箱。

气瓶1是盛气源的,经我们试验证明,使用氢氮混合气或单独使用液态氮都可以。使用氮气时,可以用预先热分解。也可以直接使用,后者经济。使用氢氮混合气时,工作压强要比单独使用氮气时大1~2倍,否则氮化后,氮化层达不到高硬度。我们在生产中,是采用液态氮作气源。气体调节阀2是可以调整及稳定气体流量,愈精密辉光愈稳定。浮子式流量计3用以测量气体流量,流量大小可根据需要量调整。真空阀门9是用来调节气体的流量及压强的。当需要关闭真空泵13前,必须先关阀门9,然后将三通真空阀10接通大气,避免泵油由于大气压力倒流入真空室7内。阳极6的形状及尺寸根据零件的外形来选定,可以用金属丝网或金属板材、管材做成,阳极材料以钢为主。真空室7及底座做成双层,夹层内通水冷却,保护密封橡皮圈。真空罩上要安装两个以上的观察窗,以便观察零件氮化过程中的辉光情况,便于调节气流及加热功率。另外在试用新氮化夹具时,观察其使用性能,便于调整。真空罩与底座借真空橡皮圈密封,橡皮圈用88*胶粘结在底座凹槽内。热电偶15是用来测量零件温度的。阴阳极电源接线柱及观察窗都需要用真空橡皮圈封死。为了保证透明性和密封性,观察窗所用的玻璃其光洁度应达到 $\nabla 11$,厚度7~10毫米。整个真空罩底座及管道系统的焊接质量要好,总装后,整个真空系统的真空极限应高于 1×10^{-1} 托。U型水银压力计8是用来测量当天的大气压强及整个真空室内气体压强的。热偶规11是用来测量真空室内压强小于0.4托时的真空度的。旋片式真空泵13是用来抽真空和维持真空室内需要的压强。真空泵用1*真空泵油或10*机油,它必须定期更换,否则会使真空泵达不到额定的真空极限值。更换方法参看真空泵使用说明书。测温毫伏计16是用来指示和控制氮化温度的。电源控制箱17是用来供给辉光氮化所需的电能,自动防止电弧放电或自动灭弧并重新辉光的装置。吊车14是用来启闭真空罩的。整个气源管道用不锈钢管做成。普通无缝碳钢管也能使用,但易生锈。有些连接处可以用真空橡皮管或输血乳胶管来连接,但是当使用输血管时,管内必须放置金属线圈,以防止低真空时被大气压扁而阻塞气流。三通真空阀、金属真空阀以及其它真空橡皮密封处,都需要均匀的涂上一层1*真空脂。真空罩内的抽气管的出口位置,一定要高出氮化零件所处位置100毫米左右。

2. 起动方法及操作注意事项

先将被氮化的零件用汽油洗涤清洁,然后用压缩空气或干净布将其吹干或擦干残余油迹,使它与阴极底座有良好的接触。不需氮化的表面,用金属作的夹具保护起来。按确定的位置装好热电偶,然后装上阳极,使阴阳极间距离尽可能地均匀,以保证辉光及温度均匀,在高温区的导线用瓷管或玻璃管套上。在低温区仅用塑料软管保护即可。这样可以避免导线发生辉光或烧坏。氮化夹具的绝缘部分用1000V兆欧表检查绝缘度,其电阻值应不低于3兆欧,用万用表检查各通路是否良好。加热零件表面上,不允许有小面深的通孔、盲孔或凹圆面。因为这些部位在电场作用下,将由于离子密集而造成局部温度过高现象。为此必须在氮化前用金属或耐火材料予以堵塞或覆盖起来。做好上述各工序后,用吊车14将真空罩平稳地放在底座上。然后按真空泵使用说明书起动真空泵。开启热偶真空计12的开关,并校对热偶规管的工作加热电流符合额定值,然后测出真空室内的气体压强,当真空度大于20格时,(按RZh—

2型热偶真空计指示)即可开启氮气瓶1的开关,使保持所需的供气量。随后接通高压电源开关并调节输出电源功率使其辉光。当零件起始辉光时,可看到闪闪位移很快的辉光点,这种现象大约可维持数分钟之久。闪光的时间长短取决于零件清洁状况。然后辉光就稳定地包复于零件表面,辉光层厚度随气体压强而改变,一般为1~3毫米。零件表面被气体离子轰击清洁,并被迅速加热,根据零件大小、辉光面积大小不同,从室温加热到氮化温度,约需要30~150分钟。为了使加热速度增快,可以适当提高气体压强同时增大电流来获得。辉光的颜色是随气体的种类和压强的大小而变化的。如纯氢是淡蓝色,纯氮是紫色,氨气是粉红色到灰白色,很悦目。

二、辉光离子氮化工艺试验

1. 硬化机理

按照辉光离子氮化的工艺理论可以看出,在压力为几毫的含氮容器内,工件与阳极之间加上几百伏的直流电压后,稀薄气体被电离产生氮离子,氮离子在电场中被加速,高速的离子轰击工件,离子效能变为热能,使工件加热。(故辉光离子氮化炉没有发热元件)氮离子在工件上获得电子后成为氮原子被工件吸收,并向内扩散,达到氮化目的。

氮离子冲击工件时,把零件表面的铁原子打击出来,被打出的铁原子一部分就与氮离子化合成FeN,又附着到零件上,促进氮化效果。另一部分铁原子就溅射到炉膛内,亦称之为阴极溅射现象。阴极溅射现象可以抑制表面白色脆性层的形成,这就是辉光离子氮化的零件为什么较一般气体氮化后的零件大大减少了氮化后表面脆性的原因。同时由于一部分铁原子被溅射掉也就减少了氮化时零件体积的膨胀。但是在辉光离子氮化时,要尽量减少阴极溅射,否则使厚度不足。氮化时电压高低对阴极溅射有直接影响,电压高离子效能大,溅射严重。溅射现象使炉内的绝缘材料导电,所以辉光离子氮化炉内使用一段时间后便要清理与此有关的部位。

辉光离子氮化的硬化机理与一般气体氮化的硬化机理基本上相同,在氮化过程中由于氮原子的渗入面形成:固溶体硬化;晶格缺陷硬化和弥散硬化(氮化物的析出)等。所谓弥散硬化,主要是合金元素如钛Ti,铝Al,铬Cr,钨W,钼Mo,钒V,硅Si,锰Mn等合金元素形成合金氮化物。这些合金氮化物弥散度大,硬度很高使材料硬化。而普通碳素钢氮化主要是面溶体硬化。但是当氮化温度过高(一般超过600℃以上)合金氮化物开始聚集长大,使材料的硬度下降,这就决定了氮化温度不能过高,以及对氮化材料要求含有一定数量的上述合金元素的合金钢。

2. 气源及电器参数的选定

(1) 气体成份及压强:

采用什么气源决定于两个因素:在保证质量的前提下,(a)来源方便,成本低。(b)操作控制方便。红湘江机器厂在试验阶段,曾用过氨气、氮气,热分解氨,被态氮气等几种气源对比,认为采用单一的液态氨为最方便。采用前三种气源时,可以保证在非辉光表面上不

渗氮，使用热分解氨时，其分解率一定要大于或等于百分之八十五。

根据我厂实践证明，使用液态氮作气源较为方便。氮气也可以经热分解使用，也可以不经热分解使用，我们在生产中是采用液态氮未经热分解使用，将其直接通入真空室内。

辉光离子氮化时的气体压强影响辉光放电特性。在加温过程中，随着气体压强的增加，辉光电压及电流的升高，氮化温度也升高。反之，气压太低，零件加温速度很慢，根据我们在试验和生产中证明，在离子氮化时，对于不同的零件，真空室内的气体压强应维持在 $2 \sim 10$ 毫米范围内。

(2) 加热功率及辉光电流密度与电压：

当氮化零件的面积一定时，加热功率随着氮化温度的增高而增加，即氮化温度高，加热功率就要大，氮化温度低，加热功率就小。图2是40Cr, 25Cr2MoVA, 3Cr13等钢的试品，在容积 0.863米^3 的真空室的加热功率与阴阳极间距离的曲线，加热面积是 $150 \sim 550\text{cm}^2$ ，辉光加热时，热能的主要消耗有下列几方面：夹具和零件吸收的热能；气体带走的热能；真空罩和底座吸收的辐射热能。同容积真空室内盛放的加热零件面积较大则单位面积平均损耗的热能要小些。综合国外资料介绍，加热有效功率在 $0.2 \sim 5\text{瓦/厘米}^2$ 范围内，而我们实际使用的加热功率都偏上差，适当缩小阴阳极间的距离，能提高加热效率，经实验证明，阴阳极间的距离缩小至5毫米时，辉光还是正常产生，也不起电弧。

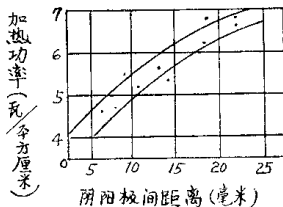


图2 阴阳极间距离与零件加热功率的曲线

辉光电流密度大小能影响加热速度。电流密度大，零件加热速度快，总电流值也大，但容易引起阴阳极间产生电弧，这个问题在操作时要特别引起注意。根据生产中积累的经验数据指出：电流密度在 $4 \sim 15\text{MA/cm}^2$ 较适宜。

辉光电压的大小是与气体的电离电压，气体压强及阴阳极间的距离成正比的，它也与阴极材料和气体的种类有关。例如所用的材料是钢铁时，所用的气体是氮气，则正常阴极位降是250V，氮气是215V。根据我们的生产实践，在保温阶段，当气体压强增大时，辉光电压略有下降。

保温阶段的辉光电压一般是500~700伏。这依电源线路型式不同而不同，在离子氮化时，

考虑到放置零件方便及节约电能，阴阳极间距离一般选在8~20毫米较经济合理。

3. 工艺参数对氮化层质量的影响

(1) 氮化温度及时间对氮化层硬度及深度的影响：

根据钢材不同，离子氮化温度一般在450~650℃范围内选择。离子氮化温度，可低于钢的回火温度30~40℃左右，再低一点亦可，但影响氮化效率。试样在辉光离子氮化时的装炉方式如图3所示。

图4和图5是几种氮化钢材的氮化温度对氮化层的表面硬度及氮化层深度的关系曲线。

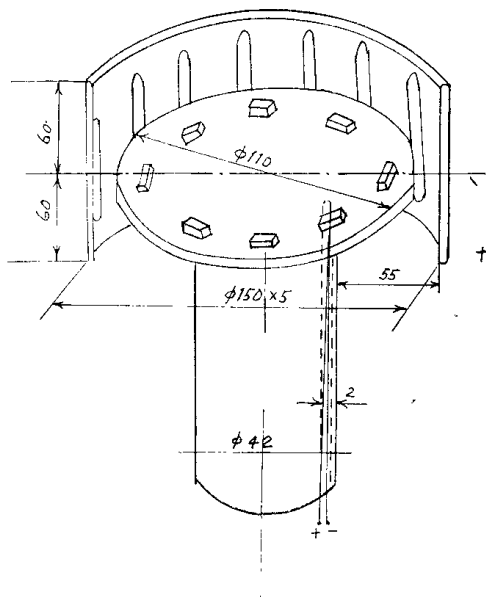


图3 试样在辉光离子氮化的装炉方式