

湖北省热处理经验交流会

資料选編



-1263

大会筹备組編

序 言

在党的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线和“以农业为基础、工业为主导”的发展国民经济总方针指引下，湖北省的机械工业不断发展、壮大。武汉市等地于1958年前后建成的一批大、中型企业，在热处理工艺及装备等方面都有相当的基础。无产阶级文化大革命以来，发展很快，各专、县都建立了机械工厂并相继于1968年前后开展热处理工作，但发展是不平衡的。有些地区热处理工作的基础薄弱，影响了机械产品的质量与寿命。

质量问题是个路线问题。热处理是保证机械工业产品质量的重要环节。为了认真贯彻毛主席关于“一切产品，不但求数量多，而且求质量好”的指示，湖北省科学技术委员会、湖北省国防工业办公室和湖北省机械工业局决定召开我省首届热处理经验交流会。由武汉材料保护研究所、华中工学院、湖北农业机械学院、武汉钢铁学院、湖北建筑工业学院、471厂、710厂、733厂、武汉热处理厂、武汉汽车标准件厂和武汉重型机床厂共11个单位的17位同志组成大会筹备组，于1973年12月至1974年元月分赴全省各市（地区）进行了调查。

近几年以来，我省热处理工作者的队伍日益壮大，通过学习马克思、列宁和毛主席著作以及批林、批孔运动，广大热处理工作者在毛主席革命路线指引下，遵循“自力更生、奋发图强”的方针，在探索新工艺、建立新设备和实现机械化作业等方面取得了可喜的进展。大会筹备组共收到115篇技术资料，这些资料都有一定的推广或参考价值。遵照省科委、省国防工办和省机械工业局的指示，于会前进行了资料选编工作，并确定了选编原则。入选的资料共42篇（其中作为现场经验简介的有13篇），因篇幅有限，对部分稿件作了较多的删改。这项工作是由武汉材料保护研究所参加大会筹备组的同志于5月中旬至7月上旬进行的。由于负责编辑的几位同志经验不足，水平不高，“选编”难免有不夠全面、甚至错误之处，敬希同志们批评、指正。

湖北省热处理经验交流会筹备组

1974. 7. 5

目 次

离子氮化	武汉第四机床厂、湖北建筑工业学院 (1)
牙轮钻头深层气体碳氮共渗工艺试验	江汉石油管理局矿机研究所 (12)
氧化皮对气体渗碳的影响	武汉拖拉机厂、华中工学院 (16)
液体渗碳工艺及其应用	武汉材料保护研究所 (23)
无毒原料液体软氮化	3604 工厂 (32)
无毒原料液体氰化	邮电部 536 厂 (38)
三乙醇胺无毒气体氰化试验	汉阳汽车制配厂 (41)
无毒气体氰化	第二汽车制造厂标准件厂 (42)
粉末渗锌	中原机械厂 (44)
表面处理的黑色金属压铸模的寿命试验	
.....	四千联合收割机厂、武汉材料保护研究所 (46)
感应加热热处理	第二汽车制造厂高频试验室 (51)
模具热处理实践	长江有线电厂 (55)
Cr12MoV 模具“热处理麻点”的消除	武汉汽车标准件厂 (67)
标准硬度块热处理工艺	武汉材料保护研究所 (70)
球墨铸铁热处理工艺简介	第三石油机械厂 (77)
船用大轴的调质处理	四七一厂 (82)
成品调质	湖北油泵油嘴厂 (88)
耙片热处理	嘉鱼县农机厂 (90)
三号淬火剂的应用情况	江山机械厂 (92)
用金相法控制高速钢刀具热处理质量	湖北工具厂 (96)
关于硼钢的探讨	第二汽车制造厂 (99)
25MnTiBR 钢齿轮的热处理	武汉拖拉机厂、洛阳拖拉机研究所 (115)
空冷微变形冷作模具钢	华中工学院 (123)
制备保护气氛的有机液体的选择	五一〇厂 (134)
小型两用保护气氛热处理炉	中原机械厂 (138)
埋入式电极盐浴炉结构的改进	武汉热处理厂 (144)
自制埋入式电极盐浴炉	襄樊市标准件厂 (149)
深井式燃油盐浴炉	粮食部东方红粮食机械厂 (151)
多用磁性测试仪	宜昌纺织机械厂 (153)
工业经验集锦	(159)



△ 841282

离子氮化

武汉第四机床厂 湖北建筑工业学院

一、国内外概况

国外对离子氮化工艺的研究工作，已进行了三、四十年，国内也有近十年的历史，但由于辉光放电电流大到一安培时，容易形成局部电流集中，过渡为弧光放电。如果集中在某一点的弧光放电电流达二十安培以上，只需十分之一秒或更短的时间，就能把零件烧伤、甚至烧坏，因此进展不快。

近年来，许多国家在离子氮化工艺和电源方面都进行了大量工作。西德有专门的离子氮化公司，接受欧洲范围内的委托加工，但不出售离子氮化设备。在汉诺威市的离子氮化工厂有新式的离子氮化炉 25 台，其中容量最大的为 300 瓩，可处理八米长的丝杆，最大装炉量为 6.5 吨。

国外几乎把离子氮化工艺应用到工业部门的各个领域。据报导，经离子氮化后，锻模寿命提高 2~3 倍，枪管寿命可提高 3 倍以上。西德的转子发动机的主要部件（主轴和气缸），曾采用喷镀钼和离子氮化两种工艺，效果几乎一致，但喷镀钼的价格昂贵。

国内开始研究这一工艺大概是 1966 年前后，首先是红湘江机器厂，1970 年前后，他们已有几种小零件正式采用这项工艺，收效较好。氮化炉采用几个小电源，每个氮化的零件单独接一个电源，总功率为 20 瓩。其后，北京机床研究所、交通部科学研究院、北京工业大学、六机部十二研究所、上海汽轮机厂都在研究和发展这一工艺，目前大都处在试验和小批量生产阶段。

为了提高 X 8126 万能工具铣床上的长齿轮等零件的质量，武汉第四机床厂组成以工人为主体的三结合班子和湖北建筑工业学院合作，完成了一台用可控硅自动控温调压、功率为 30 瓩的离子氮化炉。并于 1973 年 5 月份开始对几种刀具、齿轮、主轴、油泵齿轮、转子发动机主轴、100 高炮的凸臂轴、模具、缝纫机摆梭（球墨铸铁）等零件进行试验并投入生产，近一年来的情况证明，效果良好。

目前，国内已有许多省、市开展离子氮化的研究，发展速度很快，但功率不大，自动化程度不高，和国外相比还有差距。30 瓩离子氮化炉仅仅是一个突破，现正朝着进一步稳定、提高工艺质量和制作较大功率（如 50~100 瓩）的氮化炉方面努力。

二、30 瓩辉光离子氮化炉结构

1. 基本参数

功率

30 瓩

最大电流 30 安
 最高电压 1000 伏
 真空室容积 0.2 米³
 最大加热面积 15000 厘米²
 真空度 1×10^{-1} 毫米汞柱
 氨气压力 2~6 毫
 常用工作温度 500—600°C

2. 离子氮化装置

离子氮化装置外观见图 1 A，结构示意图如图 1 B。

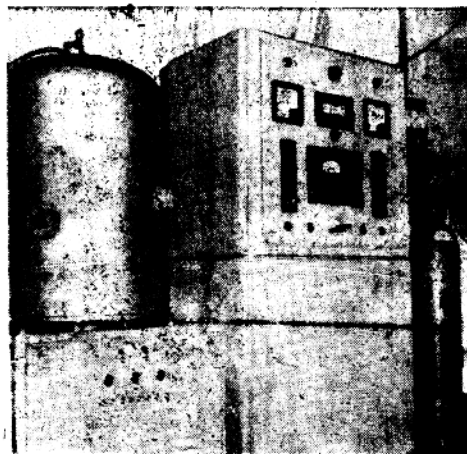


图 1 A 离子氮化装置外观

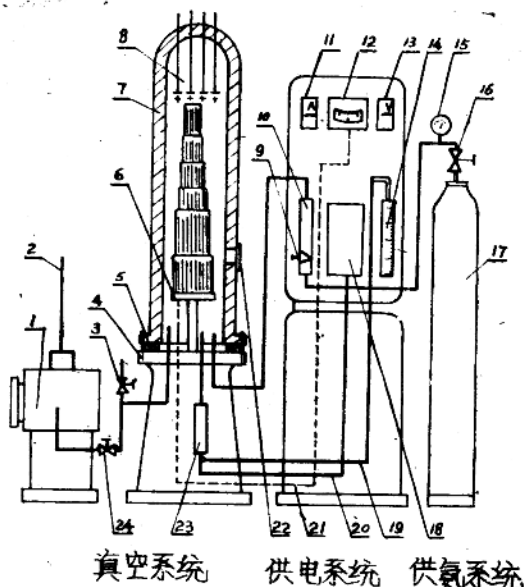


图 1 B 离子氮化装置示意图

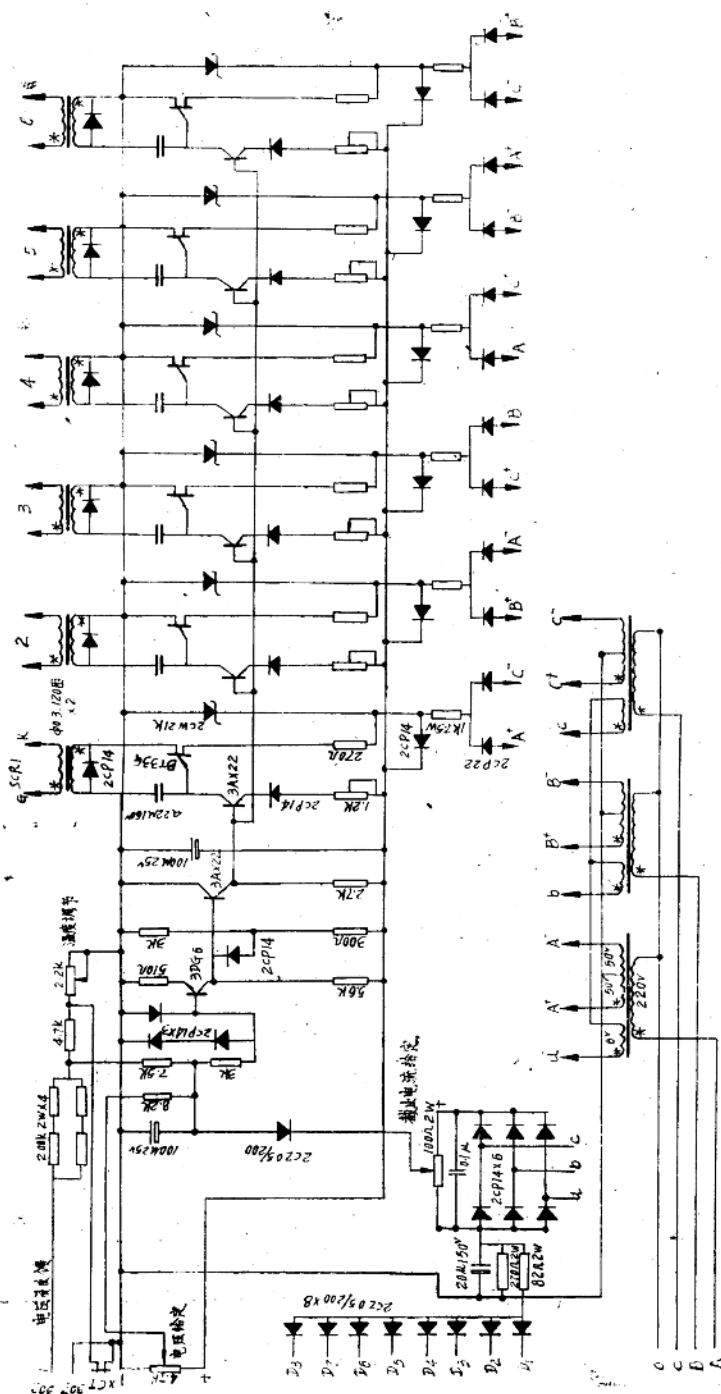
整套装置由供气系统、真空系统、供电系统三部分组成。

供气系统：用压力为30公斤的氨瓶供气，通过气体调节阀送入LZB—6型转子流量计，由阀门控制所需要的氨量，再送入真空室。

真空系统：由真空罩和真空底板并用真空橡皮棒密封组合成真空室。外罩和底板都作成夹层，中间通水冷却。外罩直径为520毫米，高1000毫米，容积为0.2米³。工作时，用2X—5型机械真空泵将工作室抽成真空。

阴极和阳极都装在真空室内，阴极即处理的零件，阳极系根据零件的形状，作成与其大致相似的外形（最近已改用外壳作阳极）。

供电系统: 见离子氮化电器线路图 (图 2 A 及图 2 B)。





试验时在充有稀薄气体的真空室内，放置阴阳两个电极，电极通过一个限流电阻接一个大小可调的直流电源 E （见图3）。逐渐增加电源电压，开始时，阴阳极间并没有电流，当电压增加到A点时，阴阳极间突然出现了电流，阴极的部分表面产生了辉光，阴阳极间电压立即下降到B点的数值。这时，增高电源电压或减少限流电阻，可使阴极表面产生辉光的面积增大，阴阳极间电流增加，但阴阳极间电压不变（见图中的BC段）。再继续增加电源电压，或减少限流电阻，随着电流增加，阴阳极间电压也增加（图中CD段）。过了D点以后，电流突然急速地增大，而阴阳极间电压反而急速地下降，此时，辉光熄灭，阴阳极间出现强烈的弧光放电。

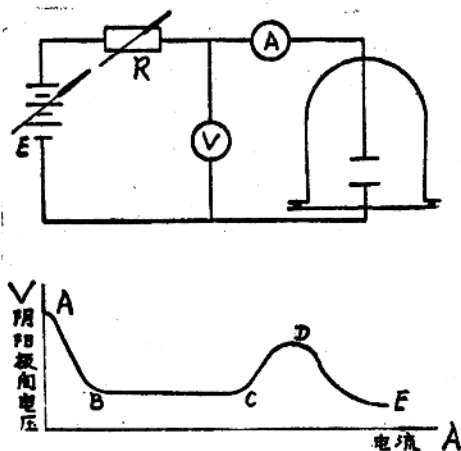


图3 辉光放电原理

弧光放电是在阴极的某一点与阳极之间进行。大量的正离子轰击阴极的一个点，将使阴极（工件）局部因高温而烧伤，甚至熔化而损坏。

图中A点电压称为点燃电压。BC段即正常辉光放电区，处在这个阶段时，电流增加，电压不变。CD段即异常辉光放电区，DE段为弧光放电区。A、B、C、D各点的电流电压数值大小，因阴极材料、面积，气体成分、压强，温度等因素不同而变化。

辉光离子氮化要求金属零件表面被均匀地加热，故要求辉光覆盖整个表面。由于经常工作在异常辉光放电区，当零件表面有脏物、油污、毛刺、小的通孔或盲孔、零件间接触不良、氮气不均匀、电源电压的波动等情况下，很容易过渡到弧光放电。如果限流电阻很小，则一旦点燃辉光，就可能立即过渡到弧光放电。

由于上述特点，辉光离子氮化电源应为连续可调的直流电源，而且电压平稳，具有一定的内阻，并能在出现弧光放电时，自动灭弧和重新点燃辉光。因此，我们在电器设备上采取了下列措施：

①可控硅三相半波整流电路

采用可控硅整流，可以省去稳压器和调压器，得到一个由0至1000伏连续可调的、稳定的直流电压。

由于输出直流电压高达1000伏，三相半波时需要额定电压1500至2000伏的可控硅，这种可控硅目前不容易购到，需要将额定电压800伏以上的两个可控硅串联起来，这样就要求两个可控开关时间一致，对触发电路要求较高。为防止当一个可控硅失灵时，串联的另一只可控硅也跟着击穿，我们把主变压器次级线圈分成两组，分别经三相半波桥式整流后，在直流输出端串联起来，这样就避免了用两个可控硅直接串联的缺点。

次级线圈分成两组后，我们把其中一组倒相连接，使两组电压错开半个周期，这样，两组整流相加后，电压脉动幅度将减少一倍，而脉动频率将增加一倍，因此降低了滤波电感线圈的要求，电感量只需原来的四分之一。

为了保证当一组可控硅导通而另一组未导通时直流有通路，在每组可控硅整流输出端并联一个续流二极管以提供通路。

五个并联的 10K ， 150W 电阻是流过维持电流用的，可保证可控硅的可靠触发。

②阳极分割（限流电阻分割法）

将阳极分割（限流电阻分割）成八个，这样每个阳极的限流电阻相当于分割前的八倍，由于在刚接通电源的头几分钟，很易由辉光转变为弧光，这时可以只接通 1、2 个阳极限流电阻，因电源内阻较大，故可以减少由辉光放电过渡到弧光放电的可能性，即使产生弧光放电，电流也限制在较小数值。待辉光稳定时，再逐渐增加接通阳极的数量。当需要氮化的零件数量不多时，可以少用几个阳极，提高限流电阻的作用。

③ L、C 振荡灭弧电路

当阴阳极间辉光放电由于某一原因而过渡到弧光放电时，电流突增，利用 L、C 的振荡作用在电流过零值时，将弧光熄灭（约万分之一秒）。电源经限流电阻给电容重新充电，如此时过渡到弧光放电的因素已消除，就重新产生稳定的辉光；如此时过渡到弧光放电的因素依然存在，则不断产生弧光和灭弧作用，直至电流截止负反馈环节起作用。

④ 电流截止负反馈

在限流电阻上分出一段 4 欧姆的电阻，在这 4 欧姆电阻上取得的反馈电压反映了阳极电流的大小，将这个电压和给定电压（截止电流给定）进行比较，当打弧和电流过载时，反馈电压大于给定电压，二极管 $2\text{CZ}0.5/200$ 导通，负的反馈电压使直流放大器（3DG6）截止，触发电路不再产生触发脉冲，可控硅全关闭，没有电流输出，弧光熄灭。随着弧光熄灭，负反馈电压也消失，直流放大器输入端电压又逐渐由负变正，重新发出触发脉冲，辉光再次产生。

电流截止负反馈对已经触发导通的可控硅起不了作用，这个可控硅仍将在半个周期（百分之一秒）时间内流过弧光电流，因此电路上必须有足够的限流电阻，使电流不超过可控硅的浪涌电流允许值。

电流截止负反馈应反应迅速，保证不再发出新的触发脉冲，故反馈电路的时间常数要尽量减小。

在反馈电路中串入八个二极管 $2\text{CZ}0.5/200$ 起隔离作用，使打弧或过电流的那个阳极的反馈电压，不致被没有打弧或过电流的阳极所旁路而减弱。串入八个 270 欧姆电阻是为了使个别阳极过电流和八个阳极同时过电流时，电流截止反馈的灵敏度不同，如单个时为 6 安，八个同时过电流为 30 安。

⑤ 点燃电路

第四个阳极串接了一个点燃用的直流电压，它是由交流整流成 450 伏的直流电压，经一个 10K 电阻加在硅二极管 $2\text{CZ}20/700$ 两端（反向偏置），因此在辉光未点燃前，4 号阳极上有较高的电压（450 伏加上主回路直流电压），但当辉光点燃后，阳极通过电流大于 45 毫安时（ $\frac{450\text{伏}}{10\text{千欧}}$ ），二极管两端电压下降到零，二极管正向导通，阳极电流从硅二极管通过。

⑥ 电压负反馈

为了稳定由于外电源电压波动引起整流输出电压的波动，采用了电压负反馈，反馈电压从直流输出电压经 200K 和 4.7K 电阻分压取得。

⑦温度自动控制

电压负反馈兼作温度控制用,当零件温度达到给定温度时, XCT 型的调节式控温毫伏计的常闭接点断开, 2.2K 电位器与 4.7K 电阻串联增加了负反馈电压, 可控硅导通角减少, 整流输出电压减少, 辉光放电电流减少, 零件温度下降。电流减少的幅度通过 2.2、电位器调整。

测温毫伏计由于静电感应造成的误差很大，所以要把整个毫伏计屏蔽起来，毫伏计中的电磁测量机构和振荡控制线圈要接成与热电偶同电位。

有关供电、控制、保护、讯号系统和可控硅的保护及触发等，没有什么特殊的地方，不再详述。

三、离子氧化原理

离子氮化是在真空室内的高压直流电场作用下进行的。

氮化时,要氮化的零件接高压直流电源的负极。工件的外圈,设置一个阳极,接高压直流电源的正极(如要氮化零件的内孔时,在孔内放置阳极)。当真空被抽到 5×10^{-1} 毫米汞柱以上时,向真空室内通入少量氮气,并调节送入的氮量,使真空室内压强,根据要求保持在 $1 \sim 10$ 毫之间。

在阴阳极间加上高压直流电源后，在高压电场作用下氨气部分电离成氮和氢的正离子及电子。这时，作为阴极的零件表面覆盖着一层紫色的辉光。它是由受激后返回基态时的氮和氢原子产生的光辐射。氮和氢的正离子在高压电场作用下，快速冲向阴极（即氮化零件），在正离子的轰击下，零件表面被均匀加热到所需要的温度（ 550°C 左右）。同时，氮的正离子在阴极夺取电子后还原成氮原子，并渗入到金属表面及向内部扩散，形成氮化层。氢的正离子在零件表面起清除氧化膜的作用。

要求渗入的深度,决定于加热温度及氮化保温时间。

保温时间终结后切断高压电源，零件在真空室内缓慢冷却。

据国外有关资料介绍,辉光放电时,外加电压在工件前数毫米处出现急剧的电压降。真空室气氛中所存在的离子,沿着箭头方向向阴极移动,接近工件表面时,因离子处于急剧的阴极位降区而被高速地加速,轰击被处理工件,离子具有的高动能转换为热能,不仅加热工件,一部分出现离子移植,一部分引起阴极溅射,从工件表面反弹出电子和离子。被置换出来的铁原子与获得电子的氮结合形成氮化铁(FeN),因高温和离子的轰击,吸附在工件表面上的 FeN 迅速地分解为顺序低价的氮化物,并放出氮,一部分铁原子在放电的等离子气体中与初生氮结合,促进氮化,其过程如图4所示。

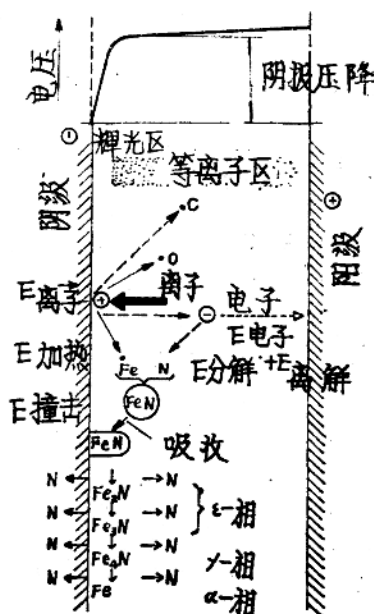


图4 离子氮化过程示意图

由阴极溅射出的铁在辉光等离子区形成氮的浓度达到20%的氮化铁,氮化铁又重新附着到工件上,并在工件表面上分解。氮扩散到金属内部,而失去氮的铁又重新溅射到辉光等离子区。由阴极溅射出的铁原子可以看作是氮载体。阴极材料溅射给离子氮化带来两个优点:即在开始时使金属表面附着的氧化膜被破坏,产生活性大的纯原子表面;其后,活性的原子氮直接在工件表面上附集,因此渗入速度快。

四、辉光离子氮化工艺

1. 处理过程

将零件用汽油仔细清洗并吹干后,放在阴极底座上。每次装炉的工件,尽量安排材料、大小、形状近似;排好后量出整炉工件放置的外形直径和高度,然后选择比外形直径大40—50毫米的阳极圈(厚3毫米,宽15毫米左右的八个铁皮圆圈),八个阳极固定在三根绝缘瓷管上,均匀排列,总高度比工件排放的高度高20毫米左右。然后将阴极线接好,检查每个工件和阳极间的距离是否均匀,工件与阴极底板之间务使接触良好,并将阴阳极引线屏蔽好。检查密封和绝缘情况后,把真空罩罩好。

开启真空泵,将真空抽到 5×10^{-1} 毫米汞柱以上后,接通高压。将四号阳极打开,升高电压,辉光出现。根据现场情况,估计正常,即可将其他几个阳极分别接通并调整到适当的电压。

气压的高低,电流密度的大小,零件外形是否一致,材料是否一致,堆放位置是否对称,阴阳极间距离是否均匀,都是关系到温度是否均匀的先决条件。零件外形一致的,温度均匀;同一炉材料导热性能好的到温稍慢些;零件过分拥挤时,中间比四周容易到温;阴阳极距离不一致,距阳极远些的零件到温慢些。这些经验,装炉时要充分考虑,以便使温度尽量均匀。

要注意阳极面积和阴极面积的比例,阳极面积不能过小;阳极表面要平滑光洁,不能有毛刺和铁锈(易引起打弧)。零件和底板接触处不能有空隙,工件不能有横向的孔洞(孔洞,空隙处离子密集,易造成局部过热及起弧)。

弧光厉害时(局部电流过大地集中),将使零件烧出疤痕,甚至烧坏。这时要减小气压和电流或重新装炉后才能再进行工作。

20 铬, 40 铬, 20 铬钼, 38 铬钼铝, 18 铬锰钛, 球铁, 高速钢等的氮化温度通常都在 $500 \sim 550^{\circ}\text{C}$ 。温度过低,氮化时间长,提高温度虽能增加渗入的速度,但会使渗层硬度降低。一般最好比调质处理时的回火温度低 $30 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

根据零件的特点和装炉量,控制可控硅的导通角,即可控制电流密度而控制加热速度。我们采用的电流密度为 $1.5 \sim 2$ 毫安/厘米²。升温时,不能用过大的电流密度,也不能用过大的气压。否则加热过快,温度不均匀,还可能出现局部辉光,甚至引起阴阳极间打弧。

保温时间根据零件要求的氮化深度、耐磨性能、耐疲性能以及变形量的严格程度而决定。

冷却在真空系统中进行。停高压后将真空抽到 1×10^{-1} 毫米汞柱左右,然后停泵(不抽真空也行)。在第二天上班时启真空罩,零件已经冷到常温。如果零件处理前的光洁度高、清洗干净、真空保持好,氮化后,零件呈灰白色,很美观。如果密封较差,有空气进入,工件将是灰黑色或淡蓝色,但不影响质量。

2. 工艺过程中的几个问题

①氮气和氨气压力

国外应用氮、氢混合气，据说是有利于白亮层的控制，红湘江机器厂也应用过氮气和热分解氨，据说效果相近。

氮气压强影响着辉光放电特性。升温时，只能应用较低的气压，使电流缓慢加大，温度缓慢上升，一般应用 0.5—2 毫巴即可。有时不通氮，就用真空室内残留的气体分子点燃辉光，升温到一定的温度再充氮。北京工业大学采取换气氛的作法，即抽真空后充氮，再抽真空。

工作时，国内外采用的氮气压强都在 2—10 毫巴，所以耗氮量少。

氮气是从底板（工件下部）处进入，抽气管高出工件总高度 20 厘米，由于气体在真空中的扩散很快，为了使辉光稳定起见，采用几个管进气显得均匀些。

抽气速率是一个值得进一步试验的问题。有几个单位曾采用 $\phi 40$ — $\phi 100$ 毫米的抽气管，流量计读数为每小时供氮 200 升，气压 6—8 毫巴。我们用的是 $\phi 12$ 毫米的抽气管，流量计上的读数是每小时供氮 40 升，气压 6 毫巴，都是用一台 2X—5 型真空泵抽气。根据零件氮化层质量的检验，没有多大出入。我们的供氮量很小，但不一定是最低值，还应该通过试验以达到质量好和节省氮气的目的。

② 电流密度与加热功率

电流密度直接影响加热速度，电流密度大，加热速度快。但总电流值有一个范围，过大则容易引起弧光放电。电流密度应该根据加热面积，升温 and 保温的工艺参数而定，我厂的 30 吨设备正常生产的电流密度大约是 1.5—2 毫安/厘米²。

加热面积一定时，加热功率直接影响着氮化温度。加热功率大，氮化温度高。

工作电压是 500—800 伏，正常的工作电压常在 550—650 伏（阳极作外壳时工作电压为 700—800 伏）。加热功率是 0.8—1.3 瓦/厘米²。

③ 测温方法

温度的测定是利用 EU 热电偶配 121 型毫伏计，将热电偶热接点通过工作底板，直接与工件接触。为了防止打弧，在热端和工件接触处加上一薄层云母片，但有时仍易被电弧烧断。也曾采取将热偶丝屏蔽，即用铠装热电偶，但其示值较实际温度低 100 多度。

零件长、大时，要多装上几根热电偶。如果操作正常，只测一点基本上可以反映出温度的变化。

另一种测温方法是采用武汉温度计厂生产的 WPH—1 型光电高温计，由于辉光薄层的 λ° 较短，和红外线的波长比较，可以忽略不计，不妨碍测温。温度值可以在 1 秒钟内反映出来，但仪表本身还存在一些问题。

因此，我们往往利用热电偶测温，利用光电高温计校对，配合使用。

成批生产时，摸索了几炉的规律以后，就可以不必测温。如加热八个长齿轮，表面积约为 15000 厘米²，采用 600 伏的电压，25 安的电流，温度约 550°C。

总之，测温问题目前尚未妥善解决，还有待进一步研究。

④ 检验

氮化层硬度的检验，生产上习惯采用维氏硬度计，负荷用 10 公斤或 30 公斤，数据可靠（显微硬度计是采用 100 克的负荷，硬度稍偏高一些）。

氮化层深度的测定标准不一，有的采用测到氮化层与心部组织明显分界处；有的采用测到硬度为 125 % 心部硬度处；有的计算到硬度曲线的斜率等于零处。这几种方法测出的结果，基本上是一致的。我们现在采用第二种方法。

离子氮化所获得的化合物层（白亮层）一般为 0.005 ~ 0.015 毫米，在白亮层测定硬度后，压痕完整。这表明化合物层不脆，不必磨掉。

变形一般都在几个微米到一丝左右。一般要求二级加工精度的零件，都允许精加工后再离子氮化。

五、试验情况

通过近一年约二百炉次的试验和生产，对 20 铬，40 铬，20 铬铝，45、T8、球铁，38 铬铝，高速钢等材料及其所制零件，如齿轮环规、片铣刀、铰刀、桃子轴、摆梭、转子发动机主轴、高炮曲臂轴、模具等都作过试验和生产，下面介绍几组零件氮化试验和生产情况：

1. 几种材料在 540°C 左右进行 8 小时离子氮化后（氮流量 60 升），所测得的渗层硬度和深度值。

钢 号	硬 度 (HV, 100)	深 度 (毫米)
20 Cr	60 ~ 946	0.5 ~ 0.75
40 Cr	301 ~ 141	0.40 ~ 0.45
45	300 ~ 700	0.15 ~ 0.30
球铁 (铁基)	550 ~ 946	0.05 ~ 0.12
球铁 (铝基)	400	
18 Cr Mn Ti	950 ~ 324	
38 Cr Mo Al	850 ~ 1150	0.45 ~ 0.60
20 Cr Mo		
G Cr 15	600 ~ 761	
35 Cr Ni 3 Mo	300 ~ 00	0.40 ~ 0.55
W 18 Cr 4 V	100 ~ 200	0.10

2. 几种材料的离子氮化硬度梯度曲线

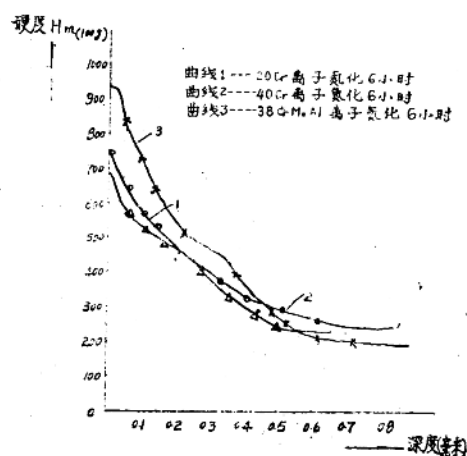


图 5 离子氮化硬度分布曲线

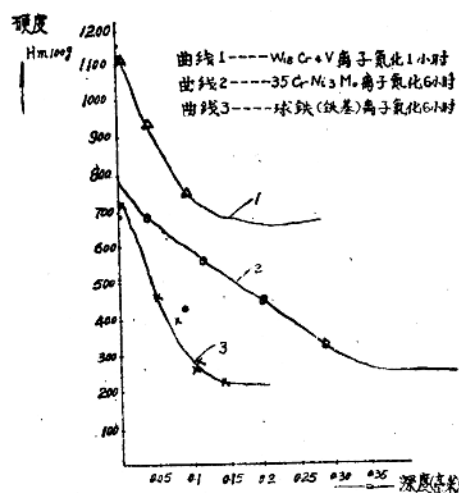


图 6 离子氮化硬度分布曲线

8. 几种典型零件的处理情况

(1) 齿轮

从投产以来,已经处理了以长齿轮为主的近千个齿轮。我厂的20C长齿轮,模数为2.5,齿数为38,尺寸为 100×222 毫米。离子氮化温度 550°C ,氨气压为3~5毫,保温6~8小时。获得的氮化层深度一般在0.3~0.4毫米左右(白亮层约为0.01毫米)。公法线平均膨胀0.003~0.01毫米,内孔收缩约为0.008毫米,变形较小,硬度达H_V 618。效果较好。

(2) 曲臂轴

材料为35C Ni Mo,全部加工完后再离子氮化。(我们一共处理了140多根,每炉装8至10根)。

采用的电流为25A左右,氨压6至8毫,氮化温度 550°C 左右,保温5至8小时,总深度约0.4毫米左右,渗层硬度400—650 H_V,心部硬度为280 H_V左右。变形微小,在要求范围(不同心度<0.04毫米)以内。

将长466毫米的曲臂轴抽出一根分上中下三处分别取样。经检验,硬度分布和深度曲线如图7。深度和硬度基本一致。

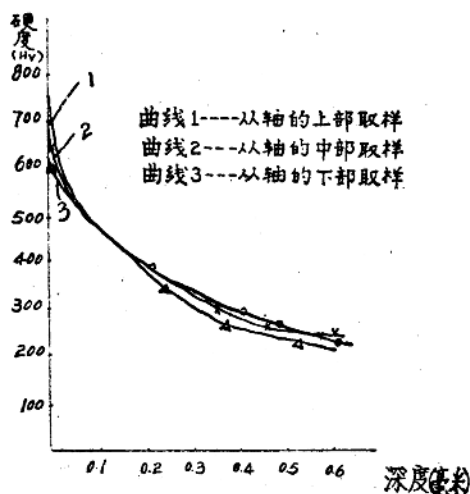


图7 曲臂轴氮化层的硬度

(3) 高速钢刀具

对铰刀、锥度铰刀、燕尾铣刀、沟槽铣刀都作过一些试验,采用的氨压是6~8毫,氮化温度为 $400-520^{\circ}\text{C}$,时间由30分钟到7小时。时间长,温度低(400°C , 7小时)表面硬度达H_M1100—1200,使用时很脆。后改为 520°C ,保温30分钟,处理的小铰刀寿命提高1~2倍。

根据“北工大”和“北量厂”的经验,成型刀具磨削后,刃口两面都氮化则很脆,将一面的前角磨去0.05—0.1毫米,强化效果明显,而且可以刃磨几次,每次的切削效果都比一般高速钢刀具的使用寿命高。

高速钢刀具的氮化工艺,还需进一步摸索。

六、结 语

1. 离子氮化具有渗入速度快、表面白亮层脆性低、不用发热元件,耗电少、变形小、劳动强度低及无公害等优点。

我厂30缸离子氮化装置处理过多种材料,所用的工艺参数基本上是 550°C 左右,保温6~8小时,氨压为4~8毫,真空度 5×10^{-1} 毫米汞柱以上,电流密度为1.5~2毫

安/厘米²，电压为 550 ~ 650 伏，加热功率为 0.2 ~ 5 瓦/厘米²，氨流量为 60 升/时左右。

2. 经近一年的生产验证，我厂 30 吨离子氮化装置性能良好。据此完全可以将功率扩大到 50 吨以上。

3. 有关测温方法的改进、性能（如磨损）试验数据的积累以及最佳工艺参数的选择等试验工作，尚待进一步深入进行。

牙輪钻头深层气体碳氮共渗工艺試驗

江汉石油管理局矿机研究所

一、前 言

牙轮钻头是石油钻井的重要工具，其质量优劣直接影响钻井的速度和成本。采用新材料、新工艺是提高钻头质量的有效措施。

气体碳氮共渗与渗碳相比，具有表层淬透性高、耐磨性高、接触疲劳性能好等优点。但目前国内外一般只对承受中、轻负荷的齿轮、轴类、紧固件等零件进行碳氮共渗，其渗层深度通常不超过 1 毫米。在承受重负荷的零件上应用深层碳氮共渗工艺还未见报导。石油钻井用牙轮钻头在工作时承受重负荷，且受力情况相当复杂。因此把气体碳氮共渗工艺引用到牙轮钻头上，以期得到深度较大、性能优良的共渗层，还需要探索、研究。为此，我所于一九七三年内进行了一百三十多炉次试验。

二、试 验 依 据

气体碳氮共渗能显著提高材料的接触疲劳强度。氰化能提高钢的疲劳强度，是因处于压应力状态的氰化层强度增加的结果。文献指出，增加气体氰化层深度，可大大提高疲劳寿命，渗层由 0.762 毫米增加到 1.066 毫米，疲劳寿命至少提高 20 倍⁽¹⁾。

上海自行车厂生产的自行车轴挡，原用 20 号钢渗碳处理，改为气体碳氮共渗后，接触疲劳寿命提高 8 倍⁽²⁾。

据了解，国内外通常采用的碳氮共渗温度一般在 700 ~ 880°C 之间，共渗后直接淬火。有些文献指出，氰化零件表层含碳量不应超过 0.8 ~ 0.95%，而最佳的含氮量为 0.2 ~ 0.3%⁽¹⁾。

三、试 验 方 法

试验在自制的 10 吨井式电炉中进行。

渗碳剂丙酮和稀释剂甲醇，分别装在玻璃瓶中，经针阀进入炉内。滴入量由针阀调节。氮气经干燥器、针阀和流量计通入炉内。

四、试验结果

我们进行了四种类型的工艺试验，即直接共渗、直接共渗加扩散、先共渗后渗碳扩散（以下简称“先共渗”）、先渗碳扩散后共渗（以下简称“后共渗”）。

（一）各种类型的工艺试验

1. 直接共渗

国内外大多采用直接碳氮共渗工艺，我们选择的共渗温度为 820°C 、 850°C 和 880°C 。

试验结果表明，碳浓度梯度曲线随着温度升高而上移，三组试样的碳的浓度梯度均太陡。其中 880°C 一组，无论表层含氮量或氮的渗入深度都优于 850°C 和 820°C 。

2. 直接共渗加扩散

上述试验表明，

碳的浓度梯度太陡，深度太浅，氮的渗入深度也较浅。为此，拟通过增加扩散期并提高温度，以期减缓碳浓度梯度并增加其深度，同时提高渗层氮的含量和深度。

试验结果如图 1

所示。

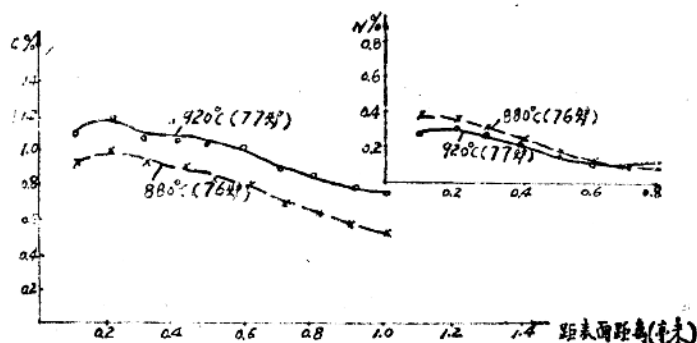


图 1 碳氮浓度梯度曲线

图 1 表明： 880°C 以上再提高温度，表面含氮量不再提高。如欲保持 880°C 时的氮含量，但表层的碳含量和渗碳层深度又偏低。为此，我们又进行了“先共渗”工艺试验。

3. “先共渗”：根据上述两种试验的结果，我们设想先将试样在较低温度下（ 520°C 、 820°C 及 880°C ）

共渗，使试样表面先吸收大量的氮，然后再进行高温（ 940°C ）渗碳扩散，以期提高碳的渗入深度，并使碳浓度梯度平缓，同时使氮的渗入深度有所增加。

试验结果如

图 2 所示。

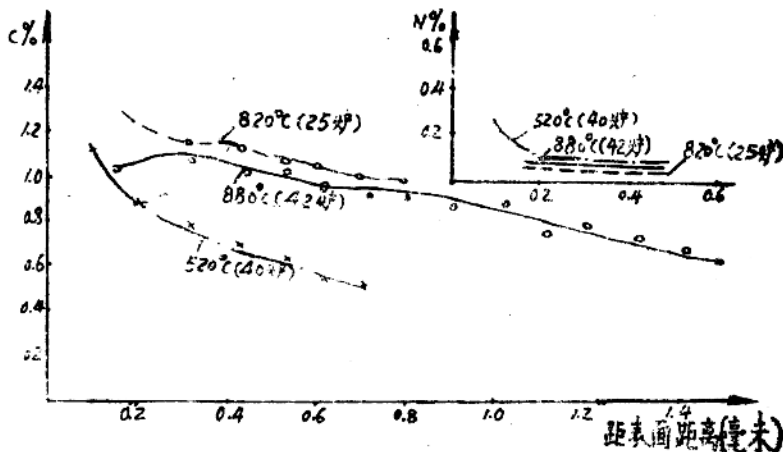


图 2 碳氮浓度梯度曲线

由图2可见,经 940°C 渗碳和扩散后,碳的浓度梯度基本上达到要求。如适当增加渗碳时间,渗碳层还有可能加深,可是表面含氮量太低、其渗入深度也太浅。

4. “后共渗”:

“先共渗”工艺试验表明,在共渗过程中表层所吸收的氮,在随后的渗碳和扩散过程中大部分被脱除。为此,又进行“后共渗”工艺试验。

试验结果如图3所示。

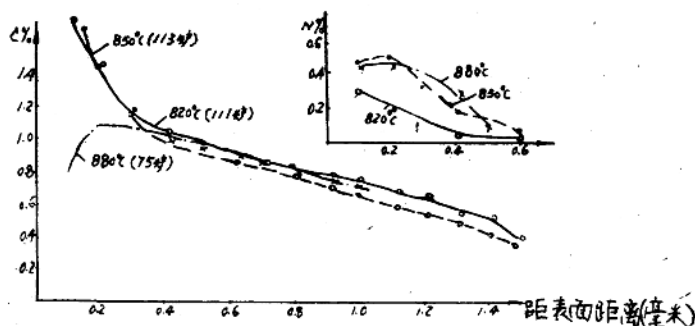


图3 碳氮浓度梯度曲线

由图3可见,880°C的一组优于850°C和820°C。这同直接共渗所得的结果是一致的。

通过上述四种类型的工艺试验结果的对比,我们以“后共渗”工艺为基础,进一步探索提高氮含量和提高渗层质量的工艺参数。

(二) 各种工艺参数对共渗过程的影响

1. 温度对共渗结果的影响

化学分析和渗层深度、硬度测定表明,共渗温度为880°C时的氮含量较850°C、820°C为高。这和一般资料所介绍的不一致,有待今后进一步试验、研究。

2. 气氛对共渗结果的影响

(1) 不同氨通量对氮浓度梯度的影响

进行了两组试验,一组是在共渗期中甲醇和丙酮的滴数不变,仅仅改变氨的通量;另一组是氨通量不变,仅改变甲醇和丙酮的滴数。

试验结果表明,随着氨配比由22.5%增加到34%,氮浓度梯度曲线也上移(自表面至0.5毫米处)。

在氨通量不变的情况下,由于改变甲醇和丙酮的滴数,同样也改变了氨的配比(按门捷列夫气体方程式计算,1毫升丙酮可分解为1.2升气体,1毫升甲醇可分解为2.1升气体,按此法计算氨的配比),此时由于氨的配比差较小,仅在距离表面0.4毫米以内出现明显差别。

上述试验表明,通过提高氨的配比,是可以提高氮的浓度和渗入深度的。

(2) 不同氨通量对渗层深度和硬度的影响

试验表明,采用“后共渗”工艺时,氮的渗入深度在0.7~0.8毫米之间。随着氨通量的增大(氨的配比由24.6%提高至34%),渗层硬度和深度有明显提高。这和不同氨通量对氮的浓度梯度的影响是一致的。

3. 时间对共渗结果的影响

(1) 对碳、氮浓度梯度的影响