

636204

中温气体碳氮共渗

郑厚基 编著

51733

9774

203
28

133

774

国防工业出版社

中温气体碳氮共渗

郑厚基 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书介绍了中温气体碳氮共渗的基本原理及工艺方法。重点叙述碳氮共渗的设备、工艺、炉气控制、共渗工件性能、共渗件的质量控制、缺陷分析及有关的检验方法等。

本书可供热处理工人、技术人员及机械产品设计人员参考。

中温气体碳氮共渗

郑厚基 编著

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

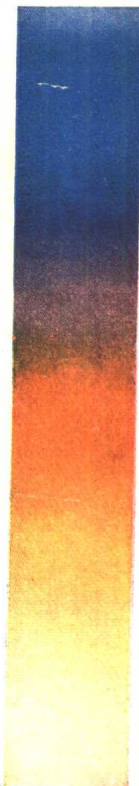
787×1092¹/₃₂ 印张4 82千字

1981年12月第一版 1981年12月第一次印刷 印数：90,001—2,800册

统一书号：15034·2207 定价：0.43元

圖 色 火 火 回

| | 華 氏 溫 度 | 攝 氏 溫 度 |
|-----|---------|---------|
| 藍 色 | 572 | 300 |
| 紫 色 | 545 | 285 |
| 赤 褐 | 509 | 265 |
| 暗 黃 | 473 | 245 |
| 淡 黃 | 428 | 220 |



前 言

中温气体碳氮共渗是一种化学热处理新工艺，它不但能提高工件的耐磨性和耐疲劳性能，而且工件的变形比渗碳工件的要小，也不产生公害。生产实践证明，中温气体碳氮共渗对提高机械零件的寿命有一定的效果。

本书主要根据国内外有关资料及作者自己的实践经验编写而成。由于水平有限，书中一定存在缺点和错误，希望读者提出宝贵意见，以便改正。

编 者

目 录

| | | |
|------|------------------------|-----|
| 第一章 | 碳氮共渗的基本原理 | 1 |
| 第二章 | 碳氮共渗的设备与工艺 | 7 |
| 第三章 | 炉子气氛的控制 | 28 |
| 第四章 | 碳氮共渗的性能与效果 | 43 |
| 第五章 | 碳氮共渗层的组织与缺陷分析 | 49 |
| 第六章 | 与碳氮共渗有关的一些检验分析方法 | 99 |
| 参考资料 | | 120 |

第一章 碳氮共渗的基本原理

一 碳氮共渗的分类

碳氮共渗有各种分类法。例如按使用介质不同可分为液体碳氮共渗与气体碳氮共渗；按处理温度不同可分为中温与低温碳氮共渗；按层深不同可分为浅层碳氮共渗（0.5毫米以下）与深层碳氮共渗（0.6~1毫米左右）；按渗层浓度不同可分为普通浓度与高浓度碳氮共渗；按工艺设备不同可分为滴注式碳氮共渗和稀释气加富化气、氨气碳氮共渗。

中温碳氮共渗的温度为 $760\sim 880^{\circ}\text{C}$ ，低温多为 $520\sim 560^{\circ}\text{C}$ 。低温碳氮共渗适用于高速钢工具，目前又多被硫氰共渗、软氮化（碳、氮、氧共渗）及离子氮化所代替。中温液体碳氮共渗大都采用剧毒的氰盐为介质，氰盐公害严重，已逐渐被淘汰。唯有中温气体碳氮共渗由于有各方面的优越性，而发展迅速。

二 碳氮共渗过程的化学反应

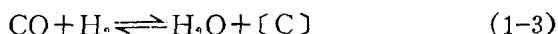
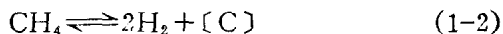
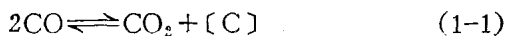
碳氮共渗过程可分为三个阶段：

- (1) 共渗介质分解，产生活性碳原子和活性氮原子。
- (2) 分解出来的活性碳、氮原子被钢表层吸收，并且达到饱和状态。
- (3) 钢表面层饱和的碳氮原子向内层深处扩散。

常用的各种碳氮共渗介质的化学反应如下：

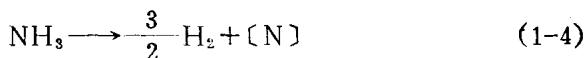
(1) 煤油+氨气

煤油热分解所产生的甲烷和一氧化碳在高温下产生大量活性碳原子：

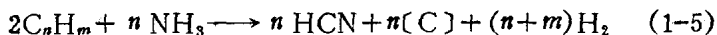


反应(1-3)要比上二式快10~100倍，是占优势的反应。

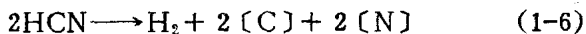
氨气在高温下分解产生活性氮原子：



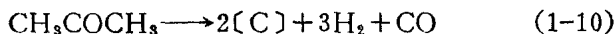
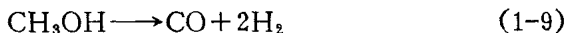
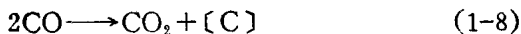
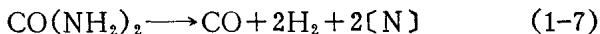
在高温下通入煤油和氨时，除产生上述反应外，还产生以下反应：



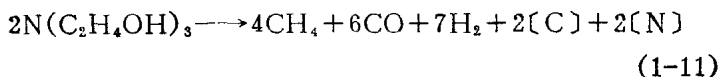
而当HCN在高温与钢件表面接触时，则发生下面的反应：



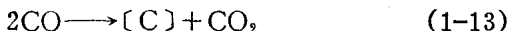
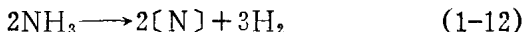
(2) 尿素+甲醇+丙酮



(3) 三乙醇胺

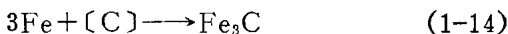


(4) 吸热式气体+氨



从上述化学反应式可知，尽管使用介质不同，但结果都是得到活性碳、氮原子。

碳氮原子半径相差很少，新生态的活性碳、氮原子以间隙固溶方式向钢中扩散，使扩散层碳氮浓度增加，并形成新相碳氮化合物：



随着时间的延长，碳、氮原子同时向心部扩散。

三 碳氮共渗过程的物理特性

碳氮共渗与渗碳不同，由于氮的渗入而有下列物理特性：

(1) 渗层的深度 由于氮的渗入而增加。

图 1-1 表明，在相同的温度和时间条件下，碳氮共渗层的深度远大于渗碳层的深度，即处理温度相同时，碳氮共渗速度大于渗碳速度。

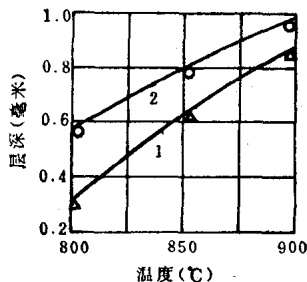


图1-1 10号钢渗碳层(1)和碳氮共渗层(2)的深度(3小时)

(2) 渗层的相变温度

(A_1 及 A_s 点) 由于氮的渗入而降低。

氮和碳一样，能扩大 γ 相区，使渗层相变温度降低。

0.3%的氮使 A_{c1} 点降低至 697°C 。因此可以在较低温度下进行共渗处理。

(3) 渗层的临界冷却速度由于氮的渗入而降低。

碳氮共渗层中的碳氮奥氏体比渗碳奥氏体的稳定性高,不易分解成非马氏体组织。氮的渗入降低渗层的临界冷却速度,提高渗层的淬透性,对于齿轮来说可使齿根获得较深的硬化层从而提高齿的弯曲强度。并且,因共渗淬火时可以采用较低的冷却速度,因而减少了变形。

(4) 渗层的 M_s 点因为氮的渗入而降低,因此表层残余奥氏体较多。

(5) 关于渗层中氮量与碳量的关系。

据资料[1]介绍,在 850°C 的可控气氛下,比较分析渗碳和碳氮共渗过程证明,共渗时添加氮以后,碳的表面浓度稍有降低(约 $0.03\sim 0.05\%$),而扩散层深度能提高 $20\sim 25\%$ 。据资料[2]介绍,共渗试片的含氮量和含碳量的关系如图 1-2 所示。而资料[50]介绍,当 $20\text{Cr}2\text{Ni}4\text{A}$ 钢在 RJJ-105-9T 炉内碳氮共渗时,如果改变保温期间的氮流量(由零增至

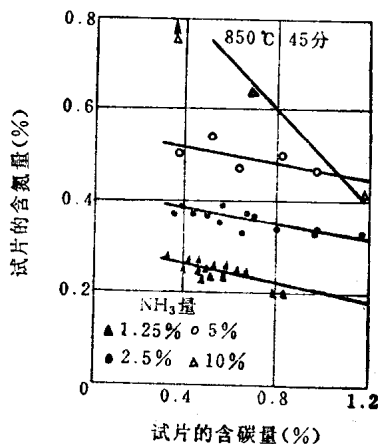


图1-2 碳氮共渗试片的含碳量与含氮量的关系(试片于前室缓冷)

$0.6\text{米}^3/\text{小时}$),那么共渗表层的碳氮含量是一直增加的。这与前两种资料介绍的结论有矛盾。这可能是试验条件不同的

缘故。

资料〔1〕〔2〕所说的结论是在可控气氛炉气条件下得到的，氮稀释了炉气，因而降低了炉气碳势。而资料〔50〕所说的结果是在高甲烷富碳的炉气条件下得到的。如式(1-5)及式(1-6)所示，甲烷与氮的强烈反应，促进了钢的吸碳氮作用。

四 合金元素对碳氮共渗的影响

不同的钢在同一炉内碳氮共渗时，碳氮原子在有的钢中渗入得快，在有的钢中渗入得慢；有的钢表面的碳氮浓度高，有的钢表面碳氮浓度低。这和合金元素溶于奥氏体中时对碳及氮的活度的影响有关。合金元素能增加或减少碳及氮的活度。共渗时，如果钢中含有增高碳或氮活度的元素，那末炉气的碳及氮势就比钢欲得的碳或氮浓度所需的碳势或氮势要高。反之，如钢中含有降低碳或氮活度的元素，那末，炉气的碳或氮势就比钢欲得的碳或氮浓度所需的碳势或氮势要低。

国外，有计算碳、氮活度系数的公式^{〔4〕}。碳氮共渗操作温度常在 850°C 左右，此时：

$$\begin{aligned} \lg f_c = \lg \frac{\%C^*}{\%C^{\#}} &= \%Si \times 0.0866 + \%Al \times 0.0533 + \%Ni \\ &\quad \times 0.0215 - \%Mn \times 0.02 - \%W \\ &\quad \times 0.0245 - \%Mo \times 0.026 - \%Cr \\ &\quad \times 0.0414 - \%V \times 0.166 - \%Ti \\ &\quad \times 0.256 \qquad \qquad \qquad (1-17) \\ \lg f_N = \lg \frac{\%N^*}{\%N^{\#}} &= - \%Mn \times 0.10 - \%Cr \end{aligned}$$

$$\times 0.15 - \% \text{Mo} \times 0.05 \quad (1-18)$$

式中 f_C 、 f_N ——合金奥氏体中的碳、氮活度系数；
 $\% C^{\#}$ 、 $\% N^{\#}$ ——钢零件所要求的表面碳、氮浓度；
 $\% C^{\#}$ 、 $\% N^{\#}$ ——达到上述表面浓度所需的炉气碳、氮势。

从上二式可以看到，增加碳、氮活度的元素的系数为正值，减少碳氮活度的元素的系数为负值。在同一炉气中共渗时，含降低碳氮活度的元素的钢，渗层的碳氮浓度较高，渗入的速度也较快。

碳氮共渗钢中加入铝，能促进表面层饱和氮。但铝含量不应超过 0.2%，因铝会提高临界点，使共渗淬火后的组织内保留含铝铁素体，从而降低机械性能。

硅能减少碳氮元素在渗层中的浓度，而且可以抵消形成氮化物元素的影响。

镍能增加氮活度系数。

第二章 碳氮共渗的设备与工艺

一 滴注式碳氮共渗

1. 设备

RJJ 型井式气体渗碳炉是标准型号的热处理炉，这类井式电炉在一般工厂的热处理车间广泛使用，因此，利用原有设备稍加改装，就可以改造成为渗碳及碳氮共渗两用炉（见图 2-1）。改装一般从下列几方面着手：

（1）风扇轴密封部位改为水冷却，并且采用迷宫式气封，见图 2-2。在气封槽中注入二硫化钼与润滑脂的混合物，

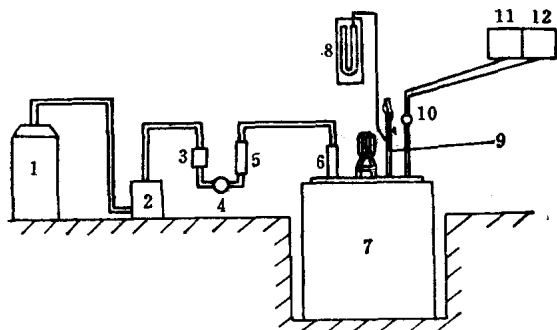


图2-1 井式碳氮共渗炉示意图

- 1—氨气瓶；2—干燥器；3—阀门；4—微调阀门；
5—浮子流量计；6—氨气管；7—井式炉；8—压力计；
9—废气管；10—油管；11—煤油箱；12—甲醇箱。

这样可以有效的防止漏气，避免有毒含氟气氛外泄及空气进入炉内，破坏炉内气氛。

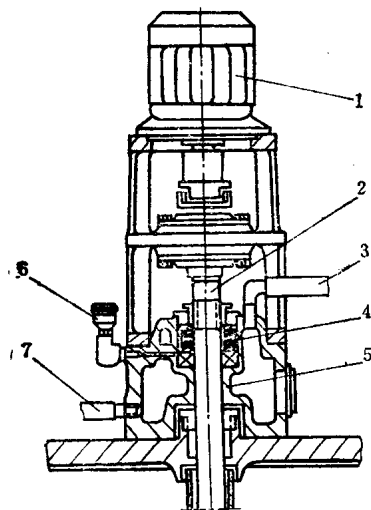


图2-2 风扇轴的迷宫式气封

- 1—电动机；2—风扇轴；3—进水管；
4—迷宫式气封；5—循环水冷套；
6—盖式油杯1/4英寸；7—出水管。

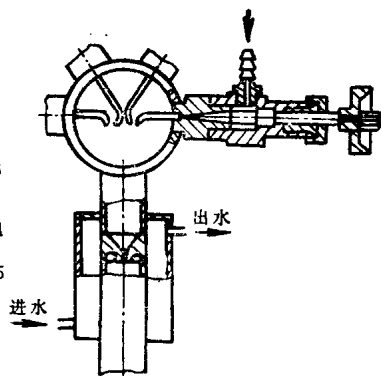


图2-3 多头滴量器示意图

(2) 当滴量器滴入多种有机液体时，必须改装成多头滴量器，以便各种液体同时滴入，如图2-3所示。液体到直管时汇集在一总滴嘴内滴入炉内。滴嘴要安装垂直，直管要加粗，以免某些有机液体滴在管壁上形成堵塞。如三乙醇胺在 500°C 以下会形成沥青状沉淀物堵塞管道。尿素的熔点为 127°C ，如滴在管壁上熔化，时间一长会使分解产物粘附管壁而堵塞，因此可在滴管外加水套冷却，避免它在管道内分解。

(3) 当用氨气分解得到氮时，可在炉盖上加一直管通

入氨气，或者在滴液直管上斜加一管通入。

2. 滴煤油（或其它液体渗碳剂）加氨气

(1) 工艺过程

装炉：开炉前必须将炉罐、炉盖、进排气管等清理干净。检查温度仪表、氨流量计、风扇、炉盖升降机构等是否正常。检查液体渗碳剂及氨供应系统是否正常。然后升温到碳氮共渗温度（例如 $820\sim 850^{\circ}\text{C}$ ），到温保持一段时间后把装在吊具上的清洁工件装入炉内，密封炉盖。

排气：打开滴液开关，向炉内通入甲醇、煤油及氨，排除炉内空气。因冷工件装炉，炉温下降到约 700°C ，煤油分解不完全，所以应滴入较多的甲醇，较少的煤油。以 RJJ-90-9T 炉为例，甲醇约 100 滴/分，煤油 40 滴/分，氨 $0.4\text{米}^3/\text{小时}$ 。到温后，装入出炉指示试棒，并加大煤油量排除炉内空气，RJJ-90-9T 炉可增到 150 滴/分。排气完后，关闭装试样孔，并取废气化验，废气中的氧、二氧化碳及不饱和烃的含量应各为 0.5% 以下。

保温共渗：根据要求的共渗深度进行保温，保温阶段炉压维持在 20~30 毫米水柱，火苗应呈杏黄色，长度约 120~200 毫米。当煤油太多时颜色白亮，当炉子漏气时颜色发紫。保温时也可不滴甲醇。液体渗碳剂及氨也可分阶段通入，例如分强渗阶段及扩散阶段。在保温共渗时炉气成分一般为：

| O_2 | CO_2 | C_nH_{2n} | CO | $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ | H_2 | N_2 |
|--------------|---------------|---------------------------|-------------|-----------------------------|--------------|--------------|
| ≤ 0.5 | ≤ 0.5 | ≤ 0.5 | 1~10 | 1~6 | 60~70 | 15~30 |

冷却：指示试棒到达要求的渗层深度后出炉冷却。因为

碳氮共渗温度较低，大多数工件都直接淬油冷却。有的也可在保护气坑内缓冷，另行加热淬火。

(2) 煤油及氮的加入量

国内的实用数值见表 2-1。

表 2-1

| 设 备 | 温度(°C) | 煤 油 (滴/分)① | 氮(米 ³ /小时) | 应 用 单 位 |
|------------|--------|---------------|-----------------------|------------|
| RJJ-105-9T | 820 | 250 | 0.35 | 哈尔滨第一机器制造厂 |
| RJJ-90-9T | 820 | 150 | 0.2~0.4 | 永定机械厂 |
| RJJ-75-9T | 820 | 180 | 1.5 | 哈尔滨轴承厂 |
| | 840 | 100 | 0.25 | 北京汽车厂 |
| RJJ-60-9T | 850 | 140 | 0.4 | 北京齿轮厂 |
| | 840 | 100 | 0.15 | 南京汽车厂 |
| | 850 | 90 | 0.17 | 北京内燃机厂 |
| RJJ-35-9T | 840 | 68 | 0.17 | 天津自行车厂 |
| | 850 | 80 | 0.10 | 涪阳柴油机厂 |
| RJJ-25-9T | 840 | 55 | 0.08 | 北京汽车厂 |

① 100滴/分约4毫升/分。

煤油及氮在排气、强渗及扩散等阶段的加入量见表2-2。

表 2-2

| 设备 | 温度(°C) | 煤油(滴/分) | 氮(米 ³ /时) | 应用单位 |
|-----------|------------|---------------------------|----------------------------------|----------|
| RJJ-75-9T | 855 | 排气 | 0.7~0.9 | 徐州齿轮厂(6) |
| | | 强渗160~180 | 0.2~0.22 | |
| | | 扩散100~110 | 0.1~0.15 | |
| RJJ-60-9T | 860 830 | 排气100~110 | 0.12 | 南京汽车厂(6) |
| | | I 100~110 | 0.06 | |
| | | II 70~80 | 0.24~0.3 | |
| RJJ-35-9T | 855 | 排气 强渗95~105 扩散55~60 | 0.3~0.4 0.08~0.1 0.04~0.06 | 徐州齿轮厂 |

排气阶段温度低，吸氮能力强。通入氨后工件迅速吸氮，扩大了“ γ 铁”的范围，有利于钢的增碳。假如煤油供应量太大，分解不完全，在工件上沉积碳黑，就会阻碍共渗进行。所以在排气阶段一般以多通氨气，少滴或不滴煤油为宜。有时也滴入低碳势的甲醇排气。

氨在共渗介质中的比例，对渗层的碳氮浓度、组织状态都有一定的影响。氨量过少会减少渗层中的氮含量，如图2-4所示。氨量过多分解出的氮、氢过多，也会阻碍吸碳过程，如图2-5所示。氨加入量对共渗层深度的

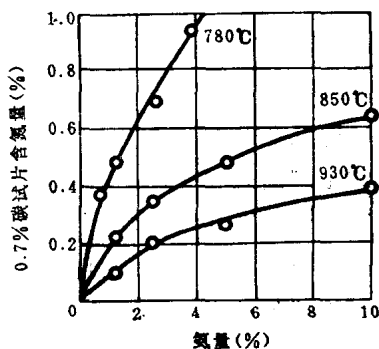


图2-4 不同温度的碳、氮共渗试片，含氮量与氨量的关系⁽²⁾

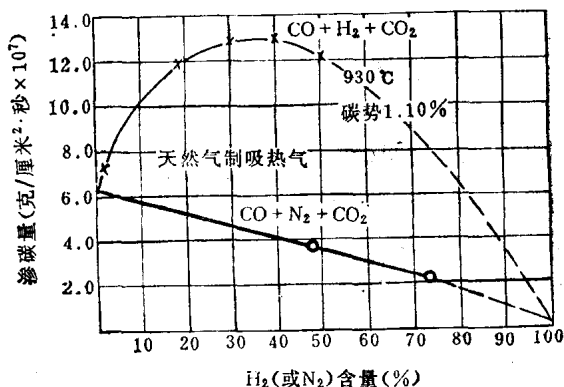


图2-5 在CO-H₂及CO-N₂混合气中，渗碳强烈度与炉气成分的关系⁽¹⁸⁾