

国际热处理讨论会技术资料选编

第一机械工业部情报所编

机械工业出版社

国际热处理讨论会技术资料选编

第一机械工业部情报所编

(内部发行)

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 4⁶/₈·字数 115 千字

1974年11月北京第一版·1974年11月北京第一次印刷

印数 00,001—10,500·定价 0.43 元

*

统一书号: 15033·(内)609

目 录

第一部分 氮化、碳氮共渗与渗碳

- 一、关于在控制气氛中进行软氮化的特性的研究 (1)
- 二、在 A_1 点以下温度进行的各种短时间氮化法的比较 (5)
- 三、结构钢在氨溶液中的高频感应加热局部氮化 (8)
- 四、新的氮化法——*NIKKIER* 法 (10)
- 五、氮化气门弹簧的疲劳试验 (11)
- 六、氮化气氛的反应热力学及其测示和控制的可能性 (12)
- 七、使用含氮液体有机化合物的滴入式碳氮共渗 (14)
- 八、渗碳层的热处理对磨裂倾向的影响 (18)
- 九、渗碳淬火方法对渗碳零件力学性能的影响 (19)
- 十、 R_6 型高速钢渗碳淬火的研究 (21)
- 十一、由气体燃烧而获得的保护气氛的理论原理和基本常数 (23)

第二部分 渗硼

- 一、盐浴渗硼的研究结果 (25)
- 二、《盐浴渗硼的研究结果》的讨论稿 (28)
- 三、中碳钢渗硼表面层的性能 (31)
- 四、有关耐热金属渗硼处理的技术问题 (33)
- 五、镍以及耐热金属的渗硼层的结构 (35)

第三部分 残留应力及其作用

- 一、为了改善穿透淬火钢件的疲劳强度使表面造成残留压应力的热处理方法 (37)
- 二、轴承钢 100Cr₆ 的气体碳氮共渗 (43)
- 三、因热处理而产生的压应力对旋转接触磨损零件的疲劳强度的影响 (45)
- 四、交变负荷对高频感应加热淬火钢的内应力变迁过程的影响 (46)
- 五、回火方法和回火温度对高频感应加热淬火圆筒形试样内应力分布的影响 (48)
- 六、残留应力的概念及其恰当的定义 (49)

第四部分 真空炉与真空热处理

- 一、工具钢真空热处理应用概况 (51)
- 二、对《工具钢真空热处理应用概况》一文的讨论 (54)
- 三、新型高温高真空炉的设计 (56)

第五部分 其他热处理工艺与技术

- 一、新高速钢的热处理问题 (58)
- 二、用化学热处理方法延长锻造工具的寿命 (60)
- 三、钢丝卷的调质 (61)
- 四、退火组织与热处理条件对低合金冷作工具钢性能的影响 (62)
- 五、碳和硅的含量对淬火回火铸钢 (5%Cr, 1.2%Mo, 0.5%V) 硬度的影响 (63)
- 六、影响高强度调质钢 SAE4340 力学性能的因素 (65)
- 七、100 MnCrW₄ 钢的奥氏体转变 (68)
- 八、用超声波施以应力的铜的电子显微镜观察 (71)
- 九、锻造铝合金溶解之际的热力学观察 (72)

第一部分 氮化、碳氮共渗与渗碳

一、关于在控制气氛中进行软氮化的特性的研究

—DR. ING. ZOLTAN KOLOZSVARY (罗马尼亚)

氮化和碳氮共渗正在做为一种提高机械零件的耐磨性和抗粘着性的热处理方法被广泛的应用着。这些方法之所以被广泛采用,很显然是因为被处理零件具有比较优异的抗粘着磨损性能以及处理方法简单和因处理而产生的变形非常小的缘故。

用以往的氨气分解氮化法处理碳钢,效果不佳,因而只能用于合金钢。使用合金钢不但加工性不好,而且价格昂贵。再则,氮化时间长是传统氮化方法的严重缺点。为了克服上述缺点,虽然试验了种种氮化方法(如加压氮化、离子氮化等),但都没有达到应用于生产的程度。盐浴氮化(软氮化)方法由于可用于碳钢以及处理时间比较短,因而被认为是一种能满足上述要求的比较理想的氮化方法,于是近年来得到了飞速的发展。但盐浴氮化法也有其严重缺点,就是盐浴的成分不能连续地予以控制,只能靠定时化学分析法对盐浴成分进行定时调整。

为了克服上述缺点并避免使用剧毒的氰盐,近年来,用气体氮化代替盐浴氮化的研究工作愈来愈多。B. Prenosil 首先开展了在氨和丙烷混合气体中进行低温碳氮共渗(即所谓的软氮化)的试验研究工作。Eckstin 公司研究了在无水氨气中进行氮化时氧气的作用。此外,美国的 Ipsen 公司的所谓“Nitemper”方法就是在吸热式炉气和氨的混合气体中进行碳氮共渗的气体软氮化方法。

Prenosil 的研究工作指出,盐浴氮化零件的耐磨性并非只决定于氮元素本身,碳和氧在提高耐磨性方面贡献也较大。这些元素在 α -Fe 晶粒中以具有密堆六方点阵的碳氮化合物和氧碳氮化合物的形式存在。这些化合物被认为具有改善零件耐磨性的作用。很显然,为了得到相同的氮化效果,在用气体代替盐浴时,使钢件获得具有上述成分(即不但含氮,而且尚含有碳和氧)的表面层是十分重要的。

氮化剂的活度决定着氮化能力,氮化剂的活度常用下式所示的气体成分的分压来决定。

$$N = K \cdot P_{NH_3} : PH_2^{3/2}$$

其中 K ——活性系数

P_{NH_3}, PH_2 ——氨、氢混合气体中氨和氢的分压(这是 Grabke 在铁触媒存在的条件下,关于上述混合气体化学反应的研究结果)。

由上式可见,氢的分压愈大,气体的氮化能力愈小。基于上述观点,作者采用甲烷为渗碳剂。因为在吸热式炉气中含有大量的减弱氮化能力的氢气。为了减小氢气对氮化的阻碍作用,使反应向提高氮化能力的一方推进,可在氮化气体中加入适量的氧。

氮化温度与盐浴氮化一样,为 $570^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$,也进行了高于上述温度的氮化试验。 570°C 的气体介质中的碳氮共渗效果良好。现简述如下。

在理论上氨、甲烷和氧的混合气体的化学反应虽达20余种之多,但从反应热力学和气体

分析结果来看,重要的反应也不过是其中极少数的几种。首先是甲烷的热分解,氨的解离以及氢和氧的反应等。这里很有兴趣的是,混合气体中只含有极微量的CO及CO₂,这是因为氧几乎全部与氢反应的结果。这种气氛具有非常高的氮化能力,而且使渗入表层的氢气的数量显著下降。表面白层(化合物层)脆性的改善是表层含氢数量减少的有利证明。

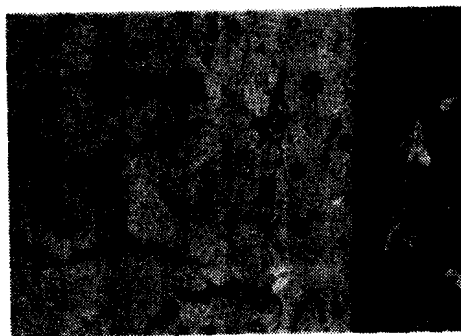
其次,在铁表面所发生的现象中最重要的是促进吸收阶段的现象。它决定着表面被覆情况,对氮的扩散亦有影响。本文的试验都是在活性很高的碳和氮中进行的,这里不仅明显的存在着活性碳元素和活性氮元素,而且也显示出CN根直接被吸收的可能性。这样,由于C和N具有非常高的活性,因此为铁表面吸收这些元素创造了比较有利的条件。CN根是由HCN与触媒(铁)进行接触反应后分解而得来(操作温度是HCN的临界温度——HCN稳定性最低的温度)。

基于上述见解而发展起来的新的低温碳氮共渗方法经试验室和工业现场试验表明,其结果可与盐浴氮化相媲美。处理零件除工业纯铁制品外,尚有各种成分的低碳钢(0.15%C)以及工具钢制品。低温碳氮共渗零件的主要特征如下:

表面层的显微组织 如能正确地调整处理规程和气体成分,则气体低温碳氮共渗工业纯铁和低碳钢的白色表面层的组织和形态与盐浴氮化者十分相近。假如能对气体成分和氨的分解率经常的正确的予以调整,则能获得非常均匀的、几乎无孔隙的表面层,它是与母材紧密结合厚度为15—20 μ m的化合物层。电子显微镜观察到,化合物层可穿过晶界,深入珠光体片层中(照片1)。化合物层的硬度相当高,达HV780—850,但从显微硬度压痕的形状上



照片1 化合物层与扩散层的交界线



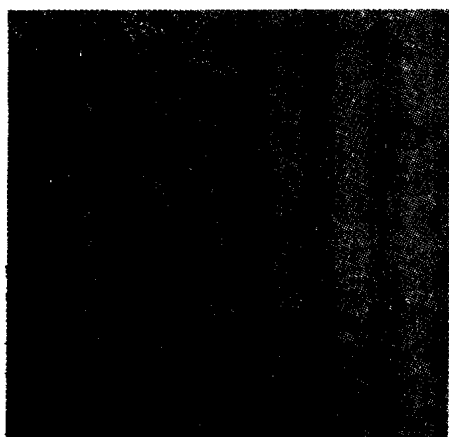
照片2 碳氮共渗软钢的化合物层上的显微硬度压痕

看,该层并不脆(照片2)。

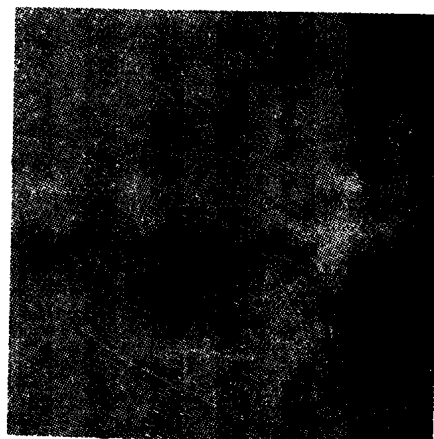
化合物层的最上层呈细微多孔状,这可能意味着氧化物的存在。高倍率电子显微镜观察表明,化合物层呈现出有趣的细胞状组织(照片3)。靠近外层细胞状组织比较不规则;孔部的比重愈靠内层愈大。化合物外层的硬度为HV500—550。

化合物层下面的扩散层的厚度决定于钢的成分和处理时间。低碳钢经3小时处理后可获得0.5mm厚的扩散层。扩散层的深度是用硬度分布,显微镜直接测定(存在针状氮化物层的厚度)等方法决定的,但结果彼此并不一致。用荷重为1kg的威氏硬度法测定的扩散层深度值最高。测定值上的差异是由于固溶体中氮的含量不同而造成的。氮化层的显微硬度分布示于图1。由图可见,在深度为0.1~0.15mm的地方出现曲折。曲线的这一部分急剧下

倾，而后，曲折变缓。将扩散层置于显微镜下可看到铁素体的粗糙表面，在高倍率的电子显微镜下发现有微小的至今尚未被弄清的析出物存在(照片4)。



照片3 化合物层的电子显微镜照片(碳复型)



照片4 化合物层上的微小析出物

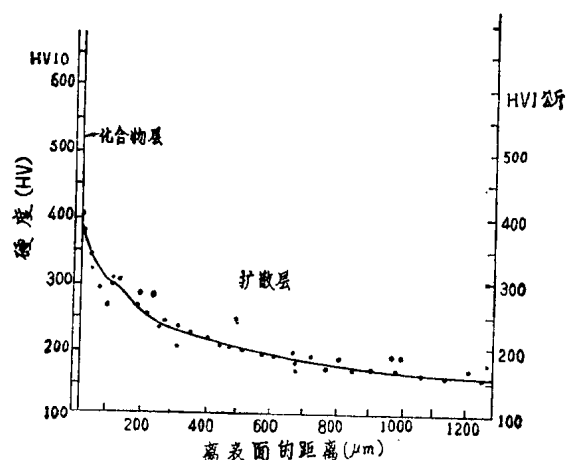


图1 氮化试样的硬度分布曲线

组织观察结果表明，各种合金钢处理后氮化层的厚度有差异。试验是在低合金 Cr-Ni, Cr-Mo 钢，含 Cr 高合金冷作工具钢，氮化钢以及高速钢上进行的。下面是高速钢的试验结果。

高速钢 3 小时处理后于表面生成非常薄的化合物层，其最大厚度为 $10\ \mu\text{m}$ 。与非合金钢比较，高速钢的化合物层虽然脆性较高，但试验室和现场试验结果表明，并未出现化合物层的剥离现象。表面层的硬度为 $HV1200\sim1300$ ，有些试样在化合物层与母材的边界上发现有粗大的针状氮化物。如果调整气体成分和氨气分解度于规定数值范围内（氨气分解度不高于 30%），这种析出物即行消失。3 小时处理后扩散层深度为 0.15mm ，但工业应用时以短时间处理为佳。扩散层硬度的最高值为 $HV980\sim1050$ ，中心部的硬度减至 $HV850$ （淬火回火高速钢的硬度值）。

耐磨性 低温碳氮共渗的最大效果是提高了零件的抗粘着，抗“咬住”能力。为了对盐浴氮化试样和控制气氛处理试样进行比较，进行了 Faville 耐磨性试验（在 Faville 型试验机

上进行的一种耐磨性能试验)和现场试验。试验零件为缝纫机的主轴,连杆和球面联轴节,磨损试验以 6000—9000 转/分的速度进行了 6 个月。图 2 为试验结果。尽管低温碳氮共渗与盐浴氮化获得相近的化合物层,但前者的耐磨性却比后者高出 10—15%。这种优越的耐磨性可能与低温碳氮共渗零件的化合物层具有多孔的外部薄层(照片 3)有关。

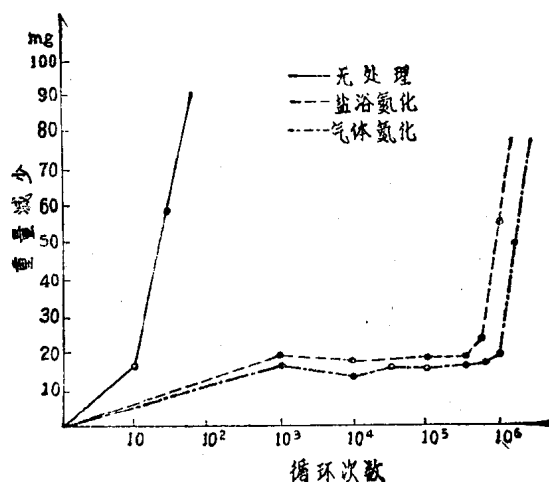


图 2 Faville 磨损试验的结果

在高速工业用缝纫机上用聚丙烯腈线进行了现场磨损试验。仔细地考察一下,尽管机械零件的热处理条件很少误差,但与预计相反,却发生了激烈的磨损。对试验条件进行详细研究的结果表明,在缝制操作中由于纤维的破损而生成的非常细小的粉末会引起激烈的粘着效应。在这种情况下,为了改善零件的性能必须使用合金钢。

结论 本试验是以盐浴氮化的实践为基础,研究了气体中可能发生的化学反应并进而创立了低温碳氮共渗(气体软氮化)法。这种化学热处理的效果能完全与盐浴氮化相媲美。

氮化气氛中含有甲烷,氨和氧,在这种气氛中进行氮化处理在零件表面可形成非常硬的,均匀的,无脆性的,厚度为 15—20 μm 的化合物层和厚度为 0.5—0.8 mm (因钢的成分和处理时间而异)的扩散层。试验室和现场耐磨性能试验结果表明,新工艺的耐磨性比盐浴氮化者高 10—15%。

二、在 A_1 点以下温度进行的各种 短时间氮化法的比较

—JANZY SKM.Sc., JAN TACKOWSKI.M.Sc.(波兰)

序言 关于 A_1 点以下的短时间氮化以前已有过许多的报导,本文对盐浴氮化和气体氮化进行了比较,并在金相组织和力学性能等对比的基础上,考虑到波兰的工业条件,推动了气体氮化在工业实践中的应用。

开始研究了氰盐浴氮化,企图将该法普及于波兰工业,但由于操作者不愿使用有毒的氰盐,故以失败而告终。此外,盐浴成分的管理,热处理过的零件的全部清洗以及污水的中和等繁杂的工序也是该法难以推广的重要原因。因此我们进行了各种气体氮化试验,并获得了良好的结果,现叙述如下:

a) 进行了两种短时间氮化试验——在部分分解氨气加天然气的混合气体中进行的试验以及在纯氨气中的试验。

b) 在部分分解氨气中加入硫化氢而进行的短时间硫氮共渗试验。

c) 在由液体化合物发生的气氛中进行了促进氮化的试验。

盐浴氮化 东德 Hartol 工厂用“Nitriersalz” (氮化盐 W) + 氰化物—氰酸盐混合剂,在18种钢上进行了试验。主要用0.1% C, 0.4% C, 1% Cr 两种钢,处理温度580°C,处理时间30—230分钟。试验结果表明,疲劳强度比未处理者和高频感应加热淬火者高。长时间处理(150—230分钟)零件具有比较优异的耐磨性。在工业生产条件下应用氰盐浴时,对其成分变化应十分注意,有时尽管控制其成分于一定范围内,但其金相组织和化合物层的性能仍不相同。特别是对改善化合物层的多孔性更感困难。因此我们进行了用气体氮化代替盐浴氮化的研究工作。

气体氮化 用从压力容器中滴入合成液体氨的方法获得露点为 -10°C 的氮化气氛。试样有0.1% C, 0.49% C, 0.43% C, 1.0% Cr 以及0.93% C 钢四种。氮化温度为580—700°C,处理时间2—12小时,使用氮化罐的容量为80dm³的井式电炉。氨的流量一定,为300升/小时,

表 1 40H钢制耐磨试样的氮化规程及化合物层厚度

氮 化 规 程	氮 化 温 度 ($^{\circ}\text{C}$)			
	580	600	650	700
	化 合 物 层 的 平 均 厚 度 (mm)			
盐浴氮化 3 小时	0.012	—	—	—
6 小时	0.017	—	—	—
2.5小时	0.012	0.015	0.048 (0.018)*	0.018 (0.050)*
气体氮化 3.5小时	0.018	0.020	—	—
6 小时	0.025	0.035	—	—

* 括弧中与扩散层厚度。

氮的分解率随温度而异,在40—60%范围内。试验结果示于表1。化合物层的金相组织和力学性能等的试验结果表明,氮化结果十分稳定,只要处理规程相同,所得结果必然相同。盐浴氮化时,温度只有580°C,因为超过此温度盐浴的分解就过甚。

盐浴氮化和气体氮化的耐磨试验结果表明,只要化合物层厚度一样,结果就趋于一致。600—650°C气体氮化所得的化合物层比580°C氮化者优异得多,特别是650°C气体氮化的化合物层不但致密无孔,而且厚度为580°C氮化者的4倍。这种效果是盐浴氮化所不能得到的。零件运转时,致密的化合物层愈厚,愈不易引起粘着,即使没有润滑油,也不必担心发生粘着。

疲劳强度试验结果表明,盐浴氮化和气体氮化确实能提高疲劳强度,化合物层的厚度对疲劳强度影响不大。

硫氮共渗 到目前为止,硫氮共渗都是在盐浴氮化之际用硫化钠或其他形式向盐浴中加硫的办法来进行的。有关硫氮共渗表面层的金相组织、力学性能以及该法的利弊,意见不一。综合考察各种意见后得到,硫的添加量应少些,不得大于0.05—0.3%。

硫的添加量大于0.6%对钢表面有腐蚀作用,继续提高硫量则腐蚀脱落速度比化合物层形成速度不要快些,因此不能形成良好的表面层。

捷克斯洛伐克的文献报导,在添加 H_2S 的氮气中于560°C进行1小时的硫氮共渗获得了适用于工业的表面层。这种表面层在无润滑油的情况下亦能进行高速,长时间运转。本试验是在为天然气所稀释的部分分解氨气和 H_2S 的混合气体中进行的。处理温度为580°C,添加1%以上的 H_2S ,化合物层中出现裂缝而剥离,因而效果不好。化学和X射线分析结果表明,如果对 H_2S 量予以限制,则可获得无孔隙的具有良好金相组织的不易剥离的均匀的银色表面层。

H_2S 的容许添加量是处理时间的函数。 H_2S 的添加量以少为佳。以不超过0.1%的比例连续添加最好。短时间处理时, H_2S 添加量应低于1%,添加量多时不能得到厚的化合物层。在一定条件下硫氮共渗亦能获得厚的化合物层。譬如,到达 H_2S 添加容许时间后,停止添加 H_2S ,以后的处理是单纯在氮化气氛中进行的。与这种操作相反,为了获得较厚的化合物层,也可在开始时不加 H_2S ,而在随后阶段适当的时间开始添加 H_2S 。对气体氮化的表面层与最佳规程硫氮共渗表面层进行比较得到,后者的性能好些,而且,如果将 H_2S 的添加量控制在容许范围之内,则对化合物层厚度无显著影响(图1)。氮化处理与硫氮共渗处理0.45%C

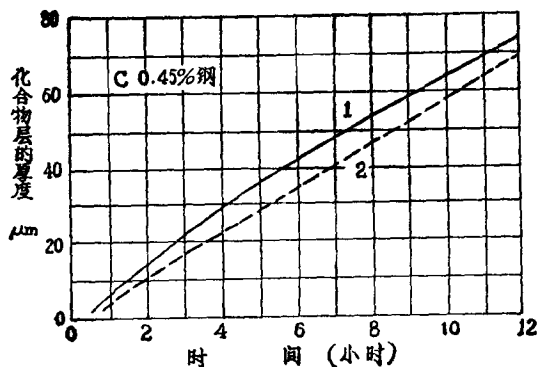


图1 C45钢

- 1) 氮化处理的化合物层的厚度
- 2) 硫氮共渗处理的化合物层的厚度

钢的化合物层厚度与处理时间的关系曲线示于图1。两种处理的重量增加有显著差别。处理时间在6小时前,硫氮共渗的重量增加少些,超过6小时,氮化的重量增加少些。经两种处理的0.45%C钢的重量增加与处理时间的关系示于图2。硫氮共渗试样重量增加量大,可用原子量比碳和氮都大的硫在长时间处理时向深层扩散予以解释。两条重量增加线的交点是最佳处理时间的极限点。试验结果表明,该交点为抗滑动磨损的最佳点。

对在添加和不添加 H_2S 的氮化气氛中处理的试样的扩散层的金相组织进行了对

比观察,结果表明,当处理时间少于6小时,两者无显著差别。硬度测定(荷重为1kg)结果表明,硬度值并未因 H_2S 的添加而发生特殊变化。表面硬度因钢种而异,其数值为HV 410—600。当处理时间为4—6小时,化合物层的厚度最适合。

试验结果表明,不含硫的化合物层耐磨性能好;由于硫化铁有良好的润滑效应,因而含硫的化合物层的抗粘着性能良好。

短时间的气体氮化和硫氮共渗在现代波兰工业生产(如纺织机械和泵用材料,大型发动机的齿轮和活塞环以及造纸机械零件等)中正在取代盐浴氮化而被广泛的采用着。

氮化保护皮膜的形成方法 继短时间氮化之后而被采纳的是氮化保护皮膜形成法。它主要是以高速钢切削工具为对象。这种处理是于 $540^{\circ}C$ 在工具的表面形成一层富氮的氧化皮膜。这种方法于1971年在布达佩斯发表,对30余种工具进行了多次的试验室研究和现场试验。其综合试验结果示于表2。该处理赋予工具的刃部以独特的性能,对所有薄刃工具都取得了提高切削寿命的优异效果。

氮化保护皮膜的优点已为许多工厂的现场试验所证实,这种方法在波兰工业界已迅速普及。该法亦适用于结构钢制机械零件。

结语 本文报导用气体氮化代替盐浴氮化获得了成

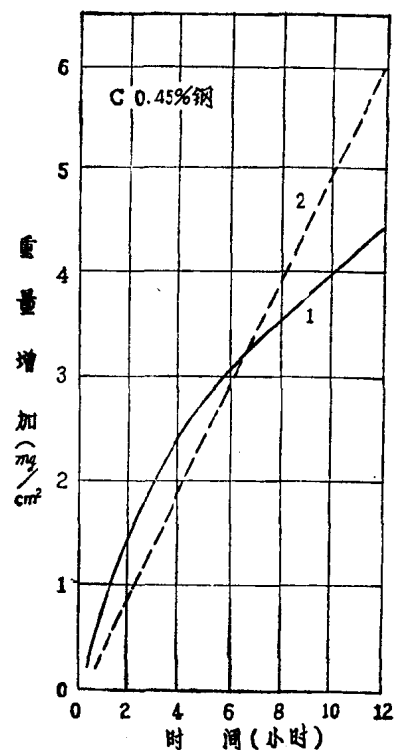


图2 C45钢

- 1) 氮化时的重量变化
2) 硫氮共渗时的重量变化

表2 氮化保护皮膜处理工具和未处理工具的寿命指数比较

No.	工 具 类 型	钢 种	寿 命 指 数
1	蜗轮铣刀	DMO5 (M2 HSS)	205
2	蜗轮铣刀	SW18 (18-4-1 HSS)	177
3	蜗轮铣刀	SK5 (5% CO HSS)	500
4	端面铣刀	SW18 (18-4-1 HSS)	180
5	外圆铣刀	SK5 (5% CO HSS)	292
6	剃齿刀	SW18 (18-4-1 HSS)	396
7	麻花钻	SW9 (9-4-2 HSS)	176—200
8	机用螺母丝锥	SW9 (9-4-1 HSS)	155—284
9	剃齿刀	SW18 (18-4-1 HSS)	264

功。气体氮化层的性能与盐浴氮化无差别,都具有良好的耐磨性和疲劳强度。气体氮化无毒,对水和空气没有污染问题。因此波兰对气体氮化十分重视。创制了气体氮化设备,并正在广泛地应用于各种机械零件以及磨损比较剧烈的工具。

三、结构钢在氨溶液中的高频感应加热局部氮化

—T.Konkoly, L.Földvary(匈牙利)

对钢零件表面的渗碳,氮化和碳氮共渗虽然进行了多年的研究,并开创了许多方法,但现代的课题是降低处理温度,缩短处理时间而且能获得预期的表面层。

在氨水溶液中用高频感应加热对钢进行氮化的方法,1956年 Moszeywsky 等已经报导过。试验用材料为含 0.37% C, 1.75% Cr, 0.85% Al 的氮化钢,以及碳钢,工业纯铁等。试验是在频率为 540 KHz, 容量为 5 KW 的高频装置上进行的,最高加热温度为 800°C,最长保温时间为 20 分钟。结果表明,碳钢于 600°C 氮化 10 分钟,氮化层深度可达 0.12 mm,硬度为 HV3 = 500 kg/mm²。随后在美国的 Battelle 研究所 Palme 等研究了 CK15 钢在氨水溶液中进行氮化的方法,所用频率为 100 KHz,温度为 550~1250°C,所用试样尺寸为 $\phi 20 \times 120$ mm。因氮化溶液浓度不当而未获得预期的结果。

我们的试验是在低浓度(最佳浓度为 12.5%)的氨水溶液中进行的,结果很稳定。这种氮化的特点是氮化速度非常快。

最近也有些关于钢的高频感应加热氮化方面的报导,例如,Levy 等分解率为 25~35% 的氨气中于 529°C 进行比较长时间(9 小时)的氮化,在非合金钢和合金钢上都获得了相当深度的氮化层。此外,Seifert 等也进行过类似的研究。

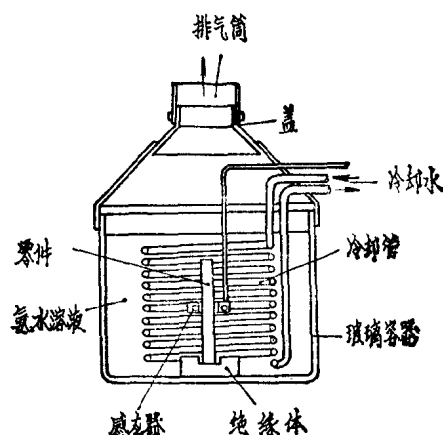


图1 试验装置示意图

我们的局部氮化研究工作是用结构钢在氨水溶液中用高频感应加热的方法进行的。是一种无变形,无尺寸变化,氮化层致密的短时间氮化方法。这种方法能提高零件的耐磨性和疲劳强度,并使表面层具有抗温度波动的能力。适当地变换频率,调节时间,调整表面与中心的温度,可赋予表面层以优异的性能。

试验装置如图 1 所示。用于加热的感应电源可在 10~450 KHz 范围内调整频率,改变频率可调整加热温度于 600~1100°C 范围内。

表1 试样的钢种

匈 牙 利 规 格	相 应 的 DIN 规 格	
C 10	C 10	DIN 10301
BC 3	20 Mn Cr 5	" 7147
C 45	C 45	" 10503
Cr 2	41 Cr 4	" 7035
CMo 3	34 Cr Mo 4	" 7220
Cr V 140	42 Cr V 6	" 7651

试验用材料如表 1 所示。

试样为 $\phi 20 \times 150\text{mm}$ 圆棒。象图 1 所示那样, 用宽度为 $8 \sim 22\text{mm}$ 的感应圈沿长度方向对试样进行加热。加热后切断电源, 试样在氨水溶液中冷却。高频感应加热和中频感应加热试样的硬度分布分别示于图 2 和图 3。

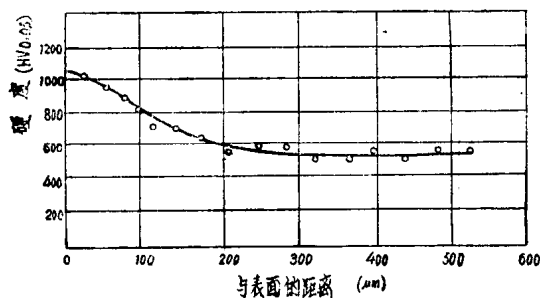


图 2 高频感应加热试样的硬度分布

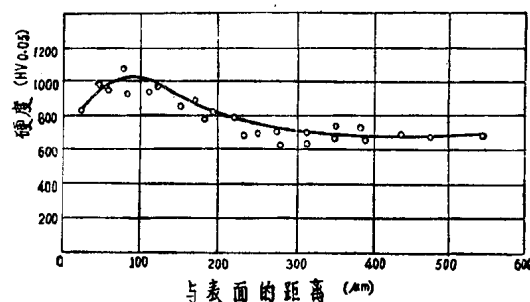


图 3 中频感应加热试样的硬度分布

$610 \sim 1220^{\circ}\text{C}$, 10分钟处理后的碳钢, Cr, CrV 和 CrMo 钢试样当中以 Cr 表面硬化钢的表面状态最好。 $610 \sim 960^{\circ}\text{C}$, 10分钟处理后, 氮化层硬度为 $\text{HV}0.05 = 500 \sim 1000\text{kg}/\text{mm}^2$ 。厚度因处理温度而不同, 为 $210 \sim 240\mu\text{m}$ 。测定了感应加热过程中距表面 0.5mm 处的温度—时间关系曲线。此外尚进行了细致的金相分析。

结论 对碳钢和低合金结构钢在氨水溶液中进行感应加热(中频和高频), 低碳钢和低合金 Cr, CrV 以及 CrMo 钢于 $610 \sim 1220^{\circ}\text{C}$ 处理了 10 分钟。

Cr 合金表面硬化钢的表面性能最好。经表面温度为 $610 \sim 960^{\circ}\text{C}$, 时间为 10 分钟的处理后, 硬度可达 $\text{HV}0.05 = 500 \sim 1000\text{kg}/\text{mm}^2$, 表面层厚度为 $210 \sim 240\mu\text{m}$ (硬度和层深因温度而异)。氮化层不脆并且有良好的抗粘着磨损性能。在感应加热过程中测定了距表面 0.5mm 处的温度—时间关系曲线。从该曲线得到, 在短时间内表面和心部的温度是稳定的。

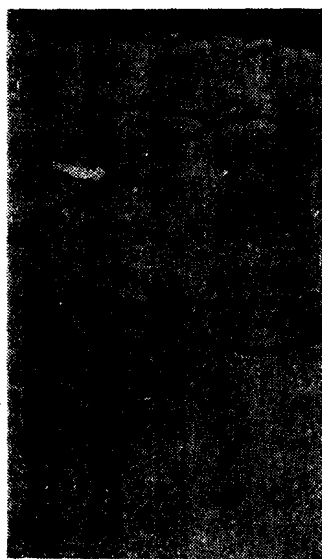
四、新的氮化法

——NIKO-TRIER法(Dr.KOLOZSVARY 报告的讨论稿)——E.KRIA(西德)

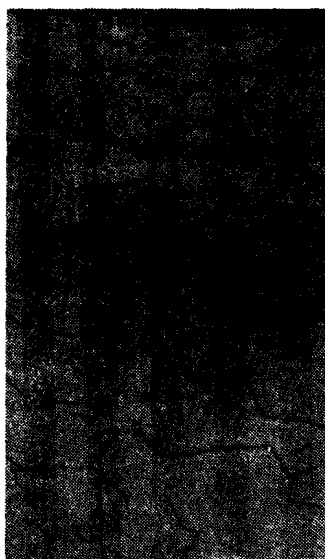
数年前我们创造了利用氨和吸热式炉气混合气体(比例50:50)的氮化方法。此法在美国称为 *NITEMPER*, 在西德称之为 *NIKO-TRIER*。

这种处理是在带有清洗槽和冷却槽的气体介质炉中进行的。这种炉子也适用于在较高温度下进行的渗碳和碳氮共渗。处理时间一般为2—4小时, 最长为9小时。零件处理后可油冷也可在强制循环保护气氛中冷却。处理后在表面形成薄的化合物层, 其下面为明显的厚的扩散层。表面层的性能, 组织和厚度与570°C盐浴氮化者相同。

然而, *NIKOTRIER*法和盐浴氮化有明显的不同, 新方法的化合物层的多孔质的范围非常小, 与处理前比较, 表面光洁度没有变化。C15钢3小时处理后的金相照片示于照片1 (*NIKOTRIER*处理)和照片2 (盐浴氮化处理)。照片3为GG25铸铁3小时 *NIKOTRIER*处理后表面层的金相照片。



照片1 C15钢3小时 *NIKO*
*TRIER*处理 ×500



照片2 C15钢3小时盐浴氮化
处理 ×500



照片3 GG25铸铁3小时 *NIK*
*OTRIER*处理 ×500

以50克的荷重对 *NIKOTRIER* 处理化合物层进行威氏硬度测定, 结果表明, 其硬度比盐浴氮化者高。C15钢化合物层的硬度为HV900—950至HV700—750。

此外, 对2—3种铸铁或热作工具钢进行了弯曲疲劳试验和各种耐磨试验, 结果与盐浴氮化者相同, 有时结果更好些。我们对 *NIKOTRIER* 法进一步在多种工业零件上的应用寄予很大希望。

五、氮化气门弹簧的疲劳试验

——I. Bardocz (匈牙利)

对汽车内燃机用经盐浴氮化的气门弹簧进行了疲劳试验。试验材料为 WNr 1, 0060—DIN17223, B型, 50CrV 4 —DIN17221和60 CSV, 匈牙利的规格为 MSZ2666—55 (成分是: 0.55~0.65% C, 0.3~0.6% Mn, 0.8~1.1% Si, 0.9~1.2% Cr, 0.1~0.2% V)。试样直径为 4 mm, 热处理后的弹簧先于 350°C 预热, 然后在盐浴中进行 15, 30, 60, 120 和 240 分钟的氮化, 氮化后油冷。

疲劳试验所采用的负荷为 85 kg/mm²

采用热处理后硬度为 HRC45~48 的弹簧进行对比试验。试验结果表明, 经 120 分钟氮化的 60 CSV 钢铅淬钢丝制弹簧和经 30 分钟氮化的 50CrV 4 钢制弹簧的疲劳强度最高。

六、氮化气氛的反应热力学及测示和控制的可能性

——Z. Kolozsvary, V. Sandor, P. Teszler (罗马尼亚)

在以前的报告中曾介绍了在氨—甲烷—氧的混合气体中进行低温碳氮共渗(软氮化)的新方法。这次为了得到一些新的资料进行了气体成分与前试验不同的新的试验。所要取得的新资料是有关气体流速对炉内气氛成分的影响资料,例如有关氮和碳的活性资料等。

以这些研究为基础,讨论了可能存在的各种影响操作全程的特征参数。找出这些参数是自动测示与控制的必然要求。

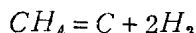
试验是在小型的试验室设备和大型的工业生产设备上进行的。在试验室中用的是水平管式炉。温度控制的精度极高,反应部分的温度误差为 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。工业生产试验用的是50/80型立式坩埚炉,温度误差调整在 $\pm 5^\circ\text{C}$ 之内,用定压调整装置稳定气体流量,用转子流量计测定气体流量。用普通化学分析法分析排出的气体,用我们特别设计制造的 Alphameter 测定并记录气氛中的氨气含量。

试验用0.35% C 钢,对之进行了耐磨试验,化学分析和金相分析。试样具有高的耐磨性和高的疲劳强度的条件是在钢件表面形成均匀的致密的较厚的化合物层。该化合物层含N 7.2~11%,约含C 3.2%。化合物层的成分决定于气氛的活度,也就是说决定于碳和氮的活度。

氮的活性与氮的分解度有关。众所周知,氮的活性可用下式予以表示:

$$a_N = K(p_{\text{NH}_3}/p_{\text{H}_2}^{3/2})$$

为了获得必要的分压比可适当地调整气体流速(接触时间)。在操作温度下假定甲烷的稳定性很高,因而分解度应该低些。实际的分解度决定于化合物层中碳的吸收情况。这时碳的活度可用下列关系式表示:



$$a_C = K(p_{\text{CH}_4}/p_{\text{H}_2}^2)$$

气氛中存在氧气有加速自表面层脱氢的作用,因此可以减少脆性,增大扩散层,这是非常重要的。

气体分析结果是很有兴趣的,就是说其中没有CO和CO₂,但却有H₂O存在。

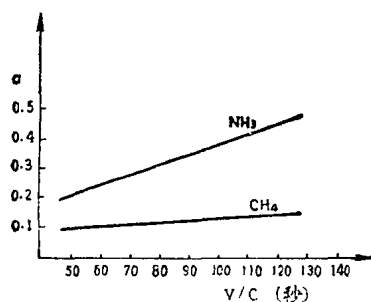


图1 气体的分解速度

上述机构的正确程度目前尚不能断言,因为说不定还有其它的起重要作用的反应未被考虑在内。譬如说曾推测气氛中可能进行着形成氮化物和其它氧化物(Fe₃O₄)的反应。这些反应的原理和机构到现在尚不完全明瞭,因此应该继续进行试验,以期逐步明确。

图1是气体分解速度曲线,可见氮的分解度比甲烷要大些。这可从热力学方面予以解释。

由上面的分析可以得出下述结论:

将气体按一定比例导入的时候,在碳与氮的活度之

间存在着一定的关系，其中决定性的反应是钢表面上的氮分解度。

在上述的条件下，用检查和控制混合气体中氮的分压的方法来控制低温碳氮共渗的全过程是最合适的。

氮的分压虽然可以用气体色谱，红外线光谱分析仪等来测定，但是目前这些方法在工业应用上尚有一些缺点。

本文创制了检查与调整混合气体中氮的分解度或分压的新装置。这个装置的工作原理如下：采集一定体积的气体样品，将其中的氮溶解于水，并根据导电率的原理而使装置动作。这个装置是断续工作的，可用电子调整装置调整动作周期。在工业上应用时可与记录装置并用。这个装置的精度极高，测定200次，绝对误差只有0.03。

多次反复试验结果表明，在组织、硬度，化合物层厚度和混合气体中氮的分压之间存在着非常良好的相互关系。

氮的分压跟温度以及气体流速（接触时间）的关系很大，因而温度的高精度控制很有必要。温度误差限制在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 是合适的，可是应用于工业时 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 的误差也是允许的。

许多试验结果表明， 5°C 的温度误差就能引起氮的分压变化15%。

在 Faville 磨损试验机上进行了耐磨性试验，其结果的一例示于图2。耐磨性试验结果表明，低温碳氮共渗高速缝纫机零件的使用结果很好。

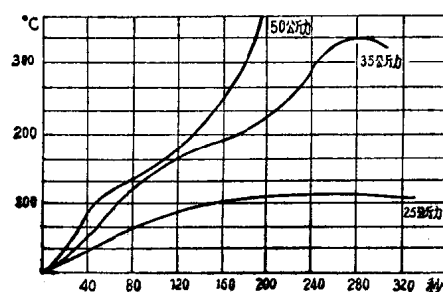


图2 Faville 磨损试验结果

七、使用含氮液体有机化合物的滴入式碳氮共渗

—J. WYSZKOWSKI, H. PRIEGNISZ, A. RATKIWEICZ, E. GODZIK(波兰)

本文叙述了从含氮液体有机化合物中选择适当试剂滴入热处理炉中进行碳氮共渗试验的特征。试样采用热轧18HGT钢(含0.18%C的Cr-Mn-Ti渗碳钢),分别将各种有机化合物滴入炉内进行碳氮共渗试验。对试样进行了金相试验,表面碳和氮浓度分析以及硬化深度测定。此外还进行了硬度试验,静弯曲试验以及疲劳强度测定。结果表明,碳氮共渗处理不但能获得正常的金相组织和良好的力学性能,与此同时尚能使操作时间缩短50%。

碳氮共渗在碳扩散的同时尚有使表面氮含量增加的效果,而氮又能使临界点 A_1 和 A_3 下降,所以碳氮共渗温度(840—860°C)比普通渗碳温度要低。处理终了后自碳氮共渗温度直接投入冷却槽中,与渗碳零件比较,直接淬火碳氮共渗零件的性能优越些。由于处理温度低和处理时间短,因而奥氏体晶粒不会过分粗化,这会对力学性能和其它性能有显著影响;碳氮共渗后直接淬火的零件变形小,不必进行磨削加工。此外,与渗碳层不同,碳氮共渗零件中存在着较宽阔的过渡层。再则,碳氮共渗层具有较高的淬硬性。与上述相反,也有人认为,碳氮共渗层中残留奥氏体量多会对性能带来不利影响。尽管有残留奥氏体影响不佳的论点,可是最近的资料表明,如果配比得当残留奥氏体也能提高力学性能,就是说残留奥氏体的浓度梯度从表面向中心要逐渐减小,这样,综合的影响是好的。碳氮共渗的缺点是,渗层愈厚,表层的碳氮化合物愈多。

碳氮共渗层的金相组织因处理方法和碳氮共渗气氛的不同而迥异。有关碳氮共渗零件金相组织方面的研究工作,直到现在基本数据还很不齐备,有许多问题尚需进一步研究。

对于用含氮有机化合物的液体向炉内滴入的碳氮共渗方法应特别重视。碳氮共渗时用这种有机化合物不仅处理条件好,而且又无损于零件性能。此外这种方法特别适用于中小型工厂的热处理车间。在那里用简单的井式炉即可进行这种价格便宜的处理。

在文献中虽然引用了许多种含氮有机化合物,但其中只有几种能用于碳氮共渗。例如苯胺($C_6H_5NH_2$)和氮(杂)苯(C_5H_5N),三乙醇胺 $[N(CH_2CH_2OH)_3]$,酰胺和胺以及硝酞和苯胺混合物等。

研究表明,适用于滴入式碳氮共渗的液体有机化合物的物理,化学性能应满足下列条件:

1. 氮和氧的量应该具有最合适的比例;
2. 易于导入炉内,在20—100°C温度范围内,假比重和粘度一定;
3. 贮藏中不易起化学变化;
4. 容易购买,且价格便宜;
5. 禁用引起变态反应疾病(如枯草热、荨麻疹、喘息等)的有毒药剂。

考虑上述条件,选择了如表1所示的液体有机化合物。

试样和试验方法 本试验选择了晶粒不会过分长大的18HGT钢(Cr-Mn-Ti表面渗碳钢)。用热轧18HGT钢的棒料制成 $\phi 25 \times 10\text{mm}$ 的试样。