

鋼的气体渗碳

Г. И. 卜高金-阿列克謝也夫 編著
Г. В. 席姆斯柯夫

机械工业出版社

76.173

105

鋼的气体渗碳

Г. И. 卜高金-阿列克謝也夫 編著
Г. В. 席姆斯柯夫
王东升 譯

(3443/30)
81543/12

机械工业出版社

1960年10月

內 容 提 要

本书叙述了碳在鉄中扩散的一般规律性, 以及鋼用人工制造的气体混合物和天然气體渗碳的过程的本质。

討論了渗碳过程的几个主要因素(温度、持續時間、气流速度)对渗碳层深度和扩散层內的碳濃度的影响。

引用了各种文献关于在工厂条件下气体渗碳的规范、渗碳鋼的组织 and 性能的一些主要意見。

本书讀者对象为机器制造工厂中从事热处理工作的工程技术人员, 也可供高等学校中有关专业的师生参考。

苏联Г. И. Погодин-алексеев, Г. В. Земсков著‘Газовая цементация стали’(Машигиз1957年第一版)

NO. 3235

1960年4月第一版, 1960年4月第一版第一次印刷
787×1092 $1/32$ 字数91千字 印張4 $1/2$ 0,001—4,800册
机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业許可証出字第008号 定价(11-8)0.77元

引言 鋼表面強化的方法

蘇共第二十次代表大會關於 1956~1960 年發展蘇聯國民經濟的第六個五年計劃的指示規定，機器製造發展的高速度是蘇聯國民經濟各個部門的強大的技術進步的基礎〔1〕。

五年計劃規定要使工藝過程日臻完善，改進生產組織以及應用可以縮短生產周期，降低成本和提高產品產量及質量的最先進的生產方法。

從蘇共第二十次代表大會向機器製造工業所提出的這些任務來看，熱處理的作用將急劇地增大。熱處理是用以使零件獲得技術條件所要求的物理-機械性能和其他的性能，它是機器零件製造工藝過程中的重要工序之一。

很多機器零件在使用過程中同時承受衝擊負荷和磨損，例如，齒輪，活塞銷，凸輪以及其他零件。這類零件應該在內層保持足夠的韌性和強度的條件下，使表面層具有很高的硬度和耐磨性。

含碳量為 0.40% 及 0.40% 以上的淬火結構鋼是滿足不了這樣的要求的，因為它雖然具有很高的硬度，可是衝擊韌性太低。正常化狀態的碳鋼雖然抗變向的衝擊負載性能高，然而其強度較低，硬度也不高。在這種情況下不可能保證所要求的性能：高的硬度，強度和韌性。

為了在同一个零件上達到這些綜合性能，必須進行表面強化。

強化可以用高頻電流加熱、接觸電加熱、在電解液中加

6
热或氧-乙炔气体火焰加热的表面淬火法和用化学热处理的方法：渗碳，氮化，氰化和渗金属等来进行。此外，强化还可以用电镀方法进行，在零件的工作表面上镀上一层耐磨性良好的金属，例如铬。但是这种方法在表面的准备工作上很费时间，并且只能用于有限的几种零件。

喷丸强化是机器零件表面强化的有效方法。在汽车工业中喷丸强化运用得特别广泛。弹簧、板簧、齿轮、轴、切削工具、楔子等都要经过喷丸强化。在喷丸强化的情况下受到交变应力作用的机器零件的持久极限大大提高。

利用高频电流感应加热的表面强化是以不改变钢化学成分、而由于局部热处理的结果在零件的不同区域得到不同的性能为基础的。这种方法具有下列优点：过程时间短（淬火加热的速度要以几秒甚至几分之一秒来计算），零件表面可以局部淬火，过程可以自动化，减少热处理设备占用的生产面积和改善劳动条件〔2〕。

由于上述的优点，利用高频电流淬火是目前机器零件表面强化最先进和最有效方法，在苏联工业中已经得到广泛的推广。但是为了应用这种强化方法就需要贵重的专门设备。此外，高频淬火并不能应用于一切零件：在外形复杂的零件淬火时很难得到沿整个表面的均匀淬火层。在某些情况下由于在零件使用时对其金属性能提出的特殊要求，将用高频淬火的中碳钢来代替低碳钢制造零件是不适宜的〔3〕。

接触电加热的淬火由于生产率低（过程的时间长），并且必需功率强大的电气设备，所以没有得到应用。

在电解液中的淬火只应用于零件端部的强化上；这种方法还处于开拓阶段。

利用气体火焰加热的淬火在苏联没有得到广泛的应用，主要是由于很难使过程自动化，表面层不可避免的会强烈过热，淬火后表面层的硬度不均匀（有回火区域）以及生产率低等原因。火焰淬火适用于巨大外形尺寸的零件（齿环、轴等）；国外实践的经验指出这种强化方法在今后有着更广泛应用的可能性。

为了使表面硬度，耐磨性，耐疲劳强度和防腐蚀稳定性达到高指标而进行的合金钢的氮化是相当长的过程，为了得到不大的氮化层深度就需要花费大量的时间（0.50~0.60毫米需30~40小时）。一般采用含铝、钼、铬和其他元素的特种合金钢来进行氮化。氮化主要是用来提高内燃机气缸套内表面、某些齿轮、测量工具等的耐磨性。

零件表面同时被碳和氮饱和的在液体介质中的氰化在和钢的其他化学热处理方法比较起来，为了得到一定深度的强化层所需要的时间是较少的〔4；5〕，然而它具有很多严重的缺点，这些缺点中首先是氰化盐价格昂贵而且有毒性。因此把氰化槽直接安装在生产线上是不可能，通常在热处理车间中分出一个单独隔离的有着良好通风的工段来。为了得到规定的氰化深度必须随时保持槽内氰化盐和活性剂的浓度在一定的范围内。所有这些使在液体介质中的氰化过程的进行在相当大程度上复杂起来。

在气体介质（由渗碳气体和氮组成）中进行的气体氰化（碳氮共渗）是钢的化学热处理的有效方法。它具有重大的优点——表面层质量高而成本低，并可用来得到不同深度的氰化层〔6〕。在气体介质中的氮会加速钢被碳饱和的过程；在气体混合物中加入20~25%的氨，过程就可加速20~30%。

在气体氰化的情况下不必应用有毒的氰化盐，并且比较容易实现过程的自动化。这种方法在苏联的机器制造厂中广泛地运用着。

为了造成表面耐磨层的目的而采用渗金属的方法在工业中还没有得到推广，这是由于在高温下过程的持续时间还相当长的缘故。

在固体和气体渗碳剂中的渗碳是机器零件表面强化最简单和普遍的方法。

在固体渗碳剂中的渗碳，尽管应用得很广泛，而且也很简便，但具有严重的缺点（过程的持续时间长，生产率低，劳动繁重，成本较高而且不卫生），所以逐渐被气体渗碳所代替。

为了加速钢在固体渗剂中渗碳的过程，曾经进行过许多研究，其中一部分已经运用于生产。加速钢被碳饱和的过程可以用提高温度[7, 8]、在相应于零件外形的特殊渗碳箱中快速加热零件到渗碳温度（用这种方法可使渗碳过程缩短25%以上）[9]等方法来达到。

在苏联由于气体工业的发展和巨大的气体矿的开采，钢在气体介质中的渗碳将得到日益广泛的应用。

和固体渗碳比较起来，气体渗碳是更完善的方法，它具有很多重大的优点。这些优点中首先是生产率和经济性都很高，占用的面积小，卫生，能使过程完全机械化，并且可以就在机械加工车间的一般流水线上进行渗碳。

在其他条件都相同时，要得到同样深度的渗碳层，气体渗碳的持续时间和固体渗碳比较起来，就短得多。这是因为在渗碳过程中没有低导热性的渗碳剂的缘故，这种渗碳剂会

大大地減緩零件的加熱速度。

此外，在氣體滲碳的情況下，可以把零件從滲碳爐中取出直接淬火，這樣就使熱處理的整個周期時間縮短。採用零件在滲碳爐內附加保溫的辦法可保證過共析成分層〈消散〉的可能性，因此，可以得到碳濃度從零件表面向心部均勻減少，和滲碳區域與非滲碳區域之間牢固的結合。

除了在固體和氣體滲碳劑中滲碳外，鋼表面被碳的飽和可以在盛有鹽（ NaCl ， KCl ， NaOH ， Na_2CO_3 ）的鹽槽和含碳物質（木炭粉末，碳化鈣，碳化硅〔10〕）中進行。當 15 號鋼在含 SiC 和氯化氮（活性劑）的液體鹽槽中滲碳時，在兩小時內即得到深度為 0.9 毫米的滲碳層〔11〕。

和氣體滲碳比較起來，在液體介質中滲碳的缺點是鹽槽中的碳會很快地消耗掉，這就需要時常把它換新；它在車間的一般流水線上機械化的前途是比較小的。

利用碳酸鈉，碳酸鋇，氯化鋇等熔鹽電解的滲碳方法，由於零件在液體槽中懸挂時發生的一些困難、實現必要接觸的困難和零件腐蝕等原因，故在工業上沒有得到應用。

目 录

引言 鋼表面强化的方法	5
第一章 碳在鉄中扩散的規律性	10
第一节 扩散和自扩散的基本概念	10
第二节 碳在鉄中扩散的物理原理	14
第三节 碳在鋼中扩散过程的規律性	21
第二章 鋼的气体渗碳	29
第一节 气体渗碳	29
第二节 气体渗碳剂	30
第三节 Fe-CO-CO_2 系的平衡	36
第四节 $\text{Fe-CH}_4\text{-H}_2$ 系的平衡	38
第三章 鋼用人工制造气体渗碳剂的渗碳	44
第一节 鋼用丙烷-丁烷混合物的渗碳	44
第二节 用煤油热分解和裂化結果得到的气体进行鋼的渗碳	47
第三节 鋼用油和其他含碳液体分解形成的气体产物进行渗碳	51
第四节 鋼用照明气体和其他气体的渗碳	59
第四章 鋼用天然气体的渗碳	62
第一节 天然气体的成分和特性	62
第二节 鋼用薩拉托夫和达沙伐气体的渗碳	66
第三节 渗碳过程的温度和持續時間对渗碳层深度和碳浓度的影响	70
第四节 气体的消耗量和压力对渗碳层深度和碳浓度的影响	80
第五章 鋼气体渗碳的實踐	94
第一节 渗碳工艺	94
第二节 气体渗碳用的炉子	97
第三节 渗碳用的鋼种	106
第四节 鋼渗碳后的淬火和回火	109
第六章 渗碳鋼的組織和性能	115
第一节 渗碳深度的檢驗	115
第二节 渗碳层的組織	119
第三节 渗碳鋼的性能	123

03196

第七章 鋼渗碳的 强化	129
第一节 鋼渗碳的 强化方法	129
第二节 用高频电流加热时鋼的 渗碳	133
参考文献	140

76.173

105

鋼的气体渗碳

Г. И. 卜高金-阿列克謝也夫 編著
Г. В. 席姆斯柯夫
王东升 譯

(3443/30)
81543/12

机械工业出版社

內 容 提 要

本书叙述了碳在鉄中扩散的一般规律性, 以及鋼用人工制造的气体混合物和天然气體渗碳的过程的本质。

討論了渗碳过程的几个主要因素(温度、持續時間、气流速度)对渗碳层深度和扩散层內的碳濃度的影响。

引用了各种文献关于在工厂条件下气体渗碳的规范、渗碳鋼的组织 and 性能的一些主要意見。

本书讀者对象为机器制造工厂中从事热处理工作的工程技术人员, 也可供高等学校中有关专业的师生参考。

苏联Г. И. Погодин-алексеев, Г. В. Земсков著‘Газовая цементация стали’(Машигиз1957年第一版)

NO. 3235

1960年4月第一版, 1960年4月第一版第一次印刷
787×1092^{1/32} 字数91千字 印張4^{1/2} 0,001—4,800册
机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业許可証出字第008号 定价(11-8)0.77元

目 录

引言 鋼表面强化的方法	5
第一章 碳在鉄中扩散的規律性	10
第一节 扩散和自扩散的基本概念	10
第二节 碳在鉄中扩散的物理原理	14
第三节 碳在鋼中扩散过程的規律性	21
第二章 鋼的气体渗碳	29
第一节 气体渗碳	29
第二节 气体渗碳剂	30
第三节 Fe-CO-CO_2 系的平衡	36
第四节 $\text{Fe-CH}_4\text{-H}_2$ 系的平衡	38
第三章 鋼用人工制造气体渗碳剂的渗碳	44
第一节 鋼用丙烷-丁烷混合物的渗碳	44
第二节 用煤油热分解和裂化結果得到的气体进行鋼的渗碳	47
第三节 鋼用油和其他含碳液体分解形成的气体产物进行渗碳	51
第四节 鋼用照明气体和其他气体的渗碳	59
第四章 鋼用天然气体的渗碳	62
第一节 天然气体的成分和特性	62
第二节 鋼用薩拉托夫和达沙伐气体的渗碳	66
第三节 渗碳过程的温度和持續時間对渗碳层深度和碳濃度的影响	70
第四节 气体的消耗量和压力对渗碳层深度和碳濃度的影响	80
第五章 鋼气体渗碳的實踐	94
第一节 渗碳工艺	94
第二节 气体渗碳用的炉子	97
第三节 渗碳用的鋼种	106
第四节 鋼渗碳后的淬火和回火	109
第六章 渗碳鋼的組織和性能	115
第一节 渗碳深度的檢驗	115
第二节 渗碳层的組織	119
第三节 渗碳鋼的性能	123

03196

第七章 鋼渗碳的 强化	129
第一节 鋼渗碳的 强化方法	129
第二节 用高频电流加热时鋼的 渗碳	133
参考文献	140

引言 鋼表面強化的方法

蘇共第二十次代表大會關於 1956~1960 年發展蘇聯國民經濟的第六個五年計劃的指示規定，機器製造發展的高速度是蘇聯國民經濟各個部門的強大的技術進步的基礎〔1〕。

五年計劃規定要使工藝過程日臻完善，改進生產組織以及應用可以縮短生產周期，降低成本和提高產品產量及質量的最先進的生產方法。

從蘇共第二十次代表大會向機器製造工業所提出的這些任務來看，熱處理的作用將急劇地增大。熱處理是用以使零件獲得技術條件所要求的物理-機械性能和其他的性能，它是機器零件製造工藝過程中的重要工序之一。

很多機器零件在使用過程中同時承受衝擊負荷和磨損，例如，齒輪，活塞銷，凸輪以及其他零件。這類零件應該在內層保持足夠的韌性和強度的條件下，使表面層具有很高的硬度和耐磨性。

含碳量為 0.40% 及 0.40% 以上的淬火結構鋼是滿足不了這樣的要求的，因為它雖然具有很高的硬度，可是衝擊韌性太低。正常化狀態的碳鋼雖然抗變向的衝擊負載性能高，然而其強度較低，硬度也不高。在這種情況下不可能保證所要求的性能：高的硬度，強度和韌性。

為了在同一个零件上達到這些綜合性能，必須進行表面強化。

強化可以用高頻電流加熱、接觸電加熱、在電解液中加

6
热或氧-乙炔气体火焰加热的表面淬火法和用化学热处理的方法：渗碳，氮化，氰化和渗金属等来进行。此外，强化还可以用电镀方法进行，在零件的工作表面上镀上一层耐磨性良好的金属，例如铬。但是这种方法在表面的准备工作上很费时间，并且只能用于有限的几种零件。

喷丸强化是机器零件表面强化的有效方法。在汽车工业中喷丸强化运用得特别广泛。弹簧、板簧、齿轮、轴、切削工具、楔子等都要经过喷丸强化。在喷丸强化的情况下受到交变应力作用的机器零件的持久极限大大提高。

利用高频电流感应加热的表面强化是以不改变钢化学成分、而由于局部热处理的结果在零件的不同区域得到不同的性能为基础的。这种方法具有下列优点：过程时间短（淬火加热的速度要以几秒甚至几分之一秒来计算），零件表面可以局部淬火，过程可以自动化，减少热处理设备占用的生产面积和改善劳动条件〔2〕。

由于上述的优点，利用高频电流淬火是目前机器零件表面强化最先进和最有效方法，在苏联工业中已经得到广泛的推广。但是为了应用这种强化方法就需要贵重的专门设备。此外，高频淬火并不能应用于一切零件：在外形复杂的零件淬火时很难得到沿整个表面的均匀淬火层。在某些情况下由于在零件使用时对其金属性能提出的特殊要求，将用高频淬火的中碳钢来代替低碳钢制造零件是不适宜的〔3〕。

接触电加热的淬火由于生产率低（过程的时间长），并且必需功率强大的电气设备，所以没有得到应用。

在电解液中的淬火只应用于零件端部的强化上；这种方法还处于开拓阶段。

利用气体火焰加热的淬火在苏联没有得到广泛的应用，主要是由于很难使过程自动化，表面层不可避免的会强烈过热，淬火后表面层的硬度不均匀（有回火区域）以及生产率低等原因。火焰淬火适用于巨大外形尺寸的零件（齿环、轴等）；国外实践的经验指出这种强化方法在今后有着更广泛应用的可能性。

为了使表面硬度，耐磨性，耐疲劳强度和防腐蚀稳定性达到高指标而进行的合金钢的氮化是相当长的过程，为了得到不大的氮化层深度就需要花费大量的时间（0.50~0.60毫米需30~40小时）。一般采用含铝、钼、铬和其他元素的特种合金钢来进行氮化。氮化主要是用来提高内燃机气缸套内表面、某些齿轮、测量工具等的耐磨性。

零件表面同时被碳和氮饱和的在液体介质中的氰化在和钢的其他化学热处理方法比较起来，为了得到一定深度的强化层所需要的时间是较少的〔4；5〕，然而它具有很多严重的缺点，这些缺点中首先是氰化盐价格昂贵而且有毒性。因此把氰化槽直接安装在生产线上是不可能，通常在热处理车间中分出一个单独隔离的有着良好通风的工段来。为了得到规定的氰化深度必须随时保持槽内氰化盐和活性剂的浓度在一定的范围内。所有这些使在液体介质中的氰化过程的进行在相当大程度上复杂起来。

在气体介质（由渗碳气体和氮组成）中进行的气体氰化（碳氮共渗）是钢的化学热处理的有效方法。它具有重大的优点——表面层质量高而成本低，并可用来得到不同深度的氰化层〔6〕。在气体介质中的氮会加速钢被碳饱和的过程；在气体混合物中加入20~25%的氨，过程就可加速20~30%。