

Study of Microstructure and Properties on Quenched and Tempered 42CrMo Steel after Carbonitriding

Le Wang, Xiaoxi Wang*, Hao Xu, Zhuang Liu, Feifei Zhang, Fangxu Chen

School of Mechanical & Electrical Engineering, Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou Jiangsu
Email: w1931227@126.com, *wxx19851109@sina.com

Received: May 13th, 2015; accepted: May 29th, 2015; published: Jun. 5th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Using carbonitriding process, the processing of quenched and tempered 42CrMo steel surface was strengthened, and the effect of its microstructure change on mechanical properties was investigated. The results show that, after carbonitriding process, a carbonitride layer of 0.14 mm is produced on the workpiece surface; core is transformed into cryptocrystalline martensite and ferrite; material organization has been further refined; the surface hardness of quenched and tempered 42CrMo steel is 650 HV; the yield strength is 1120 MPa; and the impact toughness can reach 84 J/cm². The experimental results show that after carbonitriding heat treatment of the pin, quenched and tempered 42CrMo steel has better tenacity, and the product quality is improved.

Keywords

Quenched and Tempered 42CrMo Steel, Carbonitriding, Microstructure and Properties

42CrMo调质钢碳氮共渗组织及性能研究

王 乐, 王晓溪*, 徐 昊, 刘 壮, 张飞飞, 陈方旭

徐州工程学院机电工程学院, 江苏 徐州
Email: w1931227@126.com, *wxx19851109@sina.com

*通讯作者。

收稿日期：2015年5月13日；录用日期：2015年5月29日；发布日期：2015年6月5日

摘要

采用碳氮共渗工艺，对42CrMo调质钢进行表面强化处理，研究了其组织变化对力学性能的影响。结果表明，经碳氮共渗工艺后，工件表面产生了一层0.14 mm厚的碳氮化合物层，芯部转变为隐晶马氏体加铁素体，材料组织得到了进一步细化，42CrMo调质钢的表面硬度达到650 HV，屈服强度达到1120 MPa，冲击韧性达到84 J/cm²。实验结果表明，销轴经碳氮共渗热处理后，42CrMo调质钢具有更好的强韧性，产品质量提高。

关键词

42CrMo调质钢，碳氮共渗，组织性能

1. 引言

销轴多应用于工程机械零部件中两个构件间的连接，以满足构件之间相对运动，通常情况下，销轴需要在极大的压力下和摩擦力环境下工作，因此销轴用钢必须具备非常高的硬度，强度，韧度等性能。作为一种材料表面强化技术，碳氮共渗是使零件表面同时渗入碳和氮原子的一种热处理工艺方法，与单一渗碳工艺相比，具有生产周期短、温度低、零件变形小等特点，在生产中得到了广泛的应用[1] [2]。由于碳氮共渗使零件表面产生一层碳氮化合物层，表面渗层兼有渗碳层与氮化层的性能，因此零件处理后具有较高的硬度、冲击韧性和抗压强度[3]。本文采用实验的方法，对42CrMo调质钢进行了碳氮共渗表面处理，研究了经碳氮共渗后的组织及性能的变化规律，这些研究对于销轴零件的生产和应用有一定的指导意义。

2. 实验材料与方法

2.1. 实验材料

实验材料取自实际生产中某混凝土泵车臂架系统连接件调质钢42CrMo销轴零件，尺寸规格为 $\Phi 54 \times 80$ mm (如图1所示)，其化学成分如表1所示。

2.2. 实验方法

将实验所用42CrMo调质钢放入渗碳剂加氨气氛围中加热，840℃下保温4 h后油淬，后在200℃保温90 min回火保温空冷[4]。按照如图2(a)所示的位置，线切割从坯料横截面位置处切取试样，依次沿芯部1、近边缘2、边缘处3切取 $\Phi 15$ mm \times 5 mm的圆形试样，然后经粗磨、精磨、抛光后用4%硝酸酒精溶液进行浸蚀，在JSM-6700F型扫描电子显微镜进行组织观察。

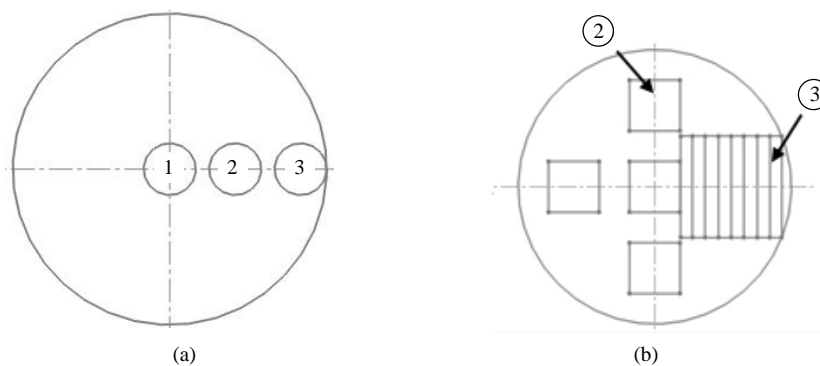
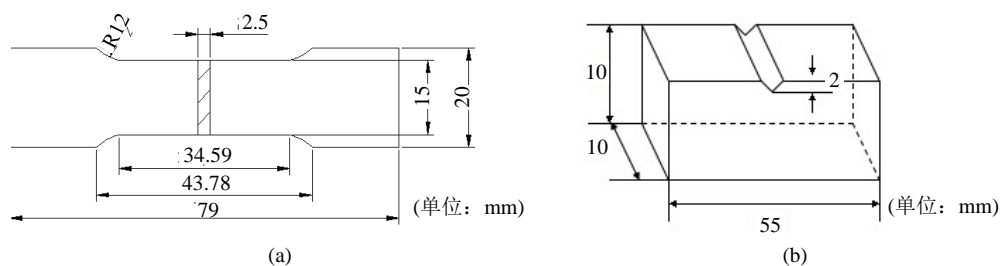
如图2(b)中箭头①所示，沿着坯料长度方向分别在芯部、中间、边缘部分切取板条状拉伸试样，具体尺寸如图3(a)所示，在CMT-5150万能试验机上对碳氮共渗后的42CrMo调质钢进行室温拉伸。

同时按图2(b)箭头②沿着销轴长度方向切取带有单边V形缺口的冲击试样，冲击试样如图3(b)所示，在JBN-500型冲击试验机上进行，最终测得碳氮共渗热处理后42CrMo钢的室温冲击韧性。

采用HVS-1000型维氏硬度计对热处理后的坯料进行测量，维氏硬度试样取自试样横截面。测试时，试样经粗磨、精磨、抛光后进行硬度测试，加载0.3 kg的试验力，以间距0.3 mm沿表面至芯部，依次

Table 1. Chemical composition of 42CrMo steel (wt, %)**表 1.** 42CrMo 钢的化学成分(质量分数, %)

化学成分	C	Cr	Mn	Si	Mo	Ni	Cu	S	P	Fe
质量分数	0.440	0.965	0.532	0.250	0.168	0.150	≤0.250	≤0.250	≤0.025	余量

**Figure 1.** The original physical sample**图 1.** 原始坯料实物图**Figure 2.** Sampling locations. (a) Metallographic sample location; (b) Tensile and impact experiments sampling location**图 2.** 取样位置。(a) 金相取样位置；(b) 拉伸和冲击实验取样位置**Figure 3.** Sample size chart. (a) Plate strip tensile samples; (b) Impact test specimen**图 3.** 试样尺寸图。(a) 板条状拉伸试样；(b) 冲击试样

测量 60 个点，记录数据，然后用 **MATLAB** 处理数据绘制出硬度分布趋势图，采用同样的方法，以 **0.03 mm** 的间距，沿表面到芯部依次测量 40 个点，绘制出硬度分布趋势图，运用硬度梯度法可求出渗层的厚度。

3. 实验结果及讨论

3.1. 渗层组织分析

图 4 为 42CrMo 调质钢经气体碳氮共渗后，其表面形成了一定厚度的含有碳氮化合物的硬化层，即渗层[5]。渗层的组织大体上分为①白亮的碳氮化合物层和②暗黑色的扩散层，白亮的碳氮化合物层是由合金元素与碳、氮形成的化合物组成的，其基体为隐晶马氏体及残余奥氏体，扩散层紧挨着碳氮化合物层，其组织主要是含碳、氮的马氏体及残余奥氏体。由于 42CrMo 钢在 800℃以上进行碳氮共渗时，是以渗碳为主，因此其渗层组织接近于渗碳层的组织，即表层是粒状碳氮化合物和马氏体及残余奥氏体，其中碳氮化合物能有效阻止位错运动，增大变形抗力，提高了渗层的硬度[6] [7]。大量弥散分布着的小颗粒碳氮化合物对渗层起弥散强化与晶界强化作用，及固溶于基体中的 C、N 等合金元素也起到了弥散强化和固溶强化作用。同时共渗后表面存在着残余压应力及适量的残余奥氏体，也进一步使工件表面的耐磨性，抗弯曲疲劳强度大大提高。

3.2. 显微硬度测量结果及分析

按照国家标准 GB-T11354-2005 来测定渗层深度，由图 5 可知，碳氮共渗渗层深度值为 0.14 mm [8] [9]。

销轴 42CrMo 调质钢经过碳氮共渗表面强化处理后，硬度发生了变化，图 6 为碳氮共渗后 42CrMo 钢由表面到芯部的硬度分布图，由图知表面硬度最高达到 650 HV，并随着距离增加，硬度值逐渐降低并逐渐稳定，在约 320 HV 值处上下波动，表明表面强化后的 42CrMo 调质钢硬度明显提高。硬度提高一方面是由于碳氮共渗后的表面产生的一定厚度的渗层，这种碳、氮化合物的渗层综合力学性能较好[7]；另一方面芯部转变成混合马氏体、铁素体和部分残余奥氏体，离芯部越近，合金元素 C、N 越少，淬透性减弱，马氏体量逐渐减少，铁素体量逐渐变多，使得材料的强度略有下降，但韧性得到了较大的提高。这样，经碳氮共渗改性后，零件在表面强度、硬度大为提高的同时，整体依然能保持着较好的整体冲击韧性[10]-[13]。

3.3. 力学性能

图 7 为真应力 - 真应变曲线。由图可知，表面材料的抗拉强度在 1120 MPa 以上，由表及里强度越来越低。结合图 8 所示的显微组织变化规律可以看出，经碳氮共渗热处理后，从边缘到芯部铁素体量逐渐增多，导致边缘处强度最高，芯部强度比较低，但芯部的抗拉强度也维持在较高的水平，约为 950 MPa。冲击实验最终测得平均冲击韧性为 84 J/cm²。

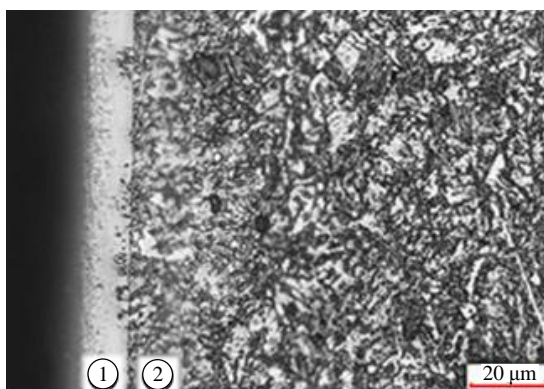


Figure 4. Permeability layer organization 500×

图 4. 渗层组织 500×

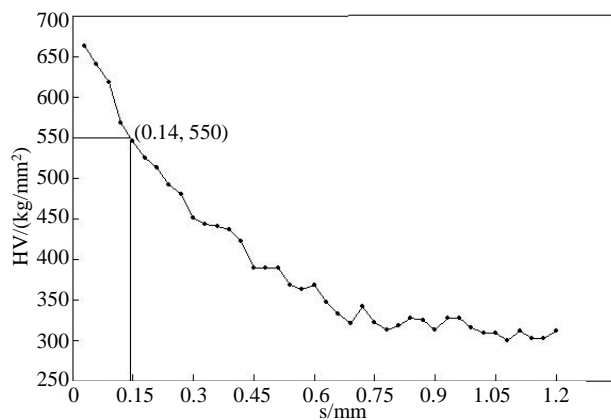


Figure 5. Permeability after carbonitriding layer of depth

图 5. 碳氮共渗后渗层深度

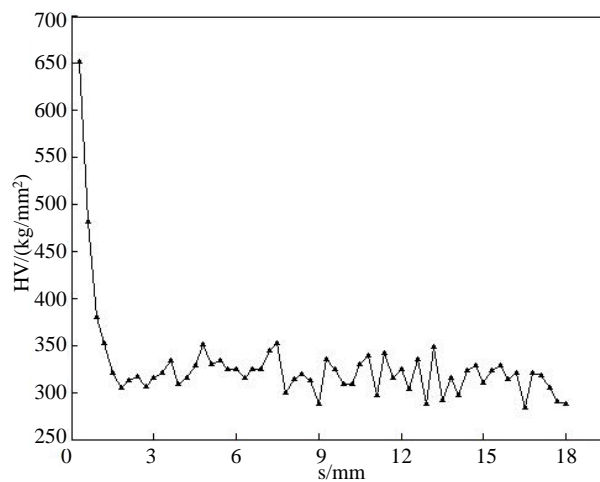


Figure 6. After carbonitriding 42CrMo pin shaft surface to the core hardness value distribution

图 6. 碳氮共渗后 42CrMo 销轴表面至芯部硬度值分布图

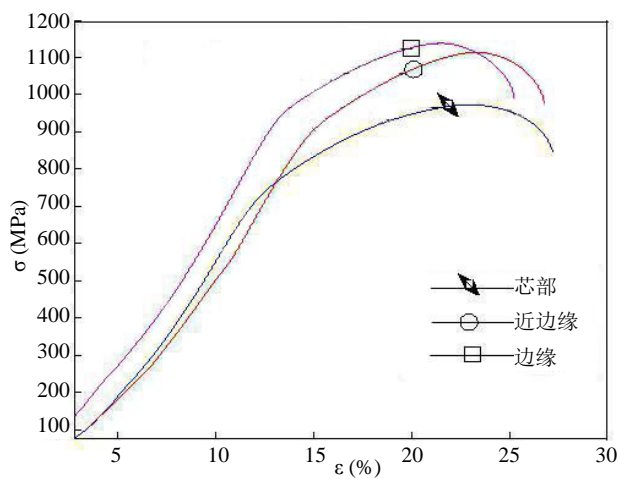


Figure 7. Tensile samples at different positions of the true stress-strain curve

图 7. 不同部位拉伸试样真应力 - 应变曲线图

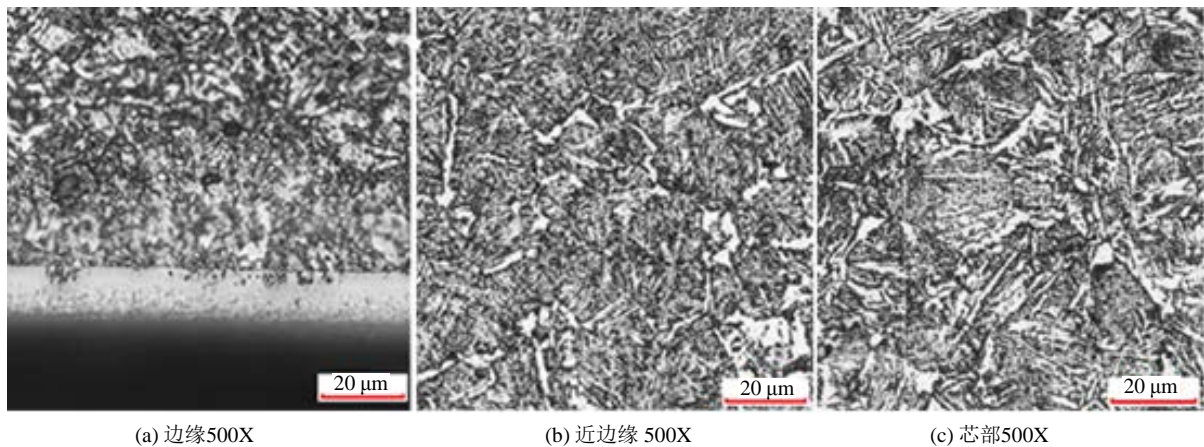


Figure 8. 42CrMo quenched and tempered steel microstructure from edge to the core
图 8. 42CrMo 调质钢由边缘到芯部的显微组织

上述实验结果表明,销轴经碳氮共渗热处理后,42CrMo 调质钢具有更好的强韧性,提高了产品质量,更符合生产实践要求。

4. 结论

1) 采用碳氮共渗工艺之后,42CrMo 调质钢的组织发生变化,表面产生一层碳氮化合物层,碳氮化合物层有很好的综合力学性能,可以提高销轴的整体塑韧性,42CrMo 调质钢的性能达到强化,能抵抗外界的恶劣环境,更利于生产实践。

2) 经碳氮共渗表面强化处理后,材料表面硬度达到 **650 HV**,抗拉强度约为 **1120 MPa**,平均冲击韧性为 **84 J/cm²**,碳氮共渗改进工艺使材料芯部保持良好韧度的同时,也大幅提高了表面强度和硬度。

3) 本文采用碳氮共渗工艺,对 42CrMo 调质钢进行表面强化处理,研究了其组织变化对力学性能的影响。具有较高的科研价值,对工程实践也具有较高的指导意义。

基金项目

江苏省大学生实践创新训练计划项目(201411998079X),江苏省大型工程装备检测与控制重点实验室开放课题(JSKLEDC201309)。

参考文献 (References)

- [1] 崔忠圻,刘北兴 (2007) 金属学与热处理原理. 哈尔滨工业大学出版社,哈尔滨.
- [2] 史亚贝,邵鑫 (2012) 气体碳氮共渗零件形变分析和改进措施. *新技术新工艺*, **7**, 88-89.
- [3] 王顺兴 (2009) 金属热处理原理与工艺. 哈尔滨工业大学出版社,哈尔滨.
- [4] 樊东黎,徐跃明,佟晓辉 (2005) 热处理工程师手册(第二版). 机械工业出版社,北京.
- [5] 马欣新,李忠文,赵开礼,唐光泽 (2012) Cr4Mo4V 钢等离子体基碳氮离子升温注渗层微观结构. *材料科学*, **2**, 124-127.
- [6] 束德林 (2007) 工程材料力学性能. 机械工业出版社,北京.
- [7] 戴启勋 (2011) 金属材料学. 化学工业出版社,北京.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会 (2005) GB/T9451-2005, 钢件薄表面总硬化层深度或有效硬化层深度的测定.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会 (2005) GB/T11354-2005, 钢铁零件

渗氮层深度测定和金相组织检验.

- [10] 陈俊丹, 莫文林, 王培, 陆善平 (2012) 回火温度对 42CrMo 钢冲击韧性的影响. *金属学报*, **10**, 1186-1193.
- [11] 吴俊雄, 彭振宇, 刘建, 袁武华 (2012) 合金元素及显微组织对 42CrMo 钢硬度的影响. *钢铁研究*, **4**, 28-31.
- [12] 胡庆艳, 吴建刚 (2014) 回火温度对高强高韧钢组织及性能的影响. *冶金工程*, **1**, 1-5.
- [13] 牛靖, 董俊明 (2006) 超高强钢 30CrMnSiNi2A 冲击韧度试验研究. *机械强度*, **4**, 607-610.