

文章编号:1673-9981(2012)03-0165-05

一种粉末冶金高氮不锈钢材料的研究

陈强,李丹丹,罗锴,蔡一湘

广东省工业技术研究院(广州有色金属研究院),广东广州 510650

摘要:采用水雾化304不锈钢粉末与氮气雾化的高锰不锈钢粉末为原料,经混合、成形和高温真空烧结后,在不同温度下进行渗氮.结果表明:随着渗氮温度的升高,氮含量增加,抗弯强度增加.当 $w(N)>0.6\%$ 时,抗弯强度略有降低.材料的盐雾腐蚀等级随氮含量的增加而降低,硬度随氮含量的增加而增加.

关键词:含锰不锈钢;氮化;组织;性能

中图分类号:TG142.71 **文献标识码:**A

在过去的一百年中,不锈钢获得了迅速发展,我国的不锈钢需求也逐年递增,2004年的消费量居世界第一.不锈钢的快速发展使镍资源严重紧缺,价格猛增,另外,镍离子还是一种潜在的致敏因子.所以,生产低镍或无镍不锈钢产品是不锈钢产业发展一个重要方向.

氮是强烈的奥氏体形成和稳定化的元素,在奥氏体钢中用氮来部分取代或与锰元素结合来完全取代镍元素,可以更加稳定奥氏体组织,在显著提高强度的同时,不损害其延性^[1].然而,由于锰在水雾化过程中极易氧化,因而只能采用氮气雾化制粉,这不但提高了粉末原料的成本,还恶化了后续的成形工艺的条件.为此,拟采用将氮气雾化的高锰含量母合金加入到水雾化的牌号为304的不锈钢粉中,这样既可提高合金中锰元素的含量,又使原料粉末

的成本增加不多,适合批量化生产.

1 实验部分

1.1 原料

304牌号不锈钢粉末原料,采用邯郸埃斯尔公司水雾化生产的304标准牌号的不锈钢粉末(1号粉),其性能列于表1.高锰含量母合金粉,采用北京安泰公司氮气雾化的高锰合金粉末(2号粉),其性能列表2.

1.2 实验过程

按 $m(1号粉):m(2号粉)=1000:350$ 的比例称料并加入0.75%的润滑剂,在双锥型混料机中进行混合,混料时间为2.5~4.0 h.将混合料取样进行化

表1 304不锈钢粉末的化学成分

Table 1 Chemical composition of 304 stainless steel powder

元素	Ni	Cr	Mo	Mn	Fe	粒度/mm
含量 w/%	9.12	17.33	-	0.28	余量	-0.150

表2 气雾化合金粉的化学成分

Table 2 Chemical composition of gas atomization alloy powder

元素	Cr	Mn	Mo	N	Fe	粒度/mm
含量 w/%	18.60	22.36	1.80	0.43	余量	-0.150

收稿日期:2012-07-30

作者简介:陈强(1956-),男,重庆人,高级工程师,学士.

学成分分析,分析结果列于表3.

将上述混合料在 600~700 MPa 压力下成形为 $30.96 \times 12.47 \times 6.43$ mm 的试样.试样密度为 (6.15 ± 0.05) g/cm³.经真空 1320 °C, 2 h 保温烧结后,在不同的温度下进行 20 min 气体渗氮处理.

材料的化学成分按标准方法分析,密度、硬度和抗弯强度检验分别按 ISO2738, ISO6508 和 ISO

3325 标准进行,试验仪器为 TG328 光学分析天平、HDI-1875 型布洛维硬度计和电子拉伸试验机.

盐雾腐蚀性能试验参照 ISO9227 标准确定相对比较等级,试验条件为:盐水浓度 5%,连续喷雾,试验箱温度 35 °C,相对湿度大于 98%,试验时间 24 h.

材料显微组织分析采用 OMNIMENT-3 图象分析仪.

表3 混合料的化学成分

Table 3 Chemical composition of mixture

元素	Cr	Ni	Mn	Mo	N	Fe	粒度/mm
含量 w/%	17.64	6.76	6.00	0.46	0.11	余量	-0.150

2 结果与分析

2.1 渗氮温度对氮含量的影响

渗氮温度与氮含量的关系列于表4.

表4 渗氮温度与氮含量的关系

Table 4 Relationship between nitriding temperature and nitrogen content

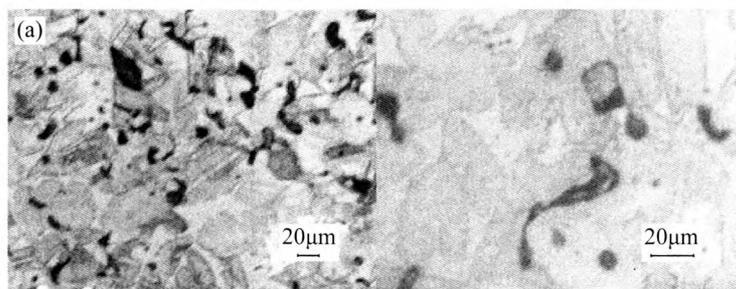
温度/°C	氮含量 w/%	密度/(g·cm ⁻³)
600	0.002	6.93
850	0.26	6.89
900	0.43	6.89
950	0.60	6.88
1000	0.95	6.83
1050	1.01	6.82

由表4可见,在常压下,随着渗氮温度的升高,氮含量在 950 °C 以上有较大的增幅.从热力学的观点来看^[2],在奥氏体相中氮的溶解度比在液相中要高得多,钢液在凝固过程中,通过氮溶解度较低的铁素体(δ)相变区,氮的溶解度急剧下降,导致氮的

偏析和气孔.采用用固态粉末冶金氮化技术,可避免氮的偏析和气孔.升高渗氮温度,氮含量大幅提高,降温时也不会有氮的析出.由于粉末冶金制品中含有大量的孔隙,在高温氮化处理时,存在的孔隙增加了制品与氮气的接触面积,因而氮化过程很快,且零件内外的氮含量基本一致.控制各温度点的保温时间,就可控制氮含量,从而做到精确渗氮.

2.2 氮含量对金相组织的影响

不同氮含量试样的金相组织如图1所示.由图1可见,氮含量随渗氮温度的升高而增加,晶界处的氮化物逐渐增多.由图1(a)和图1(b)可见,晶界光滑、细致.随氮含量的增加,晶界明显变粗,但未见到明显的颗粒(图1(c));由图1(d)可见,晶界明显长大,并且有少量的颗粒存在;由图1(e)可见,随着渗氮温度的提高,氮含量进一步增加,晶界更为粗大,晶界上的颗粒物进一步增多;在图1(f)上可见,晶界上的颗粒物基本上连成了一线.然而就整体组织来看,试样的金相组织仍是均匀的奥氏体.由此可见,采用此种工艺渗氮,绝大多数的氮集中在晶界处,其强化机理主要是晶界强化.因此,氮含量并不是越多越好,必须精确控制渗氮量,才能达到最佳强化效果.由图1分析来看,900~950 °C 是较适宜的渗氮温度.



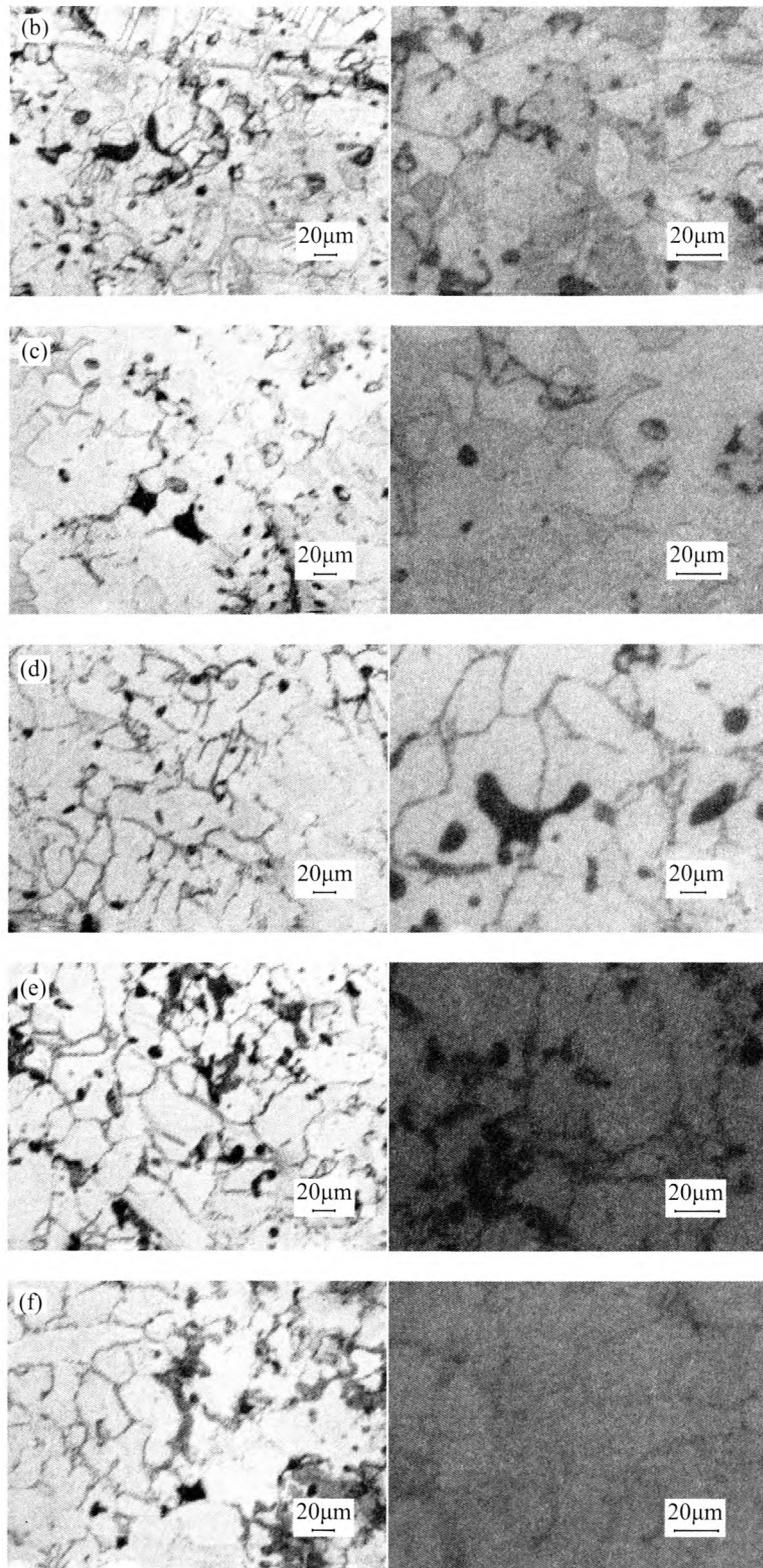


图1 不同渗氮温度下的金相组织

(a) 600 °C 渗氮;(b) 850 °C 渗氮;(c) 900 °C 渗氮;(d) 950 °C 渗氮;(e) 1000 °C 渗氮;(f) 1050 °C 渗氮

Fig.1 Metallographic organization at different nitrogen filling temperature

(a) 600 °C nitrogen filling;(b) 850 °C nitrogen filling;(c) 900 °C nitrogen filling;(d) 950 °C nitrogen filling;(e) 1000 °C nitrogen filling;(f) 1050 °C nitrogen filling

2.3 氮含量的变化对材料性能的影响

表5为不同氮含量材料的性能测试数据.由表5可知,氮含量越高材料的硬度越大,抗弯强度也随氮含量的增加而提高,但当 $w(\text{N}) > 0.6\%$ 后,材料的强度有所下降,这可能是过量的氮在晶界析出形成了氮化物相,易造成应力集中,从而促进裂纹的诱发和扩展,由表5还可知,氮含量越低,试样的耐蚀性越好,当 $w(\text{N}) < 0.26\%$ 时,盐雾腐蚀的保护等级可达到10级.

从表5数据可见,氮含量增加,硬度也增加,这与图1中合金组织由纯奥氏体组成是一致的.氮在晶界上的固溶,形成氮物质点,因而极大地提高了材料的硬度,氮含量越多,硬质相越多,硬度也就随之增加.抗弯强度随氮含量的增加达到一峰值后,有所下降.这是由于氮原子间隙固溶在奥氏体面心立方晶格中而导致晶界强化和固溶强化^[9],且晶界强化效果远大于固溶强化.由于是固态渗氮,氮在奥氏体中扩散时,往晶界处扩散远比往晶粒中扩散要

表5 氮含量对材料性能的影响

Table 5 Influence of nitrogen content on material properties

性能指标	氮含量 $w(\text{N})/\%$					
	0.002	0.26	0.43	0.60	0.95	1.01
抗弯强度/MPa	1050	1370	1410	1440	1430	1420
硬度HRB	64.0	76.0	79.0	84.0	88.0	90.0
盐雾腐蚀等级	10	9	7	6	5	5

容易得多.当晶界处的氮浓度达到一定时,就会形成氮化物在晶界析出,析出的氮化物多到一定程度后,氮对强度的贡献就走向反面,材料的强度不增反降.由于渗进去的氮主要集中在晶界上,过量的氮会在晶界处与铬形成氮化铬析出,使晶界周围的奥氏体区的铬含量降低,形成贫铬区.贫铬区与氮化铬和其余奥氏体区会建立起微电池,造成晶间腐蚀,降低材料的耐腐蚀性能.因此,随着氮含量的增加,盐雾腐蚀的等级会相应地降低.

在晶界上有氮化物颗粒析出.

(3)材料的硬度随氮含量的增加而增加.当 $w(\text{N})=1.01\%$ 时,材料的硬度达到HRB90,比不含氮的材料提高了近50%.材料的抗弯强度随氮含量的增加而增加,当 $w(\text{N})$ 达到0.6%后,抗弯强度达到1430 MPa;当 $w(\text{N}) > 0.6\%$ 后,材料的抗弯强度开始下降.盐雾腐蚀等级随氮含量的增加而降低.

综上所述,渗氮温度在900~950℃,氮含量 $w(\text{N})$ 为0.4%~0.6%时,所制备的高氮不锈钢材料的综合性能最好.

3 结论

(1)材料的含氮量随渗氮时炉温的升高而增加,当炉温高于900℃后,氮含量的增幅较大,950℃时,材料中的氮含量 $w(\text{N})=0.6\%$.

(2)渗进的氮基本上都聚集在晶界上,主要的强化机理是晶界强化.当材料中的 $w(\text{N}) > 0.43\%$ 后,

参考文献:

- [1] 崔大伟,曲选辉,李科.高氮奥氏体不锈钢的研究进展[J].材料导报,2005,19(12):64-71.
- [2] 曹阳,姜周华,李花兵,等.高氮不锈钢粉末冶金制备技术的研究进展[J].中国冶金,2007,17(10):4-7.
- [3] 李长胜,戴起勋,陈康敏.新型奥氏体不锈钢室温拉伸性能研究[J].热加工工艺,2006,35(20):6-18.

A kind of stainless steel material with high nitrogen prepared by metallurgy

CHEN Qiang, LI Dandan, LUO Kai, CAI Yixiang

*Guangdong General Research Institute of Industrial Technology (Guangzhou Research Institute of Nonferrous Metals),
Guangzhou 510650, China*

Abstract: Using water atomized 304 stainless steel powders, and nitrogen atomized high manganese stainless steel powder as raw materials, a kind of stainless steel material with high nitrogen was prepared by mixing, forming and vacuum sintering at high temperature, and was further treated with nitrogen at different temperatures. The results showed that when the content of nitrogen was less than 0.6%wt, the bending strength of the material was increased with the increasing of nitriding temperature when the content of nitrogen was more than 0.6%wt, the bending strength was decreased slightly. The salt spray corrosion level was decreased, and the hardness was increased with the increase of the nitrogen content.

Key words: manganese content stainless steel; nitriding treatment; organization; performance