

不同热处理对QTNi35Si5Cr2力学性能的影响

赵新武¹, 李兆清², 张翼¹, 任豹子¹

(1.西峡县内燃机进排气管有限责任公司, 河南西峡 474500; 2.上海延峰江森汽车坐垫有限公司, 上海 201315)

摘要: QTNi35Si5Cr2的基体组织是奥氏体+石墨+铬的复合碳化物, 本文通过高温下缓慢冷却和快速冷却得到了不同的常温力学性能。通过对比分析确定了最佳QTNi35Si5Cr2的热处理工艺, 并把这一结果编入《高镍奥氏体铸铁件》国家标准。

关键词: QTNi35Si5Cr2; 热处理; 固溶强化

中图分类号: TG156 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4977 (2016) 08-0798-03

Influence of Different Heat Treatment Ways on the Mechanical Properties of QTNi35Si5Cr2

ZHAO Xin-wu¹, LI Zhao-qing², ZHANG Yi¹, REN Bao-zi¹

(1. Xixia Intake & Exhaust Manifold Co., Ltd., Xixia 474500, Henan, China; 2. Shanghai Yanfeng Johnson Controls Seating Co., Ltd., Shanghai 201315, China)

Abstract: The matrix of high nickel austenite ductile iron is composed of austenite, graphite and chromium compound carbides. This article analyzes the different mechanical properties at room temperature obtained by slow cooling and rapid cooling under high temperature. After comparison analysis, the best heat treatment process for the high nickel austenite ductile iron was determined. This result is incorporated in GB standard of high nickel austenite cast iron.

Key words: QTNi35Si5Cr2; heat treatment; solution strength

高镍奥氏体铸铁 (GB/T26648—2011) 是镍含量超过12.5%以后得到的铸铁组织, 基体为奥氏体+石墨+铬的复合碳化物。当用镍镁、镍镁硅合金处理后就得到了基体组织是奥氏体+球状石墨+铬的复合碳化物的高镍奥氏体球墨铸铁。热处理前后基体组织没有改变, 改变的只是碳化物形态。碳化物形态需要通过高温热处理来改变, 高温热处理后的碳化物的形态是分散的珠粒状, 但是不同的冷却方法却得到了不同的力学性能。本文以QTNi35Si5Cr2为例通过对比分析, 确定了最佳的热处理工艺和热处理温度。

1 QTNi35Si5Cr2常温力学性能和金相组织

QTNi35Si5Cr2常温力学性能见表1, 铸态金相组织如图1所示。

表1 QTNi35Si5Cr2常温力学性能

Table 1 Mechanical properties of QTNi35Si5Cr2 at room temperature

抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	伸长率/%	硬度HB
≥370	≥200	≥10	140~190

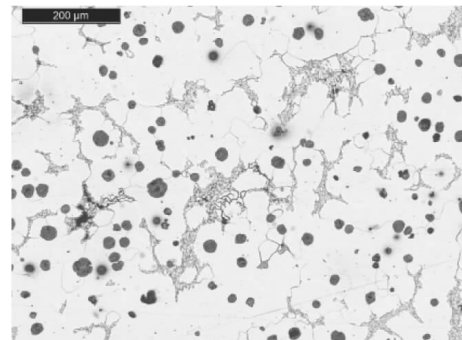


图1 QTNi35Si5Cr2铸态金相组织

Fig. 1 Microstructure of QTNi35Si5Cr2 as-cast

2 QTNi35Si5Cr2的热处理工艺

为了找到QTNi35Si5Cr2 (GB/T26648-2011)^[1]的最佳热处理温度, 我们分别做了955 °C空冷、水冷试验, 1 100 °C空冷、水冷试验, 见图2。

方案1为铸态时的力学性能, 方案2按150 °C/h升温速率到950 °C, 保温3 h后出炉水冷 (空冷), 方案3按150 °C/h升温速率到1 100 °C, 保温3 h后出炉水冷, 方

收稿日期: 2016-02-16收到初稿, 2016-04-15收到修订稿。

作者简介: 赵新武 (1949-), 男, 高级工程师, 主要从事铸造工艺研究。E-mail: xpzxw2006@sohu.com

案4按150 °C/h升温速率到1 100 °C，保温3 h后出炉空冷，结果如表2所示。

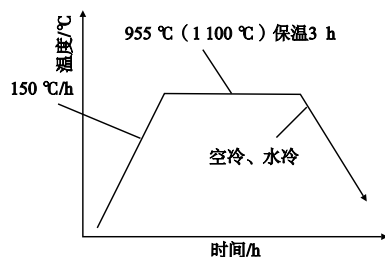


图2 950 °C (1 100 °C) 空冷、水冷工艺

Fig. 2 Air cooling & water cooling process at 950 °C (1 100 °C)

表2 4种方案试样的力学性能

Table 2 The mechanical properties of as-cast samples with four processes

方案	试棒编号	抗拉强度/MPa	伸长率/%
1	1	485	16
	2	465	18
2	1	525	17.5
	2	510	15.5
3	1	365	8
	2	365	7
4	1	415	12
	2	420	12.5

从以上结果中可以看出：铸态的抗拉强度、伸长率高于标准规定。950 °C水冷的抗拉强度、伸长率高于铸态。1 100 °C水冷的抗拉强度、伸长率低于标准规定。1 100 °C空冷抗拉强度、伸长率高于标准规定，低于铸态。由此可以看出，方案2试样的力学性能最好。从金相图（图3）可以看出，在1 100 °C时出炉无论空冷或水冷，晶界都开裂了，水冷时试棒未经腐蚀就可看见裂纹，空冷时在腐蚀状态下才可见裂纹（图4、图5）。950 °C水冷时的金相见图6、图7。

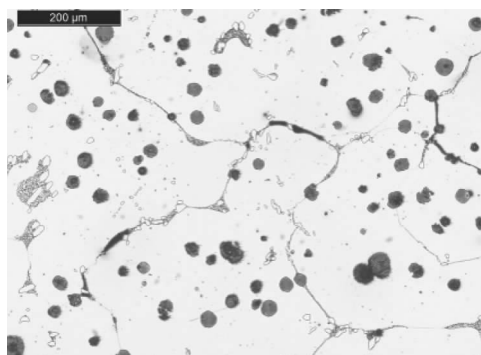


图3 晶界已经开裂，碳化物很少或呈弥散分布 腐蚀
Fig. 3 Grain boundaries have cracked, rare carbide and appear diffuse, corrosion

从以上的分析中得出结论，QTNi35Si5Cr2的热处理工艺在955 °C水冷（空冷）时力学性能最好，从金相图中可以验证这一结果，一部分碳化物固溶在基体

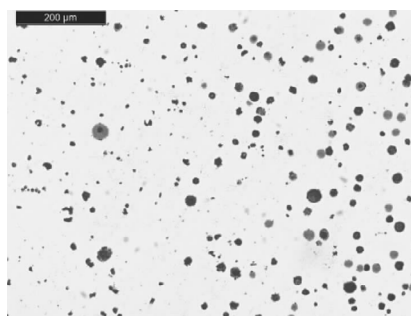


图4 空冷时未腐蚀试样金相组织

Fig. 4 The microstructure of sample with air cooling and no corrosion

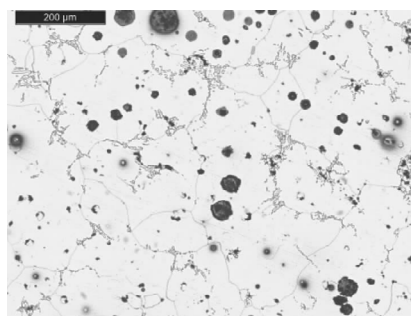


图5 空冷时腐蚀试样金相组织

Fig. 5 The microstructure of sample with air cooling and corrosion

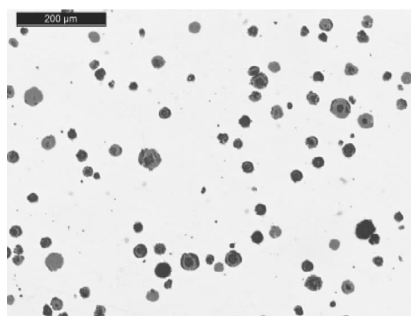


图6 水冷时未腐蚀试样金相组织

Fig. 6 The microstructure of sample with water cooling and no corrosion

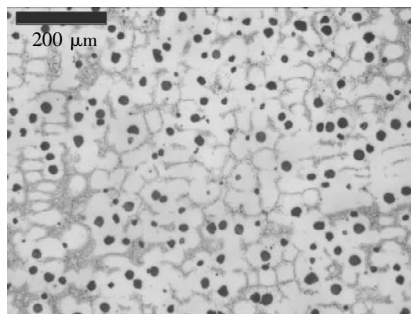


图7 水冷时腐蚀试样金相组织

Fig. 7 The microstructure of sample with water cooling and corrosion

中，一部分碳化物弥散分布在基体上。实际生产中的热处理工艺见图8，是沿用了ASTM和GB/T26648-2011的要求。当然对于精密铸件要进行消除应力热处理。无论采取那种热处理工艺，铸件的硬度变化不大，约HB170左右。

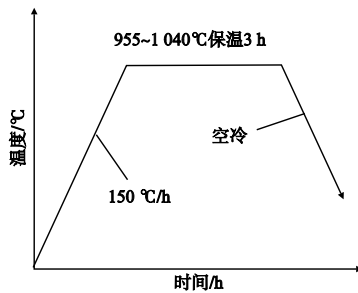


图8 热处理工艺

Fig. 8 The heat treatment of casting

3 结束语

为了改变QTNi35Si5Cr2碳化物形态，可以通过高温热处理的方法，使析出的碳化物由絮状变成珠粒状。快速冷却（水冷、空冷）使碳化物来不及析出，起到固溶强化的作用。析出的碳化物珠粒细小、分散。QTNi35Si5Cr2不宜采用缓慢冷却的方法，缓慢冷却会

使碳化物沿晶界析出，降低力学性能。当温度超过1100℃时，无论是空冷还是水冷，晶界都会开裂，空冷试棒在腐蚀后可见微观裂纹。水冷试棒未经腐蚀就可看出明显的裂纹。热处理温度在955℃时无论是空冷、水冷，抗拉强度最高，但硬度变化不大。需要指出，无论是正火和淬火基体组织都未发生改变。但是即便是进行了固溶强化，在高温下使用的高镍奥氏体球墨铸铁的碳化物仍然会自行析出，增加其内应力。因此在GB/T 26648—2011中规定高镍奥氏体铸铁可以铸态供货，只有在碳化物形态不好或在常温下使用的时候才可以采用热处理的方法。对于常温下使用，尺寸精度要求较高的铸件需要采取其他的热处理方法。

参考文献：

- [1] 西峡县内燃机进排气管有限责任公司. GB/T26648-2011, 奥氏体铸铁件 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.

(编辑: 刘冬梅, ldm@foundryworld.com)

(选自《铸造》2016年第8期)