

合金化元素对铸态球墨铸铁性能的影响

徐慧民

(江西机电职业技术学院 材料系,江西 南昌 330013)

摘要:在普通球墨铸铁的基础上,通过强化孕育,细化石墨球,减轻锰的偏析,研究了 Mn-Cu 和 Mn-Sb 合金元素对球墨铸铁微观组织和性能的影响。试验表明:锰对球墨铸铁性能的影响存在一个临界区间(Mn 质量分数为 0.8%~0.9%),当低于该区间时,球铁的塑性较高。在 Mn 含量低于该区间情况下,加入适量 Cu 后,可以获得高强度高塑性的球铁。Mn 质量分数为 0.58%~0.6%,Cu 质量分数为 0.80%,球铁抗拉强度可达 795~830 MPa,伸长率为 5.5%~6.6%,硬度为 270~283 HB。

关键词:合金化;球墨铸铁;组织;性能

中图分类号: TG243⁺.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2008)21-0047-03

Effects of Alloying on Microstructure and Properties of As-cast Ductile Iron

XU Huimin

(Department of Materials, Jiangxi Vocational College of Mechanics and Electricity, Nanchang Jiangxi 330013, China)

Abstract: Based on common nodular cast iron, the influence of Mn-Cu and Mn-Sb on microstructure and mechanical properties of ductile iron was studied by intensifying inoculation, increasing the spherical graphite count, reducing the segregation of Mn. The experimental results show that the influence of Mn on the mechanical properties of ductile iron has a critical value (mass fraction, 0.8%~0.9% Mn), below which the nodular iron possesses high ductility. The high strength and high ductility is found when Cu is added. The tensile strength is up to 795~830 MPa, elongation is 5.5%~6.6%, hardness is 270~283 HB by adding 0.58~0.6% Mn and 0.8% Cu in ductile iron.

Key words: alloying; ductile iron; structure; properties

珠光体球墨铸铁具有较高的强度、硬度,并且具有良好的韧性,在机械制造业中的用途日趋广泛^[1-5]。提高球墨铸铁的强度、硬度一般有两种途径,一种是通过热处理,一种是采用合金化^[6-7]。本文采用后者。通过强化孕育处理,提高石墨球数量,可在一定程度上减轻锰在球墨铸件中的偏析,从而可适当放宽球墨铸铁中的锰含量^[8],以利用其对基体的强化作用。采用冲天炉—电炉双联熔炼,研究锰铜及锰锑合金化对铸态球墨铸铁组织性能的影响,以期达到获得铸态高强度高塑性球铁的目的。

1 实验方法

实验用原材料生铁,其化学成分(质量分数,%)为 3.74C、1.00Si、0.20Mn、≤0.02S、≤0.05

P,以及 45 号废钢。试验中固定 C、Si 元素,分别加入不同含量的 Mn、Cu、Sb。生铁先经冲天炉熔化脱硫后浇成约 4 kg 的铁锭。再用 50 kg 中频感应炉熔化,铁水熔化后用包底凹坑冲入法进行球化和孕育处理,处理温度为 1600℃。球化剂为 FeSiMg5RE2,用量为 1.5%;孕育剂为 SiFe75,用量为 1%。处理后的铁水浇注 25 mm Y 型试块,用以测定抗拉强度和伸长率。用拉断的试样加工硬度和金相试样,测定布氏硬度和显微分析。

2 实验结果及分析

2.1 锰对球铁性能的影响

铁水经球化处理,球铁中的锰能稳定和细化珠光体。锰溶于铁素体中可以提高强度、硬度。锰是较弱的碳化物稳定元素,锰溶入 Fe₃C 形成的 (Fe, Mn)₃C^[9]随锰量变化而改变分布形态。锰量低时,渗碳体在晶界上以孤立状态分布,锰量增加时逐渐形成网状,使球墨铸铁的塑性、韧性下降。为获得高强度、高塑性的铸态珠光体球铁,试验研究了锰对球铁性能的影响,由试验数据绘制的曲线

收稿日期:2008-06-19

作者简介:徐慧民(1961-),男,浙江杭州人,副教授,从事金属材料研究工作;电话:0791-6915055;
E-mail: fjz200888@sina.com

如图 1。

由图 1 可知,随着锰含量的增加,组织中珠光体量增加,抗拉强度、硬度增加,但伸长率下降。还可看出,锰的影响作用是变化的,存在一个锰含量临界区间(质量分数约 0.8%~0.9%),在这个临界区间之内,锰对球铁的影响比较显著,在这个临界区间之外,影响较为平缓。因此,要获得高塑性,锰含量应小于临界区间;要得到高强度,锰含量应大于临界区间。锰含量影响性能的原因是锰含量低时,锰溶于铁素体起固溶强化作用,锰含量高时,锰还取代铁或与铁、碳形成合金渗碳体(Fe,Mn)₃C。这种合金渗碳体以珠光体形式出现,则有利于珠光体形成并细化珠光体,明显提高强度、硬度,并降低塑性。而在珠光体量足够高时(约 80%),锰促进和细化珠光体作用减弱,性能变化不大。

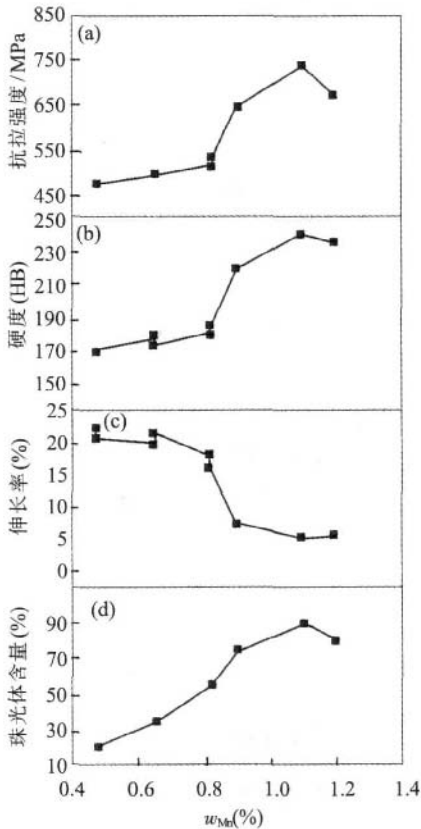


图 1 锰对球铁性能的影响
Fig.1 Influence of Mn on properties of ductile iron

试验中用新生铁和废钢配料,在中频炉中熔炼,在锰质量分数为 1.1%时,抗拉强度为 740 MPa,伸长率为 5.3%,这意味着通过选择材料,控制炉料配比,改善熔炼工艺等措施可进一步提高铸件性能,对锰含量的限制范围也可适当放宽。

2.2 锰铜对球铁性能的影响

锰促进和细化珠光体。但由于锰的偏析,因而用锰合金化来获得全部珠光体组织会带来一些缺陷,因而采用不同的锰量和铜量来配合,获得不同的球铁性能。在球铁中最常用的合金元素是铜,铜是中等促进石墨元素,它能稳定奥氏体,提高奥氏体壳的稳定性,有利于得到圆整石墨。在共析转变时,铜显著细化和稳定珠光体,其促进珠光体的能力为锰的 3 倍。所以随着铜的增加,球铁中的石墨较为圆整。不同含锰量时铜对球铁性能的影响如图 2。

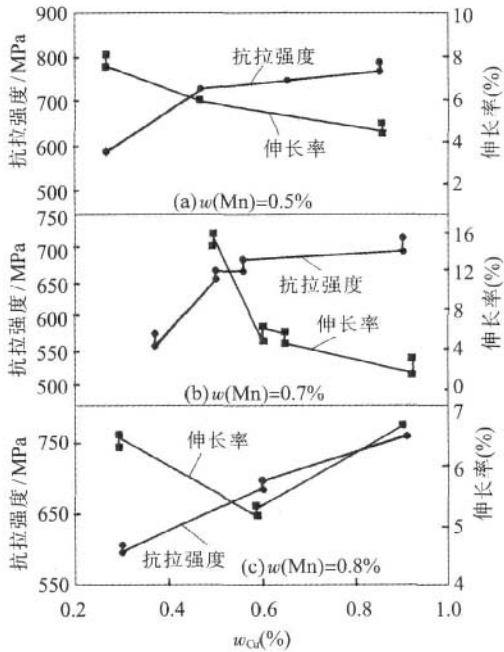


图 2 不同含锰量时铜对球铁性能的影响
Fig.2 Influence of Cu on properties of ductile iron under different Mn content

由图 2 可知,在锰含量一定时,随着铜含量增加,球墨铸铁的强度增加,伸长率下降;锰含量低时曲线斜率大,锰含量高时曲线斜率小,这意味着铜加入量少时影响较大。锰含量低时,曲线的斜率较大,变化速度快,说明铜形成和细化珠光体的能力强;锰含量高时,曲线的斜率小,变化速度慢,铜的作用减弱。铜促进和细化珠光体的能力与锰量有关,随锰量的增加而减弱,因此铜锰需要合适的配比。从图 2 可知,当锰质量分数为 0.50%,铜质量分数 0.88%时较适宜,其抗拉强度为 790 MPa,伸长率为 4.6%。

2.3 锰锡合金对球铁性能的影响

Sb 在共析转变范围内阻止铁素体从奥氏体

中析出,促进珠光体组织转变,并稳定珠光体。微量 Sb 与 Mn 复合添加可改善铸态强度,但锑有干扰石墨球化的作用。当锑质量分数大于 0.01%时明显使石墨形状变坏,故对球铁的含锑量要严格控制。锰锑合金对球铁性能影响的试验数据如表 1 所示,其相对应的曲线图如图 3。

表 1 锰锑合金对球铁性能的影响
Tab.1 Influence of Mn-Sb alloy on properties of ductile iron

Mn	Cu	Sb	σ_b / MPa	δ (%)	硬度 (HB)	珠光体含量 (%)
0.54		0.05	695.60	4.71	249.00	85.00
0.54		0.05	702.00	3.71	250.00	85.00
0.54	0.40	0.05	718.00	4.43	262.00	90.00
0.54	0.40	0.05	708.00	4.43	257.00	90.00
0.57		0.06	710.00	3.60	266.00	90.00
0.57		0.06	712.00	2.90	262.00	90.00
0.57	0.60	0.06	713.00	1.70	278.00	95.00
0.57	0.60	0.06	712.00	2.60	274.00	95.00

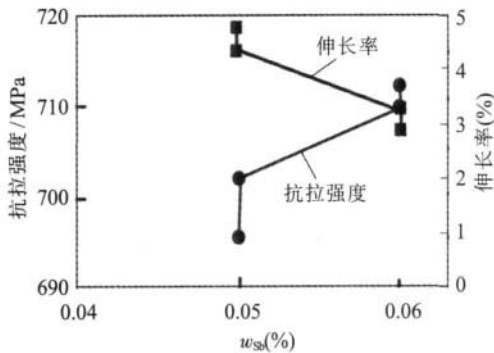


图 3 锰锑对球铁性能的影响
Fig.3 Influence of Mn-Sb on properties of ductile iron

从表 1、图 3 可看出,随着 Sb 含量增加,珠光体数量明显增加,抗拉强度、硬度增加,而伸长率下降。Sb 能显著地促进珠光体形成,这是铸态球铁强度提高的重要原因。在 704~583℃形成珠光体的温度范围内,Sb 元素在凝固时被吸附在石墨与金属的相界面上,如同隔膜形成障碍层,对碳原子穿过晶界向石墨晶体扩散产生阻碍作用,因而使石墨球径变小,珠光体数量增加^[10]。试验表明在不加入其他合金元素时,利用 Sb 促进珠光体的作用,铸态下可获得 QT700-3 牌号的高强度球墨铸铁。另外,由表 1 可知加铜后对伸长率的影响不大,因而在生产铸态珠光体球铁时,可用微量锑代替铜,在经济上更为合理。

3 结论

(1)球墨铸铁中加少量铜、锑能显著增加珠光体数量,促进石墨化、细化共晶团,增加石墨球数量,提高球铁的强度、硬度。

(2) 锰对力学性能的影响存在一个临界区间(Mn 的质量分数 0.8%~0.9%),低于该区间,球铁的塑性较高,延伸率可达 15.8%。

(3) 球铁加入质量分数 0.58%~0.60%Mn, 0.80.%Cu,可以获得高强度高塑性,铸态时抗拉强度达到 795~830 MPa,伸长率可达 5.5%~6.6%,硬度可达 270~283 HB。

(4)锑在球铁中能够显著地促进珠光体形成,在铸态高强度球铁生产中其合适质量分数约为 0.05%。在生产铸态珠光体球铁时,可用微量锑代替铜,在经济上更为合理。

参考文献:

[1] Misaka Yoshitaka, Kawasaki Kazuhiro, Komotori Jun. Fatigue strength of ferritic ductile cast iron hardened by super rapid induction heating and quenching [J].Materials Transactions,2004,45: 2930-2935.

[2] Sunada Hisakichi, Fukaura Kenzo. Relationship between microstructure and impact strength of ferritic ductile cast iron for cask use [J].Journal of the Society of Materials Science,1996, (45): 316-320.

[3] 程巨强,李少春.影响薄壁球墨铸铁白口倾向和石墨数量的因素分析[J].铸造技术,2007,(3):323-325.

[4] 王继明.稀土、铜、硅对高硅耐酸铸铁耐酸性和机械性能的影响[J].铸造技术,1989,(N23):8-10.

[5] 朱能山、孙元状、唐志刚.铸态 QT400-18 铁素体球铁的生产应用[J].铸造,2006,49(1):41-42.

[6] Bosnjak B, Radulovic B, Pop-Tonev K. Influence of micro-alloying and heat treatment on the kinetics of bainitic reaction in austempered ductile iron [J].Journal of Materials Engineering and Performance,2001,(10):203-211.

[7] Refaey A, Fatahalla N. Effect of microstructure on properties of ADI and low alloyed ductile iron [J].Journal of Materials Science,2003, (38):351-362.

[8] 周道光,金建平,郭大展,等. Mn-Cu 及 Mn-Cr 合金化对铸态球墨铸铁组织及性能的影响[J].铸造技术,1995(2):41-43.

[9] 李隆盛.铸造合金及熔炼[M].北京:机械工业出版社,1989.

[10] Li Zhenhua, Li Yanxiang. Effect of Sb on the graphite morphology and mechanical properties in heavy section ductile iron[J].Materials Science Forum, 2005,(5):2769-2772.