

Sb-Cr 低合金铸态珠光体球铁的研制

蔺 树 生^①

(中国农业大学机械工程学院)

摘 要 研究 Cr 和 Sb 对球铁组织和性能的影响。认为单独加入这 2 种元素不能保证铸态下使模数 37 mm 的铸铁达到 QT 600-3 性能,而通过 Sb-Cr 复合合金化可以达到此目的。原理分析表明 Sb-Cr 复合是较好的搭配。用推荐的加入量进行生产验证的结果表明效果良好。

关键词 铸态球铁;复合合金化;Sb-Cr 复合

分类号 TG 225

Development of Low Alloyed Sb-Cr As-Cast Ductile Iron

Lin Shusheng

(College of Machinery Engineering, CAU)

Abstract Based on the detailed investigation of the influence to microstructure and properties of ductile iron by Cr and Sb, it has been shown that neither Cr nor Sb promises a QT 600-3 property on module 37 mm castings expect Sb-Cr composite alloying. The analysis indicated that Cr and Sb are good couple in alloying. The as-cast QT 600-3 property can steadily reached by production testes.

Key words as-cast ductile iron; composite alloying; Sb-Cr composite

获得铸态珠光体球铁有多种方法,其中以合金化方法最简便。常用的合金元素有 Mn, Mo, Cr, Sb, Cu, Sn, Ni 等。其中 Cu, Ni, Mo 在促进珠光体生成时,对球化的干扰作用比较小,但其价格较高,常与 Sb, Sn 等复合使用以降低成本;而单独使用 Cr, Mn, Sn, Sb 会较大地提高铸件的脆性,因此多元素、小剂量的复合合金化是合金化方法的主要方向。笔者研究 Sb-Cr 的复合合金化,旨在以较低的成本生产铸态 QT 600-3 牌号断面较大的铸铁。

1 试验条件

本研究是针对模数为 37 mm 的铸件进行的。采用 50 mm Y 型试块,造型方式为普通湿型和冷却速度与模数 37 mm 铸件同的保温铸型。熔炼使用 2 排大间距 3 t 冷风冲天炉,出铁温度为 1 450 C。使用地方生铁,球化剂为 FeSiMg8RE5,采用包底冲入法。合金元素在小包加入。

2 试验内容

2.1 Cr 对组织和性能的影响

湿型时 Cr 对组织和性能的影响见表 1。保温铸型试样(以下简称本体)中 Cr 对组织和性

收稿日期:1999-06-16

①蔺树生,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)70 信箱,100083

能的影响见表 2。

表 1 Cr 对 50 mm Y 形试块组织和性能的影响

试件号	化学成分 $w/\%$			金相组织			力学性能	
	C	Si	Cr	$P/\%$	G 等级	G 大小	σ_b/MPa	$\delta/\%$
101	3.92	2.26	0.1	65	3	5~6	599	4.0
201	4.02	2.56	0.2	40	3~4	5~6	573	12.2
301	4.02	2.56	0.3	65	2~3	5~6	630	6.7

表 2 Cr 对本体组织和性能的影响

试件号	化学成分 $w/\%$			金相组织			力学性能	
	C	Si	Cr	$P/\%$	G 等级	G 大小	σ_b/MPa	$\delta/\%$
001	3.69	2.02	0.3	50	1~2	6	586	2.1
002	3.70	2.23	0.4	65	1~2	6	605	2.4
003	3.79	2.15	0.5	45	1~2	6	594	1.8

由表 1 和表 2 可知:少量 Cr 即能促进珠光体生成,使湿型试样达到 QT 600-3 性能;但在本体上,即使加入更多的 Cr,也无法达到 QT 600-3 的性能,主要体现在伸长率低。

2.2 Sb 对组织和性能的影响

湿型时 Sb 对组织和性能的影响,以及本体中 Sb 对组织和性能的影响分别见表 3 和表 4。

表 3 Sb 对 50 mm Y 型试块组织和性能的影响

试件号	化学成分 $w/\%$			金相组织			力学性能	
	C	Si	Sb	$P/\%$	G 等级	G 大小	σ_b/MPa	$\delta/\%$
04	4.08	2.61	2.50×10^{-2}	70	2~3	5~6	625	5.0
701	3.99	2.40	2.00×10^{-2}	80	2	6	637	5.5
702	3.99	2.65	2.00×10^{-2}	65	1	5~6	605	8.8

表 4 Sb 对本体试样组织和性能的影响

试件号	化学成分 $w/\%$			金相组织			力学性能	
	C	Si	Sb	$P/\%$	G 等级	G 大小	σ_b/MPa	$\delta/\%$
802	3.81	2.77	2.00×10^{-2}	45	3	6	518	11.4
902	3.70	2.32	2.00×10^{-2}	55	2~3	5~6	559	6.5

由表 3 和表 4 可知,单独加 Sb 可在湿型试样中获得 QT 600-3 性能,而在本体上 Sb 对改善珠光体组织和性能的作用大大降低,靠微量的 Sb 不易在本体上获得 QT 600-3 性能。

2.3 Sb-Cr 复合对组织和性能的影响

Sb 是强偏析元素,富集在石墨球与基体的界面。过多的 Sb 富集会降低铸铁塑性,大量的文献认为 Sb 在球铁中不宜超过 200×10^{-6} ,因而不能靠大量添 Sb 来获得 QT 600-3 性能。

Cr 是稳定碳化物的元素,大量添加 Cr 会导致晶间碳化物生成,降低塑性。现采用 Sb-Cr 复合合金化的方法使模数为 37 mm 的铸件在铸态下达到 QT 600-3 性能。

2.3.1 Sb-Cr 复合对本体性能的影响

考虑上述 $w(\text{Sb}) > 200 \times 10^{-6}$ 后对本体性能的影响, 选取 $w(\text{Sb}) = (150 \sim 200) \times 10^{-6}$, $w(\text{Cr}) = 0.1\% \sim 0.3\%$ 做本体试验, 结果见表 5 和图 1。

表 5 Sb-Cr 复合对本体组织和性能的影响

试件号	化学成分 $w/\%$		金相组织			力学性能	
	Cr	Sb	P/%	G 等级	G 大小	σ_s/MPa	$\delta/\%$
73	0.1	1.50×10^{-2}	75	2~3	6	637	4.7
74	0.2	1.50×10^{-2}	85	2	5~6	637	3.1
75	0.3	1.50×10^{-2}	95	1~2	6	668	4.0
76	0.1	2.00×10^{-2}	90	1~2	6	630	3.8
77	0.2	2.00×10^{-2}	90	2	6	675	4.4
78	0.3	2.00×10^{-2}	95	1~2	6	673	3.6

由表 5 和图 1 可知, $w(\text{Sb})$ 在 $(150 \sim 200) \times 10^{-6}$, $w(\text{Cr})$ 在 $0.1\% \sim 0.3\%$ 内都能保证本体达到 QT 600-3 性能要求。其中 $w(\text{Sb})$ 取下限时, $w(\text{Cr})$ 取上限; $w(\text{Sb})$ 取上限时, $w(\text{Cr})$ 取下限能较好地达到 QT 600-3 性能要求。

2.3.2 Sb-Cr 复合对石墨球化的影响

$w(\text{Cr}) = 0.2\%$ 时 Cr 对球化有破坏作用(图 2(a)); Sb 在微量范围内对球化起促进作用, 当 $w(\text{Cr}) = 0.3\%$ 时加入 Sb 使 $w(\text{Sb})$ 达到 200×10^{-6} 仍能获得良好的石墨形貌(图 2(b))。

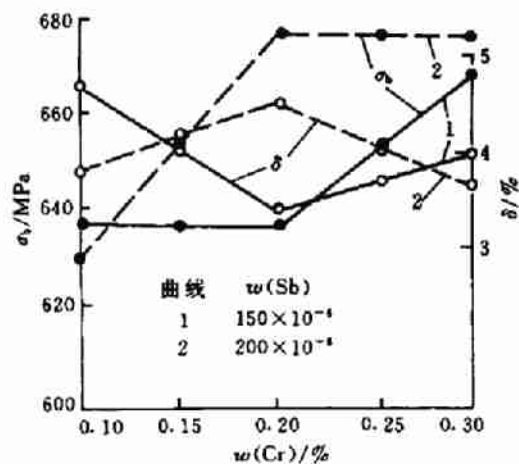
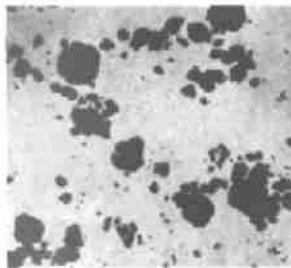
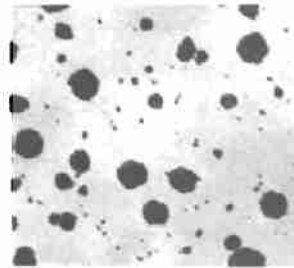


图 1 Sb-Cr 复合时本体的力学性能



(a) $w(\text{Cr}) = 0.2\%$



(b) $w(\text{Cr}) = 0.3\%$, $w(\text{Sb}) = 200 \times 10^{-6}$

图 2 Sb-Cr 复合对石墨球化的影响

3 生产验证

以 $w(\text{Sb}) = 200 \times 10^{-6}$, $w(\text{Cr}) = 0.1\%$ 的加入量使 Sb-Cr 复合合金化, 对模数为 37 mm 的铸件进行生产验证, 连续检测 14 炉次, 所得性能参数见表 6。

表6 生产验证结果

炉次	1	2	3	4	5	6	7
σ_b /MPa	665	667	635	650	662	663	652
δ /%	5.0	4.0	3.5	4.3	4.0	4.6	5.5
炉次	8	9	10	11	12	13	14
σ_b /MPa	700	655	650	650	680	655	624
δ /%	3.6	3.0	6.0	5.0	3.0	5.0	6.0

4 试验结果分析

单独加入Cr时,石墨球化等级较低;与Sb复合后,石墨球化等级提高。单独加入Cr和Sb在较大断面球铁中难以得到75%以上的珠光体基体,Sb-Cr复合时可以保证在较大断面球铁中得到75%以上珠光体,而且对塑性破坏作用没有叠加,从而保证在较大断面上稳定获得QT 600-3性能。

Sb与Ce和La等作用生成高熔点物质富集在石墨球与基体界面,形成强烈的富Sb偏析层,与Cr的弱偏析层复合在一起完整地包围石墨球,强烈阻碍碳向石墨球的扩散,使石墨球圆整,球径较小,这就增加了基体组织的含碳量,促进珠光体生成。Cr在共析转变时束缚了碳原子的扩散,使共析转变主要沿A→P进行,促进了珠光体的大量生成。Cr对铁素体的固溶强化和形成合金渗碳体又强化了组织,从而提高了强度。由于Sb主要靠割裂石墨球与基体的联系影响塑性,Cr主要靠形成碳化物影响塑性,二者对塑性的破坏没有叠加。Sb-Cr的复合由于合金加入量小,最终使铸件保持较高的伸长率,具有较好的综合性能。

5 结 论

1)Sb是强烈促进珠光体生成的元素,当有稀土存在时,能促进石墨球圆整,但对于模数为37mm的铸件,Sb加入量为 200×10^{-6} 时仍难以保证获得75%珠光体,不能达到QT 600-3的性能。

2)Cr能促进并稳定珠光体,但对石墨球化有破坏作用,对于模数为37mm的铸件,即使Cr的加入量为0.5%也不能获得75%珠光体,不能保证达到QT 600-3的性能。

3)采用Sb-Cr复合合金化能强烈促进珠光体生成,稳定珠光体,使模数为37mm铸件获得75%以上珠光体,达到QT 600-3的性能。

4)Cr对石墨球化的破坏作用在强化孕育和有Sb加入时得到减弱。当Sb加入量达到 350×10^{-6} 时,添加Cr使 $w(\text{Cr})=0.2\%$ 球化仍良好。

5)生产验证表明,采用本文推荐的Sb-Cr复合合金化工艺,可在实际生产条件下稳定生产模数为37mm的铸态性能达到QT 600-3要求的铸件。

参 考 文 献

- 1 王冬生,柳百成,芮争家,等.铸态珠光体球铁QT 800-2的研究.铸造,1989(6):17~21