

热处理态 $\phi 46\text{mm}$ 灰铸铁水平连铸棒材的成份组织及性能研究

西安交通大学 陆文华 李文学 武宏强
陕西机械学院 甘 雨 王贻青

【摘要】 铸态下表层有一定数量白口的 $\phi 46\text{mm}$ 灰铁水平连铸棒（以下简称连铸棒材）经过热处理去除白口后，组织为极发达的树枝状枝晶加枝晶间分布的点状石墨，棒材中心偶尔存在极少量A型石墨，退火态的基体全为铁素体，正火态基体中则有少量网状珠光体存在。热处理态连铸棒材具有高强度低硬度的特点，其中心抗拉强度可较同成份的砂型铸造试棒高出60~150MPa，但最高硬度仅为HB190左右。此外，连铸棒材还具有非常优异的耐压气密性及高的弹性模量。

关键词： 热处理 灰铸铁 水平连铸棒材

Studies on the Relations of Chemical Composition Micro-Structure
and Properties of Annealed Round $\phi 46\text{mm}$ Grey Cast Iron Dense Bars

Lu Wenhua, Li Wenxue, Wu Hongqiang

(Xian Jiaotong University)

Gan Yu, Wang Yiqing

(Shanxi Institute of Mechanical Engineering)

Abstract

The structure of the round $\phi 46\text{mm}$ grey cast iron dense bar consists of considerable well developed primary dendrite and very fine dot-form graphite on eutectic zone and some millimeter of chill surface. Only a little amount type A graphite exists in the centre of the bars. So that the annealing treatment is necessary to eliminate the chill surface. By following again the annealing and normalizing treatments fully ferritic and ferrite plus little pearlite network matrixes obtained respectively. Treated bars possess high tensile strength with a relative low hardness. Its tensile strength is about 60~150 MPa higher than that of sand mold cast bars with the same diameter and composition.

一、引言

对不同直径的水平连铸棒材进行研究[1]表明，采用适宜的工艺措施，生产 $\phi 46\sim\phi 120\text{mm}$ 的铸态下无白口的连铸棒材是完全可能的。但实践证明，要使小直径连铸棒材（如 $\phi 46\text{mm}$ ），在铸态下得到无白口的组织，工艺上要比生产大直径棒材严格得多。实验中发现，若将表层带有白口的棒材退火后，可得到非常好的综合性能，而且体现着高强度兼低硬度的特

点，因而相对于铸态连铸棒材，热处理态的棒材可以满足另一种工况即高强度低硬度的要求。

我们针对 $\phi 46\text{mm}$ 连铸棒材的具体要求（用户要求 $\sigma_b \geq 250\text{Mpa}$, HB150，全铁素体基体），采用了连铸后进行退火或正火的处理（铸态时则有意识地保留一定程度白口组织），并对其成份，组织及性能进行了仔细的研究。

二、试验方案

由于棒径小，故通过改变CE值及Si/C来研究成

份变化对性能的影响。铁水出炉温度不低于1550℃,炉前用0.4%75SiFe孕育,孕育后立即将铁水倾入保温炉。棒材是在自制的水平连铸实验机上生产的。

铸态连铸材均经920℃保温2小时高温石墨化处理,然后以空冷(正火)或炉冷(退火)方式冷却。

测定了连铸棒材中心部位的抗拉强度、弹性模量及硬度,同时用浮力法测定了密度,用文献[2]所述的方法测定了连铸棒材的耐压气密性。试样壁厚为mm。加压后出现第一点渗漏(点渗)、大面积渗漏

(周渗)和爆裂三个临界点的油压数值中,以点渗或周渗的压力值来衡量材料耐压气密性的好坏。

三、试验结果及分析

1. 成份

设计成份的变化范围为CE=3.7~4.7%, Si/C=0.65~1.5。试样实测化学成份及性能见表1、表2。

表1 热处理态 $\phi 46\text{mm}$ 连铸棒实际分析化学成分及其中心的组织性能

编号	化 学 成 分		退 火		正 火		石 墨	正 火 基 体
	CE(%)	Si/C	σ_r (MPa)	HB	σ_r (MPa)	HB		
102	4.18	0.94	288.6	153	309.3	175	5%粗点状(30 μ)+95%细点状石墨(40 μ)	15%P,网状
103	4.47	0.83	306.7	149	310.9	162	10%粗点状(<20)+细点状石墨(40 μ)	5%P,断网
105	4.25	0.83	—	—	253.3	16	5%A(40 μ)+点状石墨(<15 μ)	15~20%P,网状
107	4.47	0.78	—	—	277.2	164	5%A(40 μ)+点状石墨(<15 μ)	10%P,断网
108	4.38	0.90	—	—	242.4	159	20%A(<80 μ)+点状石墨(<15 μ)	15~20%P,网状
109	4.46	0.65	—	—	312.1	174	100%细点状石墨(<5 μ)	15%P,网状
110	4.54	1.00	—	—	288.6	162	2%A(40 μ)+点状石墨(<10 μ)	5%P,断网
111	4.44	0.78	213.4	140	234.5	145	20%A(<80 μ)+点状石墨(<10 μ)	5~10%P,断网
112	4.27	0.72	253.7	137	262.0	146	10%A(<40 μ)+点状石墨(<15 μ)	"
113	4.32	0.79	273.9	146	280.3	150	10%A(40 μ)+点状石墨(<15 μ)	5%P,断网
114	4.15	0.78	302.8	151	308	161	5%团状石墨+点状石墨(<10 μ)	10%P,分散在团C区域
115-1	4.63	1.06	232.2	157	263	177	2%A(<60 μ)+点状石墨(<10 μ)	10~15%P,网状
118-1	3.86	0.94	—	—	370.5	241	—	—
118-2	3.73	1.15	—	—	279.8	182	1~5%团状石墨+点状石墨(<10 μ)	30%P,网状

表2 砂型试棒实际分析化学成分

编号	直 径 (mm)	化 学 成 分 (%)			CE (%)	Si/C
		C	Si	Mn		
1	30	3.10	2.50	0.94	4.07	0.94
2	46	3.41	2.34	1.32	4.16	0.66
3	46	3.28	2.31	1.31	4.05	0.70
4	80	3.36	3.00	0.96	4.36	0.89

2. 显微组织

(1)石墨: $\phi 46\text{mm}$ 连铸棒材的冷却速度很高,加上有意识地允许表面存在一些白口,因而 $\phi 46\text{mm}$ 棒材的铸态组织为:

表层: 麻口或白口组织;

1/2半径处: 极细点状石墨+基体;

中心: 细点状石墨+少量A型石墨+基体。

经高温石墨化处理后,以105号铸棒(正火)的组织为例,其基体组织及石墨的类型和分布见图1。可见整个断面上石墨呈均匀细小的点状在枝晶间分布。

(2)基体: 基体由大量非常发达的初生奥氏体树枝晶与共晶奥氏体的转变产物组成。

在退火条件下,基体由百分之百的铁素体组成。正火条件下,基体中有部分珠光体,且均呈网状或断

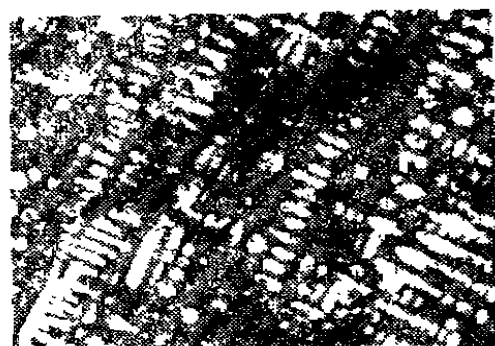


图1 105号连铸棒材1/2半径处的金相组织,正火态,40%硝酸酒精腐蚀,100 \times

网状分布(图1)。

3. 抗拉强度与硬度

抗拉性能试棒取自连铸棒材的最薄弱环节——心部,硬度在棒材切片上测量。

用来对比的砂型铸造试棒的性能数据引自文献[8]。

(1)抗拉强度——硬度关系

试验中统计了 σ_b —HB关系,如图2所示,通过计算机拟合得相关方程式为:

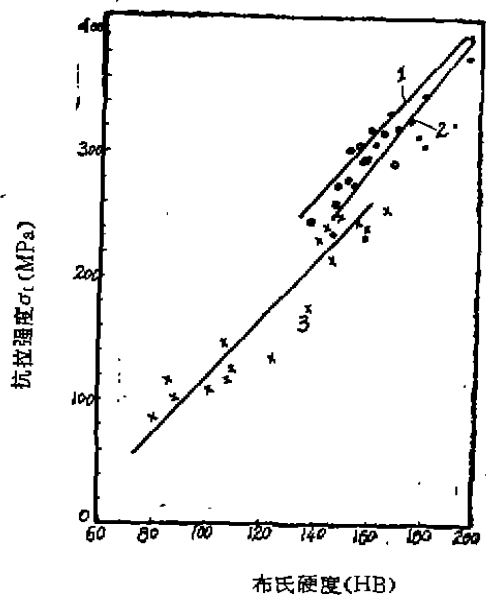


图 2 抗拉强度与硬度的关系

1—退火；2—正火；3—砂型；成份范围CE3.5~4.7%。连铸退火 $\phi 46$ mm中心；•连铸正火 $\phi 46$ mm中心；×砂型 $\phi 30$ mm铸态毛坯

平连铸，退火态： $\sigma_b = 0.2488 \text{ HB}$
— 83.43(MPa)

水平连铸，正火态： $\sigma_b = 0.2724 \text{ HB}$
— 143.27(MPa)

砂型铸造，铸态： $\sigma_b = 0.2353 \text{ HB}$
— 116.48(MPa)

从图 2 可见，①三种条件下都能很好地拟合成直线关系，强度随硬度的增加而提高，但增加的速度有所不同。总的来说，正火态及退火态二者的强度及硬度差别不大；②连铸棒材的抗拉强度大大高于砂型铸造的圆棒，但在相同强度时，连铸棒材的硬度则相对较低。因此，相对于砂型铸造试棒，连铸棒材具有高得多的强度及相对较低的硬度，这点决定了连铸棒有良好的机加工性能。

(2) 成份对性能的影响

碳当量对抗拉强度的影响示于图 3。

①在整个碳当量范围内，灰铸铁连铸棒材的抗拉强度远远大于砂型铸造棒材，高出约 60~150MPa；② $\phi 46$ mm 连铸棒材的抗拉强度随碳当量变化，存在一个峰值，即存在一个能达到最高强度的最佳碳当量范围，范围是 4.0~4.2%；③在试验的碳当量范围内，连铸棒材的抗拉强度均高于 220MPa。当碳当量在 3.8~4.25% 范围内时，连铸棒材的抗拉强度达到 300MPa 以上；当碳当量在 4.25~4.45% 区段，性能仍可达到 HT250 的水平。

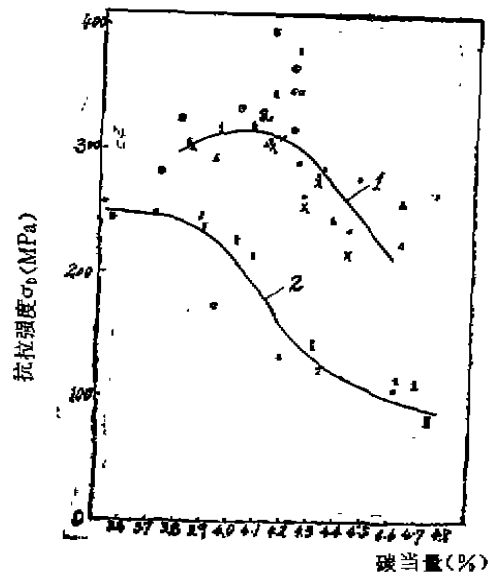


图 3 碳当量对抗拉强度的影响连铸砂型
(1—连铸；2—砂型[4])

Si/C 对抗拉强度的影响可统计成如图 4 的直线关系。可见，针对本试验条件，Si/C 是提高强度的一个有力因素。

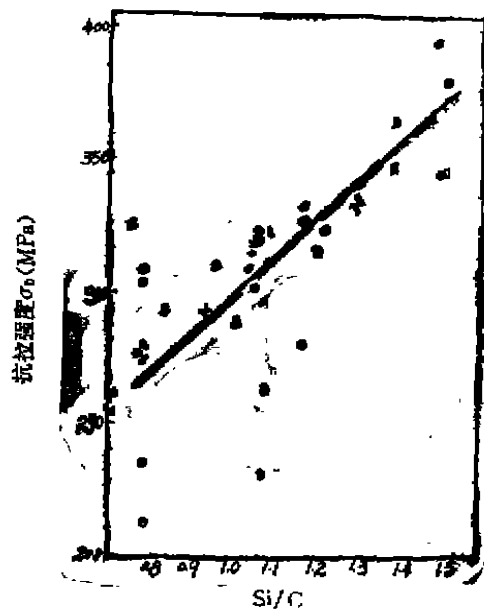


图 4 Si/C 抗拉强度的关系

图 5 及图 6 分别表示碳当量和 Si/C 对连铸棒材布氏硬度的影响。连铸棒材的硬度值平均高出砂型的 HB30 (碳当量相同时)。

(3) 组织对性能的影响

图 7 说明了心部组织中存在少量 A 型石墨时，组

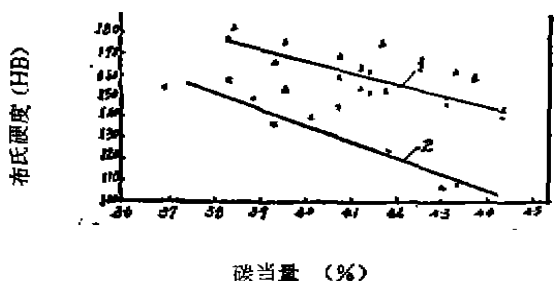


图 5 碳当量对布氏硬度的影响
(1—连铸棒材, $\phi 46\text{mm}$; 2—砂型试样, $\phi 30\text{mm}$)

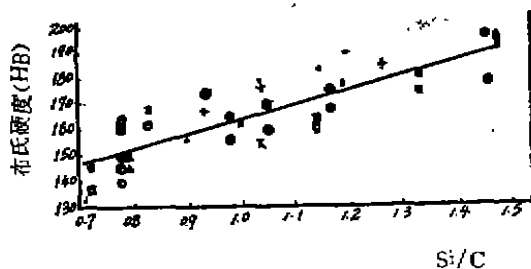


图 6 Si/C 对布氏硬度的影响

织对抗拉强度的影响。随 A 型石墨增多, 连铸棒材的抗拉强度直线下降。但 A 型石墨的多少基本上不影响棒材的硬度。

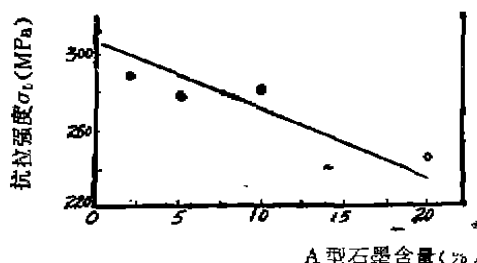


图 7 连铸棒材中心 A 型石墨对强度的影响
(连铸棒材 $\phi 46\text{mm}$ 正火, CE, 4.32~4.47%, Si/C: 0.78~1.00)

4. 弹性模量

表 3 列出了连铸棒材及砂型铸造试棒的弹性模量。

表 3 弹性模量

编 号	1	102
状 态	$\phi 30\text{mm}$ 砂型棒 (铸态)	正 火
成 份	CE=4.07% Si/C=0.94	CE=4.18% Si/C=0.94
$\sigma_b(\text{MPa})$	250	320
E(N/cm ²)	1.0527×10^7	1.3826×10^7

《铸造》1989.4

5. 致密度及耐压气密性

耐压气密性试验数据见表 4

表 4 耐压气密性试验结果 (压力单位, MPa)

条 件	状 态	编 号	点渗压力	周渗压力	爆 破 压 力
砂型铸造	铸态	2	14.0	24.0	33.0
		8	16.0	23.0	30.0
		4	10.0	18.0	21.0
水平连铸	正火	107—9	—	—	35.0
		107—14	—	—	33.0
		105	—	—	42.0
	铸态	102	—	—	41.0
		105	—	—	至 44.0 无爆无漏

试验时连铸棒材试样自始至终无任何渗漏, 直到爆裂。曾对 107 号连铸棒材试样在 30MPa 压力下保持 1 小时, 仍未发现任何渗漏。

曾对耐压气密性试样做了正切面微观分析, 结果如图 8 及图 9。图 8 为砂型铸造试样的, 可明显看到



图 8 砂型铸造油压试样正切面金相照片 未腐蚀 100×



图 9 连铸棒材油压试样正切面金相照片 未腐蚀 100×
油沿石墨片渗漏的痕迹, 出现了石墨片之间油路搭接, 图 9 为连铸棒材的耐压气密性试样正切面照片,

高温潮湿天气对冲天炉铁水质量的不良影响和预防措施

浙江桐庐阀门厂 张伯良

【提要】 高温天气迫使冲天炉供风增加，潮湿的空气送入炉内恶化了炉内气氛，导致铁水吸气，温度降低，使增碳缓慢，脱碳增加以及合金元素烧损严重等不良后果发生。提出的预防措施是，加大供风量，增加焦耗，供风中加入氧气，加深炉缸和开渣口操作，空气除湿处理以及强化炉料管理等。

关键词：冲天炉 供风湿度

一、前言

统计发现，中国长江以南地区的多数铸铁厂4—9月，尤其是“黄梅”雨季，其生产的铸铁件废品率比别的季节高5%左右。铸件缺陷主要表现为气孔、冷隔、缩裂及球化不良等。这与气温高、雨水多空气湿度大使冲天炉铁水质量下降有关。

二、影响冲天炉铁水质量的因素分析

1. 气温的影响

根据理论计算〔1〕，在0℃，1个大气压下，一台

由于其组织细小，石墨呈点状，没有发现任何油路通道。因此，可以认为连铸棒材组织中石墨细小是其耐压气密性优异的主要原因。当然，连铸棒材具有如此好的耐压气密性也必定是由于棒材具有较高的密度，由表5的数据可得到证实。在成份相近的条件下，连铸棒材的密度大致比砂型铸造试样的高0.1g/cm³。

表5 密度(g/cm³)

编 号	102	103	2 (砂型)	8 (砂型)
密 度	7.230	7.141	7.075	7.140
CE(%)	4.18	4.47	4.2	4.05

四、结 论

1. 热处理态连铸棒材的主要金相组织为非常发

3t/h的冲天炉所需的风量为36.36标米³/分钟。而送风量与风温呈正比(设气压不变)，当风温达35℃时，上述冲天炉的送风量应为41.33标米³/分钟。显然加大了风量12.8%，否则，就会出现风量不足而使铁水温度下降。

2. 供风湿度的影响

有资料介绍〔2〕，冲天炉供风湿度宜限制在4—7克/米³。而江南地区夏季黄梅天气下，空气湿度在20克/米³以上。过高的湿度会增加热量消耗、影响熔化率和使铁水吸气。

达的初生奥氏体树枝晶(或其共析转变产物)加呈枝晶间分布的点状石墨，仅棒材中心区域不同程度地存在着少量A型石墨。

2. 灰铸铁连铸棒材具有较高的抗拉强度、高的弹性模量及相对较低的硬度。

3. 连铸棒材具有优异的耐压气密性。

4. 组织中存在少量珠光体对强度性能反而不利，对硬度则影响不大。

参 考 文 献

- 1 李文学，水平连续铸造灰铸铁棒材成分、组织及性能之间关系的研究，西安交通大学硕士学位论文，1988
- 2 侯大虎，水平连铸铸铁棒材的工艺过程的研究，陕西机械学院硕士学位论文，1987
- 3 吕一力，灰铁中初生奥氏体对共晶凝固组织和性能的影响，陕西机械学院硕士学位论文，1984

(编辑：王惠惠)

《铸造》1989.4