

# 钒钛对高碳当量灰铸铁作用规律的研究

西安交通大学 陆文华  
洛阳拖拉机厂 张科峰

In this paper the effect of V and Ti on the properties and microstructure of gray iron with high carbon equivalent was investigated. It was showed that the tensile strength and the hardness of gray iron was increased with increased in V and Ti content, if the Ti content was increased to 0.2%, the D type graphite was discovered and the tensile strength of the iron was increased significantly. The reasons of increasing strength of gray iron by adding V and Ti were: (1) strength matrix, (2) increasing the amount of pearlite and making its structure fine, (3) thinning the graphite and increasing the amount of primary austenite.

## 一、前言

随着现代工业技术的不断发展和市场的激烈竞争,国内外机械产品不断更新换代,采用优质高强度铸铁制造重要零件,近三十年来国外铸件壁厚和重量也就至少减少1/3以上<sup>[1]</sup>。

现代孕育铸铁要求采用高碳当量铁水生产,而对灰铸铁进行低合金化处理是得到高强度铸铁的有效措施,对一般工厂也较为适用。由于我国钒钛生铁分布较广,从东北、华北到西南都有分布<sup>[2]</sup>,如果能利用部分钒钛生铁来生产高强度灰铸铁,这将对进一步降低成本、充分利用天然资源具有重要意义。

## 二、实验条件

实验用本溪生铁和攀枝花钒钛生铁(含V 0.43、Ti 0.19%),以150及10kg中频炉熔炼,铁水过热1500℃,出铁温度1450℃,用0.3%稀土硅铁孕育后,浇注 $\phi 30 \times 20$ mm单铸抗拉试棒(湿型),截其下部10mm作硬度测定和金相分析。

## 三、结果与分析

实验中首先考查了在一定V/Ti比( $\approx 2$ )条件下V、Ti对灰铸铁的作用规律,然后考察它们各自的作用,计设的 $C_E$ 为4.1%。

### 1. V/Ti比一定时的作用

本校83级学生原向东参加了部分工作

实验的V从0~0.30和Ti从0~0.15%变化,它们对 $\sigma_b$ 和HB的作用规律如图1示。可以看出,随V、Ti含量增加,二者均呈直线上升,每增加0.1%V(相应增加0.05%Ti), $\sigma_b$ 提高0.3~3 kg/mm<sup>2</sup>,HB提高6~28。说明合金元素V和Ti的加入,是提高铸铁机械性能的有效措施。

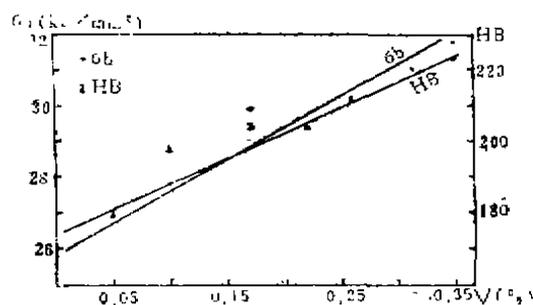


图1

V、Ti明显影响石墨形态和尺寸,如图2示,可知随着V、Ti含量的增加,石墨尺寸减小,且A型石墨减少,D、E型石墨增多。



a. V 0.05, Ti 0.025%      b. V 0.35, Ti 0.17%

图2  $\times 100$

由于本实验条件下无合金时珠光体含量

已很高,所以V、Ti增加珠光体含量的作用不明显(本应是随之增加),但却使珠光体细化、索氏体增多(图3),与此同时,白口倾向有所增加。

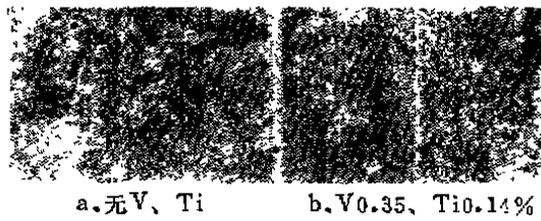


图3 ×500

## 2. V、Ti各自的影响(V/Ti变化)

V、Ti在铸铁中各自所起的作用尚不清楚,为此固定其中之一元素而改变另一元素含量进行了考察。V量变化为0.05、0.15、0.25%,以钒铁生铁调整;Ti量变化为0.1、0.2、0.3%,以钛铁调整。

图4是V、Ti对硬度和强度的作用。可见,在V量一定时,每增加0.1%Ti,HB可提高11。但含V量不同时,Ti对硬度提高的程度并不一样,在含V量低时Ti的作用较大(如前述对硬度的提高是在V含量为0.05%时),但随含V量增加而逐渐减小(V0.25%时,每增加0.1%Ti仅提高1~2HB)。在Ti量一定时,V也增加硬度,每增加0.1%V,硬度可提高15~24HB,可见V对硬度的提高程度大于Ti。

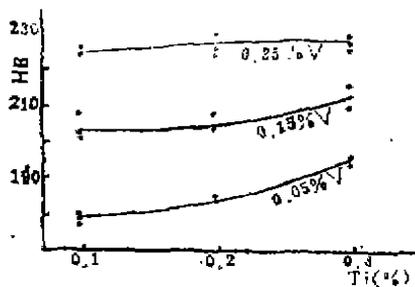


图4

V、Ti对强度的作用如图5。可见V量的增加使 $\sigma_b$ 提高,而且在Ti量较低时的提高尤多。Ti对强度也有较大的影响(但文献<sup>[3]</sup>认为作用不大),特别是Ti从0.1增加到0.2%时, $\sigma_b$ 提高得很多,在V量很低(0.05%)时可提高6 kg/mm<sup>2</sup>;在V量0.15和0.25%时

可提高3 kg/mm<sup>2</sup>左右。但当Ti由0.2增至0.3%时,强度的变化较小。

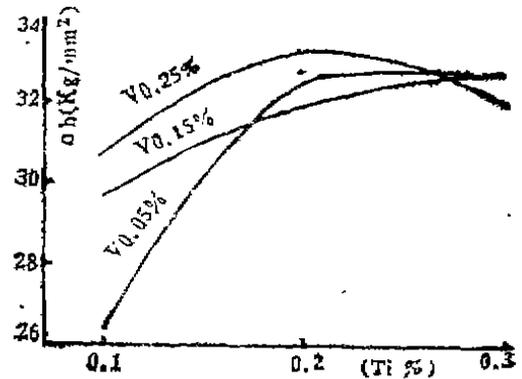


图5

V促使珠光体量增加,但对石墨的影响则是在Ti量低时增加D、E型石墨组织,而当Ti为0.2或0.3%时又抑止D型石墨的形成。Ti对铸铁组织的影响很大,当Ti量为0.2%时,强烈促进D型石墨形成,使石墨几乎全为D、E型,此时珠光体量也下降至70%(如图6)。当Ti大于0.2%后,形成D型石墨倾向略有减小,珠光体量也有所回升。



图6 V0.05、Ti0.2% ×100

通过分析组织和性能对应关系,可知当大量D型石墨出现时, $\sigma_b$ 都很高。按传统观点不希望D型石墨出现,因为总是有铁素体伴生而于提高强度不利,但文献<sup>[4]</sup>持不同观点,文献<sup>[5]</sup>也指出,D型石墨含量超过一定值时增多,使强度升高。由此可见,D型石在铸铁中的作用还需重新认识,但如果我们能采取有效措施,在出现大量D型石墨的同时又能增加珠光体含量,无疑将使强度有更大的提高。

## 四、钒钛的作用原因

V、Ti加入于灰铸铁中可以改善其组织和性能,但它们的作用规律不同,这归结于它们各自的特性,这些特性便有可能决定它

们的作用机理不同。

1.V

按照晶格类型和原子直径的比例(V与 $\alpha$ -Fe均为体心立方,且原子半径相对差<15%),理论上在室温下,V可以无限固溶于 $\alpha$ -Fe中。但V是最强烈的碳化物形成元素之一,在铸铁中大多数以碳化物形式存在,只有少部分溶解于基体中(约为1/3<sup>[10]</sup>)。尽管如此,V在基体中的固溶必然产生强化作用,由表1可见,随V量增加基体的显微硬度提高,因而提高了铸铁的机械性能。

表1

合金含量(%)		HM(显微硬度)	
V	Ti	F	P
0.05	0.075	151	206
0.14	0.09	159	222
0.4	0.098		232

注:HM为5点平均值

V加入铸铁中明显提高介稳定系和降低稳定系的共晶平衡温度(图7<sup>[11]</sup>),因此表现了强烈的反石墨化作用,减小石墨尺寸,增加珠光体含量,从而提高铸铁的强度和硬度。

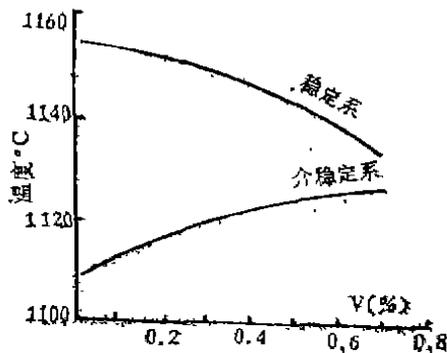


图7

在一般铸造条件下,初生奥氏体枝晶的显示困难,对此的研究也就较少。笔者用碱性苦味酸钠着色腐蚀观察了V对初生奥氏体树枝晶数量的影响(表2)取得满意效果,可以看到随V量增加初生奥氏体枝晶数不断增加。

表2

合金含量(%)		初生奥氏体数量(%)
V	Ti	
0.05	0.075	13.1
0.14	0.09	22.2
0.4	0.098	28.19

注: C<sub>E</sub>为4.0%、Si/C为0.8。

2.Ti

由Fe-Ti相图可知,Ti与Fe在高温时的互溶,Ti最大溶解度大约只为9%,尤其在铁素体中的溶解度随温降的变化较大,如在500℃时仅约为1%,室温下则更小,这是由Ti的晶体结构(室温下为密排六方晶格)和原子半径(与Fe的原子半径相对差>15%)所决定的。由于Ti在铸铁中的溶解度有限(如含Ti0.2%灰铁,基体中约只有0.03%Ti固溶),因此其固溶强化作用便不如V强烈,即小得多(见表3Ti对基体显微硬度的影响)。

表3

合金含量(%)		HM	
V	Ti	F	P
0.05	0.075	151	206
<0.03	0.19	147	196
<0.03	0.28	150	210

注: Si/C为0.8

表4

合金含量(%)		初生奥氏体数量(%)
V	Ti	
0.05	0.075	13.1
<0.03	0.19	30.0
<0.03	0.28	27.3

注: Si/C为0.8

Ti对铸铁组织有很大的影响,表现为细化石墨,增加D、E型石墨数量,有利于强

度提高,但由于D型石墨周围常有铁素体伴生而又于提高强度不利。另外, Ti对初生奥氏体也有明显的影响(见表4),即促使初生奥氏体数量增加,在Ti含量为0.2%时这种作用最著,因而提高了铸铁的机械性能。

### 3. V和Ti的共同作用

当V和Ti共同对铸铁进行作用时,由于它们各自作用的迭加,因而对铸铁的影响将更为有利,如表5可见,随V、Ti量增加,显微硬度不断提高的同时,初生奥氏体数量也明显增加。

## 五、结论

1. V、Ti能有效地改善灰铸铁组织和提高机械性能,两者均使强度提高,在Ti为0.2%时提高得很多,并且强烈促进D型石墨形成;在对硬度的提高方面,V的作用大于Ti。V和Ti促使机械性能提高,是由于它们的固溶强化作用、细化石墨以及细化和增加珠光体、增加初生奥氏体数量。

2. 根据试验,在制备高碳当量高强度灰铸铁时,V、Ti含量分别以0.15~0.25及0.1~0.15%为宜,可使组织和性能皆得到好的改善。

表5

合金含量(%)		HM		初生奥氏体 数量(%)
V	Ti	F	P	
		172	217	16.51
<0.03	0.055	179	229	
0.095	0.04	187	223	
0.17	0.065		234	21.63
0.22	0.06		240	
0.26	0.075		241	
0.35	0.065		240	32.4

注: Si/C为0.8

## 参考文献

- [1] 《现代铸铁》1983 3 P14
- [2] 田长新《钒钛球墨铸铁》四川科技出版社 1979
- [3] 《Foundry Trade Journal》April 26 1979 P890
- [4] 《Solidification Technology》1972 Session 1 2 P15~52
- [5] 《西安公路学院科技报告》1985 11 P1
- [6] 周定远“合金元素在铸铁中的作用”1985
- [7] 《British Foundryman》1982 Vol175 Aug P134

## 球化、反球化和再球化元素的特点及其在球铁中的显微分布

合肥工业大学 朱上金 高景艳

Character of electronic structure of atom of nodularizing and inverse nodularizing element and their position on periodic table have been stated in this paper, and their effect in ductile iron and micro distribution have been analysed. Finally the author discusses some problems, i.e. new phase forming rich nodularizing element, the character of nodularizing element and its micro distribution.

研究球化元素、反球化元素的特点与行为是当前球铁生产的一个重要问题。Mg、Ce和Y三种球化元素已得到广泛应用,还有镧族元素(稀土元素)、铜族元素和碱土元素等30余种元素都能不同程度地使石墨球化,有

近20余种元素具有反球化的作用,还有些元素可以使衰退了(或者变异了)的石墨重新球化,即所谓的再球化元素。本文对这些元素的特点及其在球铁中的显微分布作了研究。