

(8) 32-34, 621

钢 微合金化 钒微合金化的低合金高强钢

钒 低合金
高强度

本钢连轧厂 王守贵

TG42-13

〔摘要〕发展钒合金化的低合金高强度热轧钢板,符合我国的资源条件,具有良好的推广应用前景。钢板轧后控冷过程中析出的碳氮化钒,起沉淀强化作用,中等冷却速度析出的粒子是改善性能的关键。合理进行成分微调和控制热轧工艺是提高钢板质量的重要措施。

1 前言

低合金高强度钢是经济建设需求量最大的一类钢种。1992年这类钢的产量已达到1308.8万吨,占钢材总量的16.2%,为适应经济发展的需要,在提高产量的同时,要大力开发新钢种,提高钢材质量。近几年,用钒、铌、钛进行微合金化的方法来增加品种和提高钢材性能,得到了迅速地发展。我国钒钛资源丰富,利用这些元素改进已有产品的质量和不断开发市场所需要的新产品,已

成为我国低合金钢发展的方向。

钒作为一种合金元素在钢中应用已有多年的历史,但作为微合金元素在钢中大量应用,却是80年代和90年代发展起来的,研究和讨论钒微合金化的低合金高强钢具有重要的意义。

2 含钒低合金钢的发展

从80年代开始,我国陆续开发研制了一系列的含钒钢种,如表1^{〔1〕}所示。

表1

序号	钢 种	产 量 (万 吨)				用 途	产 地
		91年	92年	93年	合 计		
1	20-45MnV	18.30	14.85	17.24	50.39	钢筋、出口方钢	攀钢、首钢、承钢
2	20-45MnSiV	0.79	8.31	6.55	23.65	钢 筋	首钢、承钢
3	09V	4.26	4.02	9.57	17.85	火车大梁	攀 钢
4	34Mn2V	2.72	4.68	7.07	14.47	氧 气 瓶	攀钢、宝钢
5	含V重轨		1.42	10.03	11.45	钢 轨	攀 钢
6	55SiMnVB	3.00	5.30	3.09	11.39	汽车弹簧	大冶、新疆
7	09SiV(L)	3.58	2.49	3.73	9.80	汽车大梁	上 三
8	41MnV5		7.30		7.30	油 大 管	宝 钢
9	15MnV(N)16MnVR	0.96	1.84	3.35	6.15	容 器	重钢、舞钢、太钢
10	20-40MnVB	2.58	1.36	0.86	4.80	汽车零件、齿轮	大冶、齐钢
11	12-35CrMoV	1.36	1.81	0.54	3.71	高压锅炉管	上五、宝钢、首钢
12	HG60(70)(80)	0.24	1.34	1.49	3.07	焊接高强部件	武 钢
13	08CuPVRe	1.11	0.47	0.70	2.28	火车车箱	鞍 钢
14	35-49MnVS	0.35	0.40	0.72	1.47	汽车用钢	大连、上五
15	14ML 15MnVB	0.26	0.64	0.45	1.38	铆 螺 钢	太钢、首钢
16	CF ₆ V	0.25	0.25	0.25	0.75	容 器 钢	武 钢

从表1可看出,生产量最大的钢是(20-45)MnV,次之为(20-45)MnSiV。含钒钢主要用在建筑、交通、能源三个产业上。建筑用钢大约70万吨,交通用钢56万吨,能源用钢35万吨,分别占总量的38%、30.4%和18.9%。钒钢板材为37.36万吨,占总量的20%左右。

我国钒的蕴藏量十分丰富,使我国的含钒钢近几年有了很大发展。含钒钢目前主要用在钢轨、车箱、容器、汽车制造和建筑等部门。特别是钢轨用钢,含钒钢钢轨承载力大、耐磨性好,含钒钢钢筋屈服强度大幅度提高,可达到400~4240MPa,达到Ⅲ级水平,改变了我国建筑用钢筋仍停留在Ⅱ级水平的现状。随着对钒在钢中作用机理和钒钢生产应用的研究,今后我国含钒钢产量、品种和质量都会有很大提高。近年来国内外又广泛地开展了钒加铌和钒加钛等复合微合金化钢的研究。这类钢的含铌量大都控制在0.02~0.06%,含钛量在0.10%左右,钒含量在0.04~0.10%。武钢的CF6V钢(0.03~0.06%V、(0.01~0.02%)Ti,宝钢的12CrMoWVTiB(102)钢,用来制作在600~620℃工作的锅炉过热器和再热器管,对低碳贝氏体钢(0.055%V、0.025%Ti)也进行了广泛的研究试制。重庆钢铁公司研究出铌钒微合金化(V+Nb≤0.15%)的中厚板,取得良好的效果。武钢研制并生产了含铌和钒的高强度焊接结构钢HG60(0.02~0.06%Nb,0.03~0.08%V), σ_b 可达到570~700MPa, $\delta_5 \geq 20\%$,并正在研制铌钒微合金化的HG70和HG80钢。

总之,含钒钢以及复合微合金化的钒+铌和钒+钛的低合金高强钢,正日益得到飞快的发展。

3 钒在钢中的作用

在低合金高强度钢中,钒是主要的强化元素之一,它固溶于奥氏体中起固溶强化作

用,并以细小的VN、VC、V(CN)的形式析出,起沉淀强化的作用。也能在一定的程度上细化晶粒,有细晶强化的作用。但过多的钒能形成大块碳化物,而起相反作用。试验证明含钒量控制在0.04~0.12%为宜。

钢奥氏体化之后,钒几乎完全溶解在固溶体中,钒仅作为单个元素来影响奥氏体向铁素体转变的。由于碳化钒(V_4C_3)有较高的溶解度,在一般的常化处理,即可沉淀出来。钒与铌不同,铌在常化处理,仅使晶粒细化,而钒既能使晶粒细化,又能产生沉淀强化,在常化温度下,钒的溶解度比较大,即使是厚规格的钢板在常化时也可得到相当大的沉淀强化。然而当含钒量太高时,就会影响抗脆性断裂能力,为了防止这一缺点,可在钒钢中加入一定量的镍。

钒可完全溶解在奥氏体中,钒的强化作用主要是沉淀强化。钒所产生的屈服强度的增加值,在很大程度上与最初所固溶的钒量成正比。如果在含钒钢中适当增加含锰量可以改变钒的溶解度梯度,从而增加了强化增量。这是因为在钒钢中加入锰以后,锰可以降低钒的碳化物形成温度,因此导致产生较细小的碳氧化物沉淀。

冷却速度可以控制沉淀程度,快的冷却速度抑制了沉淀,使钢在回火时沉淀才能发

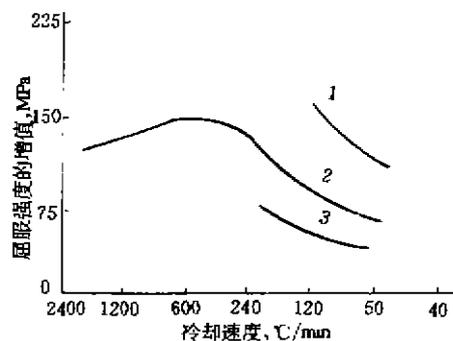


图1 冷却速度对铌和钒微合金化钢沉淀强化影响

1. 加热至1100℃;2. 轧制状态;3. 加热至1250℃的铌钢。

生。慢的冷却速度会使沉淀时效，产生粗大的碳氮化钒颗粒。与铌钢相比，钒钢的这种反应比较快，如图 1。中等程度的冷却速度效果最好，如图 2。

钒除了溶解温度较低和阻止再结晶的效果较弱(与铌钢相比)之外，与铌在钢中的作用相似。钒在 900℃ 以下对再结晶有促进作用，与铌相比，钒可使那些不希望有的非多边形的转变产物的数量减少，钒的这种作用对较大厚度的钢板是特别有利的。

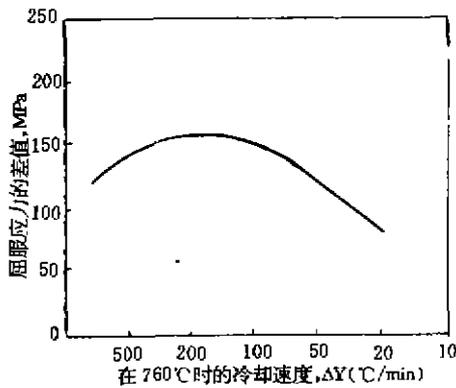


图 2 冷却速度对含 0.15% 的 V 钢沉淀强化的影响

ΔY: 实际屈服应力与按照布克-格罗泽模型的屈服应力差

用钒合金化来增加钢的强度，可加强钢对加热温度的敏感性。对于钒含量为 0.03~0.06% 的低锰钢(含锰量为 1.3~1.6%)，加热温度提高 150℃，其屈服强度可增加 20~29MPa。

与铌和钛相比，钒产生中等程度的沉淀强化和比较弱的晶粒细化。当把与钒重量百分数成比例的氮加入钢中，则强化了钒的效果。与含铌钢和含钛钢相比，钒钢在热轧时为奥氏体的迅速再结晶提供了有利条件，并且使钢板的织构减少。

钒钢沉淀物的成分取决于原来的化学成分，含钒较低的钢的沉淀物主要是氮化钒，而含钒量较高的钢，大概是在自由氮被用完

后，因而有较多的碳化物形成(见图 3)。这可能是由于碳化物和氮化物之间的晶格参数有微小差别，但不能用直接的方法证实这一点。

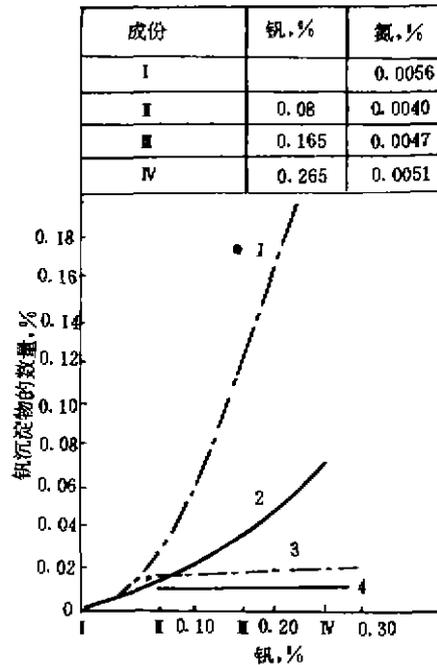
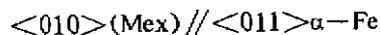
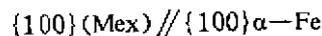


图 3 在基本成分为 0.024% C, 1.43% Mn 和 0.04% Si 的钢中，氮化钒和碳化钒的沉淀数量

1—在 835℃ 退火并炉冷；2—轧制状态；3—按 835℃ 退火计算的值(假定只有氮化钒沉淀物)；4—按轧制状态计算值(假定只有氮化物沉淀物)。

钒的碳化物和氮化物(Mex)在铁素体和沉淀物之间可能有部分的共格，其取向为：



因此在过冷的情况下，成核很容易发生。沉淀物细小弥散，在这些非常细小的沉淀物周围存在着共格应力，对钢的强化有很大的作用。

(下转第 62 页)

泰金属等在大陆投资已取得很大发展。有鉴于此,我省冶金工业在多种经营、多业并举方面应该有新的动作,迈出新的步伐,逐步扭转冶金企业单打一的局面。

2.5 必须加强行业联合与协调,增强产业保护意识,避免无序竞争

台湾省的经济部代表政府管理全省的经济工作,下设若干个产业发展咨询委员会,作为决策的专家系统。凡企业的重大投资、改扩建项目,重要产品产量变更,均要报经济部批准。台湾工业总会以及若干专业公会,例如钢铁同业公会、化学同业公会、纺织同业公会等等,与经济部关系密切,属官民结合的社团组织,对上要贯彻政府意图,沟通关系,对下为企业利益负责,搞好服务。

同业公会的主要职责是:技术咨询服务,信息咨询、国际国内市场信息服务,海外投资咨询等,凡属全行业的重大问题,比如企业税赋问题,产品市场保护及进出口问题等,及时召开理事会,研究相应对策。包括向政府经济部反映行业状况及要求;要求行业内相关企业作计划调整,价格调整等等。甚至对某项大的工程希望采用国产钢材,

堵住进口这样的工作,行业公会都能做到。这样既维护了同业内部正常生产秩序,协调行业与相关行业及政府部门的关系,也避免了由于各自为政而导致的自相残杀,无序竞争。

我省冶金企业众多,管理体制各异,在竞争日益激烈、买方市场条件下,由于联合协调不力,导致无序竞争,渔翁得利的情况屡见不鲜。因此,越是搞市场经济,越是过剩经济,越要强调联合、协调和一致对外,增强自我保护意识,这也是我省下一步经济体制改革需要研究的课题。

3 几点建议

(1)重新审查调整全省冶金“九五”规划。坚持效益领先、市场领先的原则,防止重复建设,限制无序竞争。

(2)坚持“抓大放小”、“壮大活小”方针,把国家政策用好用足。

(3)加速招股上市步伐,扩大企业筹融资能力,要把招股上市与集团化结合起来,做到上市一个,壮大一钱,搞活一片。

(上接第34页)

4 结 语

在生产热轧钢板的过程中,对钒的微合金化进行了探讨,控轧控冷条件下,钒的碳

氮化物析出行为的研究,可供钒微合金成分微调及制订轧制工艺参考。钢中钒的碳氮化物主要在轧后控冷过程中析出,起到沉淀强化的作用,析出粒子取决于冷却速度,轧后控制V(CN)析出是控制性能的关键。

参 考 文 献

(1)姜喜元“85”期间全国钒钛铌钢的发展及几点建议 《冶金工业部钒钛铌钢学术交流推广应用及发展规划会议资料汇编》

(2)F. B. Pickering 高强度低合金钢十年来的进展《钢的微合金化及控制轧制》P11—34

(3)J. Gead man 高强度微合金化钢的组织性能间的关系 《钢的微合金化及控制轧制》P40—50

(4)H. F. Prunk, et al; Foh Materieh Research Symposiwm N B S, Washington Nozanber 1974