

傅 师 曾 编

半镇静钢

冶 金 工 业 出 版 社

TF76

1
3

半 镇 静 钢

傅 师 曾 编

冶 金 工 业 出 版 社

内 容 提 要

半镇静钢是脱氧度介于镇静钢与沸腾钢之间的一种钢。它兼有镇静钢和沸腾钢的优点，又在一定程度上避免了这两种钢的缺点。与镇静钢相比，其金属收得率高6~8%，铁合金消耗减少50%以上，并简化了生产工艺。因此大力发展半镇静钢是提高钢锭成材率的有效措施。

本书作者多年从事半镇静钢的生产和研究工作，他根据自己的实践，并参考国内外有关资料，编写了这本《半镇静钢》。

书中对半镇静钢作了较全面的介绍。阐述了半镇静钢的特点、熔炼与脱氧、半镇静钢钢锭结构、钢锭的凝固与气泡形成机理、半镇静钢的偏析及非金属夹杂、半镇静钢的机械性能与焊接和耐腐蚀性能、工艺因素对半镇静钢质量的影响以及各类半镇静钢的生产实践和研究成果。

本书可供从事炼钢生产和研究工作的技术人员以及大专院校炼钢专业师生参考。

半 镇 静 钢

傅 师 曾 编

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 10 7/8 字数 288 千字

1982年4月第一版 1982年4月第一次印刷

印数00,001~2,100册

统一书号：15062·3644 定价1.35元

目 录

第一章 半镇静钢的生产与发展	1
一、半镇静钢的特点和应用	1
二、半镇静钢的发展概况	4
第二章 半镇静钢的熔炼与脱氧	14
一、熔炼与脱氧方法的选择	14
二、半镇静钢的脱氧度与脱氧特点	23
三、脱氧度的判断与控制	40
四、半镇静钢的脱氧实践	43
第三章 半镇静钢钢锭结构	51
一、半镇静钢锭的一般结构特征	51
二、不同脱氧度的半镇静钢钢锭结构	57
三、浇注速度对半镇静钢锭结构的影响	81
四、锭模形状对半镇静钢钢锭结构的影响	93
第四章 半镇静钢钢锭的凝固与气泡形成的机理	100
一、凝固过程CO气泡生成机理	100
二、蜂窝气泡的数量与蜂窝气泡距钢锭表面的距离	105
三、蜂窝气泡的半径与长度	111
四、表皮气泡与钢锭表面距离	115
五、表皮气泡的长度	122
六、粒状气泡带的形成机理	127
七、脱氧状况与气泡生成的关系	138
八、关于半镇静钢钢锭的头部上涨	142
第五章 半镇静钢的偏析	149
一、半镇静钢偏析的一般特征	149
二、碳素半镇静钢的偏析	155
三、不同含锰量的半镇静钢偏析	159
四、影响偏析的因素	161
第六章 半镇静钢的非金属夹杂	167
一、非金属夹杂的分布	167

二、黑点与非金属夹杂	173
三、炼钢因素对夹杂物的影响	180
四、非金属夹杂对钢的性能的影响	181
五、减少非金属夹杂的途径	183
第七章 半镇静钢的机械性能与焊接和耐腐蚀性能	185
一、碳素半镇静钢与镇静钢和沸腾钢的性能比较	185
二、碳素半镇静钢性能标准	193
三、高含锰量半镇静钢的机械性能	198
四、碳、锰对半镇静钢机械性能的影响	220
五、轧制厚度对半镇静钢机械性能的影响	223
六、不同脱氧法对性能的影响	227
七、提高半镇静钢性能的合理方法	227
八、半镇静钢的焊接性能	234
九、半镇静钢的耐腐蚀性能	237
第八章 工艺因素对半镇静钢质量的影响	239
一、工艺因素对钢锭头部形状的影响	239
二、钢锭头部补充脱氧	241
三、模壁涂层与钢锭表皮气泡	243
四、硅含量对钢锭表皮气泡的影响	244
五、碳、锰、硅含量对半镇静钢切头率的影响	247
六、传模时间与钢锭加热	248
七、半镇静钢的流渣与空洞	253
八、分层与发纹	257
第九章 半镇静钢的生产实践	263
一、碳素半镇静钢生产	263
二、高含锰量半镇静钢生产	278
三、钢轨半镇静钢生产	282
第十章 低合金半镇静钢	285
一、含铌半镇静钢	285
二、含钒半镇静钢	306
三、钒氮半镇静钢	319
四、低合金半镇静钢的焊接及使用性能	332
参考文献	340

第一章 半镇静钢的生产与发展

一、半镇静钢的特点和应用

钢根据其脱氧程度不同，通常分为沸腾钢、镇静钢和半镇静钢三大类。半镇静钢的脱氧度介于沸腾钢与镇静钢之间，所以又称为半脱氧钢。这种钢的脱氧度控制在这种程度：当钢锭凝固时，所放出的气体恰好抵销钢的收缩的程度，所以国外又称它为“平衡钢”。这种钢在生产工艺正常的情况下，既能够把沸腾钢和镇静钢的优点结合起来，又避免了沸腾钢和镇静钢的缺点。因此，生产半镇静钢可获得较好的经济效果和实用价值。

1. 半镇静钢的特点

半镇静钢与同类的沸腾钢和镇静钢相比较，优点主要表现为：偏析比沸腾钢轻微而接近于镇静钢；由于脱氧度比镇静钢弱，脱氧剂的消耗比镇静钢少得多；金属切损接近沸腾钢而比镇静钢大为减少；机械性能超过沸腾钢而接近于镇静钢，因而可以代替某些镇静钢使用。

实践证明，生产半镇静钢的主要经济效果可以概括为以下几点：

（1）提高金属收得率

半镇静钢钢锭初轧开坯的切头率一般为3~5%，镇静钢则达到12~16%，因而生产半镇静钢以代替镇静钢，一般可以提高钢坯收得率8~10%，相当于增加8~10%的钢产量。

（2）节约大量的铁合金和脱氧材料

由于半镇静钢的含硅量较低，生产半镇静钢的硅铁消耗约相当于同类镇静钢的 $\frac{1}{3}$ 或 $\frac{1}{2}$ 。特别是铝的消耗，每吨半镇静钢约相当于同类镇静钢的 $\frac{1}{4}$ 。这就说明，生产半镇静钢可以节约70%左右的脱氧材料。

（3）简化生产工序，解放生产力

半镇静钢在熔炼方面,一般没有特殊要求,由于这种钢适宜于快速浇注,故出钢温度一般要求较低,这有利于缩短冶炼时间,节约燃料消耗。半镇静钢可采用沸腾钢用的锭模浇注,注毕不需要压盖封顶,同时又不需要安装保温帽或绝热板,故可以大大简化工序,减轻工人体力劳动。特别是半镇静钢采用快速浇注,可以解放炉后生产能力,例如:270吨盛钢桶采用大水口(如65毫米)浇注,每罐钢的浇注时间约40分钟,而一般沸腾钢和镇静钢采用小水口浇注,每罐需90~100分钟。这意味着生产半镇静钢时炉后生产能力可提高一倍左右。

(4) 成本低

由于半镇静钢生产工序的简化以及金属和材料的节约,每吨碳素半镇静钢的成本可比同类镇静钢降低10~20元。

半镇静钢的偏析比沸腾钢均匀,所以半镇静钢的机械性能超过了沸腾钢而接近于同类镇静钢的水平。

正常的半镇静钢锭的偏析发展一般比沸腾钢轻微得多,而且分散。在沸腾钢锭中,偏析区域集中在从钢锭头部起到20%的高度范围内。而半镇静钢锭的偏析区域或偏析斑点,几乎是从15%的高度开始,沿锭心下降,分散到40%的高度范围内。例如3号沸腾钢,一般头部最大偏析度,硫达到600~1000%,碳为200~300%;而同类半镇静钢最大偏析度,硫为134~217%,碳为94~127%〔1〕。

半镇静钢的机械性能比沸腾钢均匀,并达到同类镇静钢的标准。以不同脱氧度的3号钢为例,在轧制成15~25毫米钢板后进行检验,发现半镇静钢的机械性能超过沸腾钢并接近镇静钢。如表1-1所示。

当然,半镇静钢也有它的缺点,如含氧量比镇静钢稍高,所以其氧化物夹杂的含量也可能比镇静钢稍高;半镇静钢含溶解的氮也比镇静钢稍高;此外,由于半镇静钢加铝少,容易引起时效和影响冲击韧性。

值得提出的是,半镇静钢生产的工艺性较强,特别是对脱

氧度的控制要求严格。脱氧不足会引起钢锭表面不良；脱氧过度则增加缩孔,降低金属收得率。在一般生产情况下,半镇静钢的表面处理量比沸腾钢和镇静钢要高。苏联科木纳尔冶金工厂〔2〕曾经在 500 吨平炉上试验过同炉两罐出钢。一罐作半镇静钢,另一

表 1-1 3号钢性能比较

3 号 钢	屈服点	抗张强度	延伸率	冲击韧性, 公斤·米/厘米 ²		
	公斤/毫米 ²	公斤/毫米 ²	%	+ 20 ℃	- 20 ℃	时效后
镇 静 钢	23~28.4	38~47	25~27	7~12.9	3~9.8	3~7.5
半镇静钢	23~27.4	38~47	25~27	7~10.2	3~6.8	3~5.2
沸 腾 钢	22~26.7	38~47	25~27	11.4	2.5	—

罐作沸腾钢或镇静钢。钢锭轧成板坯后进行检查,发现沸腾钢板坯表面缺陷较少,镇静钢板坯表面缺陷较多,需要清理的总量达到50.2%；而半镇静钢板坯表面缺陷最多,达到62.3%。这主要是由于表皮气泡和蜂窝气泡造成的拉裂所致(见表1-2),其根本原因是半镇静钢的浇注速度过慢 (0.2~0.3米/分)。

表 1-2 板坯表面缺陷比较

钢 种	有缺陷的板坯量, %					
	纵裂和横裂纹	结 疤	气泡和蜂窝造成拉裂	重皮造成拉裂	侧面裂纹	板坯清理总量
Ст.3кп 沸腾钢	1.6	4.7	18.2	4.0	—	28.5
Ст.3пс 半镇静钢	11.8	5.7	44.0	—	0.8	62.3
Ст.3сп 镇静钢	20.8	8.1	4.0	16.9	—	50.2

在生产实践中,随着半镇静钢生产工艺不断稳定和改进,表面质量亦将得到相应的改善。

2. 半镇静钢的应用

在国外〔3〕,半镇静钢已经在较广的范围内代替了某些镇静钢或沸腾钢。例如可用作强度极限44~52公斤/毫米²的建筑用钢、自

动电焊管用钢板、在 $0\sim 370^{\circ}\text{C}$ 温度范围内工作的容器及锅炉钢、造船钢板、深冲钢板、强度极限为 $58\sim 68$ 公斤/毫米² 的特殊建筑用钢、保证强度的热轧钢板以及各种用途的冷轧钢板。

到目前为止，半镇静钢已广泛用于建筑结构、农业及一般机械、石油、化工、造船及其它运输机械等各部门。用半镇静钢轧制的钢材品种，除一般中小型钢材外，还有薄板、冷轧带钢、中厚板、大型工字钢、槽钢和角钢、无缝钢管、焊管坯、盘条、电焊条、造船钢板、锅炉钢板、钢轨、经济断面型钢以及矿山支柱等。

应该指出，为了促进半镇静钢在我国能得到进一步发展和使用，必须合理地选用钢材。当某些设备或构件用半镇静钢制造即可以满足其性能与使用要求时，就不必选用镇静钢，而应广泛地采用半镇静钢。当然，在制造某些对低温性能有特殊要求的或在寒冷地区使用的设备时，对半镇静钢应该有选择地使用。

二、半镇静钢的发展概况

半镇静钢生产在国外已有几十年的历史。从五十年代开始，一些主要产钢国家的半镇静钢生产有了进一步的发展，七十年代末，半镇静钢的生产量已占有相当大的比例。

美国早在三十年代就开始生产半镇静钢。1946年有25个工厂生产一种或几种建筑用半镇静钢，有19个工厂生产半镇静钢钢板^[4]。个别工厂半镇静钢产量达到该厂总产钢量的30%，而尤以格里厂的产量占首位^[5]。

五十年代美国许多大型冶金工厂生产的碳素半镇静钢达到总钢产量的10~20%。七十年代，半镇静钢的生产更进一步发展，如霍姆斯特厂其半镇静钢的生产比例达到80%，半镇静钢的成分为：C 0.06~0.37%，Mn 0.3~1.10%，Si 达到 0.12%。这些钢主要用于桥梁、造船、锅炉制造、管道干线、异形结构钢材、型钢、焊管坯、线材及金属制品等。在专门生产中厚板的工厂中，半镇静钢占30~90%。

在美国，生产半镇静钢多采用炉内脱氧或罐内脱氧，或者只

在罐内加入硅铁、锰铁或硅锰合金的脱氧工艺。在某些情况下，当半镇静钢系用于生产焊管坯和线材时，采用在罐内加硅铁和铝的脱氧工艺。为了调整脱氧度，有时在模内向钢锭头部加铝粒。半镇静钢采用快速上注（注速达到15吨/分）。在许多工厂采用瓶式模浇注，初轧坯收得率约90%^[6]。

在英国^{[6]、[7]}许多工厂大量生产半镇静钢。1966~1969年英国每年半镇静钢产量均占当年钢总产量的1/3左右，达到785.9~798.63万吨。而镇静钢为691~938.25万吨，沸腾钢为861.41~849.31万吨。这说明沸腾钢在逐渐减少，而半镇静钢产量已接近镇静钢的水平。所生产的半镇静钢，主要用于生产造船及锅炉钢板、型钢、异形钢材和金属制品，有时也生产En1A型易切钢。大部分半镇静钢的化学成分为：C0.08~0.35%、Mn0.4~1.5%、Si达0.12%。脱氧的方法通常是在罐内加锰铁、硅铁或硅锰合金。为了调整脱氧度，在浇注末期向模内加铝（15~50克/吨）。除个别厂采用上注外，大部分厂采用下注，并使用瓶式钢锭模，钢材成品率达到90%。

在西德^[6]，半镇静钢得到广泛发展。六十年代中期半镇静钢产量约占总钢产量的10%。有的厂半镇静钢产量甚至达到80%。奥伯豪森厂1953年初半镇静钢产量即占全厂钢产量的50%。奥伯豪森厂熔炼的半镇静钢含C为0.09~0.20%、Mn为0.4~1.0%、Si为0.02~0.08%。这种钢主要用于造船和锅炉钢板（厚度达到25毫米）、焊管（厚度达15毫米）、钢筋、异形型钢（厚度达60毫米）及电焊条，脱氧工艺为在罐内加锰铁、硅铁或硅锰合金，仅仅在生产含碳小于0.1%的半镇静钢时，才往罐内加铝。浇注采用16吨扁瓶式模上注，注速达到7.5吨/分。初轧钢坯收得率达到91%，比沸腾钢提高1.5%。

奥古斯特·蒂森冶金工厂。为了提高钢材的成品率，生产工字钢几乎全部采用半镇静钢。钢的成分为C0.06~0.12%、Mn0.35~0.70%、Si0.05~0.07%。脱氧工艺为在罐内加75%的硅铁（1.35公斤/吨），出渣前在转炉内加锰铁。为了调整脱氧

度，在浇注过程中加铝。采用上注，注速为0.8~1.6米/分，锭重6~12吨。

法国^[6]、^[8]生产半镇静钢比美国和英国开始得晚。1964年1月在巴黎召开了钢铁冶金技术科学会议，对半镇静钢的浇注工艺和质量及其应用问题进行了讨论，并强调指出：半镇静钢偏析较少，可在生产大型钢材（其中包括中厚板和大型工字钢等）时，用来代替沸腾钢。

六十年代初法国半镇静钢产量约100万吨，钢的成分为0.06~0.37%C，主要用于轧制中厚板。并准备生产有一定低温冲击韧性的半镇静钢，其含Mn量应比含C量高5倍，而含Si量为0.03~0.08%。

莫特·圣·马丁工厂1951年开始生产含C0.15~0.21%、Mn0.45~0.65%、Si0.09~0.13%的半镇静钢，用于轧制厚度9~40毫米的钢板。脱氧在炉内用锰铁，在罐内用75%的硅铁。用加入10~20克/吨的铝调整钢的脱氧度。铝在浇注（上注）完毕时加在模内钢锭头部。钢板表面和低倍组织能满足要求，机械性能接近于同类的镇静钢。

日本^[6]、^[9]是在五十年代末期开始发展半镇静钢生产，它的半镇静钢的总产量没有正式报道过。根据1968年法国人的资料，日本某些工厂半镇静钢产量均在10%以上。例如千叶厂（川崎钢铁公司）半镇静钢占30%；名古屋厂（东海钢铁公司）占20%，和歌山厂（住友金属工业公司）占10~15%，广畑厂（新日铁）占50%。日本钢管公司福山厂顶吹转炉车间，1973年半镇静钢产量约占40%，镇静钢占10%。所生产的半镇静钢主要用于轧制薄板和中厚板。这几个厂生产镇静钢较少。镇静钢的产量千叶厂占5%，名古屋厂占10%，和歌山厂占20%，广畑厂和福山厂各占10%。而堺厂（八幡钢铁公司，现为新日铁）和川崎厂（日本钢管）用半镇静钢生产的型钢、薄板、焊管，无缝管以及线材所占的比重分别为30~35%和20%，而用镇静钢生产的上述品种分别占1%和30%。

可以看出，日本大部分著名钢铁厂镇静钢的生产比例都低于半镇静钢。生产中厚板用的半镇静钢成分为C0.11~0.27%、Mn0.59~0.95%、Si0.07~0.10%，采用罐内加硅铁和铝的脱氧工艺。铸锭用上注，注速为0.5~0.7米/分。另一些文献〔10〕、〔11〕、〔12〕、〔13〕报道，供轧制钢板用的半镇静钢成分分别为：C0.21~0.27%、Mn0.30~0.60%、Si0.05~0.15%和C0.11~0.19%、Mn0.54~0.93%、Si0.02~0.10%。

为了适应生产需要，日本着重发展大型半镇静钢锭的生产。例如1957~1958年生产的最大的半镇静钢锭重为14吨，一般在10吨以下。后来钢锭重量发展到20吨。如八幡钢铁公司的半镇静钢一般锭重为16~20吨。到1970年已增大到40吨。

比利时、瑞典和加拿大所生产的半镇静钢主要用于轧制中厚板〔6〕。

据报道〔14〕，印度有五个大型冶金工厂，这些厂均以生产半镇静钢为主。印度半镇静钢的特点是高锰低硅。供轧制型钢用的半镇静钢成分一般为C0.18~0.26%、Mn0.60~0.80%、Si0.05~0.08%；钢轨半镇静钢成分一般为C0.50~0.60%、Mn0.95~1.25%、Si0.05~0.20%。实际上生产钢轨半镇静钢时，硅含量仅在0.05~0.09%的范围内。脱氧采用锰铁（在炉内加大块或在罐内加小块）。用敞口模进行上注。锭重为6~8吨。

值得注意的是，印度生产的半镇静钢重轨没有白点敏感性。

苏联〔6〕、〔15〕半镇静钢发展较晚，五十年代末期还在大量发展镇静钢，以减少沸腾钢生产。1960年半镇静钢产量只有80万吨，占钢的总产量的1.4%。后来开始注意半镇静钢的发展，1961年为140万吨，1962年为200万吨，1970年半镇静钢产量达到1100万吨，占钢总产量的10.4%。到1973年，苏联仅用罐内脱氧法生产的半镇静钢就达到1200万吨。

苏联目前已可用半镇静钢生产厚度4~50毫米的中厚板和0.2~3.9毫米的薄板、厚度到25毫米的异形钢材和120毫米的型钢、工业轨、线材、矿山支柱，钢球等。到目前为止，共掌握约

30个半镇静钢种，其中碳素半镇静钢有19个，低合金半镇静钢有11个，并建立了国家标准和技术条件。这些半镇静钢的含碳量为0.05~0.9%，含锰0.25~1.7%，某些低合金半镇静钢含铌0.02~0.04%，含钒为0.05~0.18%，含氮为0.015~0.030%。

亚速钢厂在1955年曾经生产过弱脱氧的 C_{T.5пс} 平炉半镇静钢，用作矿井支柱，到1958年又生产M45 轻轨用半镇静钢。脱氧只在罐内加锰铁，后来开始用45%的硅铁（1公斤/吨）和铝（80~120克/吨）在罐内脱氧。1960~1963年这个厂掌握了供轧制大型断面用的 C_{T.3пс} 半镇静钢，在罐内用硅铁和铝脱氧。

最近几年，亚速钢厂半镇静钢只采用含45%的硅铁在罐内脱氧。硅铁加入量，对C_{T.3пс}为1.4~1.6公斤/吨，C_{T.4пс}为1.2~1.4公斤/吨，C_{T.5пс}和M45пс为0.9~1.1公斤/吨。

在叶那基耶沃冶金工厂，1958~1959年生产过周期断面钢筋用的BC_{T.5пс}和矿山轻轨P18、P24型用的 BC_{T.6пс} 转炉半镇静钢。这两种钢都采用在罐内加锰铁的脱氧工艺，而BC_{T.5пс}还在罐内加入45%的硅铁（2.5公斤/吨），在模内浇满以后（上注），用铝（80克/吨）调整脱氧度。现在这个厂转炉车间可以生产C_{T.2пс}~C_{T.5пс}半镇静钢，脱氧方法是在罐内加入锰铁（3.9~4.6公斤/吨）、45%的硅铁（1.0~1.5公斤/吨）和铝（50克/吨）这种半镇静钢用于轧制中厚板和各种型钢。

在庫茲涅茨克冶金联合工厂，1959年生产矿井支柱用的C_{T.5пс}和轻轨用的 C_{T.6пс} 平炉半镇静钢，在罐内加45%的硅铁（1公斤/吨）和铝（50克/吨）进行脱氧。钢锭初轧开坯的切头率为4~6%。1964年这个厂继续生产了08пс、C_{T.3пс}、C_{T.4пс}等半镇静钢，同样采用罐内脱氧（加入1~1.5公斤/吨45%的硅铁和150克/吨铝）。

日丹诺夫厂1959年生产过厚度9~32毫米的强脱氧度的平炉半镇静钢，采用75%的硅铁和铝在罐内脱氧。现在这个厂可以生产C_{T.2пс}~C_{T.5пс}等供轧制型钢、厚板和薄板用的半镇静钢，这些钢在大型平炉和氧气转炉内冶炼，罐内加入45%和75%的硅

铁和铝脱氧。硅铁加入量按成品钢含Si0.07~0.11%计算。

在马格尼托哥尔斯克冶金联合工厂，1961年开始生产供轧制凸缘断面、圆钢（直径达80毫米）和厚度20毫米以下钢板用的MC_T.1пс~MC_T.5пс半镇静钢，另外，还有供轧制薄板和带钢用的08пс~20пс优质碳素半镇静钢。采用罐内加硅铁脱氧，加入量按成品钢含Si0.07~0.12%计算。

在彼得洛夫工厂，1961年末开始生产半镇静钢，到1964年已可在平炉和转炉生产MC_T.3пс、KC_T.3пс、KC_T.5пс、K20пс、KЛ53пс、KHпс、KTпс、KΠTпс等品种的半镇静钢。这些钢用于轧制槽钢、工字钢、角钢、犁铧扁钢、33公斤矿山轨、ΓA3-51型汽车轮圈及线材。采用45%的硅铁在罐内脱氧。钢锭开坯后，切头率为3~5%（镇静钢为14.5%）。

在这期间，这个厂开始生产供焊条用的含Si0.07%的C_B.08пс和C_B.08Aпс半镇静钢，以代替同类沸腾钢。因为沸腾钢化学成分不均匀，约有30%的钢坯需改作其他用途。改用半镇静钢后，即可全部用于生产电焊条。

在马凯耶夫卡和克里沃罗格冶金工厂，1959年~1963年生产过C_T.5пс半镇静钢，用于轧制直径10~40毫米的周期断面钢筋。以后又生产了C_T.3пс半镇静钢，用于轧制异形材和型钢。

科木纳尔冶金工厂1961~1963年曾生产了C_T.3пс，用于轧制厚度为8~40毫米的钢板。脱氧方法是在罐内加入45%的硅铁（2公斤/吨）和铝（200~250克/吨），后来又改为不加铝，只加45%的硅铁（3.5~3.8公斤/吨）。这个厂随后用半镇静钢大量轧制钢材，1968年已经用C_T.3пс生产厚度为4~50毫米的钢板、直径达120毫米的圆钢和大型异形钢材；用C_T.5пс生产矿井支柱；用Hпс生产P18和P24型的轻轨。

沃克松斯基冶金工厂1953年曾用平炉生产半镇静钢焊管坯，代替原来用沸腾钢生产的炉焊管。在其生产过程中，当模内钢水浇到距浇高100~150毫米时，往中注管内加入0.4~0.5公斤/吨的铝粉。这种工艺的效果是消除了分层废品。生产焊管坯的金属

消耗，用沸腾钢时为1.3，改用半镇静钢后为1.12，生产焊管时的金属消耗，由原来的1.4减少到1.15。

扎波罗热钢厂1959~1960年以同样方法用平炉生产 $C_{T.3\text{nc}}$ 、 08nc 半镇静钢，用于轧制薄板。在模内浇注后期，往中注管内加入200~450克/吨铝粒（加入量根据碳含量而定），其钢坯收得率比用沸腾钢时提高2~3%。

外高加索冶金工厂1960年用同样工艺生产了 $C_{T.2\text{nc}}$ 、 $C_{T.4\text{nc}}$ 半镇静钢，用于轧制管坯。

苏林冶金工厂1961年用同样方法生产 $C_{T.1\text{nc}}$ 和 $C_{T.3\text{nc}}$ 作线材，钢材收得率比用沸腾钢时提高2.5%。

苏联目前有17个大型冶金工厂生产半镇静钢，锭重在7吨以上。1970年苏联一些工厂生产半镇静钢的比例如下：亚速钢厂24.5%，叶那基耶沃厂30.5%，科木纳尔厂33.9%，克里沃罗格厂11.4%，马格尼托哥尔斯克冶金联合工厂9.3%。这几个厂大都是采用炉内或罐内脱氧。采用中注管脱氧工艺生产半镇静钢最多的是扎波罗热钢厂，其产量占该厂碳素钢总产量的78.2%。

东欧几个国家^{[3]、[6]}在五十年代末开始生产半镇静钢。1960年这些国家半镇静钢生产比例如下：东德1%，波兰2%，匈牙利10%（包括封顶钢），捷克斯洛伐克1.2%。

捷克斯洛伐克生产半镇静钢一般采用罐内脱氧以及在浇注后期往中注管加铝的工艺。半镇静钢主要用于轧制周期断面钢筋、螺旋焊管、扁钢、薄板、焊管坯、电焊条、镀锡薄板、矿井支柱等。

在哥特瓦尔德工厂，半镇静钢用于生产螺旋焊管，其化学成分为 $C0.14\sim0.20\%$ 、 $Mn0.6\sim1.0\%$ 、 $Si0.02\sim0.11\%$ ，在罐内加75%的硅铁和锰铁脱氧。上注时（锭重9.6吨），根据计算往模内镜面加入硅铁1~2公斤/吨。

在特辛聂茨厂，半镇静钢用于生产钢筋，其成分为： $C0.24\sim0.33\%$ 、 $Mn0.5\sim0.7\%$ 、 $Si\leq0.10\%$ 。采用罐内加75%硅铁（1.2公斤/吨）和铝（0.1公斤/吨）脱氧。上注时（锭重8吨），

注毕即在模内钢液镜面加入不超过500克/吨的铝粒，以调整钢的脱氧度。钢锭初轧开坯的收得率达到92%。

波兰生产含碳0.3%以下的半镇静钢，主要用于轧制型钢和钢板。脱氧在罐内加入75%的硅铁和铝。

匈牙利生产的半镇静钢主要用于轧制薄板、中厚板以及建筑用型钢。

在东德，半镇静钢主要用于轧扁钢和钢板，其中一部分用于造船。

国外除大量生产碳素半镇静钢外，在六十年代已开始研究和生产低合金半镇静钢。

1965~1971年，苏联的一些冶金工厂，如彼得洛夫冶金工厂、科木纳尔冶金工厂、扎波罗热冶金工厂、克里沃罗格列宁冶金工厂、亚速钢厂、捷尔任斯基冶金工厂、叶那基耶沃冶金工厂以及库兹涅茨克冶金联合工厂、马格尼托哥尔斯克冶金联合工厂等，都掌握了较高含锰量的半镇静钢(18ГПС、СТ.3ГПС、СТ.5ГПС)的生产工艺，这些钢用于轧制供焊接结构用的钢板、异形钢材和型钢。

在六十年代末期，科木纳尔和彼得洛夫两家冶金工厂掌握了含微量元素钒(18ГФПС)的高强度低合金半镇静钢的生产工艺，用于生产热轧和经热处理的钢板、异形钢和焊接结构用型钢。同时还生产含微量的钒、氮、铜、铌等品种的低合金半镇静钢，如18Г2АФПС和15Г2АФДПС，用于生产经过正火处理后供焊接结构用的中厚板；20Г2АФПС用于热轧异形矿井支柱；而含铌的半镇静钢(10БПС、18БПС、18ГБПС)，主要用于供焊接结构用的热轧钢板及异形钢材。

西德生产的较高含锰量的半镇静钢 MZ80的成分为 C 0.08~0.14%、Mn 0.8~1.1%、Si 0.03~0.08%、S ≤0.040%、P ≤0.040%，MZ90的成分为 C 0.14~0.20%、Mn 0.9~1.2%、Si 0.03~0.08%、S ≤0.040%、P ≤0.040%。这种钢用于代替镇静钢，制作焊接建筑金属构件和大型金属外壳。这类成分的钢，

在美国、英国、瑞典主要用于造船。

英国标准将半镇静钢含锰量提高到1.5%，这种钢用于石油及石油化工工业受压容器。如“阿布列贝·弗罗奇格”牌号的低碳半镇静钢板，含碳量为0.10~0.25%，而含锰量达到1.5%。

美国、英国、日本广泛地采用铌（含铌 $\geq 0.01\%$ ）生产高强度、可焊性良好的半镇静钢，其含碳量达到0.25%，含锰达到1.5%。这种钢主要用于建筑输送管道、住宅建筑、造船及机械制造。其屈服点为31.5~42公斤/毫米²，抗张强度为42.0~52.5公斤/毫米²，塑性能满足要求。含铌的半镇静钢可以用来热轧厚度为10~12.7毫米的钢板。对于更厚的钢板，必须采用正火处理。

在英国，还建议提高锰含量并加入微量的铌或钒，以生产屈服点达到45公斤/毫米²，夏氏冲击试验时的临界脆性温度达到-50°C的半镇静钢。这种钢，当含铌时，热轧时的终轧温度应控制得更低；而含钒时则要求进行正火处理。

我国解放后就开始试生产半镇静钢。从六十年代开始，鞍钢、武钢、包钢先后进一步开展半镇静钢的研制工作，并开始扩大生产。

鞍钢在五十年代曾经试生产半镇静钢重轨。1960~1965年曾试验5号半镇静钢（A5b），用于轧制螺纹钢筋。从1963~1979年先后多次试生产3号半镇静钢（A3b），轧制厚度为8~30毫米的钢板和4~8毫米的板卷以及型钢，所生产的半镇静钢钢材性能，均接近或超过同类镇静钢的性能标准。鞍钢从1958~1979年，共生产半镇静钢约7.5万吨，钢坯收得率比同类镇静钢提高6~8%。

武钢1961年曾试生产过半镇静钢，但由于操作工艺未能掌握，致使1962~1964年未再生产。从1965年开始试制5号半镇静钢（B5b），代替5号镇静钢轧制11号工字钢作矿井支柱，受到用户信任，同年转产后每年均有用户大量订货。从1965~1968年，先后又试制4号半镇静钢（B4b）和轻轨半镇静钢（UQ1b），用于轧制小型钢材和24公斤/米轻轨，并先后大量转产。从1965~1979年武钢共生产半镇静钢约50万吨，平均约占武钢钢产量的