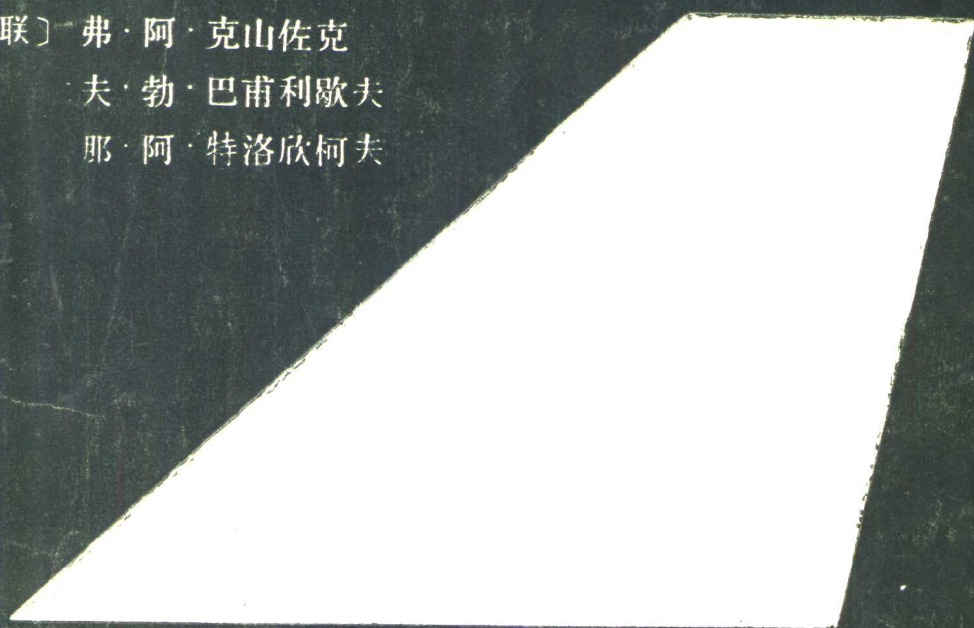


不锈钢板的生产

〔苏联〕弗·阿·克山佐克
夫·勃·巴甫利歇夫
那·阿·特洛欣柯夫



工业和建筑业中提高生产效率最重要的方向之一就是降低产品的金属用量。这点也与根据苏共二十四大决议应该得到进一步广泛发展的钢铁冶金有关。

在金属加工中采用先进的冲压、焊接工艺过程以代替铸造、锻造和切削，就要求大大增加板材生产（带钢和钢板），提高其尺寸精度，改进表面质量和机械性能。

空间技术、航空工业、汽车制造、能源机械制造、仪表制造、化学工业的发展，人民需求商品（冰箱、洗衣机及其它）量的增长及改进其质量的必要性都需要增加冷轧薄板及钢带（窄带钢）、带保护层的板材、具有特殊性能的板材和钢带的产量。

以采用越来越高的速度、压力和温度为基础的现代技术特别需要大量采用高合金钢板和钢带——如耐蚀（不锈）钢、耐热（抗氧化）钢、热强钢以及合金。所有上述各类钢，书中赋予一个概括的术语《不锈钢》。

钢在常温及高温下所要求的机械性能同高的耐蚀性能和能保证焊接件有足够高强度、塑性的良好焊接性能相结合，就决定着不锈钢广泛地用于生产化工、石油、冶金、机械制造工业的特殊设备。

近年来，国民经济对冷轧耐蚀合金板材及带保护膜板材的需求大大增加了，因而，这些钢的产量也大大增加了〔1〕。

转炉冶炼的和连续铸锭机浇铸的钢在总产量中占有相当大的份量。电渣、真空电弧、电子束及等离子重熔、炉外真空处理、包内合成渣处理钢液以及能显著提高金属质量的其它方法生产出的钢的数量也大大增加了〔9〕，制定和推广了提高钢的强度和塑性的新方法〔1〕。

为了进一步提高轧制生产的技术水平——保证产量增加、产品质量提高、金属损失和燃料消耗降低以及在国民经济中更有效地使用轧材——就要预先考虑到建设新的、可轧连铸坯或是连铸和轧制相结合的轧钢车间，增加钢锭、板坯及板卷的重量，提高轧制速度和精整质量，使加工过程自动化。

将不锈钢生产进行更细的专业化，把高合金钢的生产分出作为一个独立的工艺流程是合适的。应当特别注意采用金属电加热、可控保护气氛加热，建立用于轧制、热处理及去除金属表面氧化物（酸洗）连续作业的综合性高产量机组。

目前世界上不锈钢板材品种按厚度及宽度分类如下：

轧材种类	厚度、毫米	宽度、毫米
热轧板*	2.5—16.0	600—2000
冷轧板	0.5—8.0	600—1600
冷轧薄板	0.25—1.0	到630
冷轧极薄带	小于0.25	到630

※日本现在生产厚度到200毫米及宽度到3800毫米的热轧板〔1〕

目前不锈钢板材的最小厚度已小于1.5微米〔2〕。

增加热轧不锈钢薄板材的产量只有在生产能力高的连轧机和半连轧机、炉卷轧机及行星轧机上才能达到〔1〕。而冷轧板，则是在可逆四辊和多辊轧机（六一廿辊）上达到。

在不锈钢薄板材和带钢生产的工艺过程中，钢锭的加热、板坯的冷却和精整有着巨大的意义。成品板的质量在相当程度上取决于这些工序仔细进行的程度。

随着电子技术的发展，对不锈钢、硬质合金、精密合金的薄带和极薄带的需求大大增加了。因此，近年来，在苏联和国外正在安装多辊轧机，主要是廿辊轧机〔1、2〕。

带钢的热处理及酸洗是在快速连续机组上进行的，它能保证轧材不仅外表质量高，而且机械性能好。薄带和极薄带的精整是相当困难的，一般的热处理和酸洗线不适宜精整这样的薄带，因为这些机组上采用的输送装置会损坏钢带表面，甚至带钢在运行中会撕坏。所以薄带和极薄带常在有保护气氛的塔式炉中热处理。此时炉内空间不存在辊道，保证了带钢高质量的表面。塔式炉处理过的带钢不需要酸洗。

近年来，国外不锈钢带的热处理和酸洗只在综合的热处理酸洗线（淬火酸洗）上进行〔1〕。

在苏联，成功地掌握了多种牌号不锈钢钢卷的生产方法，并继续研究制定新牌号不锈钢，其中包括无镍牌号的轧制工艺。

编译的话

《不锈钢板的生产》系苏联冶金工业出版社1975年版本。本书系统地介绍了苏联不锈钢板的生产工艺：包括冶炼、浇注、锭坯表面精整、热轧、冷轧及热处理等。它可对我公司的不锈钢生产起到借鉴作用。

为此，我们组织有关同志将全书译出（略去部份照片及参考资料），供本公司广大工程技术人员参考。本书也可供钢厂、院校及使用部门中从事不锈钢专业的有关人员参阅。

参加本书编译的有：孙定荣、林企曾、梁自聘、王吉和、张荫田、许洪新、王亚、刘尔华、等同志。

由于译者水平有限，再加时间仓促，谬误之处肯定不少，深切希望读者批评指正。

太钢科质处情报科

1982年12月

目 录

绪 言

第一章 不锈钢的分类、性能及应用	(1)
铬钢.....	(4)
铬镍钢.....	(5)
第二章 不锈钢的冶炼工艺	(8)
冶炼方法.....	(9)
炉料.....	(10)
炉料熔化.....	(12)
氧化期.....	(13)
还原期.....	(14)
钢水合金化、出钢.....	(15)
第三章 不锈钢的浇注	(16)
注前锭模及其它设施的准备.....	(16)
下注特点.....	(17)
上注特点.....	(19)
浇注温度.....	(21)
浇注速度.....	(22)
防止浇注钢液氧化.....	(23)
帽口保温.....	(24)
浇注后金属冷却.....	(25)
在连注机上生产板坯.....	(26)
第四章 改善钢的纯净度及钢锭质量的现行方法	(27)
包内用合成渣精炼钢水.....	(27)
液渣浇注(加发热剂).....	(28)
真空电弧(BD), 电渣(II), 等离子电弧、电子束重溶精炼钢	
液过程的特点.....	(30)
包内钢液吹氩.....	(34)
炉外真空处理.....	(35)
第五章 不锈钢钢锭	(37)
基本要求.....	(37)
低倍组织、非金属夹杂、气体饱和度.....	(38)
钢锭表面缺陷.....	(43)
钢锭形状、尺寸及重量.....	(44)

第六章	钢锭及板坯的表面精整	(45)
	钢锭及板坯的表面精整方法.....	(45)
	火焰清理.....	(48)
	氧弧清理.....	(49)
	用刨床及铣床剥皮.....	(50)
	风铲处理.....	(52)
	砂轮清理.....	(52)
第七章	热轧时不锈钢的变形抗力及塑性	(56)
	高温下不锈钢性能的测定.....	(56)
	变形抗力.....	(60)
	钢的塑性.....	(62)
	微量杂质对钢塑性的影响.....	(64)
	用入加微量稀有金属和稀土金属改善钢的塑性.....	(66)
	用完善工艺的途径改善不锈钢塑性.....	(67)
第八章	钢锭和板坯的加热	(70)
	加热设备.....	(70)
	不锈钢的加热特点.....	(72)
	钢锭的加热特点.....	(76)
	板坯的加热特点.....	(83)
	金属温度的控制.....	(85)
	完善加热工艺的途径.....	(86)
	12X18H10T (X18H10T) 板坯加热制度对钢板表面结疤	
	缺陷的影响.....	(87)
第九章	钢锭的轧制	(89)
	不锈钢钢锭轧制特点.....	(89)
	轧制不锈钢钢锭时设备运行的特点.....	(90)
	轧制的基本参数.....	(92)
	压下制度.....	(94)
	轧材质量.....	(101)
	板坯缺陷.....	(102)
	板坯的剪切.....	(104)
	板坯的冷却及退火.....	(105)
	完善工艺的途径.....	(106)
第十章	带钢和钢板的热轧	(107)
	不锈钢热轧车间的设备.....	(107)
	连轧机和半连轧机的调整.....	(115)
	连轧机和半连轧机的轧制工艺和制度.....	(117)
	炉卷薄带轧机的轧制工艺和制度.....	(122)

提高热轧带钢精度的板厚自动调节 (CAPT) 和张力自动调整 (CAPH) 系统.....	(121)
籍助防止轧辊弯曲的液压系统和机架的予应力来改善带钢的板型.....	(127)
轧材表面氧化皮的去除.....	(129)
热轧中润滑的使用.....	(130)
热轧带钢和钢板的缺陷.....	(133)
第十一章 冷轧	(136)
工艺过程及设备的特点.....	(136)
可逆四辊轧机轧制.....	(137)
多辊轧机轧制.....	(144)
提高冷轧精度.....	(153)
轧辊的辊型设计、表面状态及使用.....	(153)
工艺润滑与轧辊冷却.....	(157)
冷作硬化钢板的生产.....	(160)
平整和矫直.....	(164)
冷轧带钢的缺陷及其去除.....	(168)
第十二章 热处理	(169)
热处理方式和制度.....	(169)
热处理炉.....	(173)
不锈带钢热处理缺陷.....	(176)
第十三章 带钢表面氧化皮的清除	(176)
氧化皮的成份和结构.....	(176)
氧化皮的清除方法.....	(177)
参考文献 (略)	

第一章 不锈钢的分类性能及应用

在我国ГОСТ5632—72规定了轧成薄板的各种不锈钢及合金的化学成份。耐蚀钢具有对大气、土壤、碱、酸、盐的耐蚀能力。耐热（抗氧化）钢及合金具有在

550℃以上的气体介质中抗表面被化学破坏的能力。

根据最终热处理后所得到的组织，不锈钢分为以下各组：

马氏体（钢中主要组织是马氏体）	20X13, 30X13, 40X13, 15X11Mφ, 11X11H2B2Mφ 30X13H7C2, 13X14H3B2φP及其它
马氏体—铁素体（除马氏体外，有不少于10%的铁素体）	10Cr13 12X13, 15X12BHMφ, 18X12BMBφP, 08X17H5M3及其它。
铁素体（铁素体组织，没有α⇌γ相变）	08Cr13 10Cr17 08X13, 12X17, 08X17T, 15X25T, 15X28, 15X18C10及其它。
奥氏体—马氏体（奥氏体和马氏体，其数量范围变化可以很大）	20X13H4Γ9, 09X15H9Ю, 09X17H7Ю, 08X17H5M3及其它。
奥氏体—铁素体（奥氏体与铁素体组织，铁素体不大于10%）	08X20H14C2, 12X21H5T, 08X21H6M2T, 20X23H13及其它。
奥氏体（奥氏体组织）	10X14Γ14M3T, 10X14AΓ15, 12X17Γ9AH4, 08X17H13M2T, 15X17AΓ14, 08X18H10, 08X18H10T, 12X18H9, 08X18H12B, 20X25H20C2及其它

生成这种或那种组织的倾向性是由钢的化学成份所决定的〔3—7〕。当评价合金元素对不锈钢组织及性能的影响时，可将其分成两组：

形成奥氏体的元素（炭、镍、锰、钴、铜、氮）及形成铁素体的元素（铬、硅、铝、钛、铌、钼、钒、钨）

雅·莫·鲍塔克和叶·阿·萨加莱维奇〔1〕提供了组织相图（图1）、可以按照

被加工的奥氏体、奥氏体—马氏体、马氏体、马氏体—铁素体各种低炭不锈钢的化学成份，以允许的误差定量地确定经1050—1100℃淬火后的相成份，（本图不适用于高锰钢）。

组织相图的横座标为生成铁素体的铬当量 Cr_{ϕ} ，即全部合金元素按与铬的比例对生成或抑制δ—铁素体的影响程度（铬

Nb	到0.2(1.0)	+0.9	0
Ti	到1.0(1.5)	+4.0	-1.9
Cu	到2.5	-0.5	-0.2
Co	到8	-0.6	-0.2
V	到0.5(2.0)	+1.5	-1.5
W	到1.0	+0.5	-1.1

注：1.括号内所示数值未用足够多的炉数验证过

2. K_{ϕ} 和 K_m —炭和氮相应的铬当量，按图1列出的曲线求出。

雅·莫·鲍塔克和叶·阿·萨加莱维奇也确定了炭和氮对马氏体相变温度及 δ —铁素体形成的相对影响程度取决于这些元素的总含量。随着 $(C+N)$ 含量的

增加，生成铁素体和马氏体的当量绝对值%减小（见图1）。因为实际上在所有的不锈钢内约含0.02%氮，所以，即使钢名义上不含氮，在计算当量时也要考虑到这个值，（用钛或铝合金化的钢除外）。

镍的影响同样不是单值的。当含量高于5%时，它对 δ —铁素体的抑制作用有所减少，所以在镍含量在5%以下时，推荐采用生成铁素体的当量为 $(1.5 \times \%Ni)$ ，而高于5%时，则用 $(25 \times \%Ni)^{[7]}$

在评价炭，氮、钛、铌的影响时，用于计算的数量只能是不结合成炭化物、氮化物的，只是在固溶体中的数量。图1中用数字标出的点，对应着19个钢种当量的计算值^[7]，其化学成份列于表1。

表1 研究的高合金钢化学成份及相成份%（见图1） [7]

图的 1 中 钢号	钢 号	元 素						相*		
		C	Mn	Si	Cr	Ni	其 它	铁素体	奥氏体	马氏体
1	06X21H5T	0.06	0.75	0.46	20.69	5.17	0.53Ti	66/62	34/38	0
2	12X21H5T	0.11	未发现	未发现	20.42	5.15	0.68Ti	48/50	52/50	0
3	08X21H5M2T	0.07	"	"	20.63	5.48	1.9Mo, 0.44Ti	71/67	29/30	0
4	12X14M	0.13	0.36	0.51	13.70	0.17	1.12Mo	25/25	0/0	75/75
5	20X17H2M	0.22	0.39	0.37	16.60	1.58	0.11Mo	3/2	15/0	82/98
6	06X17H1	0.063	0.20	0.17	16.12	0.90	未 发 现	38/41	0/0	62/59
7	06X17H2	0.063	0.20	0.15	16.12	1.85	" "	23/19	0/0	77/81
8	05X17H4	0.054	0.20	0.16	16.12	4.18	" "	0.5/0	11.5/14	88/86
9	08X13Ю	0.079	0.50	0.6	13.36	未发现	1.01A1	70/73	0/0	30/27
10	08X13H2Ю	0.075	0.50	0.59	12.28	2.54	1.03A1	28/23	0/0	72/77
11	08X13H5Ю	0.078	0.50	0.59	13.44	4.93	1.04A1	3/0	10/10	87/90
12	17X17H2	0.17	0.48	0.26	17.68	2.50	未 发 现	10/11	20/8	70/81
13	16X17H2	0.16	0.79	0.58	16.60	2.30	" "	3/4	13/4	84/92
14	10X17H2	0.11	0.80	0.58	18.27	1.84	" "	37/33	25/22	38/45
15	08X18H9T	0.012	未发现	未发现	19.5	8.80	0.08A1	12/15	88/85	0/0

续表

16	08X22H8T	0.025	未发现	未发现	21.9	7.60	0.16Ti	43/31	57/69	0 / 0
							0.006N			
							0.08Al			
							0.15Ti			
17	06X15H8M2Ю	0.06	0.25	0.39	14.68	8.08	0.006N	20/13	76/77	4 / 10
							1.43Al			
							2.08Mo			
18	08X15H8M2Ю	0.08	0.40	0.42	15.73	7.90	1.38Al	21/24	77/71	2 / 5
							2.00Mo			
19	15X14K20M5Φ	0.15	未发现	未发现	14.22	未发现	0.30V	1 / 2	9 / 0	90/98
							4.62Mo			
							19.93Co			
※ 分子为计算得出的数据，分母为实验数据										

当量的实验数值和计算数值相当接近, 但是, 许多元素生成铁素体和马氏体的推荐系数还须进一步明确。

铬使钢具有抗腐蚀性。铬的炭化物沿晶粒边界析出, 促使金属产生晶间腐蚀。为避免这一点, 必须使固溶体中铬含量为最大。为保证良好的塑性及焊接性, 应尽力降低含炭量。为了使钢强化, 应加入这样一些生成碳化物的元素, 如钒、钨和钼。

耐蚀和耐热钢钢板机械性能和表面质量应满足ГОСТ5582—61的要求。

机械性能和工艺试验取样按ГОСТ7564—73进行, 钢板试样拉伸检验按ГОСТ1497—73进行。晶间腐蚀检验按ГОСТ6032—58规定的方法进行, 钢板化学成份取样按ГОСТ—73进行。

板材规格(尺寸和允许偏差)列于ГОСТ3680—57。

铬钢

铬钢根据化学成份和组织分成马氏体钢、马氏体—铁素体钢和铁素体钢。当铬含量大于13%时, 就形成铁素体钢(γ—区在平衡图上是闭合的)。当有碳时, 则为闭合γ区和保持铁素体组织所必需的铬含量就要增加。

铁素体的钢在轧制温度范围内没有相变, 与奥氏体钢相比, 其塑性差。这些钢有高的晶粒长大倾向性, 特别在终轧温度高时(在这种情况下, 用热处理恢复不了正常晶粒度)。

铁素体和马氏体—铁素体钢不倾向穿晶, 而马氏体钢则倾向穿晶, 但较奥氏体钢小得多。

铁素体和马氏体—铁素体钢由于晶粒粗大在热轧中对裂纹很敏感, 晶粒粗大常常是由于高温浇铸所造成的。

为避免马氏体—铁素体的晶粒过份长

大，在最后几道轧制应给予大的压下，并在尽可能低的温度下终轧；马氏体钢的终轧温度不应高于850℃。铬钢的某些特性列述如下，并对其用途提出建议。

12X13钢在室温下能耐硝酸、醋酸及其它酸腐蚀，也能耐大气和河水付蚀。用它制造经受冲击负荷的高塑性零件（液压机的阀，滑轮叶片）。

20X13钢含碳比12X13高，具有更高的强度特性。该钢的用途类似于12X13。

30X13钢具有高的硬度。用它制做切削工具，量具和外科器具，弹簧、气化器散热片，家常用品、空压机阀片。

12X13、20X13的耐蚀性可以通过抛光另件表面来提高。

12X17用来装备食品和轻工业工厂、也同样用于制造家常用品和炊具。为使其具有耐晶间腐蚀性，钢内加相当于5倍*碳量的钛^[6]。不推荐用12X17钢制造焊接结构件。

08X17T钢用于不受冲击负荷作用的结构件，也可用于和12X17钢同样的目的，其中还包括与焊接结构件。

15X25和15X28用于制造在气体介质、发烟硝酸、含硫量高的烟道气中以及其它腐蚀性介质中工作的器械。这些钢的缺点是在900℃以上加热时晶粒长大很快，使得金属变脆。因此轧制这些钢的钢锭就很困难。

15X25T钢用于和15X25和15X28钢同样的目的。钛的存在在某种程度上降低钢晶粒长大的倾向性，提高其热轧及冷轧变形时的塑性，并且也增强钢的耐气体腐蚀性。

15X28T钢具有高的耐酸性和热稳定

性，在热状态和冷状态下能很好地经受压力加工，并且焊接也好。该钢号可以取代铬镍钢，顺利地用于一系列工业部门。

含氮15X28AH钢在室温下的机械性能与众所周知12X18H10T的不锈钢没有区别。但该钢号的屈服点大大高于12X18H10T而延伸率略低于12X18H10T。钢的热强性不低于12X18H10T。

15X28AH钢在很多情况下是12X18H10T不锈钢耐酸钢的代用钢。

铬 镍 钢

铬镍奥氏体钢具有高耐蚀性，高强度、塑性及好的焊接性。这些钢在高温下有较高的强度。

08X18H10；12X18H10T；12X18H9；17X18H9；12X18H9T；08X18H12B；12X18H12T等是非磁性钢，具有奥氏体组织并带有数量不多的碳化物及铁素体相。（08X18H10钢没有铁素体相）。一般这些牌号用于在750℃以下温度工作的制品。

存在铁素体相能使钢的某个组成部份在侵蚀性介质中产生选择性锈蚀。铁素体相能提高耐晶间腐蚀性，但由于奥氏体和铁素体相的不同变形能力，会稍许降低钢在轧状态下的塑性。

钢中铁素体部份的含量可用金相研究或磁性方法测量出来。在金相检查中，铁素体相的数量按五个级别确定：0.5级（图2a）—α相痕迹，1级（图2，б）—α相小于5%，（2级图2；в）5~12%，3级（图2）12~20%，4级（图2；г）20~35%，5级（图2e）—α相大于35%。

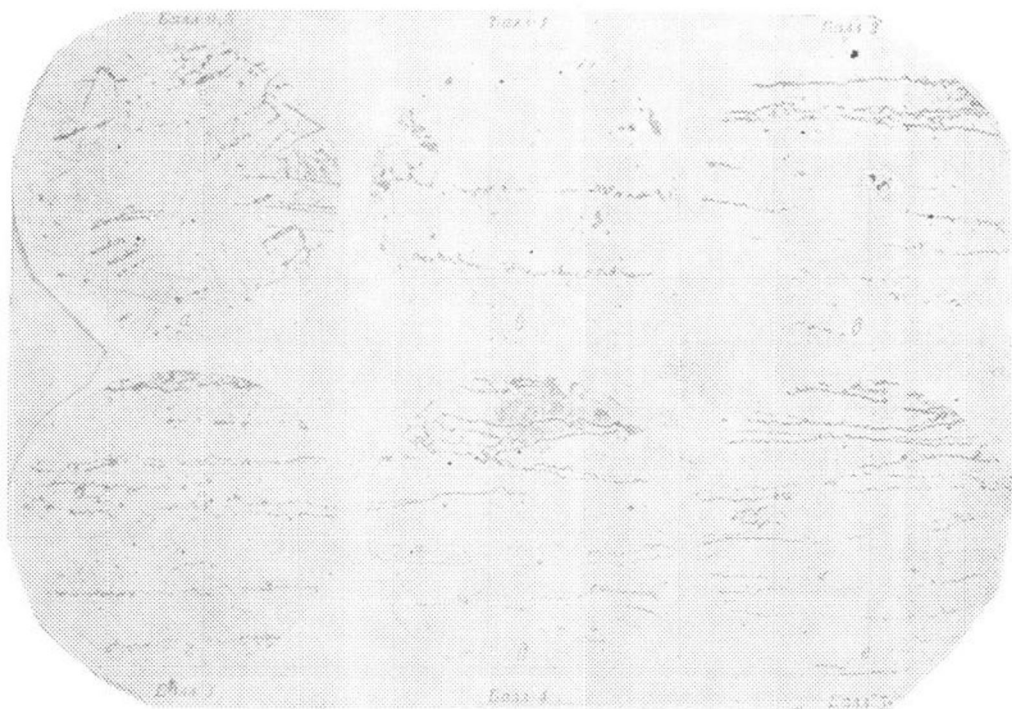


图2 奥氏体钢中 α - ϕ 相的评定级别：萨波斯厂制定

一些最通用的奥氏体钢的资料列于著作〔5, 6〕中。

12X18H10型钢从高温快冷时就具有奥氏体组织和最高的塑性。这类钢有晶间腐蚀倾向性。为提高耐晶间腐蚀性,通常往钢里加进数量不大的钛和铌,这会促进生成铁素体相。加入铝、硅、铜、钨、钒也促进生成铁素体相。碳、镍、锰、氮和铜是生成奥氏体的元素,氮作为强烈的奥氏体促生剂。加入18—8型钢中以节约镍。

08X18H10钢含炭量低,在很多腐蚀性介质中不易造成晶间腐蚀。用它来焊合器具,不须热处理,同时也可用作焊接材料。

12X18H9和17X18H9钢利用其高的耐蚀性能,广泛地用于航空工业,用它做的一切制品在焊接后必须经过淬火。

12X1810T钢用来创造须要焊接的器具,无需焊后热处理。该钢中的钛有助于

防止晶间腐蚀。

08X18H2 B钢用来制造须要焊接的器具,无须焊后热处理。该钢中的铌增强耐晶间腐蚀性能。

10X17H13M2T和10X17 H 13 M 3 T钢用来制造在活性高的介质中工作的焊接器具。钢中的钼提高制品在热醋酸、乳酸、甲酸其它腐蚀性介质中的耐蚀性,并降低钢对点蚀倾向性。

20X23H13和20X23H18钢在1000℃以下的高温有较高的强度及好的耐气体腐蚀性。用这些钢制做能在气体高温分解、氢化作用及其它条件下工作的制品。

20X25H20C2钢。硅使该钢有耐热性(到1000—1100℃)。用该钢制做能在高温负荷状态下工作的另件。

一些钢〔5—8〕的物理性能例于表2

表 2 一些高合金钢的物理性能

钢	密 度 克/厘米 ³	熔 化 温 度 ℃	最大耐热 ℃	单位质量比 热卡/克℃ (20℃时)	导 热 率 卡/秒·厘米·℃	单 位 电 阻 欧姆·毫米 ² /米 (20℃时)
08X13	7.7	1500	750	0.11	0.07	0.55
12X13	7.7	1500	750	0.11	0.07	0.55
20X13	7.7	1500	750	0.11	0.07	0.55
30X13	7.7	1500	—	0.117	0.07	0.60
40X13	7.7	1470	—	0.11	0.06	0.60
12X17	7.7	1500	850	0.11	0.06	0.60
08X17T	7.7	1500	850	0.11	0.06	0.60
12X17H2	7.7	1500	950	0.11	0.06	0.72
12X17M2T	7.7	1480	—	0.11	0.07	0.50
15X18H	7.7	1400	850	0.13	—	0.76
15X25	7.55	1500	1100	0.11	0.058	0.70
15X25T	7.6	1500	1100	0.11	0.06	0.70
15X28	7.7	1500	1100	0.11	0.04	0.70
15X28AH	7.6	1500	1100	0.11	0.06	0.70
8X18H9	7.8	1410	880	0.12	0.039	0.73
12X18H9	7.8	1410	850	0.12	0.035	0.73
12X18H10T	7.8	1400	875	0.12	0.037	0.75
17X18H9	7.8	1400	875	0.12	0.035	0.73
10X17H13M2T	7.95	1400	900	0.12	0.03	0.72
10X17H13M3T	7.9	1440	900	0.12	—	0.72
20X23H13	7.9	1440	950	0.12	0.045	0.86
20X23H18	7.9	1410	1150	0.12	0.033	0.90
20X20H14C2	7.8	1400	1100	0.12	0.031	0.76
20X25H20C2	7.8	1400	1100	0.11	—	0.77
10X13H4Γ9	7.9	1400	—	—	—	—
08X21H3T	7.6	1500	—	—	0.04	—
12X21H5T	7.8	1500	—	—	0.04	—
08X21H6M2T	7.7	1500	—	—	0.03	—
10X14T14H3T	7.8	—	700	—	0.035	0.75

奥氏体—铁素体铬镍钢比18—8和18—10型纯奥氏体钢具有更高的机械性能。这些钢从1070—1100℃淬水后，屈服极限不小于40公斤力/毫米²；强度极限（瞬时抗力）不小于65—70公斤力/毫米²，延伸率不小于18—20%。

奥氏体—铁素体钢；通常铬含量高，故能改善在腐蚀性介质中的耐蚀性。它们实际上没有晶间腐蚀，因此可用来做焊接结构件，而且这些钢的焊缝挺牢固，与焊接奥氏体钢时相比生成的裂缝要少〔3〕

第二章 不锈钢的冶炼工艺

不锈钢在碱性炉衬电炉内冶炼，很少用酸性炉衬，同样也在感应炉内冶炼。

在酸性炉衬电炉内生成被二氧化硅饱和的渣子，使去硫去磷困难。钢的塑性比在碱性电炉内炼的要差。酸性炉内不能炼含锰不锈钢，因为锰还原酸性炉衬的硅，使它在钢中的含量增加到超过允许规定。

不锈钢最常用返回吹氧法冶炼，即吹氧化熔清的炉料，然后用75%的矽铁还原，在白渣下精炼。在感应炉内则用溶化法由纯净的炉料得到不锈钢。

工业发达的资本主义国家（美国、日本、西德、瑞典、英国、法国等）在生产重要用途的不锈钢及合金时，利用感应炉的量增加了〔9〕。近年来，国外很多工厂由于采用真空炉外精炼及氩氧吹炼，不锈钢炼钢工艺得到了根本的改进。大量不锈钢在氧气转炉内冶炼。为了得到特别重要用途的不锈钢，采用真空感应熔炼、真空电弧及电渣重熔，电子束及等离子炉冶炼。

在美国的工厂，不锈钢基本上是在容量在180吨以下的电炉中冶炼。在宾夕法

尼亚州的阿里根尼钢铁公司于1965年安装了两座65吨转炉。为防止恶化金属在热状态下的塑性，炼钢选择炉料时，要限制杂质： $\leq 0.3\% \text{Cu}$ 和 Mo ， $\leq 0.02\% \text{Sn}$ ， $\leq 0.003\% \text{Pb}$ 。此外，用65%以下的返回废钢。不锈钢脱氧部份用钛，部份用矽钙。重要用途的不锈钢炉号及用于连铸和制造小于0.7毫米钢板用的炉号，只用矽钙脱氧，以去除线状夹杂物和发纹。

10X18H2AГ5含氮钢属于奥氏体钢，但奥氏体不够稳定。这种钢不含稀缺的合金成份，但镍除外，它的含量也最少。这种钢在室温下的机械性能与熟悉牌号的不锈钢差别很大，其强度极限和屈服极限比12X18H10T高两倍。

低炭的、高的耐晶间腐蚀、一般付蚀、刀口付蚀的不锈钢有着重要意义。

碳与铬结合成沿晶界析出的碳化物晶界缺乏游离的铬削弱了其耐蚀性。为防止这点，必须大大降低炭含量（因为当炭的浓度高于0.02—0.03%时就出现其不利影响）或者是使游离炭和这样一些化学活性元素如钛和铌相化合（但这使钢的塑性变坏）。

当要冶炼含炭量低的钢，同时又要防止在炼钢中烧损贵重的合金元素，这对冶炼造成了特殊的困难，其中在氧化期必须要有更高的钢水温度。

当钢水温度低于1650℃时，甚至铬

当钢水温度低于1650℃时，甚至铬

※ 原文为 $\geq 0.003\% \text{Pb}$ 系笔误

含量约为1%，它也比炭氧化得利害，随着铬浓度的增加，其氧化的激烈程度也增大。不锈钢在含有其它合金元素的同时，含铬不小于12%（在很多情况下为18%—30%）。随着钢水温度的提高，铬与氧的亲合力减少，而且减少的程度较为大。为了在高铬浓度的情况下得到百分之点零几（有时是点零零几）的炭，必须在1800—1900℃温度下氧化钢水，这大大高于一般炼钢温度。往熔池吹氧。可以保证这样的条件。这时炭氧化非常激烈，而渣子温度却相对地较低，保护着炉渣和炉顶不受高温作用。氧化铬、硅和铁时分解出的大量热量迅速升高钢水温度。往30吨电炉熔池内吹氧，铬含量在20—30分钟内降低3—4%，而钢水温度从1500°升到1800—1856℃。这时与用铁矿石或铬矿石脱炭不同的是可将钢液的炭氧化到0.06—0.04%而又保住钢液中大部份铬〔10〕。

用电炉冶炼低炭不锈钢因石墨电极可能增炭而复杂起来。目前正在广泛地推广用无炭炉料及铁合金在感应炉内来冶炼这类钢。在电炉内冶炼低炭钢时，将含镍的化清料氧化到 $C \leq 0.02\%$ ，加铬铁前使钢水沉淀脱氧（目的是使铬的损失为最小）精炼期往钢水熔池内加铬铁——用无炭铬铁（不大于0.02%C）〔5〕。

在冶炼低炭钢时为了缩短钢水氧化期和精炼期采用块状的，硫、磷含量低的炉料（S、P各不大于0.015%）

在冶炼过渡级的以及含标准含量铁素体的不锈钢时，要在出钢前用磁力分析法鉴定钢样校正其化学成份。

为了保证金属在热变形时有满意的塑性，必须使用高质量的炉料和合金料，不含易熔的有色金属有害杂质。在冶炼第二期和出钢前不允许往炉内加含水份的炉

料，以免化清的钢水吸收氢气。所以铬铁及金属铬在加入前要预热到红热状态：石灰、矽铁及其它炉料要仔细烘烤。为避免从炉内空气中吸入氮气，钢液面要用渣子很好地保护。

冶炼方法

不锈钢冶炼有以下几个主要方法〔5,10—13〕：

1. 新料，全氧化法；
2. 新料，部份氧化法；
3. 新料，不氧化法（熔化）
4. 返回，不氧化法（熔化）
5. 返回，吹氧法（部份氧化）

用新料全氧化法冶炼时，炉料的主要组份是低碳钢的废钢和生铁（依照化清后0.7—0.8%的C和0.6—0.7%Mn计算）。氧化期持续到钢水内的炭不大于0.05%，这时要不断地加锰铁。保持锰不低于0.20%。

用新料部份氧化法冶炼时，炉料主要组份是低碳钢切头（C到0.15%）。氧化期进行脱磷，并使钢水内的炭脱到0.05%以下，锰含量不控制。

用新料不氧化法冶炼时（熔化），主要组份是纯铁和合金元素的低碳铁合金或者是纯金属。全部炉料硫磷应很低，C不高于0.04%。

返回不氧化法冶炼时，炉料主要组份是合金钢切头（按计算化清后钢内合金元素含量应在该牌号的下限，而炭低于下限）；为了降低炭的浓度，可往炉料内加低碳钢（含C量不大于0.05%的纯铁）。

返回部份氧化法（吹氧）冶炼时，炉料主要组份是属于同组牌号的合金钢的切头和硅钢切头。在这种情况下由于吹氧时可氧化碳，因此炉料中炭含量可比该钢的下限高0.20—0.40%。

目前用返回吹氧法或返回不氧化法冶炼不锈钢得到基本普及。用新料法冶炼同样也在使用,虽然在这种情况下要大大增加新炉料的消耗,延长冶炼周期,降低主要的生产技术经济指标。

大力推广现行的改善钢纯净度的方法(合成渣精炼,真空处理,包内吹氩,电渣重溶等)就可以用返回法炼出任何用途的钢。

在不锈钢板生产中,冶炼和轧制车间的废钢要占炼钢量的40%(注余,汤道,板坯和钢板的切头,切屑,废锭,废钢板)。另外也从轧材,锻材及铸件用户企业返回大量废钢,再有在国家的国民经济生活中随着产品的报废,也以废钢的形式积累起来。

返回冶炼含有大量的象镍、铬、钨、钼这样贵重合金元素的切头,在防止这些元素烧损的条件下,可节约贵重和稀缺的初始原料。这时新铁合金的消耗要减少一半以上。去掉或是大大缩短氧化期,能将一炉钢的冶炼周期缩短10—20%,相应地增加电炉车间产量,减少电能和电极的消耗,提高炉衬寿命,普遍地改善了不锈钢生产的技术经济指标。

用返回吹氧法冶炼时,要保持住镍是不困难的。但锰、硅、铬、钒和其它熔炼成份会完全地或部份地氧化而进入渣中,铝和钛因为是最强的脱氧剂,在炉料熔化期间就进入渣子了。由于不锈钢切头中含铬特别高,所以防止烧损很重要。采用返回不氧化法能保证做到这点,但很难降低钢内炭和磷以及气体(氢、氮)含量。

炉料

每台炉子通常按固定品种进行专业化生产,这可以改善生产技术经济指标,稳定所炼钢的质量。

炼不锈钢前,要将上一炉的残钢剩渣全部清理乾淨。加工车间的废钢和切头要预先加工,以保证将炉料密实地装入料斗内或炉内,因而可为执行熔炼制度和获得高质量的钢创造有利条件。炉底料斗底装小废钢,然后装重的大块炉料和中等重量的废钢,上面装轻的小废钢和生铁。电极块在装料前装入或堆在料下面,焦炭在装料时装入。镍尽可能装得离电极远些,以避免大的蒸发损失。钨铁装在炉子中心电极下面,铬铁只装在炉坡上。

不允许采用被土、耐火砖和有色金属沾污的氧化了的或沾上油的炉料,也不允许用散状的铁屑。无人负责的或混料的切头仅在重熔或有炉号的铸块后才能使用。

所有装入炉内的材料应符合国家标准规定的要求。废钢和切头不应被不是该钢号所含成份的有色金属杂质(特别是铜和镍)搞脏。磷含量不应超过上限(0.05%)。废钢和切头按钢号编组,并按其形状配合成最理想的装料。

为使钢水脱氧及减少有害杂质,采用锰铁、硅铁、铝以及综合脱氧剂〔铝、锰和硅的合金(AMC),硅锰,硅钙,硅、钙和铝的合金(KKA)等〕。

为迅速造渣及使炉料的金属部份同炉膛里空气隔绝,随着熔炼的进行,加入1—2%新焙烧的石灰和粘土砖。石灰用新烧的、其中未烧透的量不超过10%、而且要无粉化迹象(出炉烧炉后不迟于12个小时使用)。

为得到规定化学成份的钢,要使用合金材料,在大多数情况下采用各种所须元素的铁合金,而较少使用纯元素。

铬。炉料中所含的铬,在熔化期和氧化期会被氧化。为减少铬的烧损,合金料在精炼初期加到未脱氧的钢水内,或者再迟一些加到脱氧的钢水内。铬铁要烤红加入。