

目 录

前言

概述	(1)
一、美国	(2)
(一) 钢产量	(2)
(二) 冶炼工艺及设备	(3)
(三) 特殊钢厂介绍	(5)
二、日本	(12)
(一) 分类及产量	(12)
(二) 日本特殊钢工业的特点	(15)
(三) 特殊钢厂简介	(16)
三、西德	(18)
(一) 产量及分类	(18)
(二) 西德特殊钢工业的特点	(19)
(三) 特殊钢厂简介	(20)
四、苏联	(22)
(一) 特殊钢工业的几个特点	(24)
(二) 主要特殊钢厂简介	(25)
五、英国	(26)
(一) 英国特殊钢生产特点	(28)
(二) 特殊钢公司简介	(29)
六、瑞典	(32)
(一) 特殊钢工业的几个特点	(32)
(二) 主要特殊钢厂简介	(33)
电炉炼钢	(39)
一、概况	(39)
二、电炉炼钢工艺的进展	(42)
(一) 补炉及装料的缩短	(45)
(二) 加速熔化、熔氧结合、提前造渣去磷	(45)
(三) 氧化期的强化——小脱碳量、短氧化期操作	(52)
(四) 还原期工艺的变革	(56)
三、电炉炼钢用废钢处理	(61)
(一) 废钢的来源与分类	(61)
(二) 废钢的加工处理方法及其设备	(62)
四、电炉炉前操作的机械化与自动化	(66)

(一)拉渣·····	(66)
(二)接电极·····	(67)
(三)补炉·····	(67)
(四)吹氧·····	(68)
(五)炉壁连续测温·····	(68)
(六)电子计算机应用·····	(69)
五、电炉炼钢的除尘·····	(69)
(一)电炉炼钢的烟尘·····	(70)
(二)除尘的必要性及其标准·····	(71)
(三)除尘系统及其主要设备·····	(71)
(四)除尘装置的选择和除尘效率·····	(78)
(五)设备的投资和运转费用·····	(80)
六、超高功率电弧炉技术概况·····	(80)
(一)由来·····	(80)
(二)技术要点·····	(81)
(三)技术难点与解决办法·····	(86)
(四)结语·····	(88)
七、电炉炉衬·····	(89)
(一)炉盖用耐火材料·····	(89)
(二)炉墙用耐火材料·····	(94)
(三)炉底用耐火材料·····	(100)
(四)水冷炉衬·····	(102)
钢液炉外精炼·····	(108)
一、概述·····	(108)
(一)历史沿革·····	(108)
(二)炉外精炼对特殊钢生产的作用·····	(108)
(三)特征与分类·····	(109)
二、原理·····	(110)
(一)脱气·····	(110)
(二)气体稀释法脱碳·····	(112)
(三)炉外脱硫·····	(112)
(四)非金属夹杂物的净化·····	(113)
三、工艺与设备·····	(113)
(一)钢包吹氩法·····	(113)
(二)钢包真空吹氩法·····	(120)
(三)AOD法·····	(124)
(四)CLU法·····	(130)
(五)VOD真空吹氧脱碳法·····	(131)
(六)VAD法·····	(134)

(七)RH-OB 法	(136)
(八)钢包炉——钢包精炼(ASEA-SKF)法	(136)
四、各种精炼法的比较	(142)
特殊钢浇注	(147)
一、特殊钢普通浇注工艺简介	(147)
(一)下注法的改进	(147)
(二)上注法的改进	(150)
(三)电渣浇注	(151)
(四)保温帽的改进	(151)
(五)铸锭机械化和自动化	(152)
二、电炉炼钢连铸概况	(154)
(一)前言	(154)
(二)特殊钢连铸发展中的几个问题	(158)
(三)连铸的新成就	(162)
(四)几个主要国家的特殊钢连铸概况	(163)
(五)特殊钢连铸存在的问题	(168)
三、压力浇注在特殊钢生产上的应用	(169)
(一)前言	(169)
(二)压力浇注的设备及操作	(169)
(三)压力浇注的优越性	(171)
(四)压力浇注的产品质量	(172)
(五)压力浇注的展望	(172)
特种冶炼	(175)
一、国外真空冶金发展概况	(175)
(一)真空感应炉熔炼(以下称 VIM)	(175)
(二)真空自耗电弧炉重熔(VAR)	(181)
(三)电子束重熔和电子束精炼(EBR)	(189)
(四)结束语	(194)
二、国外电渣冶金的概况与进展	(196)
(一)概述	(196)
(二)世界各国电渣冶金概况	(197)
(三)电渣重熔在冶金领域中的地位	(203)
(四)电渣冶金技术新动向	(204)
三、等离子熔炼技术	(209)
(一)概述	(209)
(二)等离子电弧炉(PAF)	(211)
(三)等离子感应炉(PIF)	(212)
(四)等离子弧重熔(PAR)	(213)
(五)等离子-电子束(PEB)	(215)

(六)等离子弧在钢水精炼方面的应用	(215)
(七)直流等离子喷枪的进展	(217)
(八)交流等离子弧	(217)
(九)结束语	(217)

概 述

特殊钢通常是指具有特殊性能或用途的钢种。它在国民经济及军事工业中占有极其重要的地位。随着工业技术的迅速发展,特别是伴随着海洋开发、宇航及能源开发而出现的现代尖端技术的发展,对特殊钢产量、品种的需要日益扩大,对材质的要求也日益严格。因此,特殊钢的生产能力及品种质量可以反映出一个国家整个工业和科学技术的发展水平。目前,特殊钢的主要生产国,都是一些工业发达的国家,如美国、苏联、日本、西德、英国、瑞典等。

国外特殊钢生产已有悠久的历史,早在十八世纪中叶,英、美、德、瑞典等国就先后用坩埚炉熔炼优质钢。随着工业和科学技术的发展,各国特殊钢的产量都有不同程度的增长。从1965到1974年的十年间,美国合金钢产量净增380万吨,西德特殊钢净增464万吨,日本特殊钢增长最快,净增940万吨,增长了2.7倍。特殊钢在总钢产量中一般占百分之十几,其中以瑞典的比例最高,约占四分之一。目前资本主义国家的特殊钢产量美国居首位,日本次之,西德居第三位,英国第四位。

表1 国外特殊钢产量及所占比例

(万吨,%)

	1965	1970	1974	1975	1976
美 国*	1343.5 (11.3)	1272.9 (10.7)	1724.1 (13.1)	1477.1 (14.0)	1450.8 (12.5)
日 本	378.6 (9.2)	1125.1 (12.1)	1318.7 (11.3)	1108.4 (10.8)	1357.8 (12.6)
西 德	310.8 (8.4)	611.0 (13.6)	775.0 (14.6)	693.8 (17.2)	712.0 (16.8)
英 国*	197.6 (7.2)	216.0 (7.6)	208.7 (9.3)	184.8 (9.3)	199.2 (8.9)
法 国	176.5 (9.0)	302.5 (12.7)	339.5 (12.6)	307.4 (13.2)	323.1 (13.9)
瑞 典	102.9 (21.8)	131.7 (24.0)	153.2 (25.6)	132.4 (23.6)	

* 仅为合金钢

特殊钢的定义在国际上没有明确地规定,各国特殊钢的统计与分类不完全相同。美国 and 英国只统计合金钢的产量。美国的合金钢(不包括不锈、耐热钢)中除电工硅钢和高强度钢外,其他钢一律按合金系统分类,不锈、耐热钢另作一类统计。在英国,合金钢系指至少含有(重量%)0.1Mo、W、V,或0.4Cr、Ni,或10Mn的钢,包括一般用途钢、合金工模具和磁钢、不锈和耐热钢、高速钢四大类。日本、西德则以合金钢和优质碳素钢产量之和作为特殊钢的总产量。日本的特殊钢中不包括硅钢,共分为工具钢、结构钢和特殊用途钢三大类。西德、苏联与我国钢类的划分相近。

随着特殊钢品种的多样化,使用条件的苛刻化,研制更高性能的钢种、提高质量、扩大品种、降低成本是特殊钢发展的总趋势。为满足此情况,近年来出现了许多新的生产工艺和设备,同时加强质量管理,重视科学研究工作。

现将国外一些主要特殊钢生产国家的情况做一简要介绍。

一、美国

美国的炼钢始于1750年。1850~1860年间在继续生产泡钢的同时,发展了用坩埚炉炼钢的新工艺(用可锻铸铁一次炼成钢),生产碳素工具钢。1864年建第一座贝氏麦转炉。1868年Trenton钢铁公司引进了平炉炼钢,到1880年投产了39座平炉,总生产能力达25万吨/年,这一年生产了10万吨平炉钢,108万吨转炉钢,在这期间,还用坩埚炉生产少量的工具钢。直接电弧炉用于炼钢,最早是法国(1878年),到1900年,法国Heroult厂第一次用电炉进行工业性生产,1906年美国Halcomb钢铁公司引进了电炉炼钢,美国第一座炼钢电炉是二支电极的单相电弧炉,炉容量4吨,变压器容量500千伏安,1909年美国钢铁公司建了一座15吨的三相电弧炉,当时是世界最大的,到1920年,美国电炉发展到250座(全世界共700座)。1920年以前,美国电炉得到迅速发展的原因,首先是由于水电的发展,为电炉炼钢提供了适宜价格的电能,二是第一次世界大战期间需要更多的工具钢,依靠坩埚炉已远远不能满足要求。

二次大战中,由于需要大量的特殊钢,新建了一些60~70吨的电炉,到1944年,美国电炉钢产量达到380万吨,占总钢产量的4.8%,电炉几乎全部取代了坩埚炉炼钢(同年坩埚钢产量22.5吨)。发展到六十年代末,130~150吨的电炉在美国已是普通的了。1964年,美国联合碳化物公司的W. E. Schwabe与西北钢和线材公司的C. G. Robinson两人首先提出了超高功率电炉的研究成果,1970年西北钢和线材公司投产了360吨的超高功率电炉,1976年该公司540吨的电炉已开始运转,是世界上最大的电炉。而生产特殊钢的电炉,主要还是100吨以下的炉子。美国特殊钢厂的各种容量的电炉数目及所占的比例列于表2。那些100吨以上的电炉主要是用于生产低合金钢和碳素钢。但是随着大型炉外精炼设备的发展,一部分大型电炉也用于生产特殊钢,包括不锈钢和轴承钢等。

表2 美国特殊钢厂电炉^[4]

电炉容量(吨)	<10	10~19	20~39	40~100	>100~200	合计
座数	14	26	24	83	43	190
所占比例(%)	7.4	13.7	12.6	43.7	22.6	100

(一) 钢产量

美国的钢产量1953年超过一亿吨,大于当年苏、日、西德、英、法产量之和,1973年以前,美国钢产量一直居世界第一位。美国合金钢和不锈钢的产量多年来在资本主义国家中占首位,1970年以后,日本不锈钢产量超过美国。

美国的钢产量是按碳钢、合金钢和不锈钢(包括耐热钢在内)三大类来统计,近年来所占的比例见表3。各类合金钢的产量见表4。

表3 美国各类钢的比例^[1]

年 份	各 类 钢 的 比 例 (%)		
	碳 素 钢	合 金 钢	不 锈 钢
1960	91.5	7.5	1.0
1965	88.8	10.1	1.1
1970	89.3	9.7	1.0
1971	88.8	10.1	1.1
1972	88.3	10.5	1.2
1973	88.0	10.7	1.3
1974	86.9	11.6	1.5
1975	86.0	13.0	1.0

表4 美国各类合金钢产量(万吨)

钢 类	1970	1973	1974	1976	钢 类	1970	1973	1974	1976
C-B 钢	1.52	2.07	2.48	7.6	Ni-Cr-Mo-V 钢	9.38	11.05	12.96	17.4
Ni 钢	5.04	5.78	6.51	4.9	Cr-Mo 钢	137.36	202.16	222.76	183.8
Mo 钢	75.45	79.47	90.66	81.9	Cr-Mo-V 钢	15.05	15.67	17.04	11.4
Mn 钢	58.48	53.07	53.73	55.7	Ni-Cr-Mo 钢	139.67	191.61	200.55	159.3
Mn-Mo 钢	16.20	15.80	18.26	14	Si-Mn 钢	11.23	16.49	16.01	13.6
Cr 钢	108.81	139.95	128.12	132.7	高 强 度 钢	302.54	401.20	431.29	420.9
Cr-V 钢	6.73	5.94	4.80	4.9	电 工 硅 钢	118.21	125.25	120.40	93.6
Ni-Cr 钢	8.85	10.50	9.43	10.5	其 他	109.45	138.52	156.15	73.2
Ni-Mo 钢	15.22	18.47	18.80	11.6	总 计	1141.71	1433.08	1510.04	1296.9

(二) 冶炼工艺及设备

在 1960 年以前,美国 70% 左右的合金钢(不包括不锈钢)是用平炉生产的。从 1960 年开始采用氧气顶吹转炉生产合金钢,以后逐年迅速增长,1960 年用氧气顶吹转炉生产了 2000 吨合金钢,到 1970 年氧气顶吹转炉生产的合金钢超过了平炉,接近于电炉合金钢的产量,1974 年开始,氧气转炉合金钢产量超过了电炉合金钢产量(见表 5),目前美国 45% 的合金钢是氧气转炉炼的,这个比例比其他国家都高。到目前为止,不锈钢几乎全部采用电炉与炉外精炼(AOD)双联方法生产。

表5 美国不同炼钢方法的钢产量^[1]

年 份	钢 产 量 (%)									
	平 炉		氧 气 转 炉		电 炉			总 计		
	碳 钢	合金钢	碳 钢	合金钢	碳 钢	合金钢	不锈钢	碳 钢	合金钢	不锈钢
1965	7700	745	1950	98	755	350	134	10500	1200	134
1970	3970	330	5300	400	1260	425	115	10600	1160	115
1972	3300	270	6900	574	1720	606	170	12000	1450	170
1974	2920	272	6700	630	1760	621	193	11350	1520	193
1975	1780	213	5820	610	1407	525	100	9030	1360	100

美国的炉外精炼主要是发展 AOD 和各种真空脱气装置。AOD 炉是美国联合碳化物公司的 Linde 分公司于 1968 年研制成功的。美国已投产和预计 1977 年底投产的 AOD 炉达 27 座(数目见表 6), 占世界的 40%, 最大容量为 150 吨, 是世界上最大的 AOD 装置。

表 6 美国 AOD 炉

炉子容量(吨)	<10	10~19	20~50	51~100	>100	总 计	资料来源
座数	1	6	9	6	2	24	[2]
座数	3	5	11	7	1	27	[3]

VAD 是 A. Finkl & Sons 公司与 J. Mohr & Sons 公司研制成功的, 1967 年投产了一座 70 吨的 VAD 炉。美国其他真空脱气装置还有 DH 21 台, RH 10 台, 钢包处理和钢包浇注装置 22 台。美国的真空感应熔炼设备多而容量大, 5~60 吨的真空感应炉有 18 座, 在十个特殊钢公司中有 11 座真空感应炉, 最小的 200 公斤(仅 1 座), 1~3 吨的 4 座, 7.5 吨、12 吨、15 吨各一座, 25 吨 2 座, 最大的 60 吨 1 座。特殊钢重熔设备主要是真空自耗炉和电渣炉。据 1969 年统计, 在二十几个公司中有 80 多座真空自耗炉(熔炼钛合金的除外)^[6], 在十个特钢公司中就有 43 座, 多数是 5~10 吨的真空自耗炉, 较大的是 16~34 吨的, 锭子直径达 1 米左右。在六十年代后期, 美国开始重视电渣重熔, 据统计, 在二十二家公司中有 34 座电渣炉, 最大的 75 吨。CRP(连续精炼法)是美国 Airco Temescal 公司发明的, 1970 年 Airco 真空金属公司投产了 CRP—10 吨设备, 年生产能力 3 万吨, 可用于生产超纯铁素体钢(碳氮之和 $\leq 0.01\%$)。

美国的大型真空感应炉和真空自耗炉, 主要集中在生产高温合金、其他特种合金和宇航用钢的二十几个厂内。

综上所述, 美国特殊钢生产的工艺设备有如下特点:

(1) 设备大型化。美国特殊钢生产所用的电炉、AOD 炉、真空感应炉、真空自耗炉等设备容量一般比其他国家的大。65% 以上的电炉是 40 吨以上的。最大 AOD 炉为 150 吨。最大真空感应精炼炉为 60 吨。最大真空自耗炉 55 吨。

(2) 炉外精炼着重发展 AOD 炉和真空处理设备。特殊钢及超级合金的二次重熔, 早期主要是用真空自耗炉, 电渣炉发展较迟。1975 年电渣重熔能力为 14 万吨/年, 预计到 1980 年可达 50 万吨/年。

值得注意的是, 美国特殊钢生产虽然采用了较先进而且大型化的设备, 但是同类特殊钢厂的劳动生产率还是低于日本。以生产不锈钢中厚板和带钢等产品的不锈钢厂为例, 美国东方不锈钢公司的全员劳动生产率为 51 吨钢/人·年, 日本金属工业公司为 180 吨钢/人·年。其他特殊钢厂的劳动生产率见表 7。

由于劳动生产率低, 工资高, 造成美国特殊钢在国内外竞争能力不强, 1968 年以来, 由于特殊钢大量进口成为美国的一个严重问题。1970 年美国进口特殊钢占特殊钢总销售额的 21%, 不锈钢线材高达 68%, 不锈钢丝 53%, 不锈钢冷轧薄板 34%。目前, 美国的合金钢和不锈钢的大量进口情况已有改变, 1975 年进口合金钢材 41 万吨, 不锈钢材 15 万吨(同年出口合金钢及不锈钢材分别为 29 万吨和 6.9 万吨)。

表7 按炼钢设备能力计算的劳动生产率^[4]

公 司 名 称	总 炼 钢 能 力 (万吨/年)	总 人 数	吨·钢 人·年	主 要 产 品 类 型
The Timken 钢公司	电炉: 100 真空自耗炉: 0.5	20584	50	无缝管($\phi 45\sim 280$ 毫米) 26 万吨/年, 其他还有方坯、棒材和线材
Standard 钢公司	电炉: 2 酸性平炉: 19 真空自耗炉: 0.3	2070	103	高温合金、合金钢、碳素钢 用于电站、喷气发动机和特种轴承的锻件和环形件
东方不锈钢公司	1972 年产量 钢 5.4	1000~1050	51	不锈钢中厚板、薄板和带钢
Lukens 钢公司	电炉: 32.7 平炉: 43	4800	139	碳钢、合金钢、不锈钢特厚板及复合板(基体为碳钢或合金钢与不锈钢、合金钢、镍基合金、铜基合金组成)
Phoenix 钢公司	电炉: 45 平炉: 25	2400	291	碳钢、低合金钢、合金钢、不锈钢中厚板及厚壁无缝钢管
Roblin 钢公司	电炉: 9	425	211	碳钢、合金钢热轧棒材(5.8 万吨/年)和热轧盘条(3.1 万吨/年)
Keyston 钢和线材公司	电炉: 58.5 (连铸方坯)	1933	302	碳钢、低合金钢方坯和线材 (光亮线材和镀锌线材)

美国近几年特殊钢生产技术发展的突出特点是大力发展新设备和新工艺, 把特殊钢研究与开发投资的 70% 放在新设备和新工艺上, 如 AOD、连铸等, 并继续使这些新设备更加完善化, 充分发挥投资的效果。美国特殊钢厂家一致认为, 他们不会马上成为世界上最廉价的特殊钢产品生产厂家, 但是, 在今后一两年内就会达到这个目标^[52]。

(三) 特殊钢厂介绍

美国生产特殊钢的厂家近百个, 其中约有二分之一的厂家不搞炼钢, 仅从事于热加工, 由外厂购买钢锭或钢坯来加工成材。在这里仅介绍一部分既有炼钢又有加工的厂家。

1. 属于钢铁联合企业的特殊钢厂

美国一些大钢铁联合企业中都有特殊钢厂, 而且这些特殊钢厂的规模较大, 品种也比较齐全, 这些特殊钢厂的年生产能力在 20~100 万吨之间。各厂的设备及产品情况见表 8(序号 2, 5~8)。

2. 大型特殊钢厂

大型特殊钢公司的炼钢能力一般在 100 万吨左右, 和相应的轧钢能力, 品种规格比较齐全。现以 Allegheny Ludlum 钢公司为例, 对大型特殊钢公司的装备及产品介绍如下(该公司建于 1929 年):

(1) Brackenridge 厂

炼钢设备: 1 座 50 吨热风化铁炉, 2 座 65 吨顶吹氧气转炉, 12 座电炉(其中 10 吨 $\times 4$, 25 吨 $\times 1$, 35 吨 $\times 2$, 50 吨 $\times 1$, 60 吨 $\times 2$, 70 吨 $\times 2$), 90 吨 AOD 炉 1 座。

轧钢设备: 2 辊 1000 一机架初轧机(年生产能力 81 万吨); 1450 热轧带钢机组(年生产能力 60 万吨); 1450 毫米四辊可逆式冷轧带钢轧机; 四辊 1900 可逆式冷轧薄板轧机; 四机

架四辊 1420 连续冷轧带钢轧机; 一机架 1400 毫米可逆式冷轧带钢轧机。

其他设备: 制氧机 2 台 (2750 米³/小时和 7000 米³/小时); 3 台光亮退火炉。

(2) 棒材产品分公司

下属 Dunkirk 和 Watervliet 厂。

炼钢设备: 5 座电炉 (25 吨×2, 15 吨×1, 12.5 吨×1, 2 吨×1); 500 公斤常压感应炉 1 座; 0.2~1 吨的真空感应炉; 0.5~11 吨的真空自耗炉 5 座。

轧钢设备: 二辊 550 轧机; 三机架三辊中间坯轧机; 2 台五机架三辊型钢轧机; 二机架三辊和七机架三辊小型材或线材轧机; 由三机架三辊 (360 毫米)、八机架三辊 (254 毫米)、一机架二辊 (254 毫米)、一机架三辊 (200 毫米) 和一机架二辊 (200 毫米) 组成的小型材或线材轧机; 无缝钢管轧机和 2200 吨挤压机及穿孔机, 可生产外径 $\phi 4.8 \sim 127$ 毫米的无缝钢管。

其他设备: 800 米³/小时制氧机; 拔丝设备; 冷加工棒材设备; 4 台蒸汽锤 (680 和 540 公斤), 2 台 2000 吨水压机。

(3) 铸锻分公司

炼钢设备: 电炉 2 座 (1 吨和 4 吨各 1 座); 6 座感应炉 (0.25~2 吨)。

其他设备: 13 台锻锤, 1 台压力机。

Allegheny Ludlum 公司的产品有: 不锈钢、电工钢、精密合金、高温合金、合金钢 (真空感应炉熔炼的钢及合金)。包括热轧和冷轧带钢及薄板, 中厚板, 热轧和冷轧棒材, 线材, 挤压材, 无缝和焊接管, 锻件和铸件, 镀铜带钢。还有粉末冶金产品及其他特种合金。

在大型特殊钢中, 其他有代表性的厂还有 McLouth 钢公司、Lukens 钢公司、The Timken 钢公司、The Babcock & Wilcox Co. 的管材分公司, 这些公司的设备及产品见表 8。这些大型特殊钢公司都生产普通钢, 有的普通钢的比例较大。

3. 中型特殊钢厂

美国年产能力 50 万吨左右的特殊钢公司, 一般采用 50~150 吨的电炉, 生产的品种主要是碳钢、低合金钢和部分的合金钢、不锈钢。各厂对品种都有不同的侧重面。这些公司有 Phoenix 钢公司、Keyston 钢和线材分公司、Atlantic 钢公司和 Copperweld 钢公司等 (表 8)。

4. 小型特殊钢厂

美国三分之二左右的特殊钢公司是属于年产 30 万吨以下的厂家。在小特殊钢公司中, 年产 5 万吨以下的公司占三分之一。这些小型特殊钢厂向着产品专业化方向发展, 以便采用先进的工艺和设备, 提高产品质量和生产效率。

(1) 生产高温合金、其他特种合金和不锈钢的专业特殊钢公司: 这类厂的特点是真空冶炼能力很强, 都有大型真空感应炉和真空自耗炉。由于这些厂一般都生产不锈钢, 近几年也都增加了 AOD 炉 (见表 8 中序号 15~20)。

(2) 不锈钢厂: 近几年, 由于炉外精炼设备的发展, 除了在一些大公司中投产了一些生产不锈钢为主的厂 (车间) 外, 原来生产不锈钢的小厂, 也新增加了 AOD 炉, 使不锈钢的产量大幅度增加, 如东方不锈钢公司、Joslyn 不锈钢分公司和华盛顿钢公司等。

(3) 工模具钢生产厂: 一般这类厂的规模比较小, 如 Columbia 工具钢公司的 Chicago Heights 厂, 用 5 吨和 10 吨的电炉炼钢, 蒸汽锤开坯, 产品以高速钢、合金工模具钢的热轧棒材和锻件为主。Braburn 合金钢公司, 有 2 座 10 吨电炉和真空自耗重熔设备, 1500 吨

表 8 美国主要特殊钢公司^[4]

序 号	公 司	工厂或所在地	冶 炼 及 浇 注 设 备				加 工 设 备	主 要 产 品	
			电 弧 炉		AOD 炉				其 他
			容量 吨	座数	容量 吨	座数			
1	Allegheny Ludlum 钢 公 司	Brackenridge	10 25 35 50 60 70	4 1 2 1 2 3	90 1	50 吨电炉 65 吨 LD 2 座	1000 开坯机(90 万吨/年)	不锈钢、耐热钢、电工钢和精密合金、高温合金、真空感应熔炼和真空自耗重熔的钢和合金 包括: 热轧、冷轧薄板和带钢, 中厚板, 热轧、冷轧棒材和线材, 挤压无缝钢管, 焊管, 锻件和铸件。另外, 还有阀门钢, 工模具钢及粉末冶金产品	
2	Crucible Inc.	Dunkirk, Watervliet	2 12.5 15 25	1 1 1 2	23 1	500 公斤感应炉 1 座 0.2~1 吨真空感应炉 0.5~11 吨真空自耗炉 5 座	1000 开坯轧机(100 万吨/年)	焦炭、生铁、铁; 碳钢、不锈钢、合金钢和工具钢类轧材(管坯、线材、中厚板), 锻件, 热轧和冷轧棒材, 焊管, 热轧、冷轧带钢和薄板, 电工钢薄板和带钢; 不锈钢管	
3	McLouth 钢公司	Marren	200	2	135 1	LD: 180 吨×5 4 台 4 流宽板坯连铸机	1510 板材连轧机	热轧和冷轧薄板(不锈钢、低合金钢、碳钢)年产不锈钢 10 万吨, 不锈钢材 6.5 万吨	
4	Washington 钢公司	Houton	35	2	30 1	压力浇注: 模子尺寸为 690×640~1320×(76~127) 毫米	带钢轧机	不锈钢(锭、板坯、薄板和带钢) 生产能力 10 万吨/年	

序 号	公 司	工厂或所在地	冶 炼 及 浇 注 设 备				加 工 设 备		主 要 产 品
			电 弧 炉	AOD 炉	其	他			
			容量 吨	座数	容量 吨	座数			
5	Republic 钢公司	Canton	80 200	5 4	90	1	真空自耗炉: 5~20 吨×6 真空钢包脱气设备: 2 套 方坯连铸 (81 万吨/年)	900 方坯轧机 870 方坯轧机	碳钢、低合金钢、不锈钢坯和 轧材, 管坯, 带钢, 型钢; 特殊钢和合金 (超高强度钢、 马氏体时效钢、沉淀硬化合金 钢、各种真空自耗重熔的合金)
6	United States 钢 公 司	National- Duquesne	17.5 49 85	1 1 3			LD: 220 吨×2 倒包真空脱气设备×2	二辊 1170 方坯轧机	碳钢、不锈钢钢锭、方坯、板 坯、中厚板、合金钢
		South	46 85	1 2	90	1	平炉: 265 吨×14 LD: 200 吨×3 四流方坯连铸机 (110 万吨/年)		
		Texas	220	2			DH 真空脱气 板坯连铸 (60 万吨/年)		
7	Armco 钢公司	Balter	165	3	150	1	165 吨真空脱气设备 2 流板坯连铸机		焦炭、生铁、钢锭和铸钢件, 碳钢、不锈钢轧材 (棒材、中厚 板)、焊管, 无缝钢管, 线材, 薄 板和带钢, 电工钢薄板和带钢
		Baltimore	25 40	2 1	40	1	真空感应炉: 25 吨×1 真空自耗炉: 5 吨×2		
		Houston	117 175	2 4			真空脱气 (最大容量 113 吨)	900×2430 可逆式轧机 75 万吨/年	
		Kansas 城	125 150	2 2				900 可逆式轧机	
		National Supply 分公司	22.5 6 2.5	1 1 1			真空脱气装置	蒸汽锤: 680、2267、2721 公 斤 水压机: 500、1200、1500 吨	
8	Jones & Laughlin 钢 公 司	特殊钢分公司	60	6	60	1		910 可逆式开坯机	钢锭, 方坯, 板坯, 热、冷轧薄 板和带钢, 热轧盘条, 光亮棒材 和丝
9	东方不锈钢公司	Baltimore	50	1	50	1	板坯连铸机 (128×1280)	2150 中板轧机 1840 和 1420 冷轧薄板轧机	奥氏体不锈钢中厚板、薄板 和带钢 1972 年产 5.4 万吨

续表

序 号	公 司	工厂或所在地	冶 炼 及 浇 注 设 备				加 工 设 备	主 要 产 品	
			电 弧 炉		AOD 炉				其 他
			容量 吨	座数	容量 吨	座数			
10	The Babcock & Wilcox 公司的管材分公司	Beaver Falls	25 50 75 100	2 2 2 3	25	1	1000 开坯机	碳钢、合金钢、不锈钢管坯, 型钢, 无缝钢管和焊管	
11	Joslyn 不锈钢分公司	Fort Wayne	20 15	1 2	15	1	950 方坯轧机	不锈钢钢锭, 方坯和轧材(棒材、型钢、线材)	
12	Lukens 钢公司	Coatesville	110 150/ 165	2 1			5250 中厚板轧机	碳钢特厚板 (640 毫米厚, 5 米宽, 38.5 吨重) 合金钢特厚板 (280 毫米厚, 4.7 米宽, 38.55 吨重) 电渣重熔高纯度特厚板 (420 毫米厚, 16.32 吨重) 复合钢板 (基体材料为碳钢或合金钢与不锈钢、合金钢、镍基合金、铜基合金组成)	
13	Latrobe 钢 公 司	Latrobe	有				815 轧机, 其他轧机×5 锻锤和水压机	高速钢、高合金钢、模具钢、铸造模具钢、耐磨和耐蚀钢, 真空感应熔炼和其真空自耗重熔特种合金	
14	The Timken 公 司	Canton Gambrinus Wooster	150 100 60	2 4 1			三辊 900 方坯轧机 无缝钢管轧机	碳钢、合金钢方坯, 棒材, 线材, 无缝钢管 (直径 φ45~280 毫米)	
15	特殊金属公司	New Hartford					3 辊 560×1820 毫米轧机	高温合金: Udimet 马氏体时效钢: Udimer	

序 号	公 司	工厂或所在地	冶 炼 及 浇 注 设 备				加 工 设 备	主 要 产 品	
			电 弧 炉		AOD 炉				其 他
			容量 吨	座数	容量 吨	座数			
16	Carpenter 技术公司	Carpenter 钢公司	14	5	15 50	1 1	真空感应炉: 7.5吨×2 真空自耗炉: 2.5×2, 4吨×2, 9吨×6 电渣炉: 15吨×2	860方坯轧机(能力20万吨 /年) 电焊管机18台	不锈钢、耐热钢、耐蚀合金、 棒材、方坯、线材、带材、焊管 ·工具、模具钢棒材、方坯和线 材 高温合金、精密合金和特种 用途合金
17	Cameron 铁公司	Houston	60	1			真空感应炉: 60吨×1 25吨×1 真空自耗炉: 16~34吨×20	蒸汽锤: 0.9吨、2.7吨和 4.6吨 锻造水压机: 750~20000吨 共13台 卧式环形材轧机	真空熔炼特殊合金,包括锭、 锻件轧制环件、挤压厚壁管
18	标准钢分公司		18 酸性 炉衬 的:	1 1 1 1	40 能力: 3.9 万吨/ 年	1	真空自耗炉: 结晶器直径为700 和1000毫米的各1座(能力0.3万 吨/年)		高温合金、合金钢和碳钢的 锻件,主要用于电站、喷气发动 机和特种轴承
19	Wilbur B-Driver 公 司						感应炉: 900公斤、467公斤和 90公斤各1座 真空感应炉: 2.7吨×1	460~210棒材轧机 500带钢轧机 冷轧带钢和扁材轧机21台	合金钢、不锈钢、镍铬合金和 其他合金线材、丝、冷轧带钢、 扁丝
20	电合金公司	Oil 城	35	1	20	1	真空感应炉: 3吨×1 感应炉: 7.5吨×1 0.25吨×1		镍基合金、特殊合金、不锈钢 和工具钢

续表

序 号	公 司	工厂或所在地	冶 炼 及 浇 注 设 备			其 他	加 工 设 备	主 要 产 品
			电 炉	AOD 炉				
			容量 吨	座数	容量 吨	座数		
21	Washburn 线 材 公 司	Phillipsdale	45	2			感应搅拌钢包脱气设备	碳钢及合金钢线材、热轧棒材、冷轧和热轧带钢、涂层钢丝和带钢
22	Earle M. Jorgensen	Seattle, Wash	40	2			真空脱气设备	碳钢、低合金钢、合金钢、不锈钢和航空用钢钢锭、方坯、精加工锻件、模锻件和环件
23	A. Finkl & Sons 公 司	Chicago	60	2			钢包脱气	碳钢、合金钢和高强度钢锻件
24	Green rever 钢 公 司	Owensboro	60	2			真空脱气	碳钢、合金钢和不锈钢钢锭、半成品和热轧材
25	Roblin 钢公司	Dunkirk, NY	直径 3.8米	1			2 流方坯连铸机 能力: 9 万吨/年	碳钢、合金钢热轧棒材(5.8万吨/年)和热轧盘条(3.1万吨/年)
26	Phoenix 钢公司	Claymont Phoenixville	150 能力: 45 万 吨/年	2			平炉: 150 吨×4(25 万吨/年) 2 流连铸机(45 万吨/年)	碳钢、低合金钢、合金钢和不锈钢中厚板、厚壁无缝钢管
27	Keyston 钢和线材公司	Peoria	175	2			6 流 76×76~152×152 毫米方坯连铸机	碳钢、合金钢方坯和线材(光亮和镀锌线材)
28	大西洋钢公司	大西洋厂	85 (40.5 万吨/ 年)	2				碳钢、合金钢钢锭、方坯、棒材、线材和钢管
29	Copperweld 钢 公 司	Warren 特殊钢厂 Ohio 钢管厂 Regal 钢管厂 Bimetallies 线材厂	50 75	3 4			DH 真空脱气设备×2	碳钢和合金钢 热轧棒材和冷加工材 φ12~190 毫米无缝钢管 φ25~250 毫米焊管 线材

的水压机、3~6吨的蒸汽锤及小型轧机，主要生产高速钢和工模具钢。Latrobe 钢公司是美国较大的工具钢公司，高速钢的年产量达一万多吨。

(4) 其他小型特钢厂：年产能力10万吨左右的小电炉钢厂，一般采用40~60吨的电炉2座和相应的真空脱气设备，生产碳素钢和合金钢轧材或锻材。这类厂生产的品种不多，劳动生产率比较高(见表8中序号21~25)。

二、日 本

日本的特殊钢工业发展较欧美为晚，二次大战前是在军国主义庇护下，战后是在资本主义激烈竞争中迅速发展起来。目前，不论在产量、技术水平和产品质量诸方面均处于世界先进行列。

1882年日本海军兵器局建坩埚炉，第二年开始生产工具钢、小口径弹钢、炮钢等，这是日本特殊钢生产的开始，比1740年英国用坩埚炉生产钟表发条钢晚142年。1901年大阪炮兵厂初次用4吨酸性平炉生产镍钢。1908年建了第一座小型电炉，开始用电炉生产特殊钢。1914年第一次世界大战爆发，特钢需要量剧增，日本在增设坩埚炉的同时，陆续采用电炉炼钢。此后，电炉逐步取代坩埚炉，1921年电炉超过四十座，电炉钢产量增至5195吨，构成日本现代电炉钢的基础。

从一些钢种的发展来看，日本也发展得较晚。如高速钢(美1900年)、不锈钢(德1912年)、中空钎子钢(英1926年)，日本约比欧美晚二十年。但是日本出于侵略战争的需要，对特钢生产采取政府和军方补助的政策，并且大力引进先进技术，使设备和技术不断更新和发展，产量不断提高。到第二次世界大战的高潮时期(1944年)，特殊钢材年产量达到97.7万吨(包括铸锻钢，9%以上为军需)，技术及产品质量均达到欧洲第一流的水平^[7]。

1946年，日本的特殊钢产量猛降至9.8万吨。后来，由于侵朝战争的刺激以及资本主义市场的竞争，产量急剧回升。1950年增至15.5万吨，1955年55.5万吨，1960年220.3万吨，1965年378.7万吨，1969年突破1000万吨(1006.2万吨)，1976年达到1357.8万吨(占总钢产量的12.6%)。

日本的特殊钢产量从1962年起超过西德，次于美国居世界第二位。不锈钢产量从1970年起超过美国，居世界首位。

(一) 分类及产量

1. 熔炼方法

特殊钢主要在电炉、转炉和平炉中熔炼。多年以来，电炉在特钢生产中一直占有统治地位，近年来，顶吹转炉在特钢生产中的比例逐年增加。1955年日本有94.1%的特殊钢是由电炉生产的，转炉钢基本没有。到1961年，用转炉生产了9100吨特殊钢，产量占0.4%。进入七十年代，由于顶吹转炉炼钢技术的进步，转炉特殊钢已占一半，电炉钢的比例开始下降。1971年平炉钢降至400吨，基本上已不用来生产特殊钢(表9)。1975年，日本特殊钢锭——热轧材的成材率为77.3%、锭——锻钢的成材率为76.8%(1974年分别为76.1和81.0%)。

表9 日本特殊钢轧制用锭的炉别比例

(%)

财 政 年 度	转 炉	电 炉	平 炉
1955	—	94.1	5.9
1960	—	81.2	18.8
1965	13.5	67.0	19.5
1970	49.8	45.4	4.7
1975	62.3	37.3	—

2. 分类

日本的特殊钢除合金钢外还计入碳结、碳工以及碳素钎钢、弹簧钢、易削钢、琴钢丝等，共分为工具钢、结构钢和特殊用途钢三大类，其中结构钢约占一半。现将近十年来各类热轧材的产量及比例列入表10，并对几类钢材进行说明。

表10 日本特殊钢热轧材各钢类的产量

(万吨)*

		1965 年	1970 年	1973 年	1975 年
工 具 钢	碳 工 钢	6.7 (2.8)*	12.6 (1.7)	14.2 (1.5)	8.09 (1.0)
	合 工 钢	3.2 (1.3)	8.2 (1.1)	9.9 (1.1)	5.25 (0.6)
	高 速 钢	0.58 (0.3)	1.6 (0.2)	1.6 (0.2)	1.82 (0.2)
	中 空 钢	0.36 (0.1)	1.1 (0.2)	0.8 (0.1)	0.27 (—)
	其他工具钢	0.11 (—)	0.3 (—)	0.41 (—)	0.18 (—)
	小 计	10.9 (4.5)	23.8 (3.2)	27.0 (2.9)	15.6 (1.9)
结 构 钢	碳 结 钢	52.8 (21.8)	218.1 (29.6)	281.0 (30.3)	221.6 (27.3)
	合 结 钢	51.5 (21.3)	149.2 (20.3)	178.2 (19.2)	181.7 (22.4)
	小 计	104.4 (43.1)	367.3 (49.9)	459.2 (49.5)	403.4 (49.7)
特 殊 用 途 钢	弹 簧 钢	21.8 (9.0)	39.6 (5.4)	48.2 (5.2)	47.4 (5.8)
	轴 承 钢	12.2 (5.0)	42.0 (5.7)	45.8 (4.9)	44.1 (5.4)
	不 锈 钢 { 铬 系	13.6 (5.6)	37.2 (5.0)	53.0 (5.7)	46.0 (5.7)
	镍 铬 系	25.4 (10.5)	84.5 (11.5)	112.0 (12.1)	91.0 (11.2)
	耐 热 钢	0.73 (0.3)	2.0 (0.3)	3.0 (0.3)	2.3 (0.3)
	易 削 钢	9.6 (3.9)	43.7 (5.9)	53.3 (5.7)	38.8 (4.8)
	琴 钢 丝	9.1 (3.8)	16.5 (2.2)	22.0 (2.4)	23.8 (2.9)
	高 强 度 钢	32.6 (13.5)	74.1 (10.1)	101.1 (10.7)	97.8 (12.0)
	其 他	2.0 (0.8)	6.0 (0.8)	3.5 (0.4)	1.9 (0.2)
	小 计	127 (52.4)	345.4 (46.9)	441.9 (47.6)	393.1 (48.4)
合 计		242.2 (100)	736.5 (100)	928.1 (100)	812.1 (100)

* 括号内为比例数(%)

** 所列年限系指财政年度

(1) 高强度钢

1972年1月以前，日本高强度钢的统计数字包括普通钢和特殊钢两部分(表11)，其中特殊钢约占1/2~1/3，并且特钢部分进展缓慢，普钢部分发展迅速。1972年以来仅统计特殊钢部分，并进一步分类为焊接高强度钢、低温用钢、耐大气腐蚀钢及其他高强度钢四类。