



高等专科学校教学用书

GAODENG
ZHUANKE
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

型钢生产

中南工业大学

图书馆藏

冶金工业出版社

高等专科学校教学用书

型钢生产

上海冶金高等专科学校 翁正中 编

冶金工业出版社

(京)新登字036号

高等专科学校教学用书

型钢生产

上海冶金高等专科学校 翁正中 编

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街属祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所发行

北京市桦星电脑激光照排

标准出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张8.25 字数193千字

1993年4月第一版 1993年4月第一次印刷

印数 00,001 ~ 3,500 册

ISBN 7-5024-1146-1
TP·270 (课) 定价2.25元

前 言

本书根据“八五”冶金工业部高等专科教材规划和专科压力加工专业《型钢生产》教学大纲的要求编写而成。全书共分八章,内容力求既反映国内外新技术、新成就,又能满足教学要求。本书作为冶金高等专科学校压力加工专业教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

承蒙王秀忠、张亚松、许云祥、喻廷信等同志,对初稿进行审议,并提出宝贵的意见和建议,在此深表感谢。

由于编者水平所限,书中一定会存在一些缺点和错误,请读者给予批评指正。

编 者

1991年11月

目 录

结论	(1)
1 原料	(5)
1.1 各种原料的比较	(5)
1.2 钢锭	(7)
1.3 原料的表面清理	(10)
2 钢坯轧制生产	(12)
2.1 初轧生产	(12)
2.2 钢坯连轧机组	(33)
2.3 三辊开坯	(35)
3 型钢生产的一般问题	(40)
3.1 型钢种类	(40)
3.2 轧机类型和产品范围	(42)
3.3 型钢轧机布置	(43)
3.4 型钢生产方法与特点	(46)
3.5 常用型钢的生产工艺	(49)
4 轨梁生产	(54)
4.1 轨梁生产一般情况	(54)
4.2 重轨生产	(55)
4.3 H型钢生产	(62)
5 线材生产	(65)
5.1 线材的品种和用途	(65)
5.2 线材的质量要求	(65)
5.3 线材轧机布置形式和特点	(66)
5.4 线材生产特点和工艺过程	(70)
5.5 线材生产发展概况	(73)
5.6 线材轧后控制冷却	(79)
6 型钢轧制缺陷与调整	(85)
6.1 轧机调整的基本知识	(85)

6.2	方钢的调整	(90)
6.3	圆钢的调整	(91)
6.4	角钢的调整	(92)
6.5	槽钢的调整	(95)
6.6	轻轨的调整	(97)
6.7	工字钢的调整	(99)
7	合金钢材轧制生产	(101)
7.1	合金钢生产概况及轧制工艺特点	(101)
7.2	合金结构钢的轧制生产	(105)
7.3	高速钢 (W18Cr4V) 的轧制	(107)
7.4	各种类型合金钢的工艺特点与生产工艺流程简介	(108)
8	其他型钢生产方法简介	(112)
8.1	冷拔型钢	(112)
8.2	冷弯型钢生产	(117)
8.3	楔横轧工艺	(123)
	参考文献	(126)

绪 论

一、轧钢生产一般情况介绍

轧钢生产是把原料(钢锭、钢坯或连铸坯等)利用钢的塑性,通过各种轧制设备的压力加工,轧制成各种断面形状、尺寸和达到一定质量要求的钢材的生产工艺过程。若与金属切削、铸造等工艺相比较,轧钢生产具有:1)可改善钢的组织性能;2)生产率高,适用于大量生产;3)可节约金属等特点。换言之,轧钢生产比其他生产钢材方法具有优质、高产、低消耗的优越性。所以钢材的总产量约有90%是经过轧制成材,或由轧钢生产提供原料的。

轧钢生产可分热轧、冷轧两大类。热轧钢材生产一般有4个基本工序,即原料准备、加热、轧制、精整。

钢材的品种主要可分为:管材、型线材、板材3大类。

管材:凡中空断面,且长度与断面周长之比较大的钢材称为钢管。其规格用外形尺寸(外径或边长)、内径及壁厚表示。其断面一般为圆形,但也有异型和变断面的。钢管按用途可分为:管道用管、热工设备和热交换器用管、机械工业用管、石油地质用管、化工用管、其他用管等,随着科学技术的发展,管材品种不断增多。

型线材:断面为多种形状,实心而细长的钢材称为型线材。轧件既细又长成卷供应的则称盘条或线材。这类钢材规格品种极为繁多。按断面形状它可分为简单断面、异型断面和周期断面三种。

板带材:按产品厚度板带可分为:特厚板(>60mm)、厚板(20~60mm)、中板(4~20mm)、薄板(0.2~4mm)、箔材(0.2~0.001mm以下)。而按用途分则有:造船板、锅炉板、桥梁板、压力容器板、汽车板、镀层板、电工钢板、深冲板、焊管板、航空结构板、复合板、不锈钢、耐热、耐酸等特殊用板等。

各类钢材占总钢材的比重,各国有较大差异,如表0-1所示。

表0-1 主要产钢国家热轧钢材产量及构成比

国家	年 份	热轧材 总产量 万吨	中厚板占总 产量比重 %	薄板、带钢占 总产量比重 %	型钢占总 产量比重 %	线材占总 产量比重 %	钢管占总 产量比重 %	焊管占钢 管产量比重 %
美 国	1963	7425.4	10.0	55.5	22.4	5.7	8.8	59.4
	1973	10109.0	8.7	55.5	22.2	4.7	8.2	56.9
	1976	8114.5	8.0	58.3	22.5	4.9	7.0	54.4
	1979	9095.9	9.0	54.2	23.1	5.3		
	1983	6131.1	5.9	59.0	23.6	5.8		
日 本	1985	6532.5	6.0	60.1	23.3	5.7		
	1963	2564.8	16.2	37.4	33.7	9.2	8.6	75.0
	1973	10040.4	18.8	43.4	27.5	7.6	9.5	80.0
	1976	9321.3	17.1	45.2	26.6	8.2	9.9	76.7
	1979	10161.4	13.4	45.2	29.2	7.6		
本	1983	9099.5	12.9	44.3	30.6	7.7		
	1986	9338.6	11.8	45.7	30.1	8.0		

续表0-1

国家	年 份	热轧材 总产量 万 t	中厚板占总 产量比重 %	薄板、带钢占 总产量比重 %	型钢占总 产量比重 %	线材占总 产量比重 %	钢管占总 产量比重 %	焊管占钢 管产量比重 %
前 苏 联	1963	5512.1			44.0	7.9	13.6	50.1
	1973	9311.8	18.2		42.6	8.6	15.4	58.0
	1976	10311.3	19.7		40.7	8.1	16.2	59.9
	1979	10511.7	20.1	22.5	36.8	7.6		
	1983	10644.3						
	1986	11395.9			36.4	7.6		
前 西 德	1963	2422.5	22.2	23.0	31.3	9.1	9.0	38.7
	1973	4022.6	23.8	28.3	23.4	10.7	10.1	53.8
	1976							
	1979	3848.7	23.9	29.3	17.8	10.4		
	1983	3132.4	19.5	37.8	14.9	10.1		
	1986	3364.7	20.2	37.2	13.1	10.2		
中 国	1963	539	10.8	11.5	43.4	17.1	6	
	1973	1684	16.25	8.05	47.6	13	7.1	
	1976	1466	16.3	6.8	48.9	13.3	8.1	
	1979	2497	14.6	7.9	50	14.5	7.2	49.5
	1983	3702	15	12.2	44.5	14.5	8.9	58.1
	1986	4058	14.6	13.2	45.4	15.6	7.9	61

由于板带钢在生产中更容易实现生产过程的连续化和自动化,而且焊接、冲压、弯曲成型等技术日益完善,所以板带钢在技术先进国家的比重在50%以上,且有逐渐扩大趋势,而型材所占比重为25~35%。但我国目前型材比重约占钢材总量的60%左右。

随着科学技术的发展,世界上轧钢生产技术也在飞速发展。其主要趋势有以下5个方面:

1) 生产日趋连续化、高速化、专业化、大型化。

目前连续式轧机,不仅在线材、棒材生产中大力发展,而且有连续钢管轧机和连续型钢轧机。像无头轧制这种完全连续作业,已由线材生产推广到冷轧带钢和连续焊管生产。还出现了各种连续精整作业线,使生产效率大大提高。

轧制速度也不断提高,线材轧制速度已由原来的60m/s提高到100m/s或更高一些。带钢轧制速度已达41.7m/s,钢管张力减径达20m/s。随着连续化、自动化程度的提高,轧制速度必然会进一步提高。

为了满足产量和质量的要求,大批量的生产轧机向专业化方向发展,采用专门设备和专用加工线来生产某些专门产品。

炼铁炼钢能力的大幅度提高,促使轧钢生产规模的扩大。若以60年代和70年代相比,板坯初轧机年生产能力由350万t提高到600万t。带钢热连轧机年生产能力也由300万t提高到600万t。生产设备日趋重型化(例如牌坊重450t,轧辊重240t)。

2) 采用计算机等先进技术控制生产过程,使轧制自动化日趋完善,质量不断提高。例如:厚度在5mm以下热轧宽带钢的厚度偏差可控制在 $\pm 0.025\text{mm}$;冷轧带钢厚度偏差控制在 $\pm 0.0004\text{mm}$;盘重达4.9t的线材,其直径偏差控制在0.1mm以内;冷加工钢管外径偏差达 $\pm 0.05\text{mm}$,壁厚偏差达 $\pm 0.01\text{mm}$,表面粗糙度Ra可达0.1~0.2 μm 。产品质量的提高为

节省劳力、降低成本创造了良好的条件。

3) 发展合金钢种, 采用先进工艺提高钢材质量。例如采用锰、硅、铌、钛、钒等微量合金元素生产低合金钢种, 配以控制轧制或其他形变热处理工艺, 可显著提高钢材的性能和使用寿命。

4) 扩大品种规格、扩大板带钢比重。钢材品种已达数万种。现已能生产1200×530H型钢、78kg/m重轨、直径在1.6m以上的管线、宽5m以上的钢板、薄0.1mm以下的镀锡钢板等。另外经济型材(异型、少或无切削型材)和冷弯型钢生产的发展也很快。特别是板带钢的比重不断增大。

5) 发展连铸坯代替初轧坯, 简化工艺过程, 提高成材率, 降低成本。故近年来各国轧钢生产中, 连铸坯的比例日趋增大。

解放前我国钢铁工业非常落后, 不但产量低(1943年钢材产量最高为68.6万t, 而1949年仅产钢15.8万t、钢材14万t), 而且主要生产能力和日本帝国主义所垄断。解放后, 中国人民在中国共产党的领导下, 经过3年恢复时期, 到1952年钢产量为135万t, 钢材为113万t。到1966年钢产量为1532万t, 钢材为1051万t。但经过“文革”10年, 1976年钢产量仅为2046万t, 钢材为1466万t。不但发展速度极为缓慢, 而且在生产技术方面, 大大落后于世界先进国家。“文革”以后到1986年钢产量为5320万t, 钢材为4058万t, 产量提高了2.6~3.2倍。并且我们还引进投产了一些较先进的技术和设备, 如宝山钢铁总厂的一、二期工程的投产, 各地高速线材车间的投产等, 这为缩小我国生产技术水平与世界先进水平的差距, 创造了有利条件。目前我国钢铁生产在总体上讲, 技术水平仍较低, 而且产品的产量、质量和品种都不能满足国民经济日益发展的需要, 每年要进口不少钢材。为此, 要发奋图强, 使祖国的钢铁工业生产技术上世界先进水平。

二、轧钢生产系统

在组织生产时, 国家根据原料来源、产品种类、生产规模、技术条件和地理条件, 将轧钢生产有关设备进行配套, 组成生产系统。轧钢生产系统是千差万别的, 特别在我国, 地域广大, 且由于历史原因, 生产系统更为复杂。现将几种较典型的生产系统介绍如下:

1) 板带钢生产系统: 近代板带钢生产由于广泛采用先进的连续轧制方法, 生产规模愈来愈大。例如: 一套现代化宽带钢热轧连轧机年产量可达300~600万t; 一套宽厚板轧机, 年产量可达100~200万t。

2) 型钢生产系统: 其规模往往不大, 可分大型、中型、小型3种生产系统。一般年产100万t以上可称为大型生产系统, 年产30万t以下称为小型生产系统。

3) 混合系统: 在一钢铁企业中可同时生产板带钢、型线材和管材时称混合系统。无论大型、中型或小型钢铁企业中, 混合系统都比较多, 因为它可以满足多种钢材的需要, 可减少大量的运输费用。但单一系统则有利于质量和产量的提高。

4) 合金钢系统: 由于合金钢的用途、钢种特性和生产工艺都比较特殊, 材料也比较昂贵, 且产量不大而品种繁多, 因此合金钢系统常属于中型或小型的型钢生产系统或混合系统。由于某些合金钢塑性较差, 故除开坯轧机外, 常配有锻造开坯。

各种轧钢生产系统基本情况如表0-2所示。

表0-2 各种轧钢生产系统组成示例

生产系统	板带钢	型 钢	混 合	合金钢	中型混合	小型混合
年产量, 万 t	300~800	150~300	300~600	20~30	30~100	10~30
原 料	铸锭 连铸坯	铸锭 连铸坯	铸锭 连铸坯	铸锭 连铸坯	铸锭 连铸坯	铸锭 连铸坯
初轧、开坯机	水压机 板坯初轧机	方坯初轧机及 钢坯连轧机	方板坯初轧机	初轧开坯机 锻锤	初轧开坯机	三辊开坯机
成品轧机组组成	宽厚板轧机 宽带热连轧机 可逆式冷轧机 热轧产品 焊管机	线材轧机 小型轧机 中型轧机 轨梁轧机	轨梁轧机 宽带热连轧机 热轧产品 焊管机 冷连轧机 无缝钢管轧机	中型轧机 带钢轧机 小型轧机 线材轧机 拉丝机 冷带轧机 无缝钢管轧机	中型轧机 迭轧薄板或带钢轧机 小型轧机 中板轧机	窄带钢轧机 无缝钢管轧机 小型及线材轧机

1 原 料

1.1 各种原料的比较

轧钢生产的传统方法是：采用模铸钢锭为原料，用初轧机（或开坯机）将钢锭轧制成各种规格的钢坯，然后再经过成品轧机轧成各种钢材。目前我国仍以这种方法为主，因此国内有较多的初轧机与开坯机。

近 30 年来，连续铸坯技术得到了迅速发展。连续铸坯就是将钢水通过连铸机铸成一定断面形状和规格的钢坯，如图 1-1 所示。这种方法，省去了传统方法的铸锭、初轧等工序，大大简化了轧钢生产工艺过程。模铸与连铸生产工艺流程如图 1-2 所示。

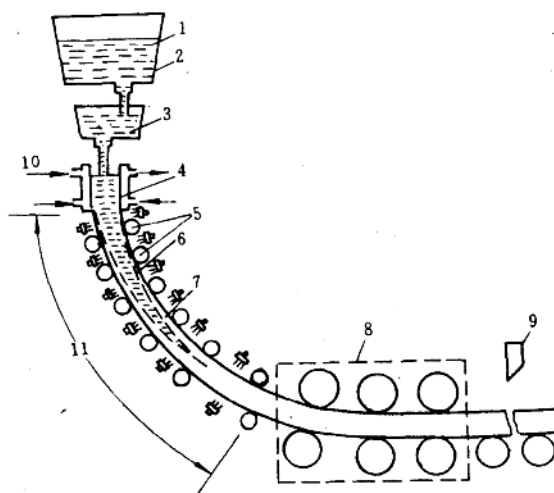


图 1-1 连续铸坯生产过程示意图

1—钢液；2—盛钢桶；3—中间罐；4—结晶器；
5—夹送辊；6—液相穴；7—铸坯；8—拉矫机；
9—切割装置；10—结晶器冷却水；11—铸坯二次冷却区

此外，也有用压铸坯或锻坯做原料的。这几种轧钢生产所用的原料，各有其优缺点，现列于表 1-1。

表 1-1 轧钢所用各种原料的比较

原料种类	优 点	缺 点	适 用 情 况
钢锭	不用初轧开坯，可独立进行生产	金属消耗大，成材率低，不能中间清理，压缩比小，偏析重，质量差，产量低	无初轧及开坯机之中小型企业及特厚板生产

续表 1-1

原料种类	优点	缺点	适用情况
轧坯	可用大锭, 压缩比大并可中间清理, 故钢材质量好; 成材率比用钢锭时高; 钢种不受限制, 坯料尺寸规格可灵活选择	需要初轧开坯, 使工艺和设备复杂化, 使消耗和成本增大, 比连铸坯金属消耗大得多, 成材率小得多	大型企业钢种品种较多及规格特殊的钢坯; 生产厚板且可用横轧方法
连铸坯	总的金属消耗小, 节约 6~12% 以上的金属; 不用初轧, 简化生产过程及设备, 降低消耗, 每吨钢可节约热能 14 万大卡, 降低成本约 10%; 比初轧坯形状好, 短尺少、成分均匀, 使轧板成材率比初轧坯高 2~4%; 坯的尺寸和重量可大, 生产规模可大可小; 节省投资及劳动力; 易自动化	目前尚只适用镇静钢, 钢种受一定限制; 受压缩比限制, 不适用于生产厚板; 受结晶限制, 钢坯规格难灵活变化; 连铸工艺要求较严, 难掌握	适于大、中、小型联合企业品种较简单的大批量生产; 受压缩比限制, 适于生产厚度不太厚的板带钢
压铸坯	总金属消耗小; 质量比连铸坯好, 组织均匀致密, 表面质量好; 设备简单, 投资少, 规格变化灵活性大	生产能力较低, 不太适合于大企业大规模生产, 连续化自动化较差	适于中小型企业及特殊钢生产
锻坯	质量好, 设备简单, 产品规格灵活性大	生产能力极低, 劳动条件差	适于塑性差的高合金钢钢锭

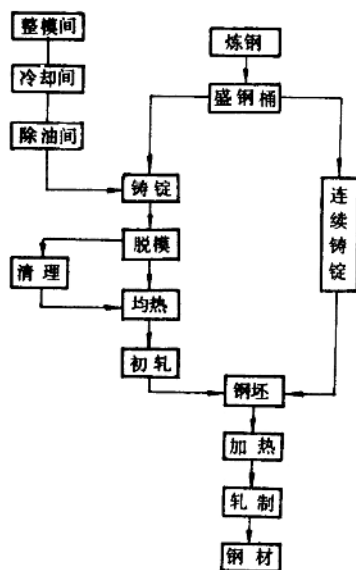


图 1-2 模铸与连铸生产工艺流程

1.2 钢锭

目前我国轧钢生产中大多数以钢锭为原料。

1.2.1 钢锭按脱氧程度分类

1) 沸腾钢。钢水脱氧不完全,当钢水注入锭模时C与O发生反应,生成CO气泡,使钢水在锭模中产生“沸腾”现象。这些气泡并不能全部逸出钢水,而集中钢锭外层呈蜂窝状气泡带,也有一些残留于锭心部分称二次气泡。但由于气泡存在而减少钢水冷缩的集中缩孔,使轧后切头损失大为减少,提高了金属收得率,且表面质量较好,故常用于普通用途的钢种。

2) 镇静钢。钢水脱氧完全,当钢水注入锭模时,表面很平静。锭内无气泡,质量较好。钢锭比重较沸腾钢大。但上部有较大的因钢水凝固而收缩的集中缩孔。为减少缩孔深度,锭模上部有一较大的保温帽,而轧后必须切净,金属消耗增加。

3) 半镇静钢 介于二者之间。

1.2.2 钢锭内部组织

钢锭内部组织结构如图 1-3 所示。

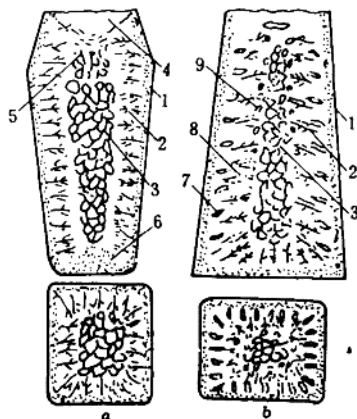


图 1-3 钢锭内部组织结构

a—镇静钢组织结构;

b—沸腾钢组织结构;

1—细晶粒带;

2—柱状晶带;

3—等轴晶带;

4—缩孔;

5—疏松区;

6—底部细晶锥区;

7—蜂窝气泡带;

8—中间凝固带;

9—二次气泡带

细晶粒带的晶粒结合力强、钢质纯净、偏析少。柱状晶带的晶粒粗大,存在枝晶偏析,晶间结合力弱,尤其是边角部更为严重,轧制时易产生晶界断裂,且偏析形成纤维组织,使轧件纵横向性能不一致。等轴晶带的晶粒粗大,因是最后凝固,所以偏析更大,尤其锭上部存在大量S、P等低熔点杂质,影响钢材质量。

1.2.3 钢锭重量及尺寸确定

钢锭重量和尺寸,不但与钢锭质量、铸锭生产率有关,而且也与初轧机、成品轧机的产量、成品质量、金属消耗有关,因此必须综合考虑。

例如:高速钢钢锭从改善钢材质量、提高轧机产量而言,钢锭重量大一些为好,但锭尺寸过大,带状偏析、冷缩缺陷易于超出允许范围而影响钢锭质量。反之,若锭重过小,断面尺寸减小,导致轧制时总延伸系数降低到不允许的程度,严重影响轧后钢材的质量。因此必须综合各方面因素,结合车间实际情况,妥善确定钢锭的重量。

1.2.3.1 钢锭重量确定程序

钢锭重量确定程序如下:

1) 确定钢坯重量 G_p , 计算公式如下:

$$G_p = glnk_p \quad (1-1)$$

式中 g ——每米钢材重量, kg;

l ——每根成品的长度, m;

n ——每根坯将轧成材的根数;

k_p ——由坯轧成材的金属消耗系数。

2) 确定钢锭重量 G_d , 计算公式如下:

$$G_d = G_p n_1 k_d \quad (1-2)$$

式中 G_p ——每根钢坯重量;

n_1 ——一根钢锭能轧钢坯根数;

k_d ——由钢锭轧成坯的金属消耗系数。

1.2.3.2 钢锭尺寸确定程序

钢锭尺寸确定程序如下:

1) 确定钢锭本体重量 G_b (镇静钢去掉保温帽部分), 计算公式如下:

镇静钢

$$G_b = G_d (1 - b) \quad (1-3)$$

式中 b ——保温帽所占重量的百分比。

沸腾钢

$$G_b = G_d \quad (1-4)$$

2) 计算钢锭本体体积 V_b , 计算公式如下:

$$V_b = \frac{G_b}{\gamma} \quad (1-5)$$

式中 γ ——钢的比重, 镇静钢为 $7 \sim 7.2 \times 10^{-3} \text{kg/cm}^3$, 沸腾钢为 $6.9 \sim 7.0 \times 10^{-3} \text{kg/cm}^3$ 。

3) 求 L/H 值。 L 为锭本体高度, H 为锭平均边长。如 L/H 增大, 则锭细长, 可减少加热时间和轧制道次, 但浇铸时易产生纵裂、气泡不易上浮、缩孔、疏松较深等严重影响钢锭质量的缺陷。故 L/H 应根据钢锭质量要求和炼钢注锭技术水平来确定。表 1-2 介绍了我国某些钢锭的 L/H 值。当 L/H 确定后, 可按下式求出 H 和 L 值:

表 1-2 我国某些钢锭的 L/H 值

锭 种	锭 重, t	现用数值	锭 种	锭 重, t	现用数值
沸腾钢	0.1~0.3	6~10	镇静钢	>1	3.5~5
	<1	5~6		1~5	2.5~3.5
	1~5	3~5		5~8	2.5~3
	5~10	2.5~3.5		8~15	2~2.8
	>10	2~2.5		>15	1.5~2

$$H = \sqrt[3]{\frac{V_b}{(L/H)}} \quad (1-6)$$

$$L = H(L/H) \quad (1-7)$$

4) 确定钢锭锥度 i , 计算公式如下:

$$i = \frac{A - a}{2L} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 A 、 a ——分别为钢锭大、小头的平均边长。

对轧钢而言, 希望 $i=1$, 但注锭不允许。一般 i 数值如下:

沸腾钢, 主要考虑钢锭脱模, 一般取 $i=0.8\sim 1.2\%$;

镇静钢, 主要考虑钢锭质量, 一般取 $i=2.5\sim 3\%$;

耐热、不锈钢及对铸锭缺陷敏感的钢, 一般 $i=3\sim 5\%$ 。

当 i 确定后, 就可求出 $A \cdot a$ 数值, 即

$$A = H + L \times i \quad (1-9)$$

$$a = H - L \times i \quad (1-10)$$

当初轧机是奇数道次轧成产品时, 希望锭为矩形断面, 边长差为初轧机的一个平均压下量。此时应使大小头面积不变, 求出矩形的长短边尺寸。

1.2.4 钢锭常见缺陷

钢锭的某些缺陷, 有的会使钢材产生缺陷, 有的根本无法轧成钢材。现将钢锭主要缺陷作一简要介绍。

1.2.4.1 内部缺陷

内部缺陷主要有:

1) 钢质不良。由于炼钢操作不当, 钢水过氧化, 其中含大量 FeO , 铸成的钢锭晶间结合力极弱, 轧制时钢锭易碎裂。

2) 严重偏析。 S 、 P 偏析严重。严重偏析导致钢材各部性能不均而报废。

3) 缩孔与疏松。缩孔由钢液凝固时体积收缩而形成, 位于镇静钢锭上部, 呈漏斗状。缩孔以下部位, 因凝固时钢液补充不足而疏松。轧后必须切去缩孔部分, 否则造成钢材内部孔洞或夹层。对低倍组织要求严格的钢种, 疏松部位亦应切除, 否则引起该部机械性能下降。

4) 气泡。沸腾钢的蜂窝气泡如未暴露, 轧后一般均能焊合。若浇铸时控制不好, 细晶粒带过薄, 则加热时易因钢锭表面局部烧损而使其暴露, 轧后钢材表面呈密集小裂纹, 称为“发裂”。

5) 白点。冶炼中因矿石、熔剂等不够干净, 或浇铸时钢水罐等未能烘干, 钢中含有微量氢气, 致使钢中产生“白点”缺陷。

6) 非金属夹杂。浇铸时钢渣或被钢液冲刷带入钢内的耐火材料未能浮出钢液表面, 在钢中形成非金属夹杂。轧后有可能形成夹层或夹砂, 造成废品。

1.2.4.2 外部缺陷

外部缺陷主要有:

1) 表面裂纹。横裂纹由于锭模凹凸不平, 或钢液流入保温帽或铸锭盘与锭模间的缝隙内, 形成飞翅等原因, 妨碍钢锭表面冷却收缩, 产生拉应力而引起横裂。下铸沸腾钢因铸温过低形成“上冒”, 也易引起横裂。横裂因所处位置不同, 轧后形成不同形状的裂纹。纵裂多产生于钢锭的角部, 系由铸温不当、注速过快造成。此时细晶粒带过薄, 外壳经不起内部未凝固钢液的静压力而被胀破。深度不大的纵裂轧制时随轧件延伸而被拉细, 甚至消

失；深度大的则残留于钢坯表面。

2) 结疤。上注时因注速过快，钢液飞溅于模壁并沿壁流下，表面氧化后不能与后来的钢液凝为一体而造成结疤。严重结疤可使钢坯报废，轻者轧后必须清除。

3) 重皮。浇注时注温、注速不当，钢液溅于模壁上，或钢液表面氧化膜被翻卷入钢锭内均易造成重皮。其轧后在外观上类似结疤，亦严重影响钢坯表面质量。

4) 其他。由于锭模设备不良，在钢锭表面还会产生水纹等缺陷。

钢锭各种外部缺陷可参考图 1-4。

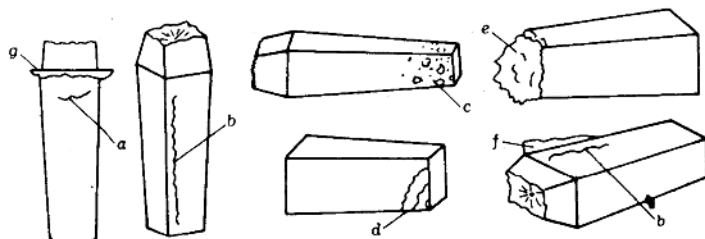


图 1-4 钢锭的各种外部缺陷

a—横裂；b—纵裂；c—结疤；d—重皮；
e—上冒；f—飞翅；g—悬挂

1.3 原料的表面清理

钢锭、钢坯或连铸坯表面经常存在各种缺陷（结疤、重皮、裂纹、夹渣、折叠、飞翅等），如果轧前不加以清理，轧制中可能会使缺陷不断扩大，并会引起更多的缺陷，甚至影响轧制时的塑性与成形，严重时导致钢材报废。为了提高钢材表面质量和合格率，对于轧前的原料和轧后的成品，都必须进行认真的检查。对于经过清理能保证产品质量的要进行清理。特别对合金钢要求更为严格，所以合金钢锭一般采用冷锭装炉作业，便于作表面检查。在表面清理前往往要进行降低表面硬度的热处理。至于碳钢或低合金钢则为了尽量采用热锭装炉作业，而不作钢锭表面清理，待轧成钢坯后再进行。

原料表面清理的方法很多，参见表 1-3。

表 1-3 原料表面清理方法和适用情况

清理方法	人工火焰清理	机械火焰清理	风铲清理	电弧清理	砂轮清理	机床车削
适用情况	碳钢及部分合金钢局部处理	碳钢及部分合金钢大面积剥皮	碳钢及不能用火焰之优质钢局部清理	优质钢	合金钢及高硬度的高级合金钢	高级合金钢全面剥皮

火焰清理：是现代最常用的方法，即利用高温火焰使有缺陷部分的金属局部熔化后，用高压气流将其吹掉使缺陷消失。此法生产率高，成本低。

人工火焰清理：由人工使用火焰进行清理。这种方法多用于清理局部表面缺陷。其效率成倍地高于风铲清理。但生产能力较低，劳动条件差。

机械火焰清理：常把火焰清理机设在初轧机和大剪之间，使轧后钢坯立即通过火焰清理机，将钢坯全表面或局部表面烧去一层。其效率很高，劳动条件也大为改善，但金属损耗较大。

火焰清理冷锭或冷坯时，原料表面局部地区温度急剧升高，然后又急剧冷却，当材料导热性差时，处理后将产生局部裂纹。钢中奥氏体愈稳定，含碳量愈高，冷却速度愈大，产生裂纹的敏感性就愈强。因此一些导热差的容易产生龟裂的合金钢和高碳钢，以及某些会产生毒气的钢种（如高锰钢）一般不宜采用火焰清理。而合金钢或高碳钢则可利用轧后余热或处理前预热的方法，防止裂纹产生。某些钢种火焰清理时预热温度范围参见表 1-4。

表 1-4 火焰清理时钢坯应有的预热温度

组别	清理温度	钢 号
I	任何温度	08~60, 15Cr~35Cr, 15Mn~50Mn, 15Cr, 15Cr V, 15Mo, 15NiMo, 20NiMo, 15CrMo, 19CrNi3A, 15NiA, 13Ni3A, 20CrMo
II	>180	65~75, T7~T8, T8Mn, 60Mn, 70Mn, 30Mn2~50Mn2, 27SiMn, 50CrMn, 38Cr~50Cr, 40CrSi, 40CrNi~58CrNi, 30CrNi3, 40CrV~50CrV, 33CrSi~40CrSi, 30CrMnSiA
III	>300	80, 85, T9~T13, T10Mn, 55Si2, 60Si2, GCr6~GCr15, 7Cr3, 9CrSi, 9Cr, 09Cr, W1, W2, CrWMn, GCr15SiMn

风铲清理：可用于一般合金钢和高碳钢坯的表面清理，在冷状态下进行。风铲铲沟应顺着轧制方向进行，其尺寸：深，宽，长一般不小于 1:5:8 为宜。处理最大深度一般不超过边长的 10%。铲沟应有一定的斜度与圆角，以防止轧后形成其他缺陷。该方法生产率低，不适于现代生产规模。

机床加工清理：用于重要的合金钢钢坯的表面清理。具体方法就是将表面剥去一层使锭质达到要求。当原料表面硬度高时要事先进行软化处理。

砂轮磨削：适用高硬度钢种的表面局部清理。当清理裂纹敏感性大的钢种时，要慎重控制砂轮的转速、压力和磨削间的间隙时间，以防止局部急热而导致裂纹的产生。