

冷轧带钢生产

上

W.L. 罗伯茨

冶金工业出版社

5.5

2

冷轧带钢生产

上册

W.L. 罗伯茨

冶金工业出版社

1
11
11

内 容 提 要

《冷轧带钢生产》是作者W.L.罗伯茨以他自己多年来的大量生产实践数据为基础编写的一本全面反映现代带钢冷轧技术的专门著作。内容包括十二章：轧制的历史，冷轧机的各种型式，冷轧机的组成部件，轧辊及其轴承，冷轧机的仪表装置与自动控制，冷轧润滑，冷轧过程的热行为，钢的物理性能和变形时的特征，轧制力的数学模型，力矩方程和连轧机的控制方式，板型测量及其控制，冷轧带钢的性能及后步工序。

中译本分上下两册出版，上册包括前七章，下册包括后五章。

本书曾于美国和墨西哥作为冷轧和轧制润滑教材，在我国可作为金属压力加工专业大学生和研究生的参考书，也适用于培训冷轧操作人员和技术管理人员。

2568/4

冷 轧 带 钢 生 产

上 册

W.L. 罗伯茨

*

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

*

787×1092 1/16 印张 24 3/4 字数 592 千字

1985年3月第一版 1985年3月第一次印刷

印数00,001~3,300册

统一书号：15062·4078 定价5.55元

序 言

尽管用轧制法生产的轧材产量比用任何其他金属加工方法都多，但是迄今为止仅出版了为数不多的关于轧制变形的书籍。绝大多数已出版的关于轧制变形的著作现已绝版，难于得到，而且毫无疑问，这些书未能反映当代轧制技术的状况。此外，一些作者都感到必须在更广的范围内论述轧制变形这个课题，包括钢及有色金属的热轧与冷轧这两方面的内容。涉及范围如此之广，自然限制了可能研究的深度，因为从中难得找到关于轧辊冷却、轧制润滑及产品形状这些题目的参考资料。

据此，我认为应该撰写一本反映当前情况的关于轧制的书，而且其内容应尽可能详细。本书就是这样写成的，目的是想为学习金属加工的大学生、轧机设计和制造人员、操作人员、冷轧产品的用户以及对此有兴趣的任何人员提供尽可能多的轧制技术方面的知识。

读者将会注意到，本书基本上是一部已出版的技术文献的摘要。本书内容向读者提供了冷轧的历史、现用的设备、轧制润滑的作用、金属变形时的热行为与冶金特征、有关轧制力和所需功率的数学模型、板型问题以及冷轧带钢的后步工序。对于希望更详细地了解这方面课题的读者，还列举了大量的参考文献。

本书的手稿已在美国和墨西哥被用作冷轧和轧制润滑的教材。希望本书出版后将得到更广泛的使用，不仅作为教材，而且也作为冷轧技术的参考书和文献总目。

W.L. 罗伯茨

译者的话

《冷轧带钢生产》是根据美国马塞尔·德克尔 (Marcel Dekker) 公司1978年出版的罗伯茨 (William L. Roberts) 所著“Cold Rolling of Steel”一书翻译的。该书全面地介绍了冷轧带钢的生产过程及有关技术问题, 内容共分十二章, 包括冷轧的历史、常用的冷轧设备、轧制过程的润滑与冷却、轧件冷轧时的热行为和冶金性能、轧制力及轧制功率的数学模型、板型控制及冷轧带钢的后部精整处理等。本书的手稿曾用作冷轧和轧制润滑课程的课本, 正式出版以后, 它不仅可作为培训冷轧操作人员和技术管理人员的教材, 也可作为金属加工专业大学生和研究生的重要参考书; 它不仅对钢材生产者讲述了产品质量与操作条件的关系, 也对钢材用户提供了有关各种带钢生产过程的知识。

本书作者W.L. 罗伯茨先生曾任职于美国西屋电气公司、国际电话与电报公司和英国电信科学研究中心, 目前任美国钢铁公司钢铁(情报)研究所总工程师, 并受聘于美国一些钢铁公司带钢厂任顾问。他长期从事钢铁工业及钢材轧制技术的研究与开发工作, 对于钢材的冷轧技术, 尤其是轧制润滑、轧制力及能耗数学模型等的研究更为专长, 发表过大量有关钢材冷轧技术的论文, 其中多篇曾获得美国钢铁学会及钢铁工程师协会的奖金, 更可贵的是他的研究成果很多都直接应用于生产并得到大量生产数据的验证。本书总结了作者过去的研究成果, 并综括了现代有关带钢冷轧技术的主要成就, 对于工程技术人员和有关研究人员都有参考价值。

本书第一、六、七、八和九章由王廷溥翻译, 第三、四、五、十和十一章由潘大炜翻译, 第二和十二章由田异翻译。限于译者水平, 译文难免有误, 望读者批评指正。

上册目录

第一章 轧制的历史	1	3-8 工作辊换辊装置	73
1-1 轧制的早期历史	1	3-9 轧机的保护装置	75
1-2 欧洲热轧钢的后期发展	5	3-10 轧辊的冷却与润滑系统	77
1-3 美国早期的轧钢生产	8	3-11 联接轴与联轴节	78
1-4 轧机的动力来源	11	3-12 人字齿轮	80
1-5 冷轧的历史发展	13	3-13 齿轮箱	81
1-6 现代的一次冷轧设备	14	3-14 主联接器	83
1-7 二次冷轧机	18	3-15 直流驱动电机	84
1-8 箔材轧机	19	3-16 交流电动机	86
1-9 平整或光整轧机	19	3-17 给轧机电动机供电的电动—发电机组	88
第二章 冷轧机的各种型式	21	3-18 直流电动机的静止式供电系统	89
2-1 引言	21	3-19 交流电动机的静止式供电系统	92
2-2 二辊轧机	22	3-20 惰辊与张力辊系	93
2-3 三辊轧机	23	3-21 带卷箱与拆卷机	95
2-4 普通四辊轧机	23	3-22 卷取机	97
2-5 斯特克尔式轧机	25	3-23 带卷输送设备	99
2-6 弗罗林小弹性变形轧机	26	3-24 轧机的仪表装置	101
2-7 预应力四辊冷轧机	27	3-25 操作控制	102
2-8 施罗曼轧机	30	第四章 轧辊及其轴承	104
2-9 Y型轧机	32	4-1 引言	104
2-10 六辊式轧机	33	4-2 轧辊的化学成分	104
2-11 罗恩型多辊轧机和森吉米尔轧机	34	4-3 轧辊的尺寸	106
2-12 连续式轧机	38	4-4 套筒式轧辊的设计	107
2-13 连续式薄板轧机	41	4-5 轧辊的铸模	109
2-14 轧制镀锡板用的连续式轧机	42	4-6 轧辊铸造中的熔注技术	110
2-15 全连续式冷轧机	46	4-7 锻辊及锻制辊套的生产	111
2-16 平整或光整轧机	50	4-8 铸钢轧辊的热处理	114
2-17 二次冷轧机	53	4-9 锻钢轧辊的热处理	114
2-18 箔材轧机	56	4-10 锻钢轧辊的重修	118
2-19 可逆式冷轧机	58	4-11 轧辊的研磨	120
第三章 冷轧机的组成部件	62	4-12 轧辊的毛面加工	122
3-1 引言	62	4-13 辊径的测量与配对	124
3-2 工作辊及其轴承	63	4-14 轧辊的表面光洁度及其测量	125
3-3 支持辊及其轴承	64	4-15 辊面硬度的测量	129
3-4 轧机牌坊	66	4-16 用于辊面研究的复制模技术	131
3-5 轧机的基础	69	4-17 轧辊中的应力	131
3-6 轧辊平衡系统	70	4-18 轧辊中的残余应力	132
3-7 轧辊的调位系统	71	4-19 用实测应变值计算残余应力	135

4-20 轧辊的热应力	137	5-24 模—数转换	207
4-21 工作辊与支持辊之间的接触应力	138	5-25 数据累积系统	208
4-22 轧辊因弯曲和剪切引起的挠度	140	5-26 自动控制系统	211
4-23 轧辊挠度的补偿	143	5-27 可逆式轧机的自动减速与停车装置	212
4-24 辊颈的应力集中	144	5-28 厚度自动控制 (AGC) 系统	213
4-25 轧辊在投入使用前及在使用中发生的损坏	146	5-29 单机架轧机的AGC系统	214
4-26 时效开裂	148	5-30 用于连轧机的AGC系统	215
4-27 轧辊掉皮	149	5-31 平整机延伸率的自动控制	218
4-28 源于轧辊中孔的轧辊疲劳破坏	155	5-32 恒定带材送入角控制	219
4-29 轧辊的磨损	156	5-33 带材引导系统	220
4-30 提高支持辊寿命的实际措施	157	5-34 预排程序的控制系统	221
4-31 采用压光与镀铬办法延长轧辊寿命	159	5-35 计算机控制系统	222
4-32 轧辊的轴承座	160	5-36 数字计算机控制系统	223
4-33 滚动轴承	162	5-37 模拟计算机控制系统	226
4-34 滚动轴承的润滑	168	第六章 冷轧润滑	229
4-35 套筒式 (油膜) 轴承	170	6-1 引言	229
4-36 油膜轴承的润滑	172	6-2 辊缝中摩擦的必要性	230
4-37 辊颈轴承的密封	173	6-3 辊缝中剩余摩擦的作用	233
第五章 冷轧机的仪表装置与自动控制	176	6-4 干轧时的摩擦条件	234
5-1 合用仪表装置的效用	176	6-5 理想轧制润滑剂的特性	237
5-2 仪表及控制装置的设立地点	176	6-6 用水作为轧制润滑剂	238
5-3 电压表与电流表	177	6-7 常用的轧制润滑剂	239
5-4 测速计	180	6-8 施加轧制润滑剂的方法	242
5-5 轧辊位置与轧辊开度指示器	181	6-9 热轧带钢酸洗后的涂油	245
5-6 轧制力测量系统	185	6-10 薄板轧机的轧制润滑剂	247
5-7 轧机牌坊应力的测量	186	6-11 镀锡板连轧机的轧制润滑剂	247
5-8 采用应变片的压头	186	6-12 不锈钢和硅钢冷轧用的润滑剂	248
5-9 压磁式压头	188	6-13 镀层产品轧制中的润滑	249
5-10 转矩监测装置	190	6-14 轧辊磨损及轧辊镀层的利用	252
5-11 对液压系统的监测	190	6-15 循环乳化液中发生的变化	254
5-12 对轧制液的监测	193	6-16 润滑剂对所轧带钢表面光洁度的影响	256
5-13 所轧带材的厚度测量	193	6-17 润滑剂对所轧带钢板型的影响	259
5-14 西姆斯测厚法	194	6-18 带钢上的残留油膜	261
5-15 连续式接触测厚仪	195	6-19 润滑剂评价的标准	264
5-16 X射线测厚仪	197	6-20 在实验轧机上润滑剂的综合评价	264
5-17 放射性同位素测厚仪	198	6-21 轧制时摩擦系数的直接测定	268
5-18 延伸率计	201	6-22 前滑为零时测量摩擦系数	270
5-19 张力仪	202	6-23 在一定的前滑条件下计算摩擦系数	273
5-20 辊缝中前滑的测量	204	6-24 由轧制力和带钢试验数据计算摩擦系数	275
5-21 带卷的测量系统	204	6-25 在台式试验机上测定摩擦系数和承载能力	281
5-22 轧机数据的记录	205		
5-23 纸带式笔录装置	206		

6-26 倾点、粘度和粘度指数·····	290	7-7 工作辊的预热·····	327
6-27 油的表面张力和乳化液的冷却性能·····	296	7-8 传热的基本原理·····	330
6-28 皂化值、碘值、过氧化物值、pH 值和自由脂肪酸含量·····	297	7-9 由带钢到轧辊的热传输·····	334
6-29 影响摩擦系数的润滑剂性能·····	299	7-10 静止轧辊的空气冷却·····	337
6-30 摩擦系数与各种轧制参数的依存 关系·····	301	7-11 转动轧辊的空气冷却·····	339
6-31 润滑剂的摩擦特性·····	308	7-12 水和轧制液自轧辊带走的热量·····	343
6-32 金属镀层对摩擦特性的影响·····	311	7-13 工作辊—支持辊接触处的热传输·····	346
6-33 乳化液稳定指数及其测定·····	313	7-14 工作辊的温度测量·····	347
6-34 乳化液化学稳定性试验·····	314	7-15 支持辊的温度测量·····	349
6-35 润滑剂的可清除性和焚除性·····	316	7-16 轧制带钢的冷却·····	351
第七章 冷轧过程的热行为 ·····	317	7-17 冷轧过程的热平衡(单机可逆 轧机)·····	357
7-1 引言·····	317	7-18 连轧机的温度模型·····	362
7-2 带钢塑性变形时的能量消耗·····	317	7-19 能维持适当冷却的最小工作辊径·····	366
7-3 消耗于辊缝的摩擦能量·····	321	7-20 喷嘴和集液管设计·····	369
7-4 轧辊轴承和机架上的其他能量损失·····	322	7-21 直接式润滑系统·····	372
7-5 辊缝中的最高温度·····	324	7-22 循环润滑系统·····	374
7-6 轧辊与带钢之间摩擦能量的分配·····	326	7-23 循环润滑系统用的过滤器·····	377
		上册参考文献 ·····	381

第一章 轧制的历史

1-1 轧制的早期历史

最初，平板材料的轧制无疑只局限于那些具有足够的延展性而适于冷加工的金属，并且，可能首先是由金匠或由那些制造珠宝首饰或工艺品的人来从事此种工作^[1]。然而，正如很多其他重要加工过程的情形一样，金属的轧制也不可能追溯出某一个单独的发明家来^[2,3]。

在十四世纪，曾用手工驱动直径约12.7毫米的小辊去辗平金、银(或铅)薄片。但是，第一台已有记录的真正轧机是1480年达·芬奇(Leonard da Vinci)设计的轧机(参看图1-1及图1-2)。在他的笔记中，画出两台由蜗轮驱动的用以轧制铅板的轧机，还画出一台采用一个模子和一个螺线形轧辊以生产锥形铅棒的机器。然而，没有证明这些机器曾否制造过。可以相当可靠地肯定，在十六世纪中叶以前，金属的轧制并无任何重要作用。

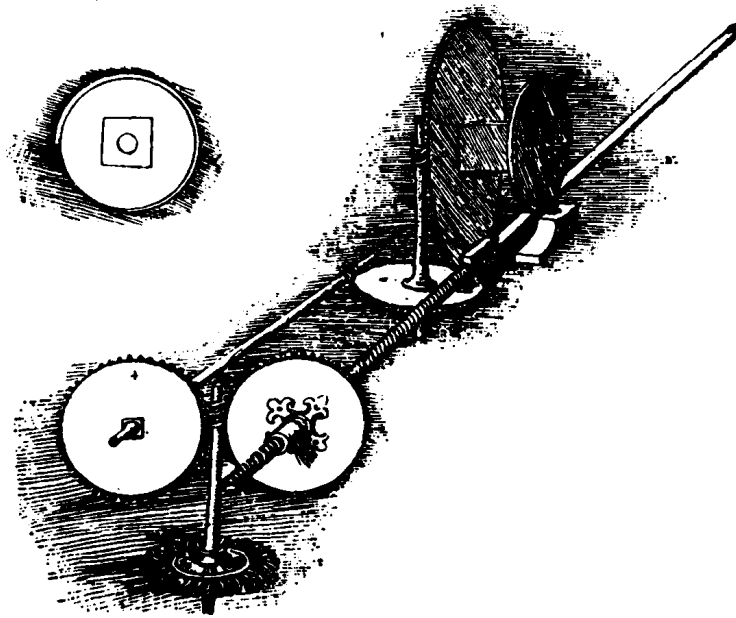


图 1-1 轧制用于彩色玻璃窗户的铅棒的机器示意图
(达·芬奇所画)

但在十六世纪末叶以前，已经知道至少有两台体现了基本轧制思想的机器投入生产。一个名叫布吕利埃(Brulier)的法国人，在1553年轧制了金和银的板片，以便获得均匀的厚度，用以制造货币。1581年在波普造币厂(Pope's mint)，1587年在西班牙及1599年在意大利的佛罗伦萨市^[3]都曾用轧机轧制过造币用的板片。在1578年布尔默(Bevis Bulmer)曾经获得一台纵剪机的专利，它包括多个安装在两根轴上的圆盘(一根在另一根之上)，其结构可将正在转动着的圆盘之间通过的扁坯纵切成带材。1590年比利时列日人德博希(Godefroi de Bochs)在英国肯特郡的达特福特市建立了一台这种型式的轧机。

在同一时期，铅也开始日益用作屋顶、防雨板、水槽及其他用途。法国人德科斯

(Salomon de Caus) 于1615年建立了一台手工操作的轧机，以轧制用于制造风琴管的铅与锡的板片。如图1-3所示，借用与下辊相联的“强臂十字”使轧辊转动^[1]。

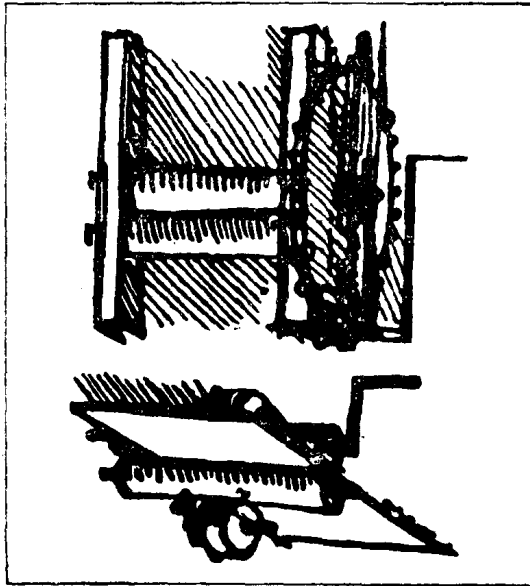


图 1-2 公元1495年左右达·芬奇的轧机示意图

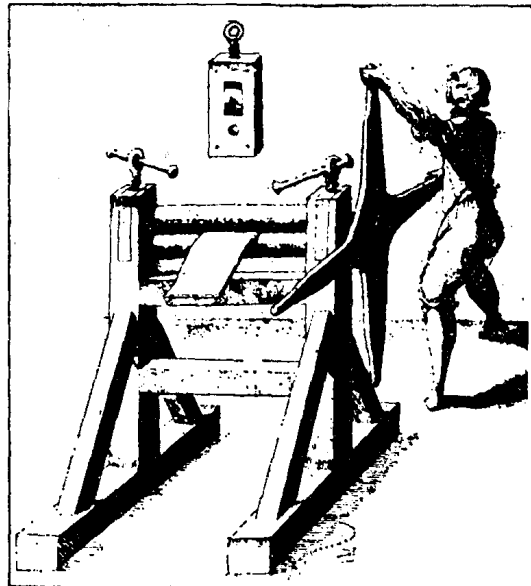


图 1-3 德科斯建立的轧制铅板的轧机

除开上述布尔默的纵剪机之外，所有这些早期设备大抵都是在室温下轧制较软金属的。约翰逊 (Johannsen) 在“铁的历史” (Geschichte des Eisens) 中说道：“在铁工厂中采用轧辊是十六世纪在德国出现的。比利时和英国大约在同时开始使用轧辊，它们有时被列为轧制的诞生地”。大约在同一时间，有三个国家可能都达到这种成就，但除了十六世纪的纵剪机之外，其他并无任何史料可以证明，更搞不清哪个国家明确地领先。据所得到的资料表明，在铁的轧制方面，英国是领先的。在十七世纪前半叶，并无有关轧制进展的记录可查，但是我们知道，1665年在布里斯托尔附近的比统教区 (Parish of Bitton) 曾有一台轧机工作过，据说从1666年以后，铁可轧成薄板以用于纵剪^[2]。

在此时期，对棒材轧制已有所启示，但并未实现。在1679年发表了用轧制法精制螺栓的专利；在1680年曾将棒材经过平面轧辊以平除其不规则形状。但在1725年出版的小册子《英国铁业》 (British Iron Trade) 中却说，即使在那时，所有的棒材都是锻造的。

然而，到1682年在英格兰纽卡斯尔附近的文赖通 (Winlaton) 和斯瓦维尔 (Swalwell) 曾有用于热轧铁料的大型轧机投入生产。用这些轧机将棒材轧成板材，再用纵剪机将板材切成铁棍。此后不久，在威尔士的庞蒂普尔，汉伯里 (John Hanbury) 开始在他的铁工厂里以一台轧机单独用做生产薄铁板的机器，威德 (Edward Llwyd) 在1697年6月15日的一封信中写道：“庞蒂普尔的汉伯里少校对我们宣示了他自己的一个出色发明，将熟铁（借助于以水力驱动的轧机）加工成像锡那么薄的板子……。他们将普通的铁棒切成约609毫米长的坯料，加热至灼热状态，把它们放在这些铁轧辊之间，不是交叉，而是使其端部与轧辊的端部处于同一方位（亦即使二者轴线平行）。用水力驱动的轧辊将这些棒加工成薄板，使铁棒大约100毫米的宽度变成薄板的长度，延伸到大约1219毫米，而原来棒材的长度现在变成了板材的宽度”^[4]。

虽然汉伯里少校设计了信中所描述的如图1-4所示的轧机，但不能证明是他首创了将

棒材热轧成薄板的思想，因为可以相信，到1660年，这种生产实践在整个欧洲是普遍的，并在该世纪早期已为德国所知晓。毕竟自1620年以后不久，直至1720年以前某个时候汉伯里少校在此庞蒂普尔工厂开始制造镀锡板为止，德国垄断了日益增长的英国镀锡板市场^[5]。此后150多年，威尔士成为镀锡板和镀铅锡板的主要源地。

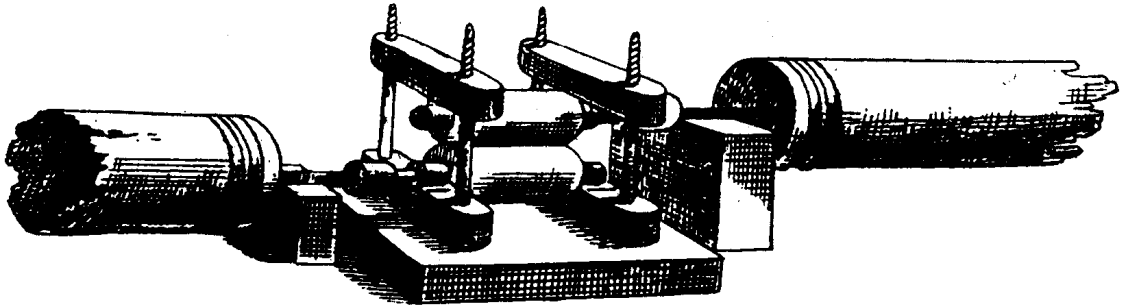


图 1-4 汉伯里用以轧制做镀锡板的铁板的轧机

在十八世纪早期，无疑的，轧机已普遍使用于英格兰和欧洲。大约在此时，瑞典的伟大力学天才波尔希姆 (Christopher Polhem) (1720~1746) 写过关于轧机的文章，而在他的文章中是假定他的读者已经熟悉轧机的。波尔希姆自己设计了一架十分相似于现代劳特轧机的轧机，只是他采用了四个轧辊，并用支持辊驱动。

一台真正预示以后轧机形状的“轧制铅板的机器”于1728年由英格兰引入法兰西。此轧机如图1-5所示，装有长为1.52米及直径为304.8毫米的轧辊，前后有7315毫米长的辊道。它是一台可逆式轧机，用离合器和齿轮系统控制，它与当时通用的轧机设计根本不同。平辊可以用其它刻槽的轧辊替换，这种轧辊直径为406毫米，具有直径为101.6~50.8毫米的轧槽，用它在一个芯棒上将空心铅锭轧成管子。

1728年在英格兰佩恩 (John Payne) 发表了一项专利，用轧机将锻制棒材轧成所需要的形状。可是，佩恩的想法 (示于图1-6) 似乎并未变为实践。但是，棒材和型材的轧制对钢的制造者是有兴趣的，并且似乎已经实践过。例如，在1747年法国科学院曾任命一个委员会，访问在法国埃松的一台轧制铁棒的新轧机^[2]在这个时候，利用冷轧抛光镀锡用的铁板的作法也在流行^[3]。1759年，一项关于“抛光及轧制金属”的专利被授予英格兰的布洛克莱 (Thomas Blockley)，它确切地说，归结起来，实际就是使用者可按照需要对轧辊进行刻槽。1766年另一个英国人珀内尔 (John Purnell) 接受了一项有关刻槽的轧辊的专利，利用成对的齿轮箱使轧辊协调一致地转动 (见图 1-7)。一直到这个时候以前，轧辊都是单独驱动的，不相等的转动速率引起轧辊过度磨损，也使得在每个轧辊的两侧有必要安置导板。

在此同一时期内，这些热轧机的一般外貌开始改变成现代的形式。例如，铸造的牌坊和轧机每边的单独螺丝，都在1783年普莱菲尔德 (William Playfield) 所提出的英国专利说明中描述了特点^[2] (见图1-8)。

在手工锻造镀锡板的原板制造中，已经有同时锻造几层金属的实践。因此，当轧机开始用来生产镀锡板的原板时，大约在1756年，在实践中便将经一定延伸后的两张板片重叠起来，再继续进行此双重厚度的金属的轧制。有时，在此种“叠轧”或“多层轧”的生产中，进行重复折叠，以致可同时轧制四重厚的钢料。

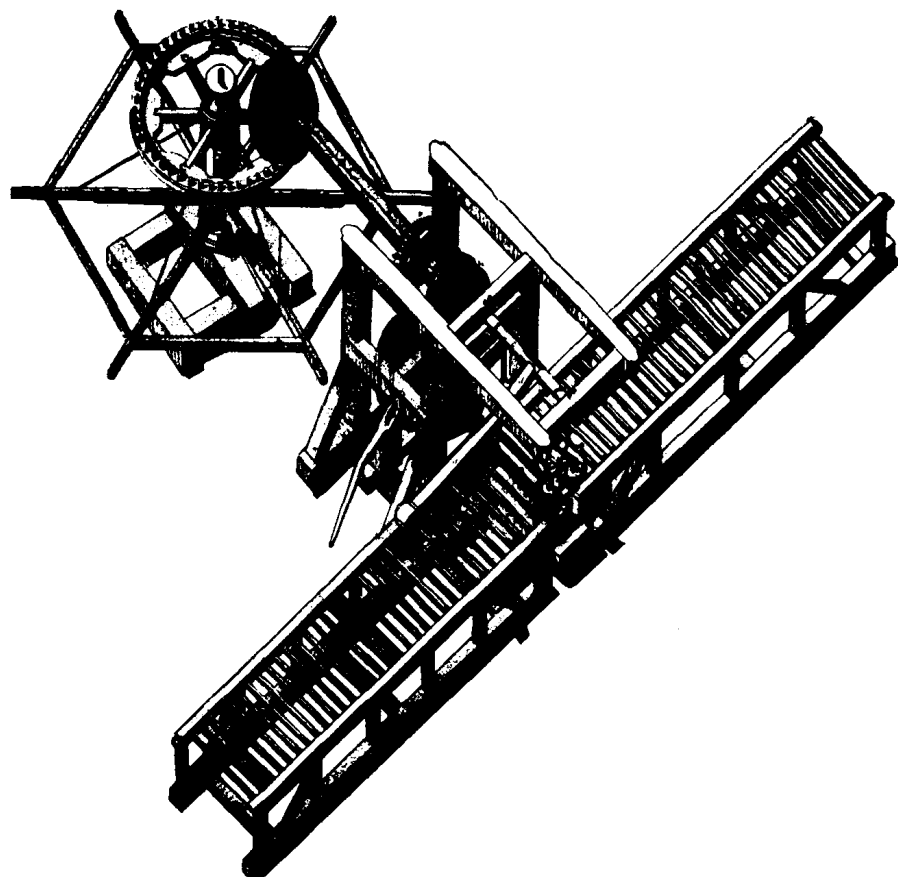


图 1-5 十八世纪早期在英国建立并船运到法国去的轧机(引自1728年出版的《科学院批准的机器》(Machines Approuvees par l'Academie des Sciences))

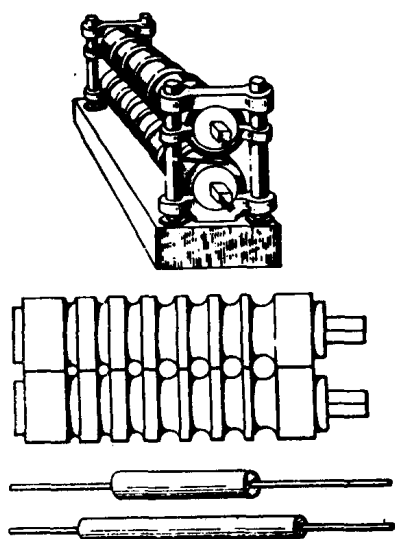


图 1-6 1728年佩恩设计的用以生产圆棒的轧辊
(出处同图1-5)

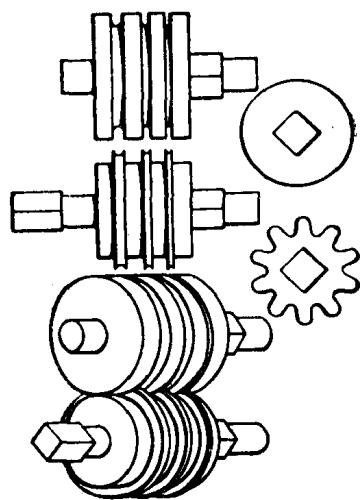


图 1-7 1766年授予珀内尔的英国专利，利用成对的齿轮和齿轮箱使带轧槽的轧辊协调一致地受到驱动的轧机

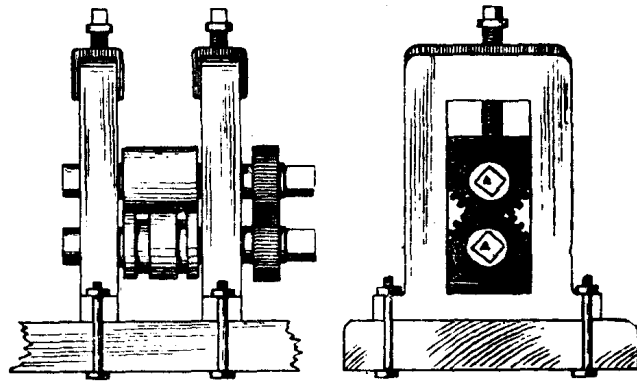


图 1-8 1783年普莱菲尔德提出的专利说明

上述的热轧机主要由两个辊（一个置于另一个之上）的单机架组成。正如香农（Shannon）所描述的^[6]，“这种型式的热轧机的操作原则简要地由以下步骤所组成：加热坯料，将坯料送入轧辊进行轧制，越过上辊用手钳将坯料推回，再将料送入轧辊进行轧制，如此下去，一直到所轧的板料或者达到了所要求的厚度，或者因温度太低而必须在继续轧制之前要重新加热为止。这只是操作的简单纲要，通过按所轧板材的性质进行配板（将两块或更多的板子放在一起），通过叠板重合及调整轧辊和其他各种因素，使操作变得更加复杂得多。由于坯料由轧钢工喂入轧辊，经过轧辊轧制，并在另一侧被抓住送回给轧钢工，以便再经轧辊轧制，也由于只有两个轧辊（一个置于另一个之上），故此常用的薄板热轧机被称为‘两辊回递式轧机’。一个轧制车间可使用一台以上的这种轧机，每台轧机完成独立的工作阶段，但每台轧机的操作原则仍然一样”。

十八世纪也出现了金属在连续机架中轧制的连轧机。见之于记录的第一台真正连轧机，于1766年在英国为福特（Richard Ford）取得了专利，他用以热轧线材。科克肖特（James Cockshutt）和克劳谢（Richard Crawshay）大约在1790年于英国设菲尔德附近创立了一台四辊式连轧机，它大约为1524毫米长，不到609毫米高，其生产能力可能是每天一吨或两吨。以后于1798年发表的专利，是关于轧制厚板和薄板的连轧机的。在同一年黑兹尔丹（John Hazeldine）对一台线材轧机增加了机械导板，如图1-9所示。

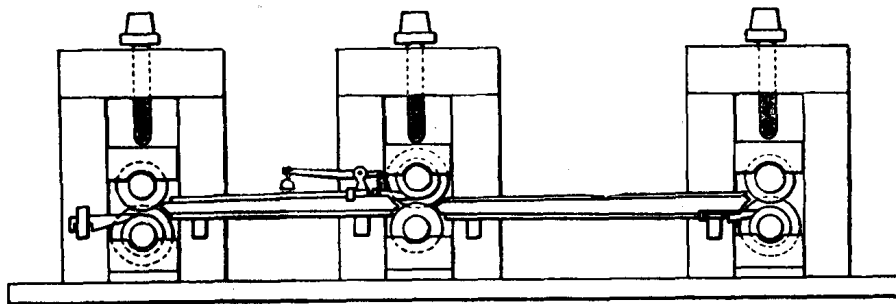


图 1-9 使用导板的早期美国连轧机

1-2 欧洲热轧钢的后期发展

然而现代轧制作业的出现，可以说要从1783年当利用刻槽的轧辊轧制铁棒的专利授予

英格兰法勒汉 (Fareham) 附近的丰特莱 (Fontley) 铁厂的科特 (Henry Cort) 的时候算起。具有这种型式的轧辊的轧机, 每天的产量至少为用落锤 (磕头锤) 生产所得产量的15倍。但在以后的日子里, 为科特及其追随者所自称提出的革新受到剧烈的竞争。他不是第一个使用刻槽轧辊的人, 但他是第一个把当时所知的各种轧钢方法与成型方法的所有最优特性结合起来的人。仅只这一事实即可说明他被现代作家赋予“现代轧钢之父”的称号是当之无愧的。

在十九世纪初, 英国的工业革命正方兴未艾, 对钢铁提出空前的需要, 因此, 轧机的发展很快, 在钢铁生产中也很重要。伯肯肖 (John Birkenshaw) 在1820年开始使用第一台铁轨轧机, 生产长4572~5486毫米 (15~18英尺) 的鱼腹式熟铁轨。1831年在美国首次轧出T形轨 (基本设计与今日所用的钢轨相同)。1849年佐雷 (Zores) 在巴黎轧出第一根工字钢梁。

轧机的尺寸规模和所轧产品的尺寸规格都在迅速增长。在1851年英国博览会上展出了长6096毫米、宽1066.8毫米、厚11.1毫米的板材, 重510公斤。这是直至当时所轧出的最大的板材。

大约在该世纪中叶, 三辊轧机也得到应用。用以轧制大断面型材的这种轧机的英国专利, 于1853年授予阿伯悉琴 (Abersychen) 铁工厂的R.B.罗登 (Roden)。在此轧机中, 中辊是驱动的, 并固定于牌坊中, 而上、下辊位置是可调的。在此同一轧机上, 蒸汽操纵的升降台将所轧材料升起或下降。几年以后, 劳特 (Bernard Lauth) 改进了这种设计, 他采用一个直径较上、下辊为小的中辊, 如图1-10所示。对轧机的这种改进, 使轧机能利用较小的功率得到较高的生产能力。

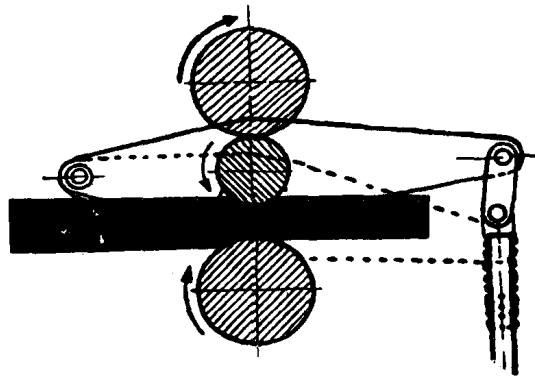


图 1-10 具有较小中辊的劳特轧机

在十九世纪中叶, 第一台可逆式轧板机于英国帕克盖特 (Parkgate) 工厂投入生产, 并于1854年用以轧制制造“远东” (Great Eastern) 号蒸汽船的板材。在1848年, 德国伦德斯多夫的R.M.德伦 (Daelen) 发明了万能轧机, 他在大约七年以后建立了第一台这种形式的轧机。虽然, “连续”热轧机的专利于1857年授予贝塞麦 (Henry Bessemer) 以及于1859年授予R.V.里奇 (Leach) 博士, 但是, 名为“根据钢铁连续轧制原理建造的第一台轧机”的专利, 却授予威尔士庞蒂普里德的怀尔 (Charles While)。

然而在1862年, 一台显然更为成功的连续轧机被英国曼彻斯特的布雷德福铁工厂的贝德森 (George Bedson) 获得了专利。在此轧机中, 他们把一系列轧辊装备安置在不同的角度, 这样就可以没有扭转金属的必要^[7]。这是一台线材轧机。在此轧机上, 重45.36公

斤断面为6.85厘米²的坯料，通过一系列16对轧辊进行轧制（八个水平八个垂直），如图1-11所示。其生产率为10小时内可轧制20吨五号线材。

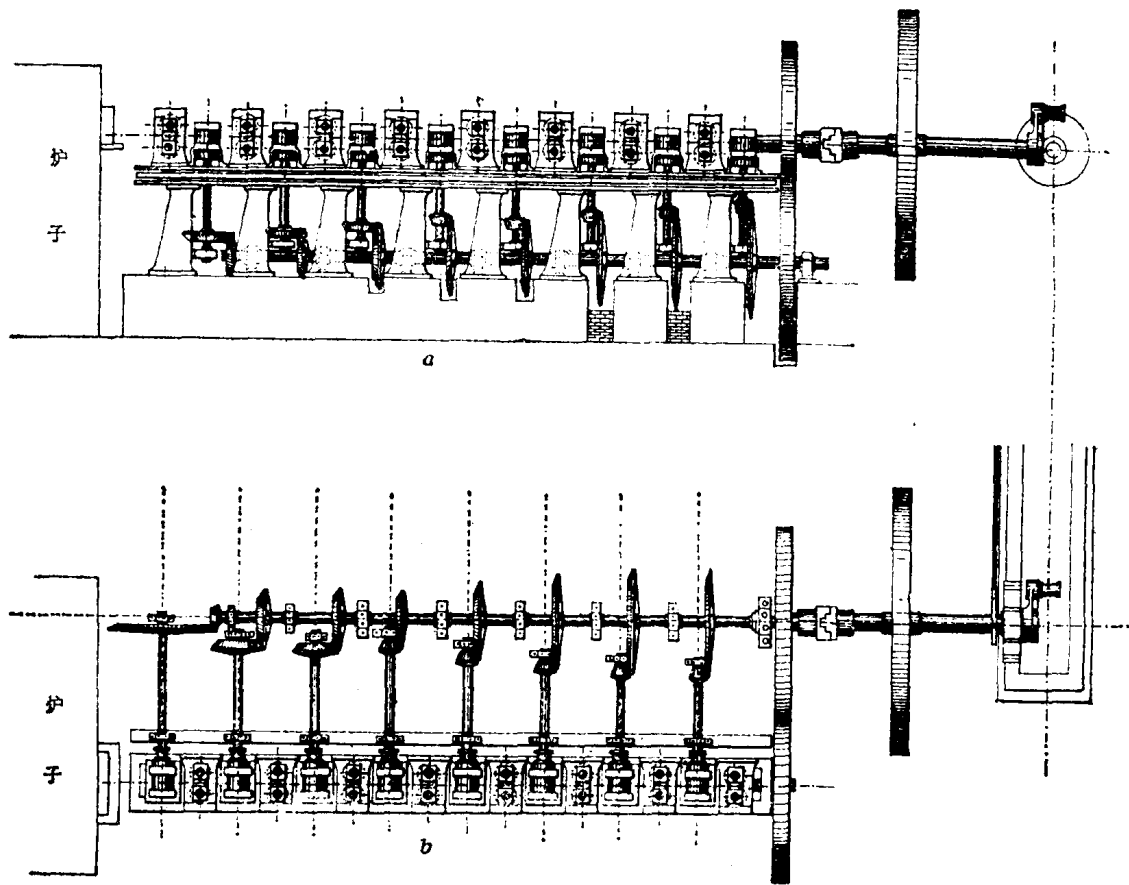


图 1-11 1862年贝德森发明的第一台连续线材轧机
a—主视图，b—俯视图

1862年授予威尔士伊斯塔利费法 (Ystalyfeva) 的 J.T. 牛顿 (Newton) 的一项英国专利，叙述了现代多辊轧机的前身，利用很多小工作辊，并另以较大直径的轧辊支持之。工作辊是从动的，而压力是通过大的支持辊来施加的，这即是现在的热轧和冷轧机中所利用的原理。

所有轧辊在同一垂直平面的四辊轧机，于1872年在英国沃林顿为布莱克利 (Bleckley) 所采用，以精轧熟铁块，作为轧制铁轨的原料。生产 Z 形材的轧机于1863年在德国投入使用。1867年在威尔士的道莱斯 (Dowlais) 工厂梅内劳斯 (Menelaus) 设计的一台轧机上，轧出了腰高203~305毫米的梁。这台轧机包括了两对轧辊，一对置于一个垂直平面内，略高于另一对轧辊。法国里弗德基耶夫 (Rive-de-Giev) 的贝丹-高代公司 (Petin, Gaudet et Cie)，于1872年在一台万能轧机上轧制了钢梁，四年以后，法国的德比涅 (Joseph de Buigne) 利用对角线轧法在一台连续式轧机上轧制了第一根 H 型梁。

热连续轧钢机到1890年左右有一个大的发展。1892年在波希米亚 (Bohemia)^[8] 的特普利兹 (Teplitz) 建立了一台半连续热轧带钢轧机，它具有机械齿轮传动的连续式二辊精轧机列。据报道，已轧制出宽1270毫米、厚2~3毫米、长18288毫米的薄板。该轧机采

用包括两台三辊轧机的粗轧机列和包括五个机架的精轧机列。轧辊尺寸为625×1498毫米，机架间距为2743毫米。每一机列由746千瓦的原动机传动，如图1-12所示。由于特普利兹工厂于1907年已被舍弃不用，故认为该轧机在工业上并未成功^[9]。

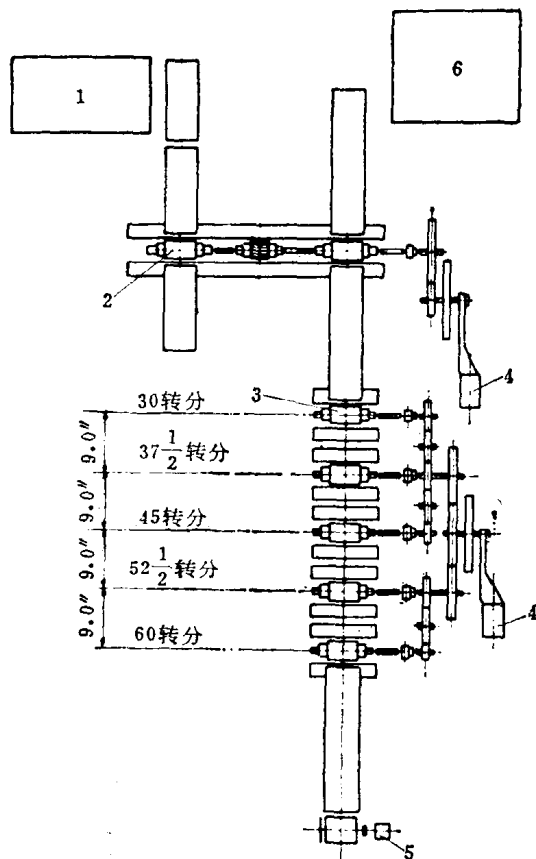


图 1-12 在巴伐利亚 (Bavaria) 特普利兹建立的连续薄板轧机
1—板坯连续式加热炉；2—三辊式；3—二辊式，605×1498.6毫米；4—746千瓦原动机；5—剪切机；6—再加热炉

1-3 美国早期的轧钢生产

事实上，美国金属加工的历史是随着殖民者由欧洲的到来而开始的。既然在每一殖民地都有熟练的金属加工工人，殖民者就能供应他们自己对金属需要的大部分。可是在1750年，英国议会公布：“在阿美利加殖民地，不应建立用以纵剪或轧制铁的轧机或别的机器，或任何使用夹板落锤工作的平板锻造，或任何用以炼钢的炉子”。此一法令通常被置之不理，以致到1775年，这些殖民地每年可生产30000吨铁，其中只有三分之一作为生铁和棒铁输出给英国。

1751年马萨诸塞州米德尔斯博罗的总裁判官之一，奥利弗 (Peter Oliver) 建立了第一台美国轧机^[10]。它用以轧制76毫米宽的经锻制过的扁钢，此扁钢系在烧木炭的锻工炉上，由厚约19毫米锻至6.35毫米，适合于用四道纵切成铁钉棍。每个轧辊用一个直径为5486毫米的下冲式水轮传动，轮面长3048毫米，经齿轮啮合，轧辊速度可用轧机水流门栏来调整。冷硬铸铁轧辊长为914毫米，直径为381毫米，辊颈直径为228.6毫米。

在美国革命爆发时，殖民地有着兴旺的钢铁工业。由于获得了独立，在钢铁工业方面已经完全不受限制。但它被迫面对着具有一个半世纪经验的欧洲钢铁工业的竞争。然而，有着勇往直前和不屈不挠传统的美国人在以后两个世纪内，成功地发展了世界上最大的国家钢铁工业。

在发展新钢铁工业中，一些比较值得注意的步骤如下。彭诺奇 (Isaac Pennoch) 在布希斯隆 (Bush's Run) [在宾夕法尼亚州的科特斯维尔 (Coatesville) 附近] 于1793年建立了一台纵剪机，并且到1810年，该工厂采用辊径为406~457毫米、辊身为914~1219毫米的轧机，用上冲式水轮驱动 (见图1-13)，轧制了板材。在1820年，彭诺奇的女婿卢肯斯 (Charles Lukens) 博士在该工厂第一次轧制了锅炉钢板，该工厂最后发展成为现在的卢肯斯钢铁公司。



图 1-13 科特斯维尔的卢肯斯钢铁公司所建的第一台锅炉板轧机

然而，在十九世纪初，匹兹堡区变成工业的中心。科恩 (Christopher Cowan) 在宾夕法尼亚州建立了第一台轧机，并且，顺便说来，这还是已知的第一台用蒸汽作动力的轧机。它用52千瓦的蒸汽机，给一台纵剪机和一台落锤提供动力，米森 (Isaac Meason) 于1816年在普朗姆萨克 (Plumsock) (约在康奈尔斯维尔与布朗斯维尔中间) 建立了美国第一家炼铁和轧制扁钢的工厂。两年以后，匹兹堡蒸汽机公司建立了一台薄板轧机，并于1819年在匹兹堡联合轧钢厂生产出美国轧制的第一根角铁。到1825年在匹兹堡有五台轧机投入生产，并且第六台也在建造中。

到十九世纪中叶，美国钢铁生产已经上升到350000吨，并且，日益增长的金属产量又颇大地促进了进一步加工金属零件的创造发明。瓦垄板的轧制于1850年获得专利。并于同一年一个俄亥俄州人取得了一台新机器 (见图1-14) 的专利，这台机器用以轧制不规则形状的金属，例如带状折页、平面烙铁、椭圆形弹簧、套接凿刀、车轮轴、锹、斧子、锤子及铲子。

1853年美国第一台三辊钢梁轧机为在新泽西州特伦顿的特伦顿铁工厂所采用。它建立于1852年，采用三个垂直轧辊，铁料在每一道每一方向中进行压缩。另一台钢梁轧机根本不同于以前的设计，大概于1853年为库珀-休伊特公司 (Cooper, Hewitt and Co.) (特伦顿) 的休伊特 (Charles Hewitt) 所建立。可是，第一台完全令人满意的三辊轧机一般还是归功于弗里茨 (John Fritz)，他于1857年为宾西法尼亚州约翰斯顿的坎布里亚 (Cambria) 铁工厂建立了一台轧机，用直径为457毫米的轧辊轧制铁轨 (见图1-15)。这