

■ 邹子和 编著

# 不锈钢管和型钢的热挤压

Hot Extrusion of Stainless Steel Tubes and Shapes



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press

# 不锈钢管和型钢的热挤压

邹子和 编著

北 京  
冶 金 工 业 出 版 社  
2014

## 内 容 提 要

本书共分9章,详细介绍了不锈钢管和型钢的热挤压技术和装备,着重介绍了挤压工艺参数的选择、力学性能参数的确定以及挤压表的编制、润滑剂的使用等,总结了挤压模具的设计、使用和材料选择经验,结合生产数据对挤压工艺的经济性进行了分析。

本书可供钢管和型钢生产、科研、管理、教学人员阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

不锈钢管和型钢的热挤压/邹子和编著. —北京:冶金工业出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-5024-6570-4

I. ①不… II. ①邹… III. ①不锈钢—钢管—热加工  
②不锈钢—型钢—热加工 IV. ①TG306

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 187186 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 [www.cnmp.com.cn](http://www.cnmp.com.cn) 电子信箱 [yjcs@cnmp.com.cn](mailto:yjcs@cnmp.com.cn)

责任编辑 刘小峰 曾 媛 美术编辑 杨 帆 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6570-4

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京百善印刷厂印刷

2014 年 8 月第 1 版, 2014 年 8 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 29.5 印张; 2 彩页; 582 千字; 456 页

99.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 [tougao@cnmp.com.cn](mailto:tougao@cnmp.com.cn)

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 [yjgy.tmall.com](http://yjgy.tmall.com)

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

# 前 言

---

不锈钢管和不锈钢型钢作为特殊钢经济断面的钢材，普遍地应用于石油、化工、轻工、电力、冶金、机械、船舶、航空、航天、电子、食品、饮料、仪器、仪表、建筑以及医疗设备等国民经济的各个领域，是民用工业和尖端技术发展不可缺少的重要材料。

我国的不锈钢管生产起步于 20 世纪 50 年代。当时，鞍钢无缝钢管厂在  $\phi 140\text{mm}$  自动轧管机组上进行了不锈钢无缝钢管的试制。上海第五钢铁厂在其所属的上海冷拔钢管厂的一台老式的  $\phi 30\text{mm}$  小型穿孔机上试制成功了 18-8 不锈钢管，并且发明了不锈钢管冷拔润滑剂“牛油石灰”，生产出第一批小口径航空用不锈钢管。1963 年，上钢五厂又建成了“ $\phi 76\text{mm}$  穿孔机 + 冷拔冷轧机”小型不锈钢无缝钢管专业生产车间，并且和北京钢铁学院（现北京科技大学）、北京钢铁研究总院和本溪玻璃厂合作，通过大批量的试验，系统地研究了 18-8 型不锈钢的热穿孔和冷拔冷轧工艺，确定了合理的工艺参数，初步奠定了具有中国特色的不锈钢管生产工艺路线。随后，成都无缝钢管厂在热皮尔格轧管机上成功地试制出大口径的不锈钢无缝钢管。

20 世纪 70 年代初期，四川长城钢厂一分厂（上钢五厂支内厂）的不锈钢管车间投产，接着大冶钢厂、大连钢厂、抚顺钢厂等特殊钢厂的钢管车间，以及陕西精密合金厂、上海钢研所等国营企业先后投入不锈钢管的生产行列，但是当时不锈钢管的年总产量并不高，一直徘徊在 5000 ~ 10000t 的水平。由于这条工艺路线解决了不锈钢管热穿

孔顶头的使用寿命和不锈钢管冷轧冷拔润滑剂两大关键的技术难题，而且具有工艺装备简单、投资少、上马快的优点，改革开放之后，乡镇企业和股份制企业异军突起，纷纷加入到不锈钢管的生产行列，我国的不锈钢管生产企业一度超过 200 余家。1990 年不锈钢管的年总产量超过 5 万吨。根据不锈钢学会的统计，到 2011 年，我国不锈钢管的年产量已经达到约 42 万吨。不锈钢管成为我国钢材品种中发展较快的品种之一。

20 世纪 50 年代初，国外不锈钢管的生产技术发生了里程碑式的转变。由于原来应用于有色金属管型材生产的热挤压工艺，在工艺润滑剂、坯料的无氧化加热和工模具使用寿命以及其他相关技术方面的突破性进展，特别是 1941 年“玻璃润滑剂”专利许可证颁发给法国的 J. Sejournet 之后，热挤压工艺迅速地被应用于钢的挤压，并且很快成为不锈钢管生产工艺的最佳选择。1951 年，世界上第一个采用“玻璃润滑剂快速挤压法”生产不锈钢管的工业性生产车间在美国的巴布考克·维尔考克斯（B & W）公司建成投产之后，国际上几乎所有生产不锈钢管的大公司，其中包括美国的巴布考克·维尔考克斯（B & W）公司、柯蒂斯·莱特公司（Curtise Wright），英国的亨利·维金公司（Henry Wiggi Alloy）、切斯特菲尔德钢管投资公司（Tl. Stainless - tubes），瑞典的山特维克公司（Sandvik），奥地利的席勒尔·布雷克曼公司（Schoeller Blechman），前苏联的尼科波尔南方钢管厂（Nikopol Yuzhnotrubby Tube Works），日本的住友金属（Sumitomo）、神户制钢（Kobe）、山阳特钢（Sanyo）等 36 家不锈钢管生产公司，都购买了法国专利，引入“玻璃润滑剂快速挤压法”，取代了当时各色各样的生产不锈钢无缝钢管的方法，其中也包括斜轧穿孔的方法。

当时,我国未能引进这一项先进技术,仍然继续应用和研究使用“斜轧穿孔+冷轧冷拔工艺”生产不锈钢无缝钢管,并且一直袭用至今,使之成为我国的“传统工艺”。但是多年来国内外的实践证明,这条工艺路线本身存在着一定的局限性。首先,由于斜轧穿孔过程中的“曼内斯曼效应”,将会导致坯料中心金属的连续性被破坏,而出现疏松或孔隙,引起钢管的内表面缺陷,这就限制了高合金低塑性材料的生产,同时也限制了连铸坯的应用。其次,斜轧工艺受到坯料长度的限制。过长的坯料将使穿孔坯料尾部的钼基合金顶头温度过高,导致钢管内表面过热或过烧,产生不同长度和深度的裂纹或折叠缺陷。更重要的是“传统工艺”无法生产热轧(热挤压)成品精管。

正是由于上述原因,我国多年来采用传统工艺生产不锈钢管,导致了目前我国不锈钢管市场中尚存在一定的产品空白。例如,一些场合采用热轧管就可以满足要求的,用户无可选择,只能采用冷轧冷拔精密管代替,造成了“以冷代热”的不合理现象。而根据美国的资料介绍,在美国的不锈钢管市场上,热轧管的市场份额为67%,冷轧冷拔管仅占33%。这说明我国在不锈钢管使用领域内仍有67%的用户存在“以冷代热”的不合理现象,从而增加了不锈钢管的使用成本。另外,对于一些高合金、高性能、低塑性特殊用途的不锈钢管和高镍合金管,用户会提出必须采用挤压坯料管,或者由于“传统工艺”不能生产就直接从国外进口。

采用热挤压工艺生产不锈钢管,则情况就会完全不同。首先,挤压过程中坯料所承受的变形力是三向不均匀压缩,坯料挤压时,变形区内不会出现导致金属连续性破坏的不利因素。因此,挤压工艺可以提高材料的变形能力,加工任何塑性材料的管型材。同时可以采用连

铸坯，降低供坯成本。其次，挤压工艺可以为冷加工提供任何塑性的材料和任何长度的近终尺寸的毛管，生产不锈钢、高合金以及高性能、低塑性材料的产品和各种重要用途的长管，减少冷加工道次，提高成材率，而且可以实现这类高档次、高新产品的国产化。

随着我国国民经济的迅速发展，不锈钢管的使用领域也在不断扩大，对不锈钢管和高性能材料钢管的品种、质量和数量都提出了越来越高的要求。因此，采用热挤压技术的工艺目标应该是：

(1) 采用连铸供坯。特别是对于在不锈钢管市场上占有 90% 以上市场份额的，大量使用的 304、316、321 等 300 系列的奥氏体不锈钢管的生产，应实现全连铸供坯工艺，以大幅度降低成本。

(2) 开发热挤压成品管。对于各种不同性能的不锈钢，采用适当的玻璃润滑剂，使挤压不锈钢管的表面质量和尺寸精度达到或超过热轧管标准，生产热挤压精管。

(3) 开发高性能、高合金、低塑性、难变形材料的热挤压成品管。同时为冷加工提供这类合金的荒管来生产冷轧冷拔精品管，逐步实现这类高新产品的国产化。

(4) 实现现有产品质量和生产工艺的升级换代。采用热挤压毛管作为冷轧冷拔坯料管，消除原来斜轧穿孔毛管内表面可能出现的质量隐患。并且，采用热挤压的近终毛管，可减少冷加工道次，提高成材率，降低现有产品的生产成本，同时实现现有产品生产工艺和产品质量的升级换代。

我国早期的钢挤压机，基本上都是从一般的水压机经过改造而成的。如上海异型钢管厂的 1500t 挤压机、华安机械厂的 1500t 挤压机和上钢五厂的 4000t 挤压机等都是如此。长城钢厂从德国引进的 3150t 管



棒型材挤压机,在当时是最先进的现代化钢挤压设备,配备有 1000t 立式穿(扩)孔机和 24 机架张力减径机,以及不锈钢、轴承钢、结构钢 3 条热处理生产线。但是由于种种原因,这条先进的生产线曾一度未能投入正常生产。

21 世纪初,浙江久立集团从意大利达涅利 (Danieli) 公司引进了 3500t 先进的现代化管棒型材挤压机,用于专业化生产不锈钢管,成为我国第一家采用挤压法生产不锈钢管的民营企业。此外,江苏华新不锈钢管厂采用太原通泽成套设备有限公司设计制造的 3600t 挤压机建成了不锈钢管专业生产线。接着,宝钢集团和太钢集团分别从德国 SMS 公司引进了 6000t 挤压机专业生产不锈钢管和高合金钢管。可见,不锈钢管的热挤压技术,在其生产领域内具有广阔的发展前景。

笔者自 1965 年开始接触钢挤压技术工作以来,深感有关钢挤压技术方面书籍资料匮乏,因此在工作中特别注意积累有关挤压钢管方面的资料。在退休 10 年后,看到国内的不锈钢管热挤压技术发展颇有起色,深感欣慰,骤有梦想成真之感,因此萌生将多年积累的不锈钢热挤压资料编写成书,供业内同行或有需要的朋友参考的愿望。

《不锈钢管和型钢的热挤压》一书首先对热挤压工艺进行总体介绍,然后分 9 章系统阐述了不锈钢管和型钢热挤压的相关知识。第 1 章阐述目前国内外热挤压钢管工艺技术的发展状况及其主要的应用领域。第 2~4 章详细介绍国内外典型热挤压工艺,总结国内外在实验室和工业条件下的相关理论和工艺试验研究成果;着重介绍挤压工艺参数的选择和力学性能参数的确定,以及在各种工艺条件下挤压表的编制;挤压工艺玻璃润滑剂的部分试验成果,工业使用经验和合理选择;以及挤压钢管的主要缺陷及其形成原因分析。第 5~7 章介绍国内



外特殊品种和特种材料的热挤压工艺,以及挤压工模具的设计和使用经验及其使用材料选择。第8~9章着重阐述国内外钢管和型钢热挤压主辅设备的状况及挤压车间工艺设备的平面布置情况,并对钢管和型钢热挤压技术在各种工艺条件下应用的可能性和经济合理性进行了分析。

承蒙中国工程院院士、我国钢管界的老专家殷国茂先生审阅书稿并提出中肯意见,令笔者受益匪浅,在此深表谢意。

在本书编写过程中,得到有关专家、技术人员和朋友的支持和帮助,如朋友何秀琴女士、王海军先生、汪家才教授、汪云朗副教授、丁启圣教授级高工、李长穆教授级高工、罗永德教授级高工、朱诚教授级高工、殷匠教授级高工、范永革博士、蒙日昌高工、詹才俊高工及《钢管》杂志社杨秀琴顾问处长、赵小浚社长、张瑛副社长和颜幼贤主任等以及冶金工业出版社的鼎力支持,特此致谢。

本书的出版,还得到了久立集团股份有限公司董事长周志江、华迪钢业有限公司董事长王迪、中兴能源装备有限公司董事长仇云龙、太原通泽重工有限公司副总经理冀文生、北京天力创玻璃科技开发有限公司副总经理段素杰的关心与支持,在此一并表示感谢!

由于水平所限,书中不妥之处,敬请指教。

邹子和

2014年6月

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 概述                      | 1  |
| 1 钢管热挤压技术的发展及应用领域       | 4  |
| 1.1 钢管热挤压技术的发展          | 4  |
| 1.1.1 国外钢管热挤压的发展        | 4  |
| 1.1.2 我国钢管热挤压的发展        | 18 |
| 1.2 热挤压技术的主要应用领域        | 20 |
| 1.2.1 不锈钢管的生产           | 21 |
| 1.2.2 高强度、低塑性、难变形合金管的生产 | 23 |
| 1.2.3 高质量专用管和特殊钢管的生产    | 24 |
| 1.2.4 异型管和异型材的生产        | 25 |
| 2 不锈钢管的热挤压工艺            | 28 |
| 2.1 挤压坯料的准备             | 28 |
| 2.1.1 坯料的种类             | 28 |
| 2.1.2 对挤压坯料的要求          | 31 |
| 2.1.3 挤压坯料尺寸的确定         | 35 |
| 2.2 挤压坯料的加热工艺           | 41 |
| 2.2.1 加热温度的确定           | 42 |
| 2.2.2 不同品种坯料加热工艺的选择     | 44 |
| 2.2.3 挤压坯料的感应加热         | 46 |
| 2.2.4 空心坯料的再加热          | 55 |
| 2.3 挤压时的玻璃润滑工艺          | 56 |
| 2.3.1 玻璃润滑剂的使用方法        | 56 |
| 2.3.2 玻璃润滑剂的选用与典型玻璃润滑剂  | 58 |
| 2.3.3 玻璃润滑垫             | 64 |
| 2.4 坯料的穿孔和扩孔工艺          | 67 |
| 2.4.1 实心坯料立式穿孔工艺过程      | 70 |

|       |                            |     |
|-------|----------------------------|-----|
| 2.4.2 | 穿(扩)孔工艺的选择 .....           | 71  |
| 2.4.3 | 扩孔工艺及其限制条件 .....           | 73  |
| 2.4.4 | 穿孔工艺及其限制条件 .....           | 76  |
| 2.5   | 钢管的热挤压工艺 .....             | 80  |
| 2.5.1 | 挤压钢管和型钢生产的工艺流程 .....       | 81  |
| 2.5.2 | 钢管热挤压的工艺程序 .....           | 83  |
| 2.5.3 | 钢管挤压时芯棒的工作状态 .....         | 83  |
| 2.5.4 | 模前锯和模后锯 .....              | 85  |
| 2.5.5 | 钢管热挤压的速度制度 .....           | 85  |
| 2.5.6 | 钢管热挤压时的变形制度 .....          | 87  |
| 2.5.7 | 挤压工模具的预热与冷却 .....          | 88  |
| 2.6   | 不锈钢管挤压后表面玻璃润滑剂的清除 .....    | 91  |
| 2.6.1 | 钢管表面玻璃润滑剂的清除方法 .....       | 92  |
| 2.6.2 | 不同材料挤压钢管的碱酸洗工艺 .....       | 94  |
| 2.7   | 挤压钢管的缺陷及其形成原因 .....        | 95  |
| 2.7.1 | 钢管的壁厚不均缺陷 .....            | 95  |
| 2.7.2 | 钢管的表面缺陷 .....              | 98  |
| 2.7.3 | 挤压产品断面尺寸公差 .....           | 101 |
| 2.7.4 | 挤压产品的扭曲 .....              | 102 |
| 2.8   | 挤压表 .....                  | 102 |
| 2.8.1 | 现有挤压设备生产钢管时的挤压表编制 .....    | 103 |
| 2.8.2 | 设计新挤压设备时的挤压表计算 .....       | 109 |
| 2.8.3 | 金属消耗系数 .....               | 113 |
| 2.8.4 | 挤压机的生产能力 .....             | 116 |
| 2.8.5 | 挤压钢管工艺流转卡 .....            | 116 |
| 3     | 钢管挤压时的金属流动及变形力的确定 .....    | 118 |
| 3.1   | 钢管挤压时的金属流动 .....           | 118 |
| 3.2   | 带内外翼钢管挤压时的金属流动 .....       | 123 |
| 3.3   | 钢管挤压时变形力的确定 .....          | 126 |
| 3.3.1 | 挤压力的特性曲线 .....             | 126 |
| 3.3.2 | 钢管挤压时挤压力的计算 .....          | 132 |
| 3.4   | 坯料穿(扩)孔时的金属流动及变形力的确定 ..... | 137 |
| 3.4.1 | 坯料穿(扩)孔时的金属流动 .....        | 137 |
| 3.4.2 | 坯料穿(扩)孔时变形力的确定 .....       | 140 |

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 4 钢管和型钢热挤压时的工艺润滑剂 .....                      | 144 |
| 4.1 钢挤压用工艺润滑剂的发展 .....                       | 144 |
| 4.2 工艺润滑剂的种类 .....                           | 149 |
| 4.2.1 层状固体为基质的润滑剂 .....                      | 149 |
| 4.2.2 盐类润滑剂 .....                            | 150 |
| 4.2.3 结晶型润滑剂 .....                           | 151 |
| 4.2.4 玻璃润滑剂 .....                            | 152 |
| 4.3 工艺润滑剂的润滑机理 .....                         | 161 |
| 4.4 玻璃润滑剂的选择 .....                           | 169 |
| 4.5 工艺润滑剂对挤压工艺参数的影响 .....                    | 172 |
| 4.6 工艺润滑剂对挤压制品质量的影响 .....                    | 177 |
| 4.6.1 挤压速度的影响 .....                          | 178 |
| 4.6.2 延伸系数的影响 .....                          | 180 |
| 4.6.3 加热温度的影响 .....                          | 182 |
| 4.6.4 工具形状的影响 .....                          | 183 |
| 4.6.5 坯料、玻璃垫、挤压模形状的影响 .....                  | 184 |
| 4.6.6 原始坯料表面质量的影响 .....                      | 185 |
| 4.7 国外部分工艺润滑剂的成分、性能及使用效果 .....               | 186 |
| 4.7.1 英国的部分玻璃润滑剂 .....                       | 186 |
| 4.7.2 俄罗斯挤压钢管和型材时推荐使用的玻璃润滑剂 .....            | 189 |
| 4.7.3 美国的部分玻璃润滑剂 .....                       | 190 |
| 4.7.4 德国 Schloemann (施劳曼) 公司注册的英国专利润滑剂 ..... | 192 |
| 5 特种材料的热挤压 .....                             | 195 |
| 5.1 低塑性难变形材料的挤压条件 .....                      | 195 |
| 5.1.1 热加工最佳温度和变形程度的确定方法 .....                | 195 |
| 5.1.2 热加工变形制度曲线的绘制 .....                     | 196 |
| 5.1.3 $\alpha$ 相含量对奥氏体不锈钢挤压制品质量的影响 .....     | 197 |
| 5.2 低塑性难变形材料热挤压时的保护措施 .....                  | 199 |
| 5.2.1 提高材料可塑性 .....                          | 199 |
| 5.2.2 特殊结构组合挤压模的使用 .....                     | 201 |
| 5.3 高镍合金材料的热挤压 .....                         | 202 |
| 5.3.1 高镍合金材料的特性 .....                        | 202 |
| 5.3.2 润滑剂对高镍合金表面质量的影响 .....                  | 203 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 5.3.3 高镍合金的挤压温度—速度关系曲线 ..... | 203 |
| 5.3.4 加热温度对高镍合金性能的影响 .....   | 205 |
| 5.4 钼及其合金材料的热挤压 .....        | 207 |
| 5.4.1 钼及其合金材料的热挤压特点 .....    | 207 |
| 5.4.2 挤压后钼合金的金相组织及力学性能 ..... | 208 |
| 5.5 高速工具钢的热挤压 .....          | 211 |
| 5.5.1 坯料情况 .....             | 212 |
| 5.5.2 热挤压工艺试验 .....          | 212 |
| 5.5.3 棒材的显微组织 .....          | 214 |
| 5.5.4 组织性能影响因素 .....         | 217 |
| 5.5.5 挤压出的高速工具钢棒材的性能 .....   | 219 |
| 5.6 球墨铸铁管的热挤压 .....          | 219 |
| 5.6.1 铸铁坯料的化学成分 .....        | 220 |
| 5.6.2 铸铁坯料的加热 .....          | 220 |
| 5.6.3 挤压铸铁管的技术参数 .....       | 220 |
| 5.6.4 挤压出的铸铁管的组织性能 .....     | 221 |
| 5.6.5 球状石墨对挤压铸铁管的影响 .....    | 222 |
| 5.6.6 挤压出的铸铁管的缺陷 .....       | 223 |
| 5.6.7 挤压出的铸铁管的后续处理 .....     | 223 |
| 5.6.8 挤压出的铸铁管的优点 .....       | 224 |
| 6 特殊品种的热挤压 .....             | 225 |
| 6.1 实心 and 空心型材的热挤压 .....    | 225 |
| 6.1.1 挤压型材的特点 .....          | 225 |
| 6.1.2 挤压型材的种类 .....          | 227 |
| 6.1.3 挤压型材的常用材料 .....        | 230 |
| 6.1.4 异型材热挤压的工艺特点 .....      | 233 |
| 6.1.5 异型材热挤压工艺的限制条件 .....    | 234 |
| 6.1.6 型材热挤压的模具设计 .....       | 236 |
| 6.1.7 挤压型材产品尺寸的稳定性 .....     | 238 |
| 6.1.8 挤压型材的矫直 .....          | 241 |
| 6.2 复合管的热挤压 .....            | 242 |
| 6.2.1 影响两层不同材料结合的因素 .....    | 242 |
| 6.2.2 复合管坯料的制造方法 .....       | 243 |
| 6.3 超厚壁管的热挤压 .....           | 250 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 7 钢管和型材热挤压的工模具设计 .....                | 252 |
| 7.1 引言 .....                          | 252 |
| 7.2 挤压工模具的分类 .....                    | 253 |
| 7.3 挤压工模具使用的工况条件 .....                | 255 |
| 7.4 挤压工模具的设计条件 .....                  | 256 |
| 7.5 挤压工模具使用时的变形和破坏特点 .....            | 257 |
| 7.5.1 工模具工作表面的磨损 .....                | 257 |
| 7.5.2 工模具工作表面的裂纹 .....                | 257 |
| 7.5.3 工模具的脆性破坏 .....                  | 258 |
| 7.5.4 挤压工模具的塑性破坏——挤压筒和套筒的弹—塑性变形 ..... | 258 |
| 7.6 钢管热挤压的工模具设计 .....                 | 259 |
| 7.6.1 挤压筒 .....                       | 259 |
| 7.6.2 挤压杆 .....                       | 268 |
| 7.6.3 挤压芯棒 .....                      | 273 |
| 7.6.4 挤压模 .....                       | 285 |
| 7.6.5 挤压垫 .....                       | 308 |
| 7.7 立式穿(扩)孔机的工模具设计 .....              | 312 |
| 7.7.1 工模具配置 .....                     | 312 |
| 7.7.2 穿(扩)孔筒 .....                    | 312 |
| 7.7.3 镦粗杆和穿孔杆 .....                   | 314 |
| 7.8 挤压工模具的使用寿命 .....                  | 317 |
| 7.8.1 挤压温度的影响 .....                   | 318 |
| 7.8.2 玻璃润滑剂的影响 .....                  | 318 |
| 7.8.3 挤压速度、变形抗力、挤压比的影响 .....          | 319 |
| 7.9 挤压工模具用材料的选择 .....                 | 319 |
| 7.9.1 铁基合金 .....                      | 320 |
| 7.9.2 镍基耐热合金 .....                    | 321 |
| 7.9.3 钼及钼基合金 .....                    | 321 |
| 7.9.4 钴基合金 .....                      | 325 |
| 7.9.5 其他难熔金属和金属陶瓷 .....               | 325 |
| 8 钢管和型钢热挤压车间的设备 .....                 | 332 |
| 8.1 挤压坯料的加工设备 .....                   | 332 |
| 8.1.1 坯料加工的要求 .....                   | 332 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 8.1.2 坯料的加工设备 .....               | 333 |
| 8.1.3 坯料加工工序及机床配置 .....           | 346 |
| 8.2 挤压坯料的加热设备 .....               | 349 |
| 8.2.1 环形加热(预热)炉 .....             | 349 |
| 8.2.2 工频感应加热炉 .....               | 351 |
| 8.3 坯料表面的高压水除鳞设备 .....            | 367 |
| 8.3.1 最经济的除鳞方法 .....              | 367 |
| 8.3.2 高压水除鳞装置的结构 .....            | 367 |
| 8.3.3 高压水除鳞装置的性能 .....            | 368 |
| 8.3.4 喷嘴环的使用 .....                | 370 |
| 8.3.5 高压水除鳞装置各参数的选择 .....         | 370 |
| 8.3.6 除鳞装置最佳参数的选择 .....           | 371 |
| 8.4 玻璃润滑剂的涂敷和施加设备 .....           | 372 |
| 8.4.1 坯料内外表面润滑剂的涂敷和施加设备 .....     | 372 |
| 8.4.2 挤压模的润滑装置 .....              | 376 |
| 8.5 立式穿孔机及其辅助机械 .....             | 377 |
| 8.5.1 立式穿孔机的结构及其主要性能 .....        | 377 |
| 8.5.2 立式穿孔机的辅助机械和主要参数 .....       | 380 |
| 8.5.3 近代立式穿孔机的新结构 .....           | 384 |
| 8.6 卧式挤压机及其辅助设备 .....             | 387 |
| 8.6.1 挤压机的机械结构 .....              | 393 |
| 8.6.2 挤压机的液压系统 .....              | 394 |
| 8.6.3 挤压机的传动系统 .....              | 396 |
| 8.6.4 挤压机的辅助设备 .....              | 399 |
| 8.6.5 近代卧式钢挤压机的新结构 .....          | 401 |
| 8.6.6 钢挤压与有色金属挤压在工艺和设备方面的区别 ..... | 404 |
| 8.7 挤压钢管和型钢的精整设备 .....            | 406 |
| 8.7.1 挤压钢管的冷却设备 .....             | 406 |
| 8.7.2 挤压钢管的矫直设备 .....             | 407 |
| 8.7.3 挤压钢管清除表面润滑剂的设备 .....        | 409 |
| 8.7.4 挤压钢管的切断设备 .....             | 410 |
| 8.8 挤压钢管的检测设备及仪器 .....            | 411 |
| 8.8.1 水压试验机 .....                 | 411 |
| 8.8.2 无损检测设备 .....                | 412 |
| 8.8.3 检测仪器 .....                  | 413 |



|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| 8.9 钢管和型钢热挤压车间设备的平面布置 .....                       | 414 |
| 8.9.1 挤压工艺和设备的进步 .....                            | 414 |
| 8.9.2 挤压车间设备平面布置的设计 .....                         | 415 |
| 8.9.3 挤压车间设备平面布置实例 .....                          | 416 |
| 8.9.4 挤压厂(车间)的生产品种、规格和年产量 .....                   | 417 |
| 8.9.5 美国 12000t 挤压机的工艺及设备 .....                   | 418 |
| 9 钢管热挤压工艺应用的经济合理性分析 .....                         | 422 |
| 9.1 各种制管机组的工艺设备配置比较 .....                         | 422 |
| 9.2 各种制管方法的适用范围的比较 .....                          | 423 |
| 9.3 各种制管方法生产钢管品种的比较 .....                         | 426 |
| 9.4 各种轧管机组的产品规格和生产率的比较 .....                      | 431 |
| 9.5 各种机组产品质量和性能的比较 .....                          | 435 |
| 9.6 挤压法和轧制法技术经济指标的比较 .....                        | 436 |
| 9.6.1 机组的选择 .....                                 | 437 |
| 9.6.2 机组产品大纲的确定 .....                             | 437 |
| 9.6.3 技术经济指标的确定 .....                             | 438 |
| 9.6.4 折合费用的比较 .....                               | 441 |
| 9.6.5 生产不锈钢管时的技术经济指标比较 .....                      | 443 |
| 9.6.6 3150t 挤压机组车间和类似的轧管车间生产钢管的<br>技术经济指标比较 ..... | 444 |
| 9.6.7 各种制管机组的主要技术经济指标 .....                       | 444 |
| 9.7 挤压法和轧制法的总体比较 .....                            | 446 |
| 参考文献 .....                                        | 448 |
| 附录 1 太原通泽重工有限公司钢热挤压成套设备简介 .....                   | 451 |
| 附录 2 北京天力创玻璃科技开发有限公司金属材料热<br>挤压用玻璃润滑剂简介 .....     | 454 |

# 概 述

金属压力加工时，坯料在高压下从封闭的挤压筒内通过挤压模的模孔流出而得到制品，这种压力加工过程称为挤压。

挤压过程可以采用两种方法来实现：正挤压和反挤压。正挤压时，金属坯料被挤压杆通过挤压垫推着，整个坯料金属向紧固在挤压筒前部的挤压模方向流动。反挤压时，金属坯料保持不动，而由于挤压模在挤压筒内朝着金属坯料移动的结果产生金属流动。

挤压方法及工模具配置如图 0-1 所示。

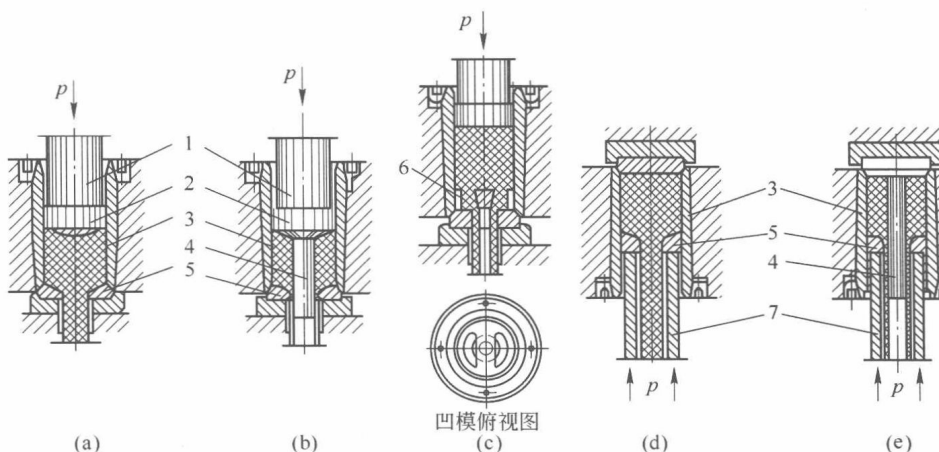


图 0-1 挤压工模具配置示意图

(a) 正挤压棒材；(b) 正挤压管材；(c) 通过具有桥架的舌形模正挤压管材；

(d) 反挤压棒材；(e) 反挤压管材

1—挤压杆（正挤压）；2—挤压垫；3—挤压筒；4—挤压芯棒；5—挤压模；

6—带有管子芯棒的桥架（舌）；7—挤压杆（反挤压）

采用这两种方法挤压时，挤压制品横截面的形状与尺寸决定于金属流动所通过的挤压模模孔的形状与尺寸。因此，为了得到实心截面的制品，挤压模的模孔要给予相应的形状与尺寸。

为了得到空心的制品（管和空心异型材），在挤压模的模孔内必须插入芯棒。芯棒与挤压模之间形成环状间隙，此间隙的形状与尺寸决定着挤压制品的形