



普通高等教育材料成型及控制工程
系列规划教材

焊接生产与工程管理

刘翠荣 王成文 主编



化学工业出版社



普通高等教育材料成型及控制工程
系列规划教材



焊接生产与工程管理

刘翠荣 王成文 主 编

阴 旭 刘雅娣 田文珍 卢素琴 参 编
刘速志 朱觉新 郑春刚 王 剑



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教材的主要内容有焊接生产备料、焊接生产装配与焊接、焊接生产工艺、焊接工程质量管理、焊接生产组织管理、焊接生产质量检测、焊接生产设施与装备、典型产品的焊接生产。

本书可作为普通高等院校焊接技术与工程专业以及材料成型与控制工程专业、材料科学与工程专业、机械制造工程专业焊接方向的本科生和研究生教材,也可作为企业焊接工程师的岗前自学与岗位培训参考书,还可供从事焊接技术工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊接生产与工程管理/刘翠荣,王成文主编. —北京:
化学工业出版社, 2010. 8
(普通高等教育材料成型及控制工程系列规划教材)
ISBN 978-7-122-09061-4

I. 焊… II. ①刘…②王… III. 焊接-生产管理-高等学校-教材 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 129355 号

责任编辑: 彭喜英
责任校对: 陈 静

装帧设计: 周 遥

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15 1/2 字数 404 千字 2010 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

普通高等教育材料成型及控制工程系列规划教材 编审委员会

主	任	李春峰				
委	员	(按姓氏笔画排序)				
		王文先	王东坡	王成文	王志华	王惜宝
		韦红余	龙文元	卢百平	田文彤	毕大森
		刘峰	刘雪梅	刘翠荣	齐芳娟	池成忠
		许春香	杨立军	李日	李云涛	李志勇
		李金富	李春峰	李海鹏	吴志生	沈洪雷
		张金山	张学宾	张柯柯	张彦敏	陈茂爱
		陈翠欣	林小娉	孟庆森	胡绳荪	秦国梁
		高军	郭俊卿	黄卫东	焦永树	

序

材料成型及控制工程专业是1998年国家教育部进行专业调整时,在原铸造专业、焊接专业、锻压专业及热处理专业基础上新设立的一个专业,其目的是为了改变原来老专业口径过窄、适应性不强的状况。新专业强调“厚基础、宽专业”,以拓宽专业面,加强学科基础,培养出适合经济快速发展需要的人才。

但是由于各院校原有的专业基础、专业定位、培养目标不同,也导致在人才培养模式上存在较大差异。例如,一些研究型大学担负着精英教育的责任,以培养科学研究型和科学研究与工程技术复合型人才为主,学生毕业以后大部分攻读研究生,继续深造,因此大多是以通识教育为主。而大多数教学研究型和教学型大学担负着大众化教育的责任,以培养工程技术型、应用复合型人才为主,学生毕业以后大部分走向工作岗位,因此大多数是进行通识与专业并重的教育。而且目前我国社会和工厂企业的专业人才培养体系没有完全建立起来;从人才市场来看,许多工厂企业仍按照行业特征来招聘人才。如果学生在校期间的专业课学得少,而毕业后又不能接受继续教育,就很难承担用人单位的工作。因此许多学校在拓宽了专业面的同时也设置了专业方向。

针对上述情况,教育部高等学校材料成型及控制工程专业教学指导分委员会于2008年制定了《材料成型及控制工程专业分类指导性培养计划》,共分四个大类。其中第三类为按照材料成型及控制工程专业分专业方向的培养计划,按这种人才培养模式培养学生的学校占被调查学校的大多数。其目标是培养掌握材料成形及控制工程领域的基础理论和专业基础知识,具备解决材料成形及控制工程问题的实践能力和一定的科学研究能力,具有创新精神,能在铸造、焊接、模具或塑性成形领域从事设计、制造、技术开发、科学研究和管理等工作,综合素质高的应用型高级工程技术人才。其突出特色是设置专业方向,强化专业基础,具有较鲜明的行业特色。

由化学工业出版社组织编写和出版的这套“材料成型及控制工程系列规划教材”,针对第三类培养方案,按照焊接、铸造、塑性成形、模具四个方向来组织教材内容和编写方向。教材内容与时俱进,在传统知识的基础上,注重新知识、新理论、新技术、新工艺、新成果的补充。根据教学内容、学时、教学大纲的要求,突出重点、难点,力争在教材中体现工程实践思想。体现建设“立体化”精品教材的宗旨,提倡为主干课程配套电子教案、学习指导、习题解答的指导。

希望本套教材的出版能够为培养理论基础和专业知识扎实、工程实践能力和创新能力强、综合素质高的材料成形及加工的专业性人才提供重要的教学支持。

教育部高等学校材料成型及控制工程专业教学指导分委员会主任

李春峰

2010年4月

前 言

本教材是根据教育部材料成型及控制工程专业教学指导分委员会制定的《材料成型及控制工程（分专业方向）本科培养方案》编写的。

教育部在 1998 年按照厚基础、宽口径的人才培养模式，将我国高等院校的学科专业由原有的 504 个合并调整为 249 个。考虑原焊接专业的特殊性，教育部在国家新专业目录外增设了焊接技术与工程专业。自 1999 年以来，全国高校按焊接技术与工程专业招生的院校有近 20 所，并呈现逐年增加的趋势。

近半个世纪以来，焊接技术在工艺、材料、设备等领域取得了很大成就，已经由过去单纯的手工作业逐步发展为机械化、自动化、机器人化甚至智能化，成为制造业必需的基本制造技术之一。目前，各国焊接结构每年消耗钢材产量近半，在我国达到 3 亿多吨，使焊接技术的应用十分广泛，带动很多产业的快速发展，促进了焊接专业毕业生的就业。

本教材意在将学生焊接专业知识的培养与焊接企业生产的技术需求接轨，更快更好地让学生进入焊接工程师角色，满足焊接工程实际的需要。主要内容有焊接生产备料、焊接生产装配与焊接、焊接生产工艺、焊接工程质量管理、焊接生产组织管理、焊接生产质量检测、焊接生产设施与装备、典型产品的焊接生产。该教材的编写力求理论与实际相结合，突出应用。将多年来的教学实践和来源于生产一线的应用经验很好地凝练在该教材内容中。

该书可作为普通高等院校毕业后从事焊接工程技术工作的本科生或研究生的教材，也适用作为焊接技术与工程专业、材料成型及控制工程专业、材料加工与工程专业、机械制造工程专业的本科生和研究生参考书，适用于企业焊接工程师的岗前自学与岗位培训参考书及供从事焊接技术工作的工程技术人员参考。

焊接生产与工程管理课程是焊接学科中的重要课程之一。根据焊接专业和焊接学科的现状与发展形势，本着既加强理论基础、又注重工程应用，培养适合现代焊接工程需要的工程技术人员的精神，在教育部材料成型及控制工程专业教学指导分委员会和化学工业出版社的组织下，在太原科技大学、太原重型机械集团公司、太原锅炉集团有限公司等院校和企业多年从事焊接生产教学与实践的教师、工程师协作努力下，融合各位专家学者多年的教学与生产经验，编写了该教材。

该教材由刘翠荣教授、王成文高工主编。绪论由太原科技大学刘翠荣教授编写，并负责全书统稿；第 1 章由太原科技大学阴旭、太原重型机械集团公司高工朱觉新编写；第 2 章由太原重型机械集团公司高工刘雅娣编写；第 3 章由太原重型机械集团公司高工王成文编写，并负责全书统稿；第 4 章由太原重型机械集团公司高工卢素琴编写；第 5 章由太原重型机械集团公司高工王成文、太原锅炉集团有限公司高工田文珍编写；第 6 章太原科技大学刘翠荣教授、太原科技大学阴旭编写；第 7 章太原锅炉集团有限公司高工刘速志、太原科技大学阴旭编写；第 8 章由太原重型机械集团公司高工刘雅娣、王剑、郑春刚编写。

在编写过程中，得到了许多专家学者和同行的帮助和支持，在此表示衷心的感谢，并向本书中所引用文献的作者深表谢意！

由于作者水平有限，书中难免有疏漏和欠妥之处，敬请广大读者批评指正！

编 者
2010.5

目 录

绪论	1	2.3.1 焊接结构件部件的划分	39
0.1 焊接生产的发展现状	1	2.3.2 装配顺序的制订原则	39
0.2 焊接工程管理模式的发展	2	2.4 装配胎夹具的选择	40
0.3 课程性质、任务及内容	2	2.4.1 装配胎夹具作用	40
第1章 焊接生产备料	3	2.4.2 装配胎夹具的特点	40
1.1 焊接生产材料入厂检验	3	2.4.3 装配胎夹具的类型	40
1.1.1 原材料的检验	3	2.5 焊接接头	41
1.1.2 焊接材料检验	4	2.5.1 焊接接头的组成	41
1.2 材料预处理	6	2.5.2 焊接接头的特点	41
1.2.1 机械除锈法	6	2.5.3 焊接接头的类型	42
1.2.2 化学除锈法	8	2.6 焊缝符号的表示方法	44
1.2.3 电解除锈法	9	2.6.1 基本符号	44
1.3 放样展开	9	2.6.2 基本符号的组合	45
1.3.1 放样	9	2.6.3 辅助符号	45
1.3.2 展开的基础知识	9	2.6.4 补充符号	45
1.3.3 可展与不可展表面的基本知识	10	2.6.5 焊缝尺寸符号	46
1.3.4 不可展表面的近似展开方法	10	2.6.6 焊缝标注方法	47
1.3.5 可展表面的展开方法	11	2.7 焊接坡口	47
1.4 热切割技术	14	2.7.1 焊接坡口的技术参数	47
1.4.1 气体火焰切割	14	2.7.2 焊接坡口的选择	51
1.4.2 等离子弧切割	19	2.8 常用的焊接方法及焊接规范参数	52
1.4.3 激光切割	22	2.8.1 焊接方法和代号	52
1.5 剪切冲裁	24	2.8.2 焊条电弧焊	52
1.5.1 剪切	24	2.8.3 埋弧自动焊	53
1.5.2 冲裁	24	2.8.4 CO ₂ 气体保护焊	54
1.6 弯曲成形	27	2.8.5 焊接规范参数的测量	55
1.6.1 弯曲成形及其分类	27	2.9 焊接变形的控制措施	56
1.6.2 弯曲成形的原理	28	2.9.1 预防焊接变形的措施	56
1.6.3 卷板机卷弯	29	2.9.2 预防焊接变形的设计要领	56
1.6.4 拉延(压制)成形	31	2.9.3 选择合理的焊接顺序	57
思考题	33	2.9.4 预防焊接变形的的方法	58
第2章 焊接生产装配与焊接	34	2.9.5 合理选择焊接方法和焊接规范 参数	59
2.1 装配过程简介	34	2.10 常用的焊接生产技术措施	59
2.1.1 装配方式分类	34	2.10.1 预留工艺余量	59
2.1.2 装配作业的主要内容	35	2.10.2 焊接生产的温度控制	61
2.1.3 装配的质量要求	37	思考题	63
2.2 装配基准的选择	37	第3章 焊接工艺基础知识	64
2.2.1 基准面的基本概念	37	3.1 焊接工艺概述	64
2.2.2 基准的分类	38	3.1.1 焊接工艺知识简介	64
2.2.3 装配基准选择的一般原则	38	3.1.2 焊接工艺的分类方法	64
2.3 装配顺序的选择	39		

3.1.3 编制焊接工艺的基本要素	65	4.3.3 编制企业质量管理体系文件	110
3.1.4 焊接工艺相关工作	65	4.4 焊接工程质量管理统计方法	112
3.2 焊接产品工艺性审查	67	4.4.1 分层法	112
3.2.1 焊接产品工艺性审查的概念	67	4.4.2 排列图	113
3.2.2 焊接产品工艺性审查的主要 内容	67	4.4.3 因果图	115
3.2.3 焊接产品工艺性审查的注意 事项	69	4.4.4 直方图法	115
3.3 焊接工艺编制	69	4.4.5 检查表法	116
3.3.1 编排焊接生产工艺路线	69	4.4.6 控制图	118
3.3.2 编制备料工艺	71	4.4.7 散布图	118
3.3.3 编制装配焊接工艺	73	思考题	120
3.3.4 编制材料消耗工艺定额和焊接生产 工时定额	76	第5章 焊接生产组织管理	121
3.4 焊接工艺评定	79	5.1 焊接生产管理	121
3.4.1 焊接工艺评定简介	79	5.1.1 焊接生产管理的基本内容	121
3.4.2 焊接工艺评定文件	79	5.1.2 生产形态类型	121
3.4.3 焊接工艺评定原则	80	5.1.3 生产过程组织	122
3.5 焊接工艺规程	91	5.1.4 现代生产管理方法简介	125
3.5.1 焊接工艺规程简介	91	5.2 焊接生产人员培训与资格认证	128
3.5.2 焊接工艺规程的编制要求	91	5.2.1 焊接生产人员培训体系	128
思考题	96	5.2.2 焊接生产人员考试的监督管理及 组织	130
第4章 焊接工程质量管理	97	5.2.3 考试内容及项目	131
4.1 焊接工程质量管理	97	5.2.4 焊接操作技能考试评分规则	137
4.1.1 焊接工程概念	97	5.3 焊接生产经济性分析	140
4.1.2 质量的基本概念	97	5.3.1 企业经济指标	140
4.1.3 焊接工程质量的主要内容	98	5.3.2 焊接生产成本分析	142
4.1.4 质量管理概述	98	5.3.3 提高焊接生产经济性方法	144
4.1.5 焊接工程质量管理概述	99	5.4 焊接生产安全及卫生防护	147
4.2 焊接工程质量管理体系	100	5.4.1 焊接生产安全的重要意义	147
4.2.1 ISO 9000 族标准简介	100	5.4.2 焊接作业有害因素的影响	147
4.2.2 ISO 9000 族标准质量管理体系 简介	102	5.4.3 焊接防护措施	153
4.2.3 建立质量管理体系的过程方法	103	5.4.4 焊接生产卫生防护	154
4.2.4 建立企业质量管理体系的主要 步骤	104	思考题	157
4.2.5 企业质量管理体系的文件要求	105	第6章 焊接生产质量检测	158
4.2.6 建立企业质量管理体系的工作 内容	105	6.1 焊接生产质量检测概述	158
4.2.7 企业质量管理体系认证	107	6.1.1 焊接生产质量检测	158
4.2.8 质量管理体系改进	107	6.1.2 焊接生产质量检测分类	158
4.3 焊接工程质量管理体系的建立和 实施	108	6.1.3 焊接生产质量检测的主要内容	159
4.3.1 建立焊接工程质量管理体系的 依据	108	6.2 焊接缺陷	160
4.3.2 焊接工程质量管理体系的建立	108	6.2.1 焊接缺陷	160
		6.2.2 焊接缺陷类型	160
		6.3 焊接接头外观质量检查	161
		6.3.1 外观质量检查简介	161
		6.3.2 焊缝表面缺陷检查	162
		6.3.3 焊缝尺寸偏差检查	162
		6.3.4 焊缝质量等级	163
		6.4 射线探伤	164

6.4.1	射线探伤原理	164	7.1.3	焊接车间的配套设施要求	195
6.4.2	射线的性质及形成机理	164	7.2	焊接生产装备	197
6.4.3	射线照相检测的探伤原理	165	7.2.1	焊接设备的选择	197
6.4.4	射线照相检测的操作程序	165	7.2.2	焊接辅助机械的选择	201
6.4.5	焊缝质量评定	167	思考题		210
6.4.6	常见焊接缺陷的影像和辨别	169	第8章 典型产品的焊接生产		211
6.5	超声波探伤	169	8.1	起重机焊接生产	211
6.5.1	超声波的产生机理	170	8.1.1	起重机的类型	211
6.5.2	超声波的主要特性	170	8.1.2	桥架式起重机焊接结构件的主要技术要求	211
6.5.3	超声波探伤仪简介	171	8.1.3	起重机焊接生产流程	215
6.5.4	超声波探伤方法	172	8.1.4	桥式起重机主梁焊接生产实例	216
6.5.5	常见焊接接头的超声波探伤	174	8.2	压力容器焊接生产	219
6.5.6	影响超声波探伤的主要因素	175	8.2.1	压力容器简介	219
6.5.7	超声波探伤的缺陷判别	177	8.2.2	压力容器的分类	220
6.5.8	超声波探伤的等级分类	179	8.2.3	压力容器的结构特点与主要参数	221
6.5.9	记录与报告	179	8.2.4	压力容器焊接生产的相关规定	221
6.6	磁粉探伤	180	8.2.5	高压蓄势水罐焊接生产实例	224
6.6.1	磁粉探伤的原理	180	8.3	挖掘机焊接生产	228
6.6.2	磁粉探伤的分类	181	8.3.1	挖掘机的分类	229
6.6.3	焊件的磁化方法	181	8.3.2	典型矿用挖掘机的机械结构	229
6.6.4	磁粉探伤的操作程序	182	8.3.3	矿用挖掘机焊接生产使用的钢材	234
6.6.5	磁痕的特征与评定	182	8.3.4	矿用挖掘机生产使用的焊接材料	237
6.7	渗透探伤	183	8.3.5	矿用挖掘机起重臂焊接修复生产实例	237
6.7.1	渗透探伤的原理	183	思考题		240
6.7.2	渗透探伤剂	183	参考文献		241
6.7.3	渗透探伤的注意事项	184			
思考题		185			
第7章 焊接生产设施与装备		186			
7.1	焊接生产设施	186			
7.1.1	焊接车间设计	186			
7.1.2	焊接车间布置	188			

绪 论

0.1 焊接生产的发展现状

焊接是一种将材料永久连接,成为具有特定功能的结构制造技术。从几十万吨载重的巨轮到不足1克的微电子元件生产中都不程度地依赖焊接技术。焊接技术渗透到制造业的各个领域,直接影响着产品质量、可靠性、使用寿命、生产成本和生产效率。我国2008年的钢产量已达到5.0亿多吨,再加上进口钢材,国内流通的钢材总量接近5.2亿吨,2008年我国用焊接方法加工的钢材总量已经突破3亿吨,成为世界领先的焊接大国。

我国制造企业的焊接生产已经采用电子束焊接、激光焊接、激光钎焊、激光切割、激光与电弧复合热源焊接、水射流切割、双丝或单丝窄间隙埋弧焊、4丝高速埋弧焊、双丝脉冲气体保护焊、等离子焊接、精细等离子切割、数控切割系统、机器人焊接系统、焊接柔性生产线、STT焊接电源、变极性焊接电源和全数字化焊接电源等技术及装备。

在焊接生产中,尽管焊条电弧焊的应用仍占有一定比例,在大、中型企业中,交、直流手工电弧焊机、CO₂和混合气体保护焊的熔化极机械化焊接设备、熔剂层下保护自动焊接设备总数的比例仍然是1:1:1。但在这些企业中,采用高效的机械化电气焊生产的规模不断增加。目前CO₂气体保护焊机械化和自动化焊接设备的生产总量约占焊接设备生产总量的30%以上,必将进一步提高焊接生产率,并降低生产成本。

在大型企业中,为了提高焊接作业机械化和自动化水平,逐步应用点焊和电气焊的工业机器人。在中国的焊接与切割设备生产中,火焰气割设备和等离子切割设备也批量生产。据不完全统计,2000年中国约生产了大型龙门式的数控切割设备380台,可移动的机械化火焰切割设备14650台,等离子切割设备10500台。此外,我国还生产了可移动的万能切割设备,以及供中、大厚度金属等离子切割用的固定式机械化成套设备,等离子水下切割设备等。

随着焊接生产自动化技术迅速发展,自动化生产方式在很多工业领域代替了手工操作生产方式。在各种焊接技术及制造系统中,以电子技术、信息技术及计算机技术的综合应用为标志的焊接机械化、自动化系统乃至焊接柔性制造系统,成为信息时代焊接生产的重要特征。实现焊接生产制造的自动化、柔性化与智能化已成为必然趋势。采用机器人焊接技术已成为现代焊接自动化生产的主要标志。焊接机器人由于具有通用性强、工作质量可靠的优点,越来越受到人们的重视。在焊接生产中采用机器人技术,可以提高生产率、改善劳动条件、保证焊接质量,满足小批量产品生产模式的焊接自动化要求。

据不完全统计,全球工业用机器人已达到100万台以上,其中焊接机器人占30%~50%。日本在汽车工业、船舶制造、重型机械、建筑钢结构等行业已大量装备焊接机器人。在一些大型企业焊接生产中已经形成了以焊接机器人为核心的自动化集成系统。例如,日本NKK公司在20世纪90年代初就在桥梁箱梁腹板、翼缘、隔板的焊接生产线上配置了26台机器人,在造船生产线上配置了10台机器人。近年来,随着三维CAD设计系统的实施,离线编程软件的应用,智能控制方法,如模糊逻辑、人工神经网络等技术的引入,可以预期

远程控制的智能化焊接机器人集成系统也会逐步得到应用。

0.2 焊接工程管理模式的发展

回顾多年的焊接工程管理模式，可以发现在焊接工程管理中涉及技术管理、过程控制、质量管理、竣工资料移交等方面的管理存在许多薄弱环节。焊接工程管理与焊接人员培训、焊接质量检测密切相关。焊接工艺评定是焊接工程管理的一项重要内容，根据焊接工艺评定报告编制焊接工艺规程等工艺文件，有效指导焊接生产，避免了编制焊接工艺规程存在的不规范问题。企业管理人员能够随时掌握各种从事焊接人员的工作质量，及时发现质量保证体系运行中的问题，并采取相应措施加以解决。

随着焊接生产方式的增多，焊接生产规模越来越庞大，企业组织内的专业分工越来越精细，这就产生了分工与合作问题，因此需要科学的管理技术。生产管理目标就是根据质量保证体系，建立适合企业生产的程序文件，约束及控制焊接生产的各种活动。合理利用企业的人力、物力、财力资源，进一步规范企业的生产管理，是企业经营目标实现的重要途径。通过焊接生产原材料管理、焊接生产过程管理、焊接质量管理、焊接生产安全管理等，使企业焊接生产持久有序，不断提高企业的竞争力。

0.3 课程性质、任务及内容

本课程将焊接理论与生产实践相结合，现代管理思想、先进焊接技术与焊接生产相结合，使焊接工程技术人员了解焊接生产与管理的特点和方法，提高焊接生产的组织与管理水平，提高从事焊接工程技术人员的业务水平。

该课程是焊接技术与工程专业或材料成型及控制工程、材料科学与工程、机械工程及自动化等专业焊接方向的重要专业课程之一，是一门实践性较强的专业课程。该课程的教学目的是使学生掌握有关现代焊接生产及其工程管理概况。通过学习该课程，学生能够系统了解焊接产品的生产过程及生产过程的管理，为从事焊接工程技术工作奠定基础。

该课程的主要内容有焊接生产准备、焊接生产装配与焊接、焊接生产工艺、焊接工程质量管理、焊接生产质量管理、焊接生产质量检测 and 典型焊接产品生产过程等内容。

第 1 章 焊接生产备料

在现代机械制造业中，焊接生产备料作业是焊接生产过程的重要组成部分，属于焊接生产过程的前期阶段，焊接生产备料的制造质量直接影响装配、焊接等工序，对产品质量和生产效率也有很大影响。有时焊接结构的备料工作量在整个焊接生产过程中占有较大的比例，特别在重型机械的焊接结构生产中约占全部焊接生产工时的 25%~60%，因此提高备料工艺的技术水平和加工手段，对提高焊接结构生产质量、技术水平、生产效率有着重要意义。

焊接生产备料过程有很多生产工序，焊接生产备料指从原材料入厂至零件加工制作的工艺（工序）过程。其中以焊接生产材料入厂检验、材料预处理、放样与展开、热切割技术、弯曲与成形、剪切与冲压等工艺知识最为重要，是焊接生产备料工艺的核心内容。

1.1 焊接生产材料入厂检验

焊接生产材料入厂检验是保证焊接质量的重要措施，属于焊前检验。原材料及焊接材料在化学成分、力学性能等方面的入厂检验，具体检验方法一般分为检查原材料生产厂家所提供的材质证明书、按照技术标准对实物进行复检。

1.1.1 原材料的检验

焊接结构使用的金属种类很多，相同种类的金属材料亦有不同的型号、牌号。使用时应根据金属材料的出厂质量检验证明书（或合格证）加以鉴定，同时，还须进行外部质量检查和抽样复核，以检查在运输过程中产生的外部缺陷，防止材料型号错乱。对于存在严重外部缺陷的原材料应标记、取出，严禁转入后续生产工序，对于没有出厂证明或新使用的材料必须进行化学成分分析、力学性能试验及焊接性试验后才能投产使用。

根据焊接结构生产实际要求，焊接生产常用的原材料一般包括板材、型材、管材等规格形式，材料品种按照化学成分分主要有碳素结构钢、优质碳素结构钢、合金钢、低合金高强度钢；按用途分主要有结构钢、工具钢、特殊钢；按照冶炼方法分有平炉钢、转炉钢和电炉钢。

焊接金属结构使用的主要原材料为不同规格的钢板，钢板不得有机械分层和严重的金相组织分层，钢板表面不得有裂纹、气泡、结疤、折叠、夹杂、压入的氧化皮等缺陷，以上表面缺陷允许用修磨的方法清除，清除深度不应使钢板小于标准规定的最小厚度，而且要达到表面平滑过渡。

钢板入厂检验时，还需要根据同一牌号、同一质量等级、同一炉罐号、同一规格、同一热处理状态等供货条件对化学成分、力学性能（一般为一个拉伸试样、一个弯曲试样、三个 V 形缺口冲击试样）进行复检，当钢材的 V 形缺口夏比冲击试验结果不符合标准规定时，应从同一批钢材上再取一组（三个 V 形缺口冲击试样）进行试验，累计六个 V 形缺口冲击试样的平均值不得低于标准规定值，允许其中两个 V 形缺口冲击试样低于标准规定值，但低于标准规定值 70% 的试样只允许有一个，如果钢材有探伤要求的，还要对钢板按照进行

超声波探伤检查，钢材的其他检验项目的复检验收、包装、标志和质量证明书应符合国家标准或技术协议的相关规定。

对同一批次的原材料进行编号，并做好标记移植（主要采用打钢印的方式），保证每种钢板与其材质单实现对应，便于查找、追踪、核对等工作。

1.1.2 焊接材料检验

1.1.2.1 焊条检验技术

焊条检验主要分为外观质量检验、工艺性能检验、理化性能的检验或其他特殊性能检验。检验的主要依据是相应的国家标准。没有国家标准的品种，可按企业标准或制造企业与用户所签署的协议进行检验。焊条检验依据 GB/T 5117《碳钢焊条》、GB/T 5118《低合金钢焊条》、GB/T 983《不锈钢焊条》、GB 984《堆焊焊条》等标准进行。

(1) 焊条外观质量的检验 焊条外观质量不仅直接反映焊条制造的综合技术水平，还直接影响焊条的使用性能和焊接质量。焊条的外观质量检验主要包括以下内容：焊条偏心度、焊条直径、焊条长度、药皮强度、耐潮性、裂纹、起泡、竹节、损伤、破头、包头、磨尾长度和印字等。

① 焊条偏心度的检验 焊条偏心度是指焊条截面药皮中心与焊芯中心的偏移，焊条偏心度的检测主要采用铁磁性偏心测定仪（对具有铁磁性的焊条）或无磁性偏心测定仪（对无磁性焊条）等器材。焊条偏心度的技术要求见表 1-1。

表 1-1 焊条偏心度的技术要求

焊条直径/mm	偏心度/%		焊条直径/mm	偏心度/%	
	国家标准	企业标准(压涂时)		国家标准	企业标准(压涂时)
≤2.5	≤7	≤5	≥5	≤4	≤3
3.2~4.0	≤5	≤4			

② 焊条尺寸的检验 焊条尺寸一般包括焊条长度、焊条直径、夹持端长度。碳钢焊条的尺寸要求见表 1-2。当焊条直径≤4.0mm 时，焊条夹持端长度为 10~30mm；当焊条直径≥5.0mm 时，焊条夹持端长度为 15~35mm。

表 1-2 碳钢焊条的尺寸要求

单位：mm

焊条直径		焊条长度	
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
1.6	±0.06	200~250	±2.0
2.0,2.5		250~350	
3.2,4.0,5.0		350~450	
5.6,6.0,6.4,8.0		450~700	

③ 焊条药皮裂纹 凡属下列情况之一者，可判为该项不合格：纵向裂纹或龟裂纹，总长度大于 20mm；横向裂纹长度超过焊条半圆周。

(2) 焊条的焊接工艺性能的检验 焊条的工艺性能是指焊条在整个焊接过程中所表现的各种特性，如电弧稳定性、再引弧性、熔渣的流动性、覆盖性、脱渣性、飞溅大小、焊缝成形、全位置焊接的适用性、焊接烟尘大小等。

(3) 焊条熔敷金属化学成分试验 焊条熔敷金属化学成分分析必须准确可靠，其影响因素有焊接工艺参数、取样及分析方法等。各种焊条所采用的化学成分试验方法并不完全相

同,但均应符合相应标准的有关规定。通常和平焊位置进行堆焊试样,取样采用切削加工方法。

(4) 焊条熔敷金属力学性能试验

① 焊条熔敷金属拉伸试验试件从熔敷金属力学性能试板的焊缝区域内制取,试件数量为一件。熔敷金属拉伸试验执行 GB 228《金属拉伸试验方法》,应测定抗拉强度、屈服点、断后伸长率、断面收缩率等数值。

② 焊条熔敷金属 V 形缺口冲击试验执行 GB 2650《焊接接头冲击试验方法》。一般碳钢焊条、低合金钢焊条和部分不锈钢焊条需要进行熔敷金属 V 形缺口冲击试验,试件从熔敷金属力学性能试板上制取,试件数量为五件。数据处理时以五个冲击试样的冲击吸收功为基本数值,舍去其中的最大值和最小值,并计算该焊接材料其余三个试验数值的平均值,在工程实际中对焊接材料的 V 形缺口冲击试验数据的平均值和最小值都有要求。

③ 焊条熔敷金属硬度试验执行 GB 2654《焊接接头及堆焊金属硬度试验方法》,可选用布氏、洛氏或维氏硬度计进行测定,试样的测试面与支承面应相互平行。堆焊焊条熔敷金属硬度试验需要制取一个试样,测定洛氏硬度时取 5 至 10 点,测定布氏硬度时取 5 点。

1.1.2.2 焊丝检验技术

(1) 气体保护电弧焊用焊丝的检验

① 气体保护电弧焊用焊丝的化学成分试样一般从焊丝上截取 $\leq 1\text{mm}$ 的焊丝段,并根据需要检测的焊丝化学元素种类和试验方法,测量焊丝的化学成分。

② 焊丝的尺寸检查包括焊丝直径、挺度、松弛直径和翘距,一般焊丝直径在 $\phi 0.8 \sim 1.6\text{mm}$ 时,其允许偏差为 $+0.01 \sim -0.04\text{mm}$ 。焊丝直径在 $\phi 0.8 \sim 1.2\text{mm}$ 时,焊丝的抗拉强度应 $\geq 930\text{MPa}$ 。当焊丝盘外径 $\geq 200\text{mm}$ 时,松弛直径应 $\geq 250\text{mm}$ 。

③ 焊丝的表面质量必须光滑平整,不应有毛刺、划痕、锈蚀和氧化皮等,焊丝的镀铜层要均匀牢固。

④ 气体保护电弧焊用焊丝熔敷金属力学性能试验的试板焊缝射线探伤应符合 GB/T 3323《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》中的 II 级规定,试板射线探伤前应去除垫板。

⑤ 气体保护电弧焊用焊丝熔敷金属拉伸试验方法、试样形式与焊条熔敷金属拉伸试验相同,试样数量为一件。气体保护电弧焊用焊丝熔敷金属 V 形缺口冲击试验方法、试样形式与焊条熔敷金属 V 形缺口冲击试验相同,但不同型号焊丝的熔敷金属 V 形缺口冲击试验温度及试验数值要求却不一定相同,具体要求应符合 GB/T 8110《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》中的相关规定。

(2) 药芯焊丝的检验 碳钢药芯焊丝、低合金钢药芯焊丝、不锈钢药芯焊丝的检验一般需要进行熔敷金属化学成分试验、拉伸试验、V 形缺口冲击试验、力学性能试板的射线探伤检测、角焊缝试验。

(3) 埋弧焊用焊丝的检验 根据 GB/T 14957《熔化焊用钢丝》和 GB/T 17854《埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂》标准规定,主要检测焊丝外观尺寸、化学成分、表面质量等内容。

1.1.2.3 埋弧焊焊剂检验技术

埋弧焊焊剂的检验根据 GB/T 5293《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》、GB 12470《低合金钢埋弧焊用焊剂》和 GB/T 17854《埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂》。主要检测熔敷金属的拉伸性能、熔敷金属 V 形缺口冲击吸收功、渣系主要成分、焊接试件射线探伤、焊剂颗粒度、焊剂抗潮性、焊剂机械夹杂物、焊剂的焊接工艺性能、焊剂的硫磷含量等内容。

碳钢和低合金钢埋弧焊用焊剂渣系中的硫含量应 $\leq 0.060\%$,磷含量应 $\leq 0.080\%$ 。埋弧

焊用焊剂颗粒度分为两种，一种是普通颗粒度，粒度为 0.45mm（40 目）～2.50mm（8 目），另一种是细颗粒度，粒度为 0.28mm（60 目）～2.00mm（10 目）。检查普通颗粒度的焊剂，把 0.45mm 筛下和 2.50mm 筛下的焊剂分别称量，并分别计算出百分比，普通颗粒度的焊剂中颗粒度小于 0.45mm 的质量百分含量不得大于 5%，颗粒度大于 2.50mm 的不得大于 2%。对于细颗粒度的焊剂，颗粒度小于 0.28mm 的重量百分含量不得大于 5%，颗粒度大于 2.00mm 的不得大于 2%。

1.2 材料预处理

材料预处理是指钢材等原材料在放样、划线、下料前对其表面进行清理准备的工序，使材料表面洁净并处于易于加工的状态。因为大多数原材料长时间处于自然环境，在仓储、运输过程中被空气及各种杂质所污染、覆盖，往往使材料表面有一定厚度的氧化膜、附着水分、油污、腐蚀生成物等物质，从而改变了原有表面特性，给焊接作业带来严重影响。焊接生产前必须去除污染层，使金属表面恢复洁净状态。

钢材预处理是通过机械或化学的方法对钢材表面附着的尘土、泥沙、油污和铁锈等进行清除，为后续工序创造生产条件。钢材进入焊接车间加工之前进行预处理是金属结构制造中的准备工序。

钢材预处理有机械除锈法、化学除锈法和电解法等预处理方法。小型焊接车间通常采用手工操作、风动钢丝刷或角向磨光机等措施清理钢材表面。大型焊接生产企业，一般采用机械方法或化学方法进行钢材预处理。

1.2.1 机械除锈法

机械除锈法主要使用喷丸机、喷砂机、滚筒机、刷辊机等设备，通过中介介质的冲击或研磨，将铁锈和油污剥落或磨掉，也可采用角向磨光机、风动钢丝刷、砂纸、砂布等器材进行小面积手工除锈操作，从而获得清洁的金属表面，提高金属表面后续防护膜的结合牢度。大型焊接生产企业钢材预处理线一般选择机械喷丸设备、手工喷砂设备，生产效率较高，除锈效果好。

1.2.1.1 喷丸处理

（1）喷丸处理的原理 喷丸处理（也称为抛丸处理）是利用净化的压缩空气气流，带动金属钢丸以较高的速度从喷嘴中喷出，在短距离内强力撞击金属材料表面，去除金属表面的锈蚀、油污等杂物，得到洁净的金属表面状态。

喷丸处理不仅可以清洁金属表面，而且由于钢丸的强烈撞击，会使金属表面产生压缩塑性变形和压应力状态，降低零件表面的粗糙度，达到较好的金属光泽。

喷丸处理还应用于去除铸件、锻件或机械零件热处理后，零件表面的型砂及氧化皮；去除焊件表面的锈蚀、焊渣、积碳、旧油漆层和其他干燥了的油污；去除切削加工零件表面的毛刺或方向性磨痕；降低零件表面的粗糙度，以提高零件表面油漆和其他涂层的附着力；使零件表面呈漫反射的消光状态，提高零件表面外观效果；利用零件表层产生的压应力，提高零件的疲劳强度和抗应力腐蚀性能等。如铸件清铲后进行的喷丸处理、热喷涂前进行的喷丸处理、火车轮切削加工后的喷丸处理等都已成为不可缺少的生产工序。

（2）喷丸处理的设备 焊接生产常用的钢材预处理生产线一般包括输送辊道、抛丸清理机、中间辊道、喷漆室、烘干室、输出辊道等装置，以抛丸清理机为核心设备，形成连续作业模式，具有较高的生产效率。抛丸清理机根据钢板抛丸时的姿态分为立式抛丸清理机、卧

式抛丸清理机，一般具有多个喷头，安装钢丸回收装置，抛丸清理机外壳采用钢板焊接结构，内部铺设高锰钢衬板，延长使用寿命。抛丸清理机规格应根据焊接生产原材料规格尺寸选取，设备多由铸机厂生产。

(3) 钢丸的种类 钢丸的种类包括铸铁丸、铸钢丸、玻璃丸、陶瓷丸等，应根据焊件表面处理技术要求进行选择。

① 铸铁丸的材料脆性大，易破碎，其硬度为 HRC58~65。使用寿命较短，主要用于高强度材料的喷丸处理。

② 铸钢丸具有较好强度和冲击韧性，其硬度一般为 HRC40~50，当金属硬度较高时，可采用铸钢丸硬度为 HRC57~62。铸钢丸的使用比较广泛，使用寿命为铸铁丸的数倍。

③ 玻璃丸和陶瓷丸的硬度较低，主要用于不锈钢、钛、铝、镁及其他不允许铁元素污染的金属材料。也用于铸钢丸喷丸处理后的二次喷丸处理，降低铁元素污染和零件的表面粗糙度。

(4) 喷丸处理工艺参数的选择 焊接生产实际要求喷丸处理必须对零件表面有足够的覆盖率，即要使未被喷丸处理的表面尽量少。但检查表面覆盖率比较困难，所以采用喷丸强度的概念，代表所要求的压应力值。喷丸强度常用弧高计进行测量。弧高计测量法是将厚 0.8mm、1.3mm 或 2.4mm 的冷轧钢标准试样固定在专用夹具上，对其一面进行喷丸处理，然后用弧高计测量弯曲了的钢条试样的弧高，所得值即为喷丸强度。喷丸强度决定着喷丸质量，而喷丸强度又受其他喷丸处理工艺参数影响。

① 钢丸直径尺寸越大，冲击能量越大，则喷丸强度也越大，但大直径钢丸的覆盖率降低，所以，在保证所需喷丸强度的前提下，应尽量减小钢丸的尺寸。钢丸尺寸的选择也受零件的形状制约，一般钢丸的直径不应超过零件沟槽或内圆半径的一半。钢丸粒度一般选用 60~50 目之间。

② 当钢丸的硬度大于零件的硬度时，钢丸硬度的变化不会影响喷丸强度；当钢丸的硬度小于零件的硬度时，钢丸硬度值的降低，将使喷丸强度降低。

③ 钢丸的喷射速率越高，其撞击强度越大，但速度过高时，钢丸的破碎量会增多，一般要求钢丸的完整率不低于 85%。所以常采用控制压缩空气压力的办法控制钢丸的喷射速率。

④ 钢丸喷射角度一般选用垂直射入状态，喷丸处理效果好，但如果受零件形状限制，必须以小角度喷丸处理时，应适当加大钢丸的尺寸与喷射速度。

1.2.1.2 机械喷砂清理

机械喷砂清理是用净化的压缩空气，将砂流剧烈地喷向金属材料表面，利用磨料的强力撞击作用，去除金属材料表面的污垢物，其清理效果不如喷丸处理，但生产成本较低。机械喷砂清理不仅用于材料预处理，也常用于焊接结构的后处理工艺。

机械喷砂清理分为干喷砂法和湿喷砂法。干喷砂法清理的金属表面比较粗糙，砂料破碎后易形成粉尘，施工作业环境较差。湿喷砂法的优点是环境污染较小。

(1) 干喷砂法 干喷砂法分为机械喷砂与空气压力喷砂两种类型，分别采用手工、半自动或连续自动等作业方式。喷砂机有自流式、离心式、吸入式和压力式等类型，实际生产中常用吸入式喷砂机和压力式喷砂机。吸入式喷砂机设备简单，但效率低，适用于小型零件。压力式喷砂机主要用于大、中型零件的批量生产，适用性广，效率较高。

干喷砂法采用的砂料是氧化铝砂（含天然和人造两种）、石英砂（二氧化硅）、碳化硅（人造金刚砂）等。氧化铝砂不易粉化，劳动条件好，砂料还可以循环使用。而碳化硅砂虽然也具有上述优点，但因价格昂贵，很少使用。石英砂虽然容易粉化，但不污染零件的表面

质量，在实际生产中应用较多，石英砂粒尺寸与压缩空气压力的关系见表 1-3。

表 1-3 石英砂粒尺寸与压缩空气压力的关系

零件类型	石英砂粒尺寸/mm	压缩空气压力/kPa	零件类型	石英砂粒尺寸/mm	压缩空气压力/kPa
厚度>3mm 的大型焊件	2.5~3.5	250~400	小型薄壁焊件	0.5~1.0	100~150
厚度≤3mm 的中型焊件	1.0~2.0	150~250	厚 1mm 以下的焊件	0.5 以下	50~100

(2) 湿喷砂法 湿喷砂法是在砂料中加入一定量的水，使之成为砂水混合物，以减少砂料对金属表面的冲击作用，从而减少金属材料的磨损量，使金属表面更光洁。湿喷砂法通常有雾化喷砂、水-气喷砂和水喷砂三种类型，喷砂方式和喷砂机的结构各不相同，生产上常用水-气喷砂方式。湿喷砂法工作原理及特点见表 1-4。

表 1-4 湿喷砂法工作原理及特点

喷砂方式	工作原理	特 点
雾化喷砂	也称为低压喷砂，砂料由通过管道的压缩空气送到喷嘴，以雾化水-砂流冲击金属表面	只有改变砂料粒度，才能改变被喷砂金属表面的粗糙度
水-气喷砂	由泥砂泵形成高压，将水-砂料输送到喷头，并在喷嘴上通入压缩空气，喷出高速水砂流冲击金属表面	改变压缩空气压力，就能改变喷砂表面粗糙度
水喷砂	不使用压缩空气的水砂流喷砂，水、砂分装，在流向喷嘴前混合后喷向金属表面	只有改变水压，才能改变喷砂表面粗糙度

湿喷砂法所用的砂料与干喷砂法相同。湿喷砂法的水砂比值，一般控制在 7 : 3 为宜。320~400 目的水砂粒中，应加入 10% 的膨润土作为悬浮剂，防止砂粒沉入储存箱底。钢材采用湿喷砂法时，水中可加入 0.5% 碳酸钠和 0.5% 的重铬酸钠作缓蚀剂。

双层焊件因腐蚀问题，不宜采用湿喷砂法。薄截面焊件因湿喷砂法工作压力比干喷砂法大，水的冲击易使其产生变形，所以也不宜采用湿喷砂法。

(3) 喷砂后金属材料的表面处理 经过喷砂的金属材料应尽量减少触摸，并及时进行表面处理，如处理不完，金属材料可浸入 50g/L 的碳酸钠溶液中储存防锈。采用湿喷砂法的钢材，应浸入含苯甲酸钠 8.66g/L、亚硝酸钠 4.33g/L，温度高于 70℃ 的热防锈溶液中处理。奥氏体不锈钢和耐热钢材料喷砂后，应在含有 250~300g/L 的 HNO₃ 溶液中钝化 2h，然后用冷水清洗，热压缩空气吹干。

1.2.1.3 机械修磨法

机械修磨法是利用风动砂轮机或电动角向磨光机磨削金属表面。采用风动砂轮机时，应将压缩空气工作压力控制在 0.45~0.55MPa 范围内，以免压力过高，影响砂轮使用寿命。使用电动角向磨光机，应平稳移动磨削，不宜用于铜材和铝材等金属材料。

1.2.2 化学除锈法

化学除锈法是利用酸性或碱性除锈液在室温条件下对钢材上的锈蚀层、油污和氧化皮产生溶解、渗透、剥离作用，使钢材表面的杂质很快溶解和脱落，钢材表面净化后，再浸敷钝化液，它能在室温条件下自动调整 pH 值，使钢材表面处于钝化状态形成钝化膜。这种方法效率高，质量均匀稳定，可以保持钢材一个月不再生锈，并产生新的化学活性中心，增强与涂层的附着力。

实际生产中多用 10%~15% 的盐酸或 2%~4% 的硫酸等酸洗液去除氧化皮，将钢材放入酸洗槽中，铁元素与酸发生化学反应时还会产生氢离子，在氢离子形成氢分子的过程中，产生的自由电子对氧化皮起到机械剥离作用，但酸洗时间不宜过长。钢材酸洗后，立即放入