

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专系列规划教材

有色金属材料焊割技术

主 编 袁国义

副主编 谷远志 罗崇锡

参 编 袁晓明 唐 钢 刘庚欣

主 审 贺哲荣

校 审 王剑雄

西安电子科技大学出版社

2007

内 容 简 介

全书共 9 章, 主要内容包括焊、割的职业道德与安全知识, 有色金属材料简介, 有色金属材料的切割方法, 有色金属材料的焊接方法, 有色金属材料焊接的焊接材料, 有色金属材料焊接的焊接设备, 常用有色金属材料的焊接, 焊接应力及其变形, 焊接检验。

本书可供高职高专、中职中专相关专业学生使用, 也可供从事有色金属材料焊割的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

有色金属材料焊割技术 / 袁国义主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2007.8

(高职高专系列规划教材)

中国高等职业技术教育研究会推荐

ISBN 978-7-5606-1877-7

I. 有… II. 袁… III. ① 有色金属—金属材料—焊接—高等学校: 技术学校—教材 ② 有色金属—金属材料—切割—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG457.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 096854 号

责任编辑 张 梁 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http: //www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 18.25

字 数 427 千字

印 数 1~4000 册

定 价 24.00 元

ISBN 978-7-5606-1877-7/TG · 0021

XDUP 2169001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

焊接工艺有着辉煌的发展历史，从 20 世纪初至今的 100 多年中，随着生产技术的发展和新材料、新工艺的不断增多，差不多每 10 年就会出现一个新的焊接能源或焊接工艺，使焊接技术出现一次次飞跃。

当今焊接工艺虽然受到压模工艺与高粘结工艺以及精密铸造工艺的影响，但仍然在机械加工和塑胶制造等方面起着主导作用。

本书主要介绍有色金属材料的焊割技术，焊、割的职业道德与安全知识，有色金属材料简介，有色金属材料的切割方法，有色金属材料的焊接方法，有色金属材料焊接的焊接材料，有色金属材料焊接的焊接设备，常用有色金属材料的焊接，焊接应力及其变形，焊接检验等章节的内容。每章都给出了复习题，便于学生深入理解和掌握所学知识。本书可作为高职高专、中职中专相关专业的教材，也可作为相关专业技术人员的参考书。

本书由湖南有色金属工业技工学校高级讲师、高级工程师贺哲荣主审，湖南省冷水江市钢铁总厂高级技师王剑雄审校。参加本书编写工作的还有岳佩珍、岳奕平、王啸臣、黄岳彬、黄金波、岳奕雄、肖靓、王琛、周斌、尹建辉、李新平、蔡晓春。本书在编写过程中得到了湖南有色金属工业技工学校全体师生的大力支持，在此深表感谢！

鉴于编者学识有限，不妥之处在所难免，谨望广大读者不吝赐教，不胜感谢。

编 者

2007 年 3 月

绪 论

随着科学技术的高速发展，黑色金属(钢、铁)材料已不能满足人们的需要，而有色金属材料因其特有的机械性能、品质和颜色，广泛应用于各个科学领域，如通用机械、生活用品、航空、航天、航海及其他尖端科学领域。

有色金属材料的加工与制作及生产机械设备，同黑色金属材料的一样。两个或两个以上零件连接在一起的方法可分为两大类：一类是不必毁坏零件就可以拆卸的机械性连接，如螺纹(螺钉、螺栓、螺柱)连接和铆钉连接等就是可拆卸的机械性连接，见图 0-1；另一类是永久性的连接，如焊接就是利用两个物体原子间产生的结合作用来实现连接的，连接后不能再拆卸，故为永久性连接。

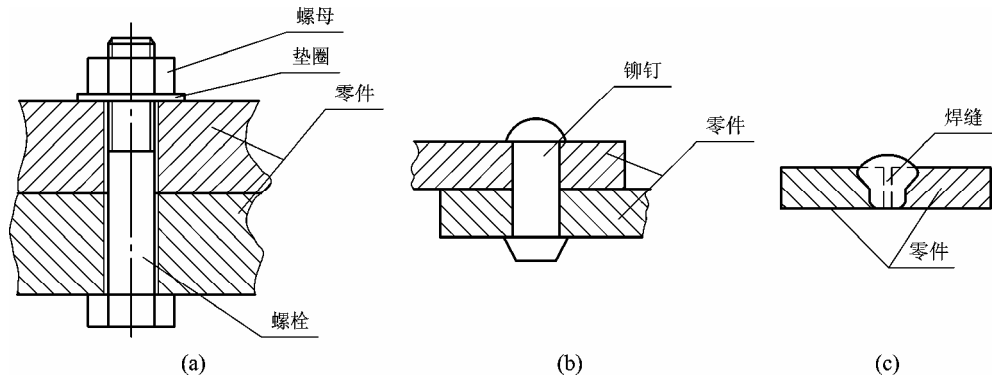


图 0-1 零件的连接方式

(a) 螺栓连接；(b) 铆钉连接；(c) 焊接

焊接就是通过加热、加压或两者并用，并且用(或不用)填充材料，使焊件达到原子结合的一种加工方法。焊接不仅可以使金属材料永久地连接起来，也可以使某些非金属材料达到永久连接的目的，如玻璃焊接、塑料焊接等，但生产中主要是用于金属的焊接。

过去，零件的连接主要采用铆接工艺。自 19 世纪以来，由于焊接工艺的成功应用和迅速发展，因此逐步取代了铆接，而现在几乎全部采用焊接工艺。造成这种趋势的主要原因是焊接具有显著的优越性，与铆接、铸造相比，它具有节省金属材料、减轻结构重量、简化加工与装配工序、接头的致密性好、强度高、经济效益好、能改善劳动条件等一系列特点。

由此可知，焊接与其他的连接方法不同，焊接后的连接材料不仅在宏观上建立了永久性联系，而且在微观上建立了组织之间的内在联系。但是，必须使分离金属的原子间产生足够大的结合力，才能建立组织之间的内在联系，形成牢固接头。这对液体来说是很容易的，而对固体来说则比较困难，需要外部给予很大的能量，以使金属接触表面达到原子间的距离。为此，金属焊接时必须采用加热、加压或两者并用的方法。

按照焊接过程中金属所处的状态不同，可以把焊接方法分为熔焊、压焊和钎焊三类：

(1) 熔焊是在焊接过程中，将焊件接头加热至熔化状态，不加压完成焊接的方法。加热增强了金属的原子动能，促进了原子间的相互扩散，当被焊金属加热至熔化状态形成液态熔池时，原子间可以充分扩散和紧密接触，冷却凝固后，即可形成牢固的焊接接头。常见的气焊、电弧焊、电渣焊、气体保护电弧焊(简称气电焊)等都属于熔焊的方法。

(2) 压焊是在焊接过程中，必须对焊件施加压力(加热或不加热)，以完成焊接的方法。这类焊接有两种形式：一种是将被焊金属接触部分加热至塑性状态或局部熔化状态，然后施加一定的压力，以使金属原子间相互结合形成牢固的焊接接头，如锻焊、接触焊、摩擦焊和气压焊等就是这种类型的压焊方法；另一种是不进行加热，仅在被焊金属的接触面上施加足够大的压力，借助于压力所引起的塑性变形，以使原子间相互接近而获得牢固的挤压接头，这种压焊的方法有冷压焊和爆炸焊等。

(3) 钎焊是采用比母材熔点低的金属材料作为填充金属，将焊件和钎料加热到高于钎料熔点且低于母材熔点的温度，再利用液态钎料润湿母材，以填充接头间隙并与母材相互扩散而连接焊件的方法。常见的钎焊方法有烙铁钎焊和火焰钎焊等。

目前，焊接方法的分类如图 0-2 所示。

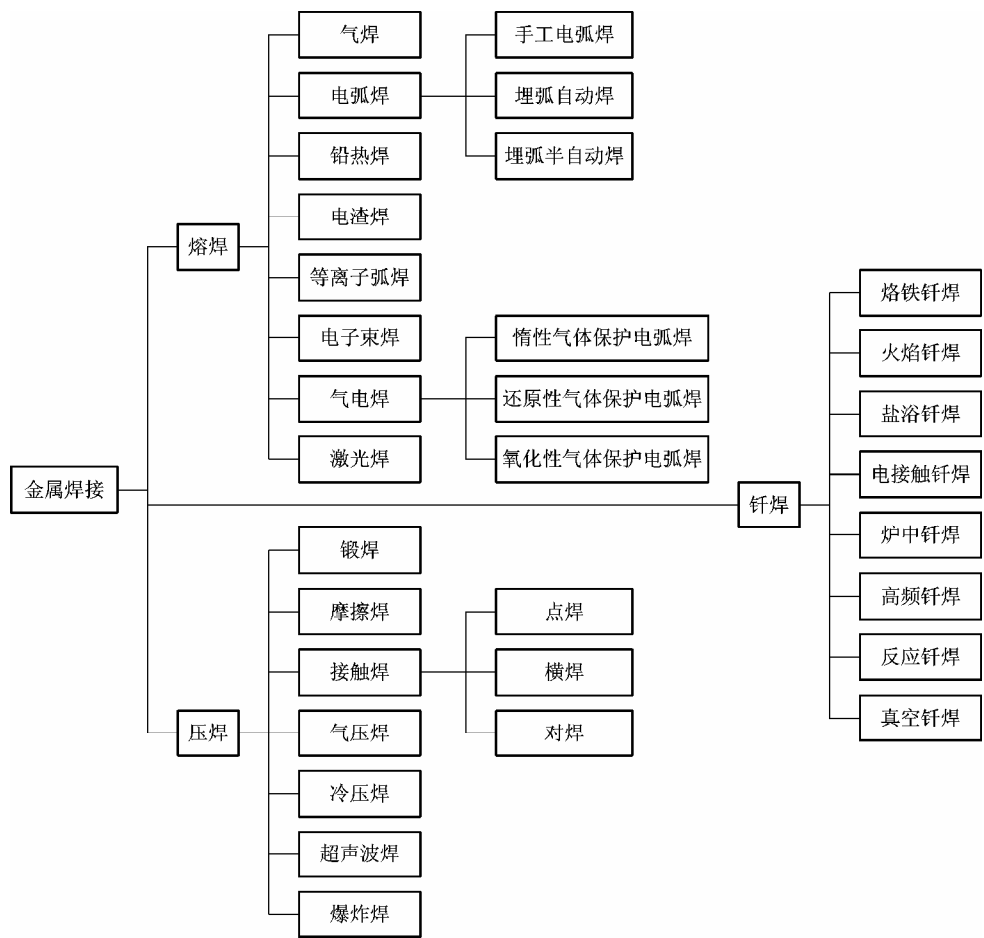


图 0-2 焊接方法的分类

我国是一个具有悠久焊接历史的国家，早在一千多年前，我国劳动人民就掌握了焊接技术。古书上有这样的记载：“凡钎铁之法……小钎用白铜末，大钎则竭力挥槌而强合之……”。这说明当时我国已掌握了用铜钎焊和锻焊来连接铁类金属的技术，并在古老的焊接技术发展史上留下了光辉的一页。

近代焊接技术，是从 1882 年出现碳弧焊开始，直到 20 世纪的 30 年代，在生产上还只是采用气焊和手工电弧焊等简单的焊接方法。由于焊接具有节省材料、生产率高、产品质量好和能大大改善劳动条件等优点，因此在近半个多世纪内得到了极为迅速的发展。20 世纪 40 年代初期出现了优质电焊条，使长期以来人们所怀疑的焊接技术得到了一次飞跃。40 年代后期，埋弧焊和电阻焊的应用，使焊接过程的机械化和自动化成为现实。50 年代的电渣焊、各种气体保护电弧焊、超声波焊，60 年代的等离子弧焊、电子束焊、激光焊等先进焊接方法的不断涌现，使焊接技术达到了一个新的水平。近年来对能量束焊、太阳能焊、冷压焊等新的焊接方法也开始研究，尤其是在焊接工艺自动控制方面有了很大的发展，如采用电子计算机控制可以获得较好的焊接质量和较高的生产率。采用工业电视监视焊接过程，便于遥控，有助于实现现代化。在焊接生产中还采用了工业机器人，使焊、割工艺自动化达到了一个更新的阶段，使人不能达到的那些地方能够用机器人进行焊接，既安全又可靠，特别是在原子能工业中更有其广阔的发展前景。

目前，焊接技术作为一种基本工艺方法应用于船舶、车辆、航空、锅炉、电机、有色金属冶炼设备、石油化工机械、有色矿山机械、起重机械、建筑及国防等各个工业领域，并成功地焊接了不少重要产品，如 12 000 吨水压机、30 万千瓦双水内冷气轮发电机组、大型球形容器、“远望”号万吨级远洋考察船、原子反应堆、人造卫星等。各种新工艺，如多丝埋弧焊、窄间隙气体保护全位置焊、水下二氧化碳半自动焊、全位置脉冲等离子弧焊、异种金属的摩擦焊和数字程序控制气割等已在许多工厂应用。建立了锅炉省煤器、过热器蛇形管摩擦焊、汽车车体电阻点焊和车轮气体保护焊等数十条焊接生产自动线。设计制造了上百种焊接设备，如 20 千瓦储能点焊机、汽车制造用的各种专用多点焊机、窄间隙全位置等离子弧焊机、微束等离子弧焊机、150 kV/200 mA 真空电子束焊机、120 瓦激光焊机等。生产了 160 多种焊条和多种焊丝、焊剂等焊接材料。为了培养焊接技术人才和发展焊接科学技术，特别是有色金属材料的焊接，先后在许多高等和中等技术学校设置了焊接专业，并建立了焊接研究所和电焊机研究所，为建立一支庞大的焊接技术队伍创造了有利条件。

目前，我国的焊接技术已经取得了很大的发展，但是和世界先进水平相比，仍然存在着一定差距。我们必须树雄心，立壮志，更加刻苦地学习，更加努力地工作，不断攀登焊接技术的新高峰，为实现我国“四个现代化”的宏伟目标而努力奋斗。

复 习 题

1. 什么叫焊接？它与铆接相比具有哪些优点？
2. 焊接技术在现代工业生产中的应用有哪些？
3. 解释名词：熔焊、压焊、钎焊。

4. 熔焊的方法有哪几种？
5. 焊接技术的发展主要表现在哪几个方面？
6. 为什么在焊接时要加热或加压？

第一章 焊、割的职业道德与安全知识

1.1 焊、割的职业道德

焊接与切割是在易燃、易爆、高温、强光、有毒气体等情况下进行工作的，国家已将从事金属材料焊接与切割的人员列为特种作业人员，特种作业人员必须持证上岗。从事该职业工作时，不但要注意自己的安全，而且要时刻关注周围环境和人员的安全。

1.1.1 焊工安全生产的重要性

焊工在工作时要与电、可燃及易爆液体、压力容器等接触，在焊接过程中还会产生一些有害气体、金属蒸汽、烟尘、电弧光辐射和焊接热源(电弧、气体火焰)高温等，如果焊工不遵守安全操作规程，就可能引起触电、灼伤、火灾、中毒等事故，这不仅会给国家财产造成经济损失，而且会直接影响焊工及其他工作人员的人身安全。

焊工工作要有必需的安全防护用品，以保证焊工的安全生产。为了进一步贯彻执行“安全第一、预防为主”的精神，加强企业生产中安全工作的管理与领导，以保证职工的安全与健康，促进生产，我国制定了《中华人民共和国安全生产法》，并于2002年11月1日起正式实施。其中规定，对于“电气、起重、锅炉、压力容器、焊接等特种作业人员，必须进行专门的安全技术培训，经考试合格后持证上岗，并且两年复审一次”。这样经常对焊工进行安全技术教育和培训，从思想上重视安全生产，明确安全生产的重要性，增强责任感，了解安全生产的规章制度，熟悉并掌握安全生产的有效措施，对避免和杜绝事故的发生是具有重要意义的。

1.1.2 预防触电的安全知识

通过人体的电流大小，取决于线路中的电压和人体的电阻。人体的电阻除人的自身电阻外，还包括人身上所穿的衣服和鞋等电阻。干燥的衣服、鞋以及干燥的工作场地，能使人体的电阻增大。通过人体的电流大小不同，对人体的伤害程度也不同。当通过人体的电流强度超过0.05 A时，生命就有危险；通过0.1 A时，足以使人致命。人体的电阻由50 000 Ω 可以降至800 Ω ，根据欧姆定律，40 V的电压对人身有危险。而焊接工作场地所用的电压为380 V或220 V，焊机的空载电压一般都在60 V以上。因此，焊工在工作时必须注意防止触电：

(1) 弧焊设备的外壳必须接零或接地，而且接线要牢靠，以免由漏电而造成触电事故。

(2) 弧焊设备的初级接线、修理和检查要由电工进行，焊工不可私自随便拆修。次级接线由焊工进行连接。

(3) 推拉电源闸刀时, 应戴好干燥的皮手套, 面部不要对着闸刀, 以免推拉闸刀时, 可能发生电弧火花而灼伤面部。

(4) 焊钳应有可靠的绝缘。中断工作时, 焊钳要放在安全的地方, 防止焊钳与焊件之间产生短路而烧坏弧焊机。

(5) 焊工的工作服、手套、绝缘鞋应保持干燥。

(6) 在容器船仓内或其他狭小工作场所焊接时, 须两人轮换操作, 其中一人留守在外面监护, 当发生意外时, 可立即切断电源, 以便于急救。

(7) 在潮湿的地方工作时, 应用干燥的木板或橡胶片等绝缘物作垫板。

(8) 在光线暗的地方、容器内操作或夜间工作时, 使用的工作照明灯的电压应不大于 36 V。

(9) 更换焊条时, 不仅应带好手套, 而且应避免身体与焊件接触。

(10) 焊接电缆必须有完整的绝缘, 不可将电缆放在焊接电弧的附近或炽热的焊缝金属上, 以避免因高温而烧坏绝缘层; 同时, 也要避免碰撞磨损。焊接电缆如有破损应立即进行修理或调换。

(11) 遇到焊工触电时, 切不可赤手去拉触电者, 应先迅速将电源切断。如果切断电源后触电者呈现昏迷状态, 应立即施行人工呼吸, 直至送到医院为止。

(12) 焊工要熟悉和掌握有关电的基本知识和预防触电及触电后急救方法等知识, 严格遵守有关部门规定的措施, 防止触电事故发生。

1.2 防火、防爆、防毒、防辐射的安全知识

1.2.1 预防火灾和爆炸的安全知识

焊接时, 由于电弧及气体火焰的温度很高, 而且在焊接过程中会产生大量的金属火花飞溅物, 如稍有疏忽大意, 就会引起火灾甚至爆炸。因此焊工在工作时, 为了防止火灾及爆炸事故的发生, 必须采取下列安全措施:

(1) 焊接前要认真检查工作场地周围是否有易燃、易爆物品(如棉纱、油漆、汽油、煤油、木屑、乙炔发生器等)。如有易燃、易爆物, 应将这些物品搬离焊接工作点 5 m 以外。

(2) 在高空作业时更应注意防止金属火花飞溅而引起火灾。

(3) 严禁在有压力的容器和管道上进行焊接。

(4) 焊补储存易燃物的容器(如汽油箱等)时, 焊前必须将容器内的介质清除干净, 并用碱水清洗内壁, 再用压缩空气吹干, 将所有孔盖完全打开, 确认安全可靠后方可焊接。

(5) 在进入容器内工作时, 焊、割炬应随焊工同时进出, 严禁将焊、割炬放在容器内而焊工擅自离去, 以防混合气体燃烧和爆炸。

(6) 焊条及焊后的焊件不能随便乱扔, 要妥善管理, 更不能扔在易燃、易爆物品的附近, 以免发生火灾。

(7) 每天下班前应检查工作场地附近是否有引起火灾的隐患, 确认安全后才可离开。

1.2.2 预防有害气体和烟尘中毒的安全知识

焊接时，焊工周围的空气常被一些有害气体及粉尘所污染，如氧化锰、氧化锌、氟化氢、一氧化碳和金属蒸汽等。焊工长期呼吸这些烟尘和气体，对身体健康是不利的，因此应采取下列措施：

(1) 焊接场地应有良好的通风，焊接区的通风是排出烟尘和有毒气体的有效措施，通风的方式有以下几种：

① 全面机械通风。在焊接车间内安装数台轴流式风机向外排风，使车间内经常更新新鲜空气。

② 局部机械通风。在焊接工位安装小型通风机械，进行送风或排气。

③ 充分利用自然通风。正确调节车间的侧窗和天窗，进行送风或排气。

(2) 在容器内或双层底舱等狭小的地方焊接时应注意通风排气工作。通风应用压缩空气，严禁使用氧气。

(3) 合理组织劳动布局，避免多名焊工拥挤在一起操作。

(4) 尽量扩大埋弧自动焊的使用范围，以代替手弧焊。

1.2.3 预防弧光辐射的安全知识

电弧射线主要产生可见光、红外线、紫外线三种射线。过强的可见光耀眼眩目。紫外线对眼睛和皮肤有较大的刺激性，它能引起电光性眼炎。电光性眼炎的症状有眼睛疼痛、有沙粒感、多泪、畏光、怕风吹等，但一般不会有后遗症。皮肤受到紫外线照射时，先是痒、发红、触痛，然后变黑，脱皮。如果工作时注意防护，以上症状是不会发生的。因此焊工预防弧光辐射应采取下列措施：

(1) 焊工必须使用有电焊防护玻璃的面罩。

(2) 面罩应该轻便、成型合适、耐热、不导电、不漏光。

(3) 焊工工作时，应穿白色帆布工作服，防止弧光灼伤皮肤。

(4) 操作引弧时，焊工应该注意周围人员，以免强烈弧光伤害他人眼睛。

(5) 在厂房内和人多的区域进行焊接时，尽可能地使用屏风板，避免周围人员受弧光伤害。

(6) 重力焊或装配定位焊时，要特别注意弧光的伤害，因此要求焊工或装配工应戴防光眼镜。

1.3 焊接、气割现场的安全作业

焊工除了进行正常的结构产品的焊接工作外，往往要进行现场检修、抢修工作。由于检修、抢修的焊接工作不同于产品的焊接工作，它具有一定的特殊性、复杂性，如果忽视现场安全作业，则造成事故的破坏性和危害性会更大，因此在现场进行检修和抢修工作时，焊工必须遵循下列安全作业原则。

1.3.1 焊割作业前的准备工作

1. 弄清情况、保持联系

工程无论大小，焊工在检修前必须弄清楚设备的结构及设备内储存物品的性能，明确检修要求和安全注意事项。对于需要焊接切割的部位，除了在有关通知——动火证上说明外，还应向有关人员在现场交待清楚，防止弄错。特别在复杂的管道结构中或在边生产边检修的情况下，更应注意。在参加大检修之前，还要细心听取现场指挥人员的情况介绍，随时保持联系，了解现场变化情况和其他工作相互协作事项。

2. 观察环境、加强防范

明确任务后，要进一步观察环境，估计可能出现的不安全因素，加强防范。如果需焊接切割的设备处于禁火区内，则必须按禁火区的焊接或气割管理规定申请动火证。操作人员按动火证上规定的部位、时间动火，不允许超越规定的范围和时间，如发现问题，应立即停止操作，再研究处理。

1.3.2 焊接切割作业前的检查和安全措施

1. 检查污染物

凡被化学物质或油脂污染的设备都应清洗后再焊接或切割。如果是易燃、易爆或者有毒的污染物，更应彻底清洗，并经有关部门检查，在填写动火证后，才能焊接切割。

一般在焊接切割前采用一嗅、二看、三测爆的检查方法。

一嗅就是嗅气味。危险物品大部分有气味，这要从实际工作经验中加以总结。在嗅到有气味的物品时，应重新清洗。

二看就是查看清洁程度如何，特别是塑料，如四氟乙烯这类物质必须清除干净，因为塑料不但易燃，而且遇高温裂解会产生剧毒气体。

三测爆就是在容器内部抽取试样来测爆炸极限，大型容器的抽样应从上、中、下容易积聚的部位进行，确认没有危险后，方可进行焊接切割作业。

应该指出：“一嗅、二看、三测爆”虽然不是最完善的检查方法，但比起盲目操作，安全性更好些，因此是常用的检查方法。

2. 严防三种类型的爆炸

(1) 严禁设备在带压时焊接或切割，带压设备检修前一定要先解除压力(卸压)，并且焊接前必须打开所有孔盖。表示卸压的设备严禁操作，常压而密闭的设备也不许进行焊接与切割。

(2) 设备零件内部污染了爆炸物，外面不易检查到，虽然数量不多，但遇到焊割火焰而发生爆炸的威力却不小。因此，清洗无把握的设备时，不能随便操作。

(3) 混合气体或粉尘的爆炸，即操作时遇到了易燃气体(如乙炔、煤气等)和空气的混合物，或遇到可燃粉尘(如铝尘、锌尘)和空气的混合物，在一定的混合比例内也会发生爆炸。

上述三种类型爆炸的发生均在瞬间，且有很大的破坏力，因此必须谨慎。

3. 一般检修的安全措施

- (1) 拆迁。在有易燃、易爆物质的场所，尽量将焊件拆下来迁到安全地带进行检修。
- (2) 隔离。把需要检修的设备和其他易燃、易爆物质隔离开。
- (3) 置换。把化学性质不活泼气体(如氮气、二氧化碳)或水注入有可燃气体的设备和管道中，把里面的可燃气体置换出来，以达到驱除管道中可燃气体的目的。
- (4) 清洗。用热水、蒸汽、酸液、碱液或溶剂清洗设备中的污染物。
- (5) 移动危险物品。将可能引起火灾的物质移至安全处。
- (6) 敞开设备、卸压通风。开启全部孔阀门。
- (7) 加强通风。在有易燃、易爆气体或有毒气体的室内焊接，应加强室内通风，并戴好防毒面具。在焊接时可能产生有毒有害气体和烟尘，要采取局部抽风。
- (8) 准备灭火器材。按要求选取灭火器以作准备，并了解灭火器的使用方法及使用范围。

1.3.3 焊割时的安全作业

1. 进入设备内部焊接切割的安全措施

- (1) 进入设备内部前，先要弄清设备内部的情况。
- (2) 把该设备和外界联系的部位都要进行隔离和切断，如电源和附带在设备上的水管、塑料管、蒸汽管、压力管等均要切断并挂牌。有污染物的设备应按前述要求进行清洗后才能进行内部焊割。
- (3) 进入容器内部焊割要实行监护制。派专人进行监护。监护人不能随便离开现场，并应与容器内部的人员经常取得联系。
- (4) 设备内部要通风良好，不仅要驱除内部有害气体，而且要向内部送入新鲜空气。但是严禁使用氧气作为通风气源，防止燃烧或爆炸。
- (5) 氧乙炔焊割炬要随人进出，不得放在容器内。
- (6) 在内部作业时，做好绝缘防护工作，防止触电等事故。
- (7) 做好个体防护，减少烟尘等对人体的侵害，目前采用静电口罩。

2. 焊接修补燃料容器的安全措施

燃料容器内即使有极少量的残液，在焊割过程中也会蒸发成蒸汽，并与空气混合后能引起强烈爆炸。因此必须进行彻底清洗。清洗方法有以下几种：

- (1) 一般燃烧容器，可用 1 L 水加 100 g 苛性钠或磷酸钠水溶液仔细清洗，时间可视容器的大小而定，一般为 15~30 min，洗后再用强烈水蒸气吹刷一遍方可施焊。
 - (2) 当洗刷装有不溶于碱液的矿物油的容器时，可用 1 L 水加 2~3 g 水玻璃或肥皂仔细清洗。
 - (3) 汽油容器的清洗可采用水蒸气吹刷，吹刷时间视容器大小而定，一般为 2~4 h。
- 当清洗不易进行时，可采用下述方法：把容器装满水，以减少可能产生爆炸混合气体的空间，但必须使容器上部的口敞开，防止容器内部压力增高。

1.3.4 焊割作业后的安全检查

- (1) 仔细检查漏焊、假焊，并立即补焊。

(2) 对于加热的结构部分,必须待其冷却后,才能进料或进气。因为焊后炽热处遇到易燃物质也能引起燃烧或爆炸。

(3) 检查火种。对整个作业地带及邻近区域进行检查。凡是经过加热、烘烤,发生烟雾或蒸汽的低凹处,应彻底检查,以确保安全。

(4) 彻底清理场地。

为了防止意外事故的发生,现场作业时应做到“十不焊割”。

(1) 无上岗证不焊割。

(2) 雨天露天作业无可靠安全措施不焊割。

(3) 装过易燃、易爆及有害物品的容器,未彻底清洗不焊割。

(4) 密闭器具未采取措施不焊割。

(5) 设备未断电和容器未卸压不焊割。

(6) 作业区周围有易燃易爆物品,未清除干净不焊割。

(7) 焊体性质不清、火星飞向不明不焊割。

(8) 焊接设备安全附件不全或失效不焊割。

(9) 锅炉和容器等设备内无专人监护、无防护措施不焊割。

(10) 禁火区未采取措施和办理动火手续不焊割。

1.3.5 高空作业安全技术

高空作业安全要特别注意触电、火灾、高空坠落和物体打击等。

1. 防止高空坠落的安全措施

(1) 高空作业时,应使用标准的防火安全带、安全帽,并系紧戴牢,应穿胶底鞋。如使用安全绳,其长度不可超过 2 m。

(2) 使用的梯子、跳板和脚手架应安全可靠。脚手架应有扶手。工作时要站稳把牢。

(3) 登高作业时,应首先检查攀登物是否牢靠,然后再攀登。

(4) 登高作业时,不应使用高频引弧器,防止万一触电后,失足坠落摔伤。

(5) 雨天、雪天、雾天和五级以上的大风天,无可靠措施时,禁止高空作业。

(6) 患有高血压、心脏病、精神病、癫痫病及肺结核病等病症者及酒后者,均不得高空作业。

2. 防止物体打击的安全措施

(1) 高空作业时,电焊钳软线应紧固在固定的地点,不要缠绕在身上或搭在背上。

(2) 高空作业时,随手使用的工具应装在工具袋内,防止掉落伤人。

(3) 高空作业时,焊条应装在焊条筒里。更换后的焊条头不应随手往下扔,防止砸伤或烫伤下面的人。

(4) 禁止在高空抛掷材料、工具等。

3. 防止触电和火灾的安全措施

焊接过程中防止触电和火灾的安全措施已在前面有过叙述,高空作业时,还应注意以下事项:

(1) 高空作业区的下面应清除所有的易燃、易爆物品,防止火花及熔渣飘落引起火灾。

(2) 在高空作业接焊接线或裸导线时，应停电检查确认无触电可能后，才能工作。切断电源应在电闸上挂有写着“有人工作，严禁合闸”的醒示牌。

(3) 必要时须设监护人。电源开关设在监护人近旁，如遇危险时，立即拉闸，进行抢救。

复 习 题

1. 为什么说焊工的安全操作技术特别重要？
2. 焊工作业时如何防止触电？
3. 进入设备内部焊接和切割时应采取哪些安全措施？
4. 高空作业时应采取哪些安全措施？
5. 预防弧光辐射应采取哪些措施？

第二章 有色金属材料简介

2.1 概 述

通常把铁及其合金(钢铁)称为黑色金属,而把黑色金属以外的金属称为有色金属,也称非铁金属。有色金属中密度小于 $3.5\times10^3\text{ kg/m}^3$ 的(铝、镁、铍等)称为轻有色金属;密度大于 $3.5\times10^3\text{ kg/m}^3$ 的(铜、镍、铅等)称为重有色金属。有色金属的产量及用量不如黑色金属,但由于它具有许多特殊的性能,如导电性和导热性能好、密度及熔点较低、力学性能和工艺性能良好,因此有色金属是现代工业,特别是国防工业和高科技领域不可缺少的材料。

2.2 常用有色金属材料的介绍

2.2.1 铜与铜合金

1. 铜

纯铜呈紫红色,故又称为紫铜。纯铜的密度为 $8.96\times10^3\text{ kg/m}^3$,熔点为 1083 C° ,其导电性和导热性仅次于金和银,是最常用的导电、导热材料。纯铜的塑性非常好,易于冷、热压力加工,在大气及淡水中有良好的抗腐蚀性能。

铜中常含有 0.05%~0.30%的杂质(主要是铅、铋、氧、硫和磷等),它们对铜的力学性能和工艺性能都有很大的影响,尤其是铅和铋的危害最大。铜经轧制和退火后的力学性能为:抗拉强度 $\sigma_b=200\sim250\text{ MPa}$,伸长率 $\delta=45\%\sim50\%$,硬度为 $100\sim120\text{ HBS}$ 。由于铜的强度不高,因此一般用作结构零件。常用冷加工方法制造电线、电缆、铜管以及配制铜合金等。

铜加工产品按化学成分不同可分为纯铜材和无氧铜两类,表 2-1 为铜加工产品的牌号、化学成分和用途。

表 2-1 铜加工产品的牌号、化学成分和用途

组别	牌号	化学成分 / %				用 途
		Cu (不少于)	杂质		杂质总量	
			Bi	Pb		
纯铜	T1	99.95	0.001	0.003	0.05	导电、导热、耐腐蚀器具材料，如 电线、蒸发器、雷管、储藏器
	T2	99.90	0.001	0.005	0.1	
	T3	99.70	0.002	0.01	0.3	一般用铜材，如电器开关、管道、 铆钉
无氧铜	TU1	99.97	0.001	0.003	0.03	电真空器件、高导电性导线
	TU2	99.95	0.001	0.004	0.05	

2. 铜合金

工业上广泛采用的是铜合金。常用的铜合金可分为黄铜、青铜和白铜三类。

1) 黄铜

黄铜是以锌为主加元素的铜合金。按照化学成分的不同，黄铜又可分为普通黄铜和特殊黄铜。

(1) 普通黄铜。普通黄铜又分为单相黄铜和双相黄铜两类：当锌含量小于 39%时，锌全部溶于铜中形成 α 固溶体，即单相黄铜；当锌含量大于等于 39%时，除了锌全部溶于铜中形成 α 固溶体外，组织中还出现以化合物 CuZn 为基体的 β 固溶体，即 $\alpha + \beta$ 的双相黄铜。锌对黄铜的力学性能的影响如图 2-1 所示。锌含量在 32%以下时，随锌含量的增加，黄铜的抗拉强度和塑性(伸长率)不断提高，当锌含量达到 30%~32%时，黄铜的塑性最好。当锌含量超过 39%以后，由于出现了 β 相，强度继续升高，但塑性继续下降。当锌含量大于 45%以后，抗拉强度开始急剧下降，在生产中已无实用价值。

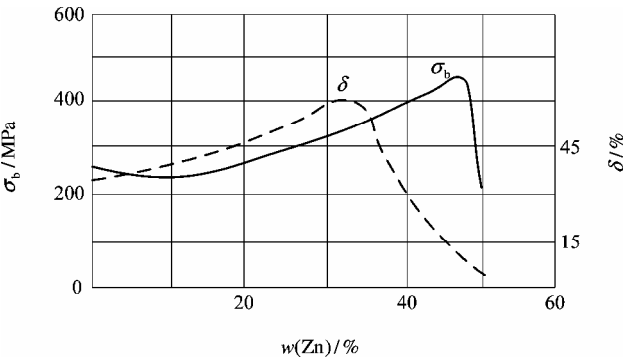


图 2-1 锌含量对黄铜力学性能的影响

单相黄铜塑性很好，适应于冷、热变形加工。双相黄铜抗拉强度高，热状态下塑性良好，故适应于热变形加工。

普通黄铜牌号用“H”+数字表示。其中，H表示普通黄铜的“黄”字汉语拼音字母的字头；数字表示平均含铜量的百分数。表 2-2 给出了常用黄铜的牌号、化学成分、力学性能和用途。

表 2-2 常用黄铜的牌号、化学成分、力学性能和用途

组别	牌 号	化学成分 / %		力学性能			用 途
		Cu	其他	σ_b /MPa	δ /%	HBS	
普通黄铜	H90	88.0~91.0	Zn: 余量	260/480	45/4	53/130	双金属片、供水和排水管、艺术品、证章
	H68	67.0~70.0	Zn: 余量	320/660	55/3	/150	复杂的冲压件、散热器外壳、波纹管、轴套、弹壳
	H62	60.5~63.5	Zn: 余量	330/600	49/3	56/140	销钉、铆钉、螺钉、螺母、垫圈、夹线板、弹簧

续表

组别	牌 号	化学成分 / %		力学性能			用 途
		Cu	其他	σ_b / MPa	δ / %	HBS	
特殊黄铜	HSn90-1	88.0~91.0	Sn: 0.25~0.75 Zn: 余量	280/520	45/5	/82	船舶零件、汽车和拖拉机的弹性套管
	HSi80-3	79.0~81.0	Si: 2.5~4.0 Zn: 余量	300/600	58/4	90/110	船舶零件、蒸汽(<265℃)条件下工作的零件
	HMn58-2	57.0~60.0	Mn: 1.0~2.0 Zn: 余量	400/700	40/10	85/175	弱电电路用的零件
	HPb59-1	57.0~60.0	Pb: 0.8~1.9 Zn: 余量	400/650	45/16	44/80	热冲压及切削加工零件，如销、螺钉、螺母、轴套
	HA159-3-2	57.0~60.0	Al: 2.5~3.5 Ni: 2.0~3.0 Zn: 余量	380/650	50/15	75/155	船舶、电动机等其他在常温下工作的高强度、耐腐蚀零件

注：力学性能数值中，分母数为 50%变形程度的硬化状态测定值，分子为 600℃下的退火测定值。

铸造黄铜的牌号由“ZCu”+主加元素的元素符号+主加元素的含量+其他加入元素的元素符号及含量组成。例如 ZCuZn40Mn2 等。

常用铸造黄铜的牌号、化学成分、力学性能和用途如表 2-3 所示。

表 2-3 常用铸造黄铜的牌号、化学成分、力学性能和用途

牌 号	化学成分 / %		力学性能			用 途
	Cu	其他	σ_b / MPa	δ / %	HBS	
ZCuZn38	60.0~63.0	Zn: 余量	295/295	30/30	60/70	法兰、阀座、手柄、螺母
ZCuZn25Al6-Fe3Mn3	60.0~66.0	Al: 4.5~7.0 Fe: 2.0~4.0 Mn: 1.5~4.5 Zn: 余量	600/600	18/18	160/170	耐磨板、滑块、蜗轮、螺母
ZCuZn40Mn2	57.0~60.0	Mn: 1.0~2.0 Zn: 余量	345/390	20/25	80/90	在淡水、海水、蒸汽中工作的零件，如阀体、阀杆、泵管接头
ZCuZn33Pb2	63.0~67.0	Pb: 1.0~3.0 Zn: 余量	180/	12/	50/	煤气和给水设备的壳体、仪器的构件

注：力学性能数值中，分子为砂型铸造试样测定值，分母为金属型铸造试样测定值。

(2) 特殊黄铜。在普通黄铜中加入其他合金元素所组成的合金，称为特殊黄铜。特殊黄铜常加入的合金元素有锡、硅、锰、铅和铝等，分别称为锡黄铜、硅黄铜、锰黄铜、铅黄铜和铝黄铜等。铅使黄铜的力学性能恶化，但却能改善其切削工艺性能。硅能提高黄铜的强度和硬度，与铅一起还能提高黄铜的耐磨性。锡提高了黄铜的强度和在海水中的抗腐蚀性，又称为海军黄铜。

特殊黄铜的牌号由“H”+主加元素的元素符号(锌除外)+铜含量的百分数+主加元素含量的百分数组成。例如 HPb59-1 表示铜含量为 59%，铅含量为 1%的铅黄铜。

常用特殊黄铜的牌号、化学成分、力学性能和用途如表 2-2 所示。