

机械加工中金属材料的腐蚀与防护方法探究

梁元军

南京电子技术研究所, 江苏 南京 210039

摘 要 : 为更好地提升机械加工中金属材料的应用质量, 要落实更加规范的防腐蚀控制方案, 建立健全稳定科学的管理模式, 从根本上避免腐蚀隐患问题留存造成的影响, 维系机械加工中金属材料的综合应用效能。本文简要分析了机械加工中金属材料腐蚀的机理, 并对金属材料的腐蚀防护展开了详细讨论。

关 键 词 : 机械加工; 金属材料; 腐蚀; 机理; 防护方法

Research on Corrosion Issues and Protection Methods of Metal Materials in Mechanical Processing

Liang Yuanjun

Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing, Jiangsu 210039

Abstract : In order to better improve the application quality of metal materials in mechanical processing, it is necessary to implement more standardized anti-corrosion control plans, establish a sound and stable scientific management mode, fundamentally avoid the impact of residual corrosion hazards, and maintain the comprehensive application efficiency of metal materials in mechanical processing. This article briefly analyzes the mechanism of metal materials corrosion in mechanical processing and provides a detailed discussion on the protection and prevention of corrosion issues.

Key words : mechanical processing; metal materials ; corrosion ; mechanism; protection methods

随着制造行业的发展进步, 金属材料的应用范围和应用量也在扩大。而材料的腐蚀与防护水平是国家文明和繁荣程度的反映, 腐蚀与防护安全不仅关系到设备的环境适应性, 更是设备安全性和可靠性的保障。为更好地发挥金属材料的应用价值, 应着重控制材料和设备的腐蚀, 开展合理的防腐作业, 延长材料和设备使用寿命, 为行业经济效益的优化提供保障。而机械加工是材料加工中的先行工序和重要内容, 如何确保加工中零件的抗腐蚀能力不会下降是材料应用中的重要课题。

一、机械加工中金属材料腐蚀机理

机械加工中金属材料的腐蚀, 从机理上分析, 分为化学腐蚀和电化学腐蚀, 如表1所示。

表1 金属腐蚀机理

种类	化学腐蚀	电化学腐蚀
原理	金属和其他物质直接接触发生氧化还原反应引发腐蚀	不纯金属或合金发生原电池反应, 使得较活泼金属失电子被氧化引起腐蚀
区别	直接发生氧化还原反应	发生原电池反应
	腐蚀过程无电流产生	有电流产生
	金属被腐蚀	较活泼金属被腐蚀

化学腐蚀和电化学腐蚀往往同时发生, 但是电化学腐蚀问题更加普遍, 且对应的腐蚀速率更快。从腐蚀形态上又可分为均匀腐蚀 / 全面腐蚀、电偶腐蚀 / 接触腐蚀、点腐蚀、晶间腐蚀、缝隙腐蚀生物和微生物腐蚀、应力腐蚀断裂和磨蚀等。碳钢和锌合金常发生均匀腐蚀、硬铝和黄铜常发生晶间腐蚀、不锈钢常发生点

腐蚀。在机械加工中, 加工环境和加工辅料也会对材料的腐蚀产生严重影响, 如相对湿度、温度、降尘, 细菌、真菌等微生物环境, 冷却剂、清洗剂、润滑油等加工辅料。

因此, 在明确具体腐蚀机理和腐蚀影响因素的基础上, 就能结合实际情况落实相应的控制方案, 从根本上避免安全隐患问题留存对后续作业产生的影响, 更好地提升机械加工综合控制的实效性^[1]。

二、机械加工中金属材料腐蚀的防护措施

为更好地提高机械加工中金属材料的应用效能, 要针对腐蚀问题落实更加可控的防护处理机制, 搭建完整的控制模式, 以保证综合作业的稳定性和安全性, 从加工方法、制造工艺、加工工艺路线、存储等环节维持防护效能, 减少材料腐蚀造成的经济损失。

(一) 切削加工腐蚀防护措施

对于机械加工作业而言, 若是环境的湿度较大, 则金属材料

发生腐蚀的概率也会增加，为更好地减少腐蚀问题，就要着重控制环境的具体情况，更好地隔离湿润空气，从而实现综合化管理效果。但是，在实际生活中难以完全隔离，为此，可以在切削加工作业中对保护机制进行升级，搭建更加稳定且合理的保护控制模式^[2]。基于此，将切削加工中常用的防护措施介绍如下。

首先，应制定合理的制造工艺和安排合理的工艺路线，确保零件的抗腐蚀能力不会下降并使涂镀层的破坏降至最低。如铸件先进行涂覆底漆进行封孔，再进行机械加工，可有效避免微孔内的机加工辅料残留，减轻腐蚀隐患并便于后续涂料涂覆。

其次，合理选用加工辅料。在切削加工中存在较为明显的扰动问题，使得保护层结构质量受损，此时，可合理添加冷却润滑液，配合缓蚀剂就能更好地维系整体作业的稳定性，在产生致密钝化膜的基础上，更好地调控金属的应用状态，保证金属材料防腐效果符合预期要求^[3]。保证切削液、冷却液、润滑剂、清洗液等对金属应无腐蚀性，选择含硫或氯切削油加工有色金属后应清洗干净并做防锈处理。钛合金零件在制造过程中不应与盐酸、三氯乙烯、三氯乙烷、四氯化碳、所有氯化物、含氯化物的切削液、卤代烃和甲醇等腐蚀性物质接触。

再次，应及时清洗和防锈处理。工序间应进行清洗，清洗后的所有零件表面应无任何腐蚀产物和其他外来物，并进行涂底漆或涂油防锈处理；材料在冲压加工过程中应用贴纸或聚乙烯薄膜保护或刷涂临时保护涂料以防划伤；零件在淬火、机械加工硬化后，应用有机涂料涂覆其表面，改善应力腐蚀开裂性能。

最后，应及时消除应力。金属（特别是含碳和氮的金属）变形冷加工产生的缺陷，容易造成局部腐蚀和增加腐蚀速率，应进行消除应力热处理。

（二）热处理腐蚀防护措施

首先，在保证产品和结构寿命的前提下，应提出合理的热处理方法及工艺规程，以保证材料在特定环境中具有最佳抗腐蚀能力。如超高强度钢推荐采用真空热处理或可控气氛热处理；钛合金推荐采用真空热处理；高强度铝合金应采用降低腐蚀敏感性的热处理制度；不锈钢零件在热处理过程中应避免在敏化温度范围内长时间停留或缓慢冷却，造成晶间腐蚀等。

其次，严控加热介质和清洗剂。如盐浴炉采用的加热介质不应使被加热件产生超过规定的腐蚀、脱碳及增碳等缺陷；零件热处理（盐浴、碱浴）后应严格进行中和处理，以除掉残余盐、碱并干燥，零件清洗剂应对材料无腐蚀性。

最后，严控热处理变形和开裂。为避免热处理变形或开裂对金属材料产生的影响，在实际作业中也要落实更加高效的控制方案。

第一，在金属热处理环节，采用的正火处理、退火处理等方式会对金属最终的变形量产生影响，为避免造成后续问题，需对正火处理温度予以严格控制，强化内部结构的均匀性。与此同时，冷处理工艺会对热处理变形、开裂问题等产生影响，此时，要结合实际应用状态完成冷却技术的控制，结合金属材料的尺寸参数评估具体作业内容，更好地保证金属原材料碳化物数量、合金元素含量等都能满足指标要求。

第二，要结合实际情况发挥淬火处理的优点，在最佳冷却工艺体系内，要基于金属材料内部应力展开相应的工作。具体情况如下：1）严控淬火速度和冷却介质的均匀性，结合淬火介质选取适当的控制范围，避免变形或开裂。2）热处理淬火介质的选择，一般是水油介质，参数如表2。

表2 金属材料热处理水油介质冷却速度

序号	温度区间	冷却速度
1	550℃ -650℃	600℃ /s
2	200℃	270℃ /s

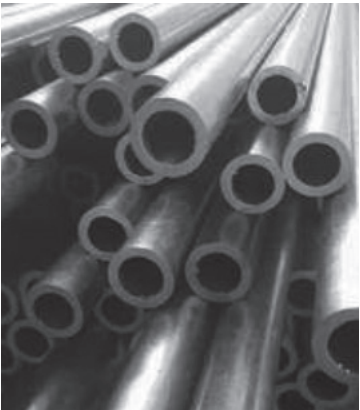
第三，要合理选择冷却的具体方式。目前，较为常见的冷却处理方式分为双淬火处理模式和分级淬火处理模式。前者选取冷却速度较好的液体作为介质，在加热后将金属材料冷却到300℃左右，配合冷却速度较慢的液体介质完成后续的冷却处理，一直到金属达到室温状态。比如，碳钢金属材料在实际处理环节中，水中完成冷却处理，温度控制在280℃左右，利用油冷处理方式，维持其稳定状态，有效提高冷却处理的实效性和可控性。后者则是在金属材料加热处理后放置在硝盐浴或者是碱浴中，温度高于马氏体转化反应的起始温度，有效维持保温效果，时间控制在5min，使得材料的内部和外部温度处于较为平衡的状态，最后冷却到室温环境。因为冷却水平有限，分级淬火处理模式一般是应用在刀具等尺寸较小或者是机械加工精度要求较高的项目中，能保证金属材料热处理效果的同时，更好地降低腐蚀问题造成的影响^[4]。

（三）优选新材料和表面处理技术

随着新型材料的应用推广，机械加工中金属材料抗腐蚀问题有了更多解决方法，配合新材料或者是新的涂层体系，就能提高其应用水平。

1. 新型耐高温金属材料

近几年，航天领域中应用耐高温材料较多，主要是镍基超合金（如图1所示），材料对抗高温的能力较好，高温极限为1100℃，为更好地发挥其实际应用效能，我国科学研究领域在不断优化研究进程，旨在突破应用极限，推动钎基硅化物合金的研究进程，将可承受高温增加到1600℃，在维持高温运转和低温损伤平衡的基础上，有效减少高温腐蚀问题造成的不良影响，实现可控化管理^[5]。

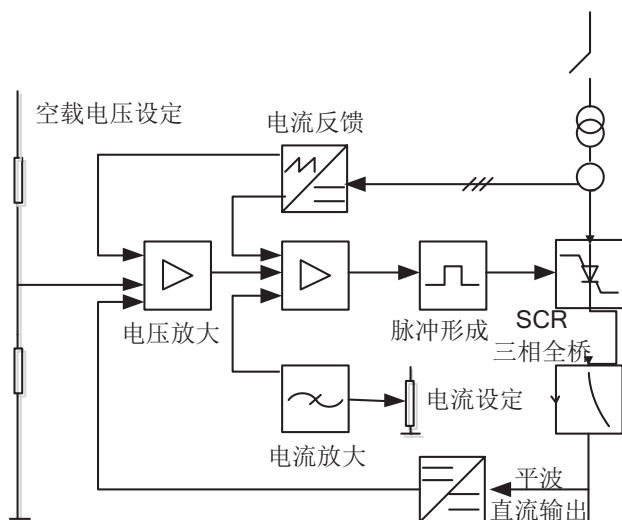


> 图1 镍基超合金材料实物图

2. 新型表面处理技术

除了从原材料的角度升级应用效能,更好地优化材料的防腐作用,还可以优化涂层体系,借助低成本表面处理的方式有效提升机械加工金属抗腐蚀水平,更好地维系综合应用效果。

比如,等离子喷涂技术(如图2所示)。是一种材料表面强化和表面改性处理的技术方案,能实现基体表面耐磨、耐腐蚀、耐高温氧化等性能,等离子喷涂技术借助直流电驱动等离子电弧作为热源,有效对金属材料加热,实现其处于熔融状态或者是半熔融状态,配合高速喷向经过预处理工件表面形成牢固的表层结构。相较于氧-乙炔火焰喷涂方式,等离子喷涂技术的温度更好,且对应产生的能量更为集中,能熔化高硬度、高熔点的材料,从而完成不同涂层处理工作,有效提升机械加工中金属材料抗腐蚀能力,打造更加合理的材料控制管理模式^[6]。



> 图2 等离子喷涂原理图

除此之外,化学气象沉积法(CVD)、溅射法(SP)、离子束辅助沉积(IBID)、脉冲激光沉积(PLD)、电子束物理气象沉积和原子层沉积(ALD)等都被广泛应用在表面处理中。这些制作方法形成薄而均匀的膜层,不同于常规涂料涂层,其对零件的加工精度影响较小,可满足高精度装配需求,有效提高零件的耐蚀性。

(四) 健全防腐体系

在机械加工金属材料防腐作业中,防护控制工作也要结合实际情况逐步落实,并健全对应的防治管理体系,从而更好地提高相关工作的实效性和稳定性,确保机械加工金属材料应用管理工作能顺利落实。

第一,要健全金属材料防腐管控体系。首先,制定前置工序和后续相关工序的防腐蚀技术措施和管理措施,如来料检验、贮存和运输,后续表面处理、装配、周转和防护包装等内容。其次,对机械加工作业中不同部位金属材料的抗腐蚀能力和性能参数进行详细的标注,以确保能结合实际情况更好地落实具体工作,并编制对应的防腐手册,要求机械加工企业在实际作业中严格依照手册的具体要求和规范落实相关内容^[7]。

第二,要明确材料加工后产品或设备的防腐蚀维护和维修方法。首先,规定使用过程、维护过程和维修过程的腐蚀维护保护方法;如腐蚀检查周期、检查方法、腐蚀检测、分析和鉴别、腐蚀产物清理等内容。其次,组成专业的技术团队,开展定期腐蚀检查工作,减少腐蚀问题或隐患留存造成的经济损失;与此同时,要对腐蚀检查结果进行数据采集和分析,指导后续的材料设计和加工。最后,要最大程度上减少承重应力对金属材料产生的腐蚀,配合特性分析和拉伸试验,测定材料力学性能,减少应力腐蚀及开裂^[8]。

结束语:

总而言之,在金属材料机械加工防腐工作中,要结合实际应用要求,建立健全稳定可控的防腐作业模式,在明确金属材料腐蚀机理和腐蚀成因的基础上,合理制定加工工艺和工艺路线,选用适宜的加工辅料,加工后及时清洗和防锈处理;同时优选新材料和表面处理技术,建立健全防腐技术体系和管理体系。必将推动金属材料机加工行业和机械设备行业防腐蚀技术的进步,持续提升机械加工行业质量管理水平,为行业可持续健康发展奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 徐瑶瑶. 新形势下机械制造加工中金属材料腐蚀与防护对策研究[J]. 中国金属通报, 2020(20):103-104.
- [2] 王浩光, 冯万里. 机械加工中金属材料的腐蚀及防护[J]. 中国高新区, 2019(17):100.
- [3] 刘铨铨. 机械加工中金属材料腐蚀与防护措施[J]. 低碳世界, 2020, 10(6):220, 222.
- [4] 汤志年. 机械加工中金属材料的腐蚀及防护[J]. 南方农机, 2019, 50(24):154.
- [5] 徐俊阳, 陈晨. 机械加工中金属材料腐蚀与防护措施[J]. 中国金属通报, 2020(13):76-77.
- [6] 张振强, 许晓静, 宋涛, 等. 热机械加工对2099铝锂合金挤压材组织与抗腐蚀性能的影响[J]. 稀有金属材料与工程, 2023, 42(12):2619-2624.
- [7] 任可柱. ZrB₂基金属陶瓷复合材料的制备工艺及其耐熔铝腐蚀性能的研究[D]. 湖南: 湘潭大学, 2021.
- [8] 赵烨菊. 金属材料焊接成型中常见问题及优化措施[J]. 应用化工, 2023, 52(10): 后插7.