



镁合金实验室的安全建设与管理

邹 勤^{1,2}, 蒋 斌^{1,2}, 王金星^{1,2}, 张丁非^{1,2}

(1. 重庆大学 材料科学与工程学院, 重庆 400044; 2. 重庆大学 国家镁合金材料工程技术研究中心, 重庆 400045)

摘要: 镁合金的研究成为近年越来越热门的课题, 其活泼的化学性质给实验室安全带来了隐患。文章分析了镁合金相关事故发生的本质原因, 结合国家镁合金材料工程技术研究中心的安全管理实践与经验, 从镁合金材料与制备加工研究各个环节的安全预防、实验室布局科学设计、安全管理制度的制定、实验室准入制度的完善等方面, 探讨了如何对镁合金实验室的安全进行科学的建设、有效的管理, 预防事故于未然。

关键词: 镁合金; 实验室安全; 安全建设

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: [10.12179/1672-4550.20200515](https://doi.org/10.12179/1672-4550.20200515)

Safety Construction and Management of Magnesium Alloy Laboratory

ZOU Qin^{1,2}, JIANG Bin^{1,2}, WANG Jinxing^{1,2}, ZHANG Dingfei^{1,2}

(1. College of Material Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2. National Engineering Research Center for Magnesium Alloys, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: The research of magnesium alloy has become increasingly popular in recent years. But the active chemical properties have brought hidden dangers to the laboratory safety. This paper analyzes the essential causes of accidents related to magnesium alloy and discusses the ways to scientifically construct and effectively manage the safety of magnesium alloy laboratories from the aspects of safety prevention, scientific design of laboratory layout, formulation of safety management system and improvement of laboratory access system in combination with the safety management experience of National Engineering Research Center for Magnesium Alloys, to prevent accidents in advance.

Key words: magnesium alloy; laboratory safety; safety construction

镁合金被誉为 21 世纪绿色环保金属, 具有相当高的比强度、比刚度、导热性、减震性等优异性能^[1], 在汽车、航空航天、国防军工和 3C 产品等领域得到越来越广泛的应用。我国是镁资源大国, 镁矿储量长期位居世界第一, 也是镁及镁合金生产与应用大国, 镁产量约占全球总产量 80%、长期处于世界第一。因此, 越来越多的注意力集中在镁及镁合金的研究和应用方面^[2-5]。

镁具有较为活泼的化学性质, 极易与其他物质产生化学反应。近年来由于镁及镁合金处理不当引发的火灾、爆炸安全事故时有发生, 如 2017 年 7 月德国镁创新中心镁轧制车间发生火

灾、2018 年 12 月北京某高校实验室镁粉爆炸、2019 年 3 月江苏昆山镁合金碎屑集装箱爆燃、2019 年 11 月广东中山镁合金粉爆燃等事故, 均造成了生命财产的重大损失^[6-7]。因此, 充分了解镁合金相关安全事故的发生原因、采取合理的保障措施、完善安全规章制度是保障实验室安全管理迫切需要的^[8]。

重庆大学国家镁合金材料工程技术研究中心(简称中心)长期开展镁合金研究, 是我国镁合金领域的国家级研究开发平台, 近 20 年来在镁合金安全管理方面具有丰富的实践经验。中心关于镁合金研究所涉及的各环节安全知识教育、实验室建设与管理值得借鉴。

收稿日期: 2020-10-29; 修回日期: 2020-12-01

基金项目: 国家自然科学基金(U1764253); 重庆市教育教学改革研究项目(182069); 重庆大学 2019 年实验教学改革项目(2019S16)。

作者简介: 邹勤(1989-), 女, 硕士, 实验师, 主要从事镁合金材料与工艺方面的实验教学与管理。

1 镁燃烧爆炸主要原因分析

分析镁合金相关燃烧爆炸事故发生的本质原因,对预防安全事故再次发生具有重要意义^[9]。

1.1 镁的氧化

镁在空气中易氧化,而表面形成的氧化膜多孔致密性差,不能有效地保护镁基体,导致镁在大气环境中不断被氧化^[10]。镁粉、镁屑或镁产品毛刺等比表面积较高的部分,则更易氧化。一旦被点燃,会释放出大量的热,使周围温度迅速升高,加快镁的挥发速度,导致火势迅速蔓延。

1.2 水分的影响

无论是处于固态或液态,镁均能与水反应生成氧化镁及氢气。在室温下,大块体的镁反应速度缓慢,随着温度升高,反应速度加快;当镁尺寸较小时,尤其是细小的镁粉、镁屑或毛刺,与水发生反应速度快,且生成的氧化镁会释放大量的热,更严重的是其反应产物氢气,是易燃易爆

气体。一旦被点燃,与氧气反应,生成水并释放大量的热,进一步加剧反应。而当空气中聚集的氢气浓度达到4.15%~75%时,遇火源便可能引起爆炸。

1.3 释氢致燃

“释氢致燃”,即镁粉、镁屑等在潮湿的环境下,与空气中的水分发生缓慢反应,产生的氢气聚集在镁粉的间隙,一旦遇明火,氢气发生剧烈燃烧,火焰迅速在镁粉中蔓延,使得燃烧速度非常快。同时其释放的热量使得周围温度迅速升高,从而达到镁的着火温度而加剧燃烧,最终可导致爆炸性燃烧^[11]。

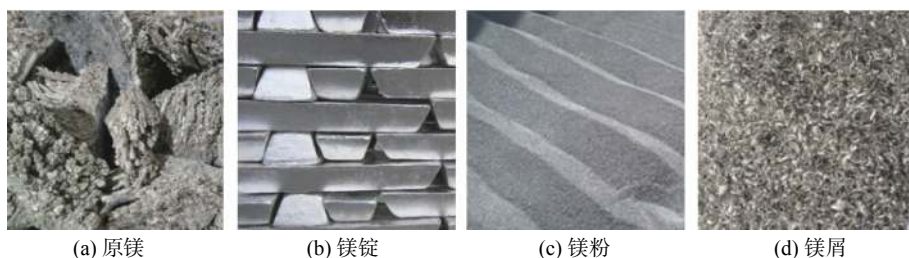
2 实验室安全预防

科学合理的预防措施能够大幅降低事故率^[12]。针对镁合金的特点,结合教学、科研过程中常见工艺场景(如图1所示),以及各环节中涉及的危险镁源(如图2所示),列举了一些具有针对性的建议,为相关实验室的建设提供参考。



(a) 熔炼 (b) 挤压 (c) 机加工

图1 重庆大学国家镁合金材料工程技术研究中心工艺场景



(a) 原镁 (b) 镁锭 (c) 镁粉 (d) 镁屑

图2 危险镁源

2.1 镁合金熔铸安全

当镁合金处于熔融状态时,其危险性更甚,因此在熔铸过程中必须格外注意,严防与水接触。在熔铸工作区域的地面不能含有潮湿物,一般采用高温烧结板或者特殊水泥。熔融态镁有可能倾倒出来的地方,采用铁质地面^[13]。

在熔炼操作时应避免空气中含有氧气、氮气、水分与液态镁接触,需采用溶剂或保护气体(通常溶剂采用氯化钠或氟化钠,保护气体采用六

氟化硫),并控制六氟化硫的体积份数在0.1%~0.01%之间。盛装液态镁合金的金属容器和坩埚需烘干、清理干净,确保没有水分、氧化皮和锈斑。

同时,实验人员应加强自身安全防护,必须配备以下安全装备:防护面罩,防高温的工作手套,防火工作服,护目镜,防高温的无铁制鞋垫的劳保鞋等,且严禁穿戴化纤类衣物等。

2.2 镁合金加工安全

一般情况下,镁粉颗粒起火的原因除明火

外, 还有高温表面和火花。当镁粉与温度高于其着火点的高温表面接触时, 很容易发生燃烧。在加工过程中通常会存在由电、摩擦、撞击、热切割或焊接产生的火花^[14]。因此, 在加工实验过程中, 应注意以下 3 点。

1) 切削过程中, 尽量采用大进给量进行加工, 减少细屑产生。严格控制切削速度, 且应始终充分供应切削液以及时降低切削温度。选择切削液时应避免使用可燃、强氧化性及含水量高的液体, 以减少热量积聚。

2) 磨削过程中, 配备专用吸尘系统, 将产生的细小镁屑从工作区域清除。随时保持实验环境的整洁, 定期对整个吸尘系统检查清理, 防止镁粉的聚集。

3) 镁合金加工过程中, 实验室需要布置良好的通风及抽风系统。抽风过程中形成的负压, 将使镁粉尘或镁屑按粒度大小呈梯度分布, 离抽风系统越近, 粉尘粒度越细, 危险性越大。因此, 通风抽风系统要尽可能布置在车间腰部, 不要布置在车间顶部。

2.3 废料的储存安全

可回收再利用的镁废料, 应根据类型分别存放: 若是危险性不高的块状材料, 可储存在干燥的编织袋或其他容器中; 若是干燥的废镁粉末、切屑等, 则应储藏在带有干净盖子的钢制或其他不会燃烧的容器中。禁止将湿镁粉末储存在密闭的容器中, 一定要在容器盖子上设置透气孔, 保证反应形成的氢气能够及时散发。

所有容器存放的场地, 应选择不受太阳直射且防潮、通风良好的区域, 并且和建筑物有足够的距离, 一旦发生自燃不会影响其他建筑。

3 加强实验室安全建设与管理

镁合金实验室较一般实验室的危险性高, 事故发生可能性较大、事故后果危害严重, 因此需进行科学的设计与建设, 并配套全面、详细、有针对性的安全管理制度。

3.1 实验室硬件建设

3.1.1 镁合金实验室安全设计

实验室需进行合理的功能分区, 可分为材料存放区、切割区、熔铸区、加工区、制样区、分析测试区等, 每个区域的功能划分清晰, 安全考虑及设施配套具有针对性, 从而减少安全隐患,

提高安全管理的效率。

许多事故的发生, 往往与实验室的通风有关。因此, 每个实验区域的通风系统至关重要。如针对材料存放区, 应时刻保持空气流通, 防止氢气的聚集, 并建立空气质量实时监测系统; 切割区及熔铸区容易产生镁合金粉尘, 需安装抽风系统, 并及时清理; 针对制样区, 通常会使用到化学试剂, 需安装通风橱。

实验室及楼道中, 均应设有醒目的安全出口指示牌及快速疏散图。每个实验室应有对应安全标牌, 信息应包括实验室名称、负责人员信息、危险物品、防护措施、紧急救援电话等。

3.1.2 实验室安全防护

镁合金实验室应配备专门 D 级灭火器, 其材料通常使用氯化钠基粉末或经过钝化处理的石墨基粉末或精细铜粉加氩气驱动, 主要用于扑灭锂、钙、镁、钛等活泼轻金属燃烧的火灾^[15]。任何情况下, 都禁止用水或一般的干粉、泡沫及二氧化碳等灭火器去扑灭由镁引起的失火。因为水、泡沫、二氧化碳等都会与燃烧的镁发生反应, 反而加强火势, 甚至引起爆炸。小面积着火亦可用干硅砂或不含铁锈的铸铁铁屑等覆盖剂, 隔绝氧气以减弱火势及降低燃烧温度。

实验室还应针对镁合金常见实验事故, 制订并完善事故应急预案, 并定期开展应急预案演练。不仅能让师生在安全事故发生时能够做到准确判断安全问题所在, 同时可以通过应急预案演练发现其中的不足之处, 然后采取有针对性的措施对应急预案进行完善。

3.2 健全安全管理制度, 明确安全责任

贯彻重庆大学“以人为本、安全第一、预防为主、综合治理”的方针, 坚持“谁使用、谁负责, 谁主管、谁负责”的原则, 落实校—院—实验室分级负责制, 明确和细化各级管理职责, 将实验室安全责任落实到人^[16]。学校负责统筹规划全校实验室技术安全工作、宏观管理制度建设; 学院负责组织和实施实验室技术安全建设、过程监管和实验室安全日常管理; 实验室安全责任人负责实验室的基础细节建设。

实验室安全责任人签订安全责任书, 责任书上明确指出个人需承担的安全责任内容等, 使得安全责任清晰明了。同时将其负责的实验室技术安全工作纳入年度考评指标, 并作为评聘、晋职

晋级、年度考核、评奖评优的重要指标之一,充分提高实验安全责任人的安全管理积极性,同时加深对实验室管理安全性的重视。

3.3 完善实验室准入制度

首先,严格落实实验人员准入制度。每一位新进实验室的教职工或学生,均须参加实验室安全教育培训和安全准入考核,考核合格方可进入实验室。

安全教育培训包括实验室入门培训和专业培训。入门培训内容根据实验室性质、仪器设备而定。主要包括实验室简介、实验室安全规范、个人防护措施、仪器设备安全知识、药品安全、废弃物的处理方法、应急处理等。完成了入门培训的人员,准许进入实验室,但只能使用常规的设备进行一般性的实验。

针对操作较为复杂的仪器,由对应实验室管理人员负责专业培训。尤其是具有一定危险性的仪器设备,使用者必须经过严格的操作培训,主要包括具体操作方法、安全隐患、突发情况的应对、急救处理和事故报告等,考核合格后才允许使用。

其次,建立实验项目准入制度。对于在实验室开展的教学、科研的实验项目,实验室负责人加强了审核力度,实验人员必须提供详尽的项目实施信息,包括试验材料、设备、参数等。实验室负责人需对实验项目进行安全风险评估,审核实验场所是否具备相应条件,以确定是否允许该项目进入实验室,从而确保排除安全隐患。

4 结束语

实验室安全是实验室正常运行的基本保障。针对镁合金实验室的特点,分析常见事故产生的原因,科学建设实验室,建立并完善实验室安全管理工作体系,对于保障教学科研工作正常运行具有重要意义。但是构建更加规范的实验室安全管理模式,有效遏制风险因素和事故隐患可能造成的安全事故发生,将是一项长期的、与时俱进的工作。

参考文献

- [1] 陈振华,严红革,陈吉华. 镁合金[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [2] 彭鹏,汤爱涛,余加,等. 超细晶镁合金的研究现状及展望[J]. 材料导报, 2019, 33(9): 1526-1534.
- [3] 蒋斌,刘文君,肖旅,等. 航空航天用镁合金的研究进展[J]. 上海航天, 2019, 36(2): 22-30.
- [4] 梅田真一,彭惠民. 镁合金的挤压加工技术与焊接技术[J]. 国外机车车辆工艺, 2020(2): 14-19.
- [5] 邢蕊,杨晓宇,李安阳. 医用Mg-Zn-Ca镁合金的腐蚀与力学性能研究[J]. 新技术新工艺, 2020(2): 6-9.
- [6] 蔡增辉,李勇军,王学民. 镁合金铸件低压铸造过程中的阻燃控制技术[J]. 铸造技术, 2016, 37(12): 2660-2662.
- [7] 高玉华,陈传祥. 镁合金熔炼、铸造过程的危险性分析[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(5): 75-78.
- [8] 阮俊,金海萍,冯建跃. 关于高校实验室安全隐患排查与整改的探讨[J]. 实验技术与管理, 2010, 27(9): 190-192.
- [9] 易有福. 镁合金压铸废料分料及收集、囤积、运输的安全管理研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2009.
- [10] 谢晓,隋颖,黄晓昱,等. 镁铝钎合金在空气中的氧化与燃烧[J]. 稀有金属材料与工程, 2019, 48(12): 3924-3929.
- [11] 张健,朱璞,毛聪,等. 碳材料掺杂对镁基氢化物释氢性能的影响及其微观机理[J]. 中国有色金属学报, 2015, 25(9): 2464-2470.
- [12] 李智辉,齐冠男,刘阳,等. 浅析化学类实验室功能分区设计与安全寿命[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(11): 274-276.
- [13] 王加祥,黄刚. 高校实验室安全与环境实时管理方案探讨[J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(11): 294-296.
- [14] 李远发,姜永正,洪艳. 镁行业的安全生产[J]. 铸造技术, 2007, 28(12): 1547-1549.
- [15] 黄培东. 镁合金冷加工切削工艺火灾预防及扑救对策[J]. 消防科学与技术, 2002(4): 48.
- [16] 严薇,唐金晶,廖琪,等. 构建可持续发展的高校实验室安全管理体系[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(9): 5-7.

编辑 张莉