

鎂合金零件 制造中的安全技术 与生产衛生

B. B. 克勒莫夫著

國防工業出版社

鎂合金零件 制造中的安全技术 与生产衛生

B. B. 克勒莫夫著
焦明山等譯



國防工業出版社

內容介紹

本書敘述了處理鎂合金時的安全技術、勞動衛生以及防火安全等方面的問題，並從安全技術與勞動保護的觀點闡明了鎂合金零件的生產設計和生產組織的基本原則。

本書用相當多的篇幅討論了合理的勞動組織、主要設備的配置、合理的車間通風裝置以及防護和保健措施的貫徹等問題，以期達到改善勞動條件、提高處理鎂合金時的安全性之目的。

本書可供安全技術部門的工作人員、工程技術人員和鎂合金鑄造及加工車間的工作人員使用，也可以作為車間工人和工作人員進行鎂合金安全技術學習時的參考材料。

蘇聯В.В.Крымов ‘Техника безопасности в производственной санитарии при работе с магниевыми сплавами’
(Сборонгиз 1955年)

國防工業出版社

北京市書刊出版業營業許可證出字第074號
機械工業出版社印刷廠印刷 華書店發行

*

850×1168 $1/32$ · 印張 $6\frac{2}{16}$ · 154千字

1959年3月第一版

1959年13月第一次印刷

印數：0,001—1,750冊 定價：(11) 1.20元

№ 2319 統一書號 15034·275

目 次

緒言	6
第一章 鎂及其合金的物理化学性質	9
1. 概述	9
2. 鎂与各种气体、水和其他物質的相互作用	10
3. 防止鎂及其合金燃燒的材料	17
第二章 防火安全的一般問題	20
1. 扑灭燃燒着的鎂或鎂合金的灭火剂和灭火方法	20
2. 灭火剂和灭火用具的保管及布置	22
3. 对工作人員进行鎂合金安全技术的訓練	24
4. 技术条令和标語	28
第三章 熔煉鎂合金的安全技术	29
1. 生产厂房	29
2. 熔煉方法	30
3. 碎屑的重熔	32
4. 熔爐	33
5. 熔煉坩堝	35
6. 熔煉工具	41
7. 熔煉鎂合金时安全技术及生产衛生的要求	44
第四章 制造与澆鑄鑄型和錠模时的安全技术	51
1. 制造砂型的材料	51
2. 泥心砂和型砂的配制	53
3. 泥心的制造和干燥	56
4. 鑄型的制造和合型	57
5. 砂型澆鑄	60
6. 硬模澆鑄	63
7. 压力澆鑄	65
8. 錠材的澆鑄	69
9. 出型	72
第五章 修整工作的劳动安全	76

1. 鋁合金各加工工序的順序.....	76
2. 鑄件的吹砂.....	77
3. 鑄件的清理和泥心骨的清除.....	79
4. 在帶鋸和圓盤鋸上切割.....	80
5. 鑄件用軟軸砂輪機加工及在磨床上的研磨.....	82
6. 切割、清理和研磨間的通風.....	85
7. 修整間和研磨間的防火安全規程.....	90
8. 工作服.....	92
第六章 焊接、熱處理、化學處理、浸漆和塗漆時 的勞動安全	93
1. 焊接.....	93
2. 熱處理	102
3. 化學處理	107
4. 制件的浸漆和塗漆	114
第七章 鋁合金機械加工的勞動安全.....	117
1. 生產廠房	117
2. 切削加工的特點	118
3. 防火措施	123
第八章 壓力加工的勞動安全.....	125
1. 鋁合金壓力加工的主要方法	126
2. 鋁合金壓力加工安全技術的一般措施	127
3. 擠壓、鍛造和模壓鋁合金制件時安全工作的主要條件	129
4. 軋制章間安全工作的主要條件	133
第九章 鋁合金原材料、廢料和制件的保管.....	136
第十章 從安全技術觀點談鋁合金生產車間的設計和組織.....	138
1. 生產廠房	138
2. 牆壁和地面	148
3. 通道和出口	149
4. 天然照明	150
5. 人工照明和電氣設備	151
6. 起重運輸裝置	159
7. 通風和采暖	161

第十一章 生产卫生和劳动卫生	168
1. 劳动保护的一般问题	168
2. 企业设计的卫生标准	168
3. 个人防护用具	169
4. 使用有害物质时的劳动保护	170
5. 急救	172
附录1 镁合金用灭火筒的制造、填装和重装灭火剂 以及其使用之技术条令	187
附录2 对触电者的急救(摘自电工设备安全技术规程)	189

緒 言

在苏联,劳动保护是共产党和苏联政府經常关怀的一项工作。苏联有許多專門的科学研究所在从事着健全和改善劳动条件等問題的研究工作。

安全技术在鎂合金制件的生产中有着重大的意义。这是由于鎂及其合金对氧具有很高的化学活潑性和很大的亲和力而使鎂合金的生产成为一种有燃燒危險和爆炸危險的生产的緣故。

鎂及其合金(含鎂量87~98%)的氧化速度,也就是發生火灾的危險程度随着加热溫度的升高及其微粒的細化程度,亦即鎂与氧的接触表面的增加而加大。

致密状态的标准鎂合金制件在标准溫度下并不燃燒,实际上也沒有火灾危險。这种制件甚至在短時間接触外露火焰时也不燃燒(因为鎂的导热性很高)。

在全部或局部开始熔化与出現最初的液体金屬微粒后,制件就能燃燒。但实际上 MJ14 和 MJ15 合金制件当其全部或局部加热到 400~430°C 以上时就有燃燒的危險。

碎粉状的鎂合金(切屑、鋸屑、粉末)在标准溫度下,特別是在高溫下会分解水而放出氫气,并且使溫度急剧升高。鎂和鎂合金的这些易燃与易爆性質要求采取特殊的防火措施。

因为熔融的鎂在空气中能够燃燒,并当遇到水时将分解水而引起爆炸。所以鎂制件的鑄造方法有着許多特点。因此,鎂合金要在能够将金屬与周圍空气隔絕开的熔剂層下进行熔化。

一般均采用含氯化物和氟化物的碱性及碱土金屬物質做熔剂。

在型砂和泥心砂中,加入含有氟及硫的化合物的專用保护添加剂。

这些盐类当与熔融的鎂合金接触时即行分解并放出有害气

7
体：氯、氟、氟化氢及氯化氢、硫的气体 and 硫化氢等。

当镁合金坯料进行机械加工时会产生相当多的切屑和锯屑以及磨料和金属的粉尘，特别是在磨削与抛光时这些产物尤多。

因此，进行设计和组织生产时，必须保证镁合金坯料在制取和加工工艺过程的各个阶段上的防火安全，并从安全技术与生产卫生的观点上来保证工作条件的安全。

比较容易发生火灾的工段应该设在防火的厂房内并用防火墙壁隔开，或者设在单独的建筑物内。所有容易起火的工段应该预先留出太平门。在那些有镁合金起火危险的厂房内应备有适当的灭火剂。

工作人员应该详尽地了解制件和半成品的生产工艺，并要经过镁合金作业安全技术考试。

设备安置得不合理、不熟悉或违反安全技术规程、工作时不穿适当的防护服与不使用个人防护用具、使用不恰当的材料和加工法、使用水及一般的灭火剂或不适用的其他灭火措施来灭火，都可能造成严重的后果。

本书供工人与车间技术人员进行安全作业法学习时使用，也可供镁及其合金加工车间及工段的设计人员使用。如果本书对他们的工作有所帮助，以及在生产镁制件时有助于防火安全的建立与劳动条件的健全，则作者即认为已经完成了自己的任务。

作者对技术科学博士 Н. И. 柯尔聶夫教授、技术科学副博士 М. Б. 阿立特曼、工程师 В. С. 阿斯塔烏洛夫、技术科学副博士 Я. Е. 阿法納西也夫、技术科学副博士 Р. С. 貝柯夫、技术科学副博士 И. Г. 柯瓦列夫、技术科学副博士 М. А. 柳斯特罗夫、工程师 А. П. 波良斯基、技术科学副博士 И. Г. 斯庫卡列夫、技术科学副博士 М. А. 季莫諾娃、工程师 Б. В. 施巴庚在审阅手稿时提出的宝贵意见致以诚挚的谢意。

作者也向本书的审阅者：К. С. 叶夫久霍夫和 К. Г. 柯夫維工程師所提出的必要修正及宝贵意见一并致以衷心的感谢。



第一章 鎂及其合金的物理化学性質

1 概 述

鎂是銀白色的金屬，屬於門德列耶夫元素周期表內的第2組，是一種化学性質很活潑的元素。

由于鎂本身的机械性質較低，所以很少使用純鎂。

鎂是很多鑄造或变形結構合金的基本金屬。

使用範圍較廣的鎂合金見表1。

表1、使用較廣的标准鎂合金

合金 牌號	化学成分%(主要元素)					用 途
	鋁	鋅	錳	鈾	鎂	
MJ15	7.5~9.3	0.2~0.8	0.15~0.5	—	其余	砂型鑄造、硬模鑄造和压力鑄造
MJ13	2.5~3.5	0.5~1.5	0.15~0.5	—	其余	砂型鑄造
MJ14	5~7	2~3	0.15~0.5	—	其余	砂型鑄造
MJ16	9~11	0~2	0.10~0.5	—	其余	砂型鑄造和硬模鑄造
MA2	3~4	0.2~0.8	0.15~0.5	—	其余	棒料、鍛件、模压件
MA3	5.5~7	0.5~1.5	0.15~0.5	—	其余	棒料、鍛件、模压件
MA5	7.8~9.2	0.2~0.8	0.15~0.5	—	其余	棒料、鍛件、模压件
MA8	—	—	1.5~2.5	0.15~0.35	其余	板材、棒材

鎂及其合金的物理和化学性質如表2所列。

表2 鎂及某些鎂合金的物理和化学性質

性 質	鎂	MJ15 (鑄造合金)	MA2 (变形合金)	MA8 (变形合金)
20°时的比重	1.74	1.81	1.72	1.77
沸点, °C	1107	—	—	—
熔化潜热, 卡/克	~70	~70	~70	~70
燃燒热, 卡/克原子	146100	—	—	—
25°C时的比热, 卡/克·度	~0.25	~0.25	~0.25	~0.25
20°C时的导热系数卡/公分·秒·度	0.38	0.185	0.3	0.35

2 鎂与各种气体、水和其他物質的相互作用

鎂合金在正常溫度和高溫下的氧化一般地說是金屬氧化的特殊情况。鎂与氧以及其他气体的相互作用主要是决定于表面上氧化膜的特性、氧化物（或其他化合物）生成热的数值和其他因素。氧化膜的保护作用取决于金屬和氧化物的相对致密度。如果氧化物的体积（指致密状态）小于形成氧化物的金屬的体积，則氧化膜是多孔的，因而也就不能防止金屬进一步氧化。可見，氧化物分子体积（ $V_{\text{Mпл}}$ ）与金屬原子体积（ $V_{\text{Амет}}$ ）之比假使大于1，則氧化膜是完整的，假使小于1，則氧化膜是多孔的。

在表3内列出了鎂的氧化膜的相对致密度，并与其他金屬进行了比較。

金屬或多元合金的氧化速度和組成的氧化膜的特性在頗大程度上决定于金屬对氧或其他气体的亲和力的大小。

表3 几种金屬氧化膜的相对致密度

金 屬	氧 化 物	氧化物分子体积与金屬原子体积之比 $\frac{V_{\text{Mпл}}}{V_{\text{Амет}}}$
不能形成連續氧化膜的金屬		
鈉 鈣 鎂	$\left(\frac{V_{\text{Mпл}}}{V_{\text{Амет}}} < 1\right)$	
	Na_2O	0.57
	CaO	0.74
	MgO	0.79
能形成連續氧化膜的金屬		
鋁 鉍 鐵	$\left(\frac{V_{\text{Mпл}}}{V_{\text{Амет}}} > 1\right)$	
	Al_2O_3	1.24
	BeO	1.71
	Fe_2O_3	2.16

表 4 内列举了镁和其他合金对氧的亲力的数据。

表 4 几种金属的氧化物的生成热

金 属	氧 化 物	金属与一个克原子的氧化合所放出的热量(仟卡)
镁	MgO	146.1
铍	BeO	138.0
铝	Al ₂ O ₃	131.1
铁	FeO	64.5

氧 在标准温度下致密的金属镁缓慢地与氧化合，其表面形成镁的氧化膜。这种氧化膜是不完整的。镁和氧及其他气体相互作用的速度增长与温度的升高成正比。在这种情况下氧化膜逐渐变厚，呈灰色，以后即变为黑色。

在圖 1 内列出了 MJ14 合金试样的重量的增加与其在空气中加热的保持时间和加热温度的关系（根据 И. М. 馬柯尔金的材料）。

在圖 2 中列出了镁铝系合金在氧气中高温氧化的特性。

固体状态的镁及其合金并不燃烧。燃烧是在出现熔融金属时开始并随着放出大量的热，这就促使金属进一步熔化和着火。

可见，燃烧一开始，燃烧反应就以愈来愈大的速度进行着。

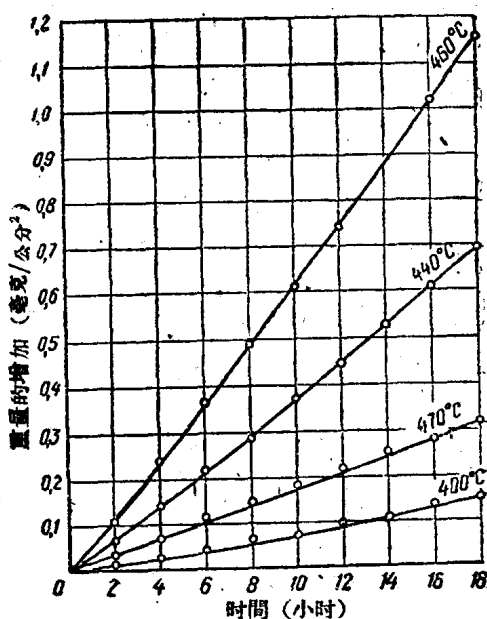


圖 1 在空气中加热的保持时间和加热温度对 MJ14 合金试样重量增长的影响（根据 И. М. 馬柯尔金的材料）

鎂及其合金燃燒時，白光耀眼，并有一縷縷的烟即氧化鎂逸出。

致密的鎂及其合金開始燃燒的溫度是不同的，它取決於合金成分的差異。純鎂在接近650°C時開始燃燒，而鎂合金開始燃燒的溫度就比較低。

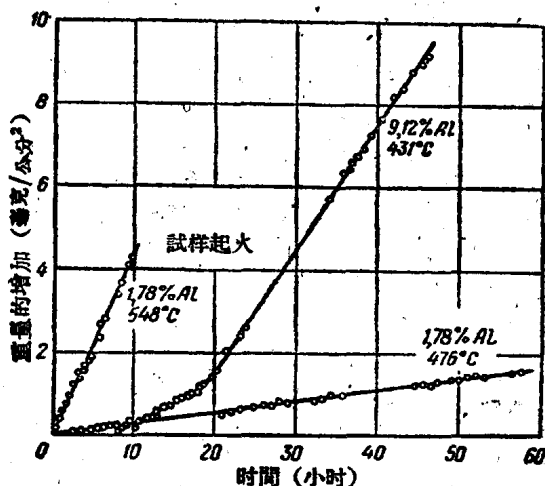


圖2 在氧氣中加熱的保持時間和加熱溫度對鎂鋁系合金試樣重量增長的影響

鎂合金可能的起火溫度如表5所列。

表5 鎂合金可能的起火溫度

鎂 合 金		可 能 的 起 火 溫 度
鑄 造 的	變 形 的	
MJ14	MA4	400°C和400°C以上
MJ16	—	415°C和415°C以上
MJ13, MJ15	MA3, MA5	430°C和430°C以上
—	MA2	500°C和500°C以上
MJ12	MA1, MA8	530°C和530°C以上

當制件加熱到接近起火溫度時，要採取特殊的處理措施（參閱第六章）。

鎂和氧相互作用的反應式：



⑥ Э. В. Брицке, А. Ф. Капустинский и др., Термические константы неорганических веществ, изд. Академии наук СССР, 1949.

生成熱採用此書中的數據，或是按此書中的數據計算求得。

当镁在空气中燃烧时，发出的高温等于 2850°C ，但根据某些资料记载，有的还要更高一些。

镁与气体以及液体相互作用的速度与镁微粒的总面积成正比。

微粒的总面积随其尺寸的减小而增加。微粒总表面积的大小与微粒的直线尺寸成反比，在表 6 内可以看到这种关系。

飞散在空气中的固体物质的胶体微粒称为气积土 (аэрозоль)。气积土微粒的分散程度是各不相同的。

尺寸为 $0.1 \sim 100$ 公忽 ($0.0001 \sim 0.1$ 公厘) 的微粒叫做粉尘。粉尘飞散在空气中并以很大的速度下降。至于大小为 $0.1 \sim 0.01$ 公忽的微粒如云、雾、烟等则属于更细微的气积土。

表 6 微粒的大小与其总面积间的关系

立方体的边长	组成 1 公分 ³ 所需立方体的数目	总面积(公分 ²)
1 公分	1	6
1 公厘	10^3	60
0.1 公厘	10^6	600
0.01 公厘	10^9	6000
0.001 公厘 (1 公忽)	10^{12}	60000

这种微粒下落的速度非常缓慢。实践指明，生产中（如用粘有磨料的粗毡轮或细毡轮磨光镁合金制件时）落下的镁合金粉尘，其大小主要是在 $50 \sim 200$ 公忽的范围内。下落速度相当缓慢的较细的（微粒大小只有 5 公忽）微粒在空气中实际上处于悬浮状态。

用带锯切割零件时，除了产生细小的微粒之外，还产生比较粗大的碎粗粒（锯屑），其平均尺寸为 $0.3 \sim 2.0$ 公厘。

这些微粒聚积在带锯的台面、工作台以及地面上。还有更粗大的碎粒，它是用车刀进行机械加工时产生的切屑。切屑的直线尺寸（长度）平均在 $2 \sim 30$ 公厘或更长一些。切屑厚度平均为 $0.05 \sim 0.5$ 公厘。

上述数据说明，与致密状态的镁相比较，镁及其合金的锯屑和粉末与氧以及与其他物质相互作用的速度将快数百倍甚至数千倍。所以说，最危险的是镁及其合金的粉尘。

由于合金成分不同，干切屑的起火温度平均在 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 的范围内。

按照全苏航空材料研究院的数据，纯净而干燥的镁粉尘在 $420\sim 440^{\circ}\text{C}$ 的范围内起火燃烧。

镁合金粉尘的起火温度系由合金成分与粉尘被尘土微粒 (SiO_2) 和油脂微粒的粘污程度来决定。用研磨材料磨光 MJ15 和 MJ16 合金制成的零件时，所产生的粉尘可能含有 25% 或更多的 SiO_2 。这种下降着的粉尘微粒的大小可达 $75\sim 150$ 公忽。

这类干燥的粉末的起火温度(按全苏航空材料研究院的数据)约为 480°C 。

至于弥散的镁合金干燥粉尘，可能在比较低的温度下 ($420\sim 440^{\circ}\text{C}$) 起火。

当干燥的镁粉尘起火燃烧时，并不产生任何气态的反应产物。起火的爆炸特性可用不参加反应的气体的热膨胀和由于气体瞬时膨胀引起的压力的增大来解释。镁及其合金的粉尘在起火时发生爆炸。爆炸时的气体压力达到 5 个计示大气压。

根据全苏航空材料研究院的材料，镁及 MJ15 合金粉尘的最低爆炸浓度为 $20\sim 25$ 毫克/公升。

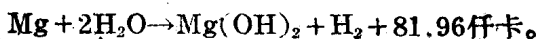
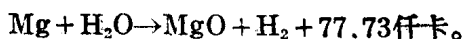
水 致密的镁及其合金在室温下与水的相互作用是非常缓慢的。

但是，当镁的微粒细化以及反应温度升高时，反应速度则显著地增加。

粉状镁能够强烈地与水相互作用并放出氢气和生成氧化镁。这时水的温度上升，可达 100°C 。

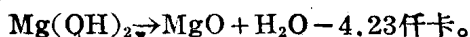
在封闭的容积内压力很快地增高，同时温度也升高到超过 100°C 。在数分钟内压力可能达到几百个大气压。

鎂和水的反应式如下：



后一种反应是在适度的温度下进行的。

在高温下氢氧化鎂就会分解



熔融的鎂（及其合金）在分解水时发生爆炸。

含 4~48% 水分的湿粉尘的起火比干粉尘要猛烈得多。

湿粉尘的爆炸力比干粉尘也要大得多。

湿的鎂粉尘一般在 420°C 时起火。在一定的条件下湿粉尘可能 360°C 时就开始燃烧（根据全苏航空材料研究院的数据）。

湿的鎂粉尘有可能自燃。潮湿的鎂粉尘如在容积很小且散热不良的封闭房间内进行干燥，则是很危险的。

熔融的鎂与水相互作用所发生的爆炸特性和湿粉尘起火所发生的爆炸特性是水瞬间分解以及由于相互反应生成大量的热而使空气和所产生的其他气体快速膨胀造成的。

逸出的氢与空气中的氧组成爆炸性的混合气体。这种混合气体的燃烧又加大了爆炸力。

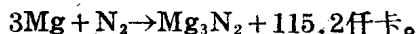
氢 氢微溶于鎂中。氢的溶解度随温度升高而增加。100 克金属在 650°C 时能溶入氢 26 公分³，当升高到 960°C 时，则增加到 40 公分³。从安全技术观点看来，对于鎂来说，氢是一种惰性气体。但是，同样不允许有氢气逸出，因为氢与空气中的氧能够组成爆炸性的混合气体。

空气中氢气爆炸浓度的范围为 4.15~75%。爆炸性气体是由于湿切屑和湿粉尘起火反应进行得非常剧烈而产生的。

当湿度超过 50% 时粉尘就不易起火，不过继续存放这样的粉尘也是危险的，因为有氢气逸出。

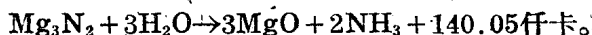
由此可见，不仅是潮湿的鎂粉尘，就连它周围的大气本身也要看做是带有爆炸性的。

氮 熔融的鎂及其合金能与氮發生反应而組成氮化鎂



在 670°C 时的反应速度是相当快的。当溫度繼續升高时，反应速度还要加快。

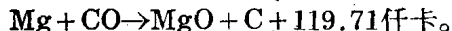
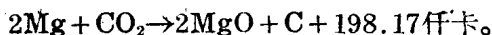
氮化鎂与水作用时产生分解并生成氨和氧化鎂，同时放出大量的热。



当超过 400°C 时，鎂粉塵在氮的气体中起火燃燒，因此，氮的气体不能認為是惰性的。

Mg_3N_2 的薄膜是多孔的。这种化合物 $\frac{V_{\text{Mg}_3\text{N}_2}}{V_{\text{Aмет}}}$ 的比值等于 0.79，即小于 1。

二氧化碳和一氧化碳 熔融的鎂能在二氧化碳和一氧化碳的气体中燃燒并将碳还原出来。

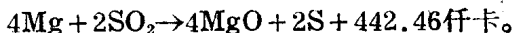
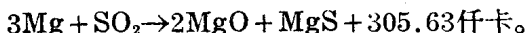


反应是在高溫下进行的。

根据全苏航空材料研究院的数据，当溫度为 420~440°C 时弥散的鎂粉塵在二氧化碳的气体中开始燃燒。

当鎂和二氧化碳相互作用时生成了氧化鎂的薄膜，其相对致密度为 0.79。

二氧化硫 二氧化硫在高溫下与鎂化合生成氧化鎂、硫化鎂或硫



反应是在高溫下进行的。

当鎂与二氧化硫相互作用时便产生一种由氧化鎂和硫化鎂組成的薄膜。它的相对致密度为 0.95。

在低溫下，二氧化硫与二氧化碳一样，都可以看作是鎂及其合金进行固态加热时的防火物質，在某种程度上也是液态加热时