

浅谈固体火箭发动机绝热层制作安全生产

贺东海 赵婉伊

宁波曙翔空天复合材料有限公司 浙江省宁波市 315000

DOI: 10.12238/ems.v5i4.6413

[摘要] 绝热层制作是固体火箭发动机推进剂装药前的一道重要工序, 绝热层在发动机工作过程中主要起隔热、烧蚀和耐冲刷的作用, 对于保证发动机结构的完整性具有重要意义。然而绝热层制作工序中涉及各种有毒溶剂、粉尘等危害, 因此现针对目前工序中存在的潜在危险, 提出可供实际生产中借鉴的应对措施, 可为绝热层制作工序的安全生产提供一些新思路。

[关键词] 固体火箭发动机; 安全生产; 粉尘; 有毒溶剂;

前言

绝热层是一种用于保温和隔热的材料, 通常用于建筑物和工业设备中。它的作用是降低能量流动, 以减少热量的损失或增加节能效果。绝热层制作需要选择合适的材料、精确地切割和安装、有效的密封和防护, 以及定期的检查和维护。这样才能保证绝热层的持久性和效果, 实现节能和环保的目标。而固体火箭发动机绝热层是为了减少发动机在高速燃烧过程中受到的热量影响, 从而保护发动机结构和电子设备而设计的。

其中, 绝热层制作是固体火箭发动机推进剂装药前的一道重要工序, 绝热层在发动机工作过程中主要起隔热、烧蚀和耐冲刷的作用, 对于保证发动机结构的完整性具有重要意义。目前, 固体火箭发动机的绝热层制作(尤其大型发动机)仍然以手工贴片为主, 生产过程中操作人员会长期接触到有毒溶剂、粉尘等职业危害, 对操作人员的人身健康危害极大。人若长时间吸入或接触有机溶剂会引起慢性中毒, 短时间暴露在高浓度有机溶剂的蒸气中, 也会发生急性中毒甚至致命的危险。

1. 安全生产的必要性分析

绝热层制作过程中涉及的主要有毒溶剂包括乙酸乙酯、三氯甲烷、丁酮、二甲苯等。粉尘作为主要的环境污染源之一, 对作业环境的污染尤为显著, 是生产现场最常见的职业有害因素之一。据统计, 我国目前登记地从事粉尘接触工作人员超过2000万, 此外, 还有大量未登记却从事粉尘接触的私有企业人员或国有企业的农民合同工、轮换工。我国累积尘肺病例60余万, 近年来, 尘肺病等重点职业病高发势头得

到初步遏制, 劳动者职业健康权益进一步得到保障。全国报告新发职业病病例数从2012年的27420例下降至2021年15407例, 降幅达43.8%; 其中, 报告新发职业性尘肺病病例数从2012年的24206例下降至2021年的11809例, 降幅达51.2%。然而, 其仍然极大威胁着从业人员的身心健康。尘肺是我国职业性疾病中影响面最广、危害最严重的一类疾病。绝热材料生产过程中接触到的主要粉尘——二氧化硅粉尘和石棉粉尘。此外, 我国固体火箭发动机绝热层制作工程中, 常见的受波及情况包括职业危害、化学危害、高温危害等。据国家安监总局发布的数据, 2019年我国固体火箭发动机制造行业发生了2起较大的职业健康事故, 其中1起与固体火箭发动机绝热层制作工程有关。

2. 职业危害分析

固体火箭发动机绝热层制作是一项高风险的工程, 工人在进行制作过程中可能会面临多种职业危害。

2.1 粉尘危害

在制作绝热层的过程中, 粉尘可能是一种常见的危险因素。粉尘是一种细小的颗粒状物质, 由于其轻便易飞散的特性, 可能会在制作绝热层的过程中产生。这种细小的物质可能会在制作绝热层的过程中被吸入呼吸系统, 引起呼吸系统健康问题。长期接触和吸入粉尘可能会导致呼吸道炎症、哮喘、肺气肿等疾病。由于在固体火箭发动机绝热层材料生产过程中, 补强材料大多为二氧化硅, 因此, 在绝热层材料混炼过程中二氧化硅粉尘会漂浮到空气中, 如果操作人员长期在悬浮二氧化硅粉尘的环境中作业, 那么大量粉尘可能会进入呼吸道, 可使呼吸道纤毛上皮细胞受到损伤, 破坏了呼吸

道的防御功能。

此外, 也可能使肺组织发生弥漫性、进行性纤维组织增生, 引起尘肺病, 导致呼吸功能严重受损, 最终使得劳动能力下降或丧失。硅肺是纤维化病变最严重、进展最快、危害最大的尘肺病。通过皮肤吸入会堵塞皮脂腺, 使皮肤干燥。同时, 粉尘具有较强的吸附性, 可以吸附空气中的有害物质, 将有害物质带入人体内加剧对人体的危害。除此之外, 在制作绝热层的过程中, 如果未采取适当的防护措施, 粉尘可能会附着在皮肤上, 引起皮肤过敏或炎症等问题。此外, 某些绝热材料中可能含有有害的化学物质, 接触皮肤后可能会导致皮肤刺激和损伤。综上所述, 为了避免粉尘危害, 制作绝热层的过程中需要采取适当的防护措施。

2.2 有毒溶剂危害

有毒溶剂危害是目前绝热层制作工艺条件下严重的职业危害因素之一。在绝热层制作的过程中, 有些情况下需要使用有毒溶剂, 如三氯甲烷、乙酸乙酯、丁酮和二甲苯等。这些有毒溶剂可能会对人员带来伤害, 口鼻吸入和皮肤接触都会给操作人员带来人身伤害, 尤其长期在有毒溶剂环境下进行作业, 危害更大。

(1) 三氯甲烷

三氯甲烷具有高度挥发性和稳定性, 易于吸入和吸收。长期接触三氯甲烷可能会对中枢神经系统造成损害, 导致头痛、头晕、昏迷等症状。在高浓度下暴露于三氯甲烷的环境中, 可能会出现昏迷、抽搐等严重症状, 甚至危及生命。除了对神经系统造成损害以外, 长期接触三氯甲烷还可能对肝脏造成损害, 导致肝细胞变性、坏死以及肾小管坏死等病变。

(2) 乙酸乙酯

乙酸乙酯是一种无色液体。其具有高度挥发性和刺激性, 易于吸入和吸收。长期接触乙酸乙酯会对人体造成损害。高浓度吸入可引起麻醉作用, 急性肺水肿, 肝、肾损害。长期接触可能会对中枢神经系统造成损害, 导致头痛、头晕、昏迷等症状。呼吸系统也会受其影响, 长期接触乙酸乙酯可能会导致咳嗽、喉咙疼痛、气喘等症状。同时, 乙酸乙酯可能导致长期接触者恶心、呕吐、腹泻以及皮肤的疼痛, 并可能引起皮肤湿疹、过敏等症状。

总之, 这些有机溶剂都可能会对人体造成不同程度的危害, 主要影响中枢神经系统、呼吸系统、消化系统和皮肤等。因此, 在使用这些有机溶剂时, 需要采取必要的安全措施。

如果不慎接触这些有机溶剂, 应及时清洗受影响的区域, 并寻求医疗帮助。

2.3 其他危害

固体火箭发动机绝热层制作过程中需要进行高温处理, 工人在操作过程中可能会遭受高温辐射、高温热流等职业危害。长期暴露于高温环境下, 可能会导致皮肤损伤、中暑等职业病。此外, 固体火箭发动机绝热层制作过程中使用的化学物质, 如腈纶、苯酚等, 可能会对工人的健康造成危害。工人在操作过程中可能会接触到这些化学物质, 导致皮肤刺激、眼睛灼伤、呼吸道疾病等职业病。噪音危害也是工人所要面对的一大危害, 固体火箭发动机绝热层制作过程中, 机器设备运转时会产生噪音, 长期暴露于高强度噪音环境下, 可能会导致听力受损、精神疾病等职业病。固体火箭发动机绝热层制作过程中, 需要使用各种机械设备和工具, 如切割机、钻孔机、推车等, 如果操作不当可能会导致机械伤害, 如手指被切割、手臂被夹伤等职业伤害。最后, 辐射危害固体火箭发动机绝热层制作过程中, 可能会产生辐射, 如电离辐射、紫外线辐射等, 如果操作不当, 可能会导致辐射疾病。因此, 在进行固体火箭发动机绝热层制作工程时, 必须采取有效的安全防护措施, 保障工人的生命安全和健康。同时, 加强职业卫生监测和管理, 及时发现和防范职业危害, 预防职业病的发生。

3. 安全措施介绍

首先, 由于操作人员在作业时要长期接触有毒溶剂和粉尘, 操作过程中必须佩戴齐全劳动保护具, 而且必须选择高质量和高舒适性的劳动保护具, 这样既可以保证高效的防护作用, 也可以提高操作人员佩戴劳动保护具的积极性, 进而对于提高生产的安全性有着积极促进作用。

3.1 发动机壳体清理安全措施

虽然三氯甲烷对油脂等有机物的溶解和清理能力非常强, 但是其毒性很大, 对于从业人员可能会造成损害。作业时, 相关人员应该佩戴直接式防毒面具(半面罩), 穿防毒物渗透工作服, 戴化学安全防护眼镜, 戴防化学品手套。紧急事态抢救或撤离时, 需佩戴空气呼吸器。为了更大程度地降低操作人员发生中毒的事故率, 可以通过建立全自动化的清理设备, 避免操作人员与三氯甲烷长时间的直接接触; 或采用低毒甚至无毒的溶剂作为清理剂, 如果单一的溶剂无法满足要求, 则可以考虑采用多种溶剂的复合溶剂进行清理。对于尺寸相对较小的发动机, 通过建立超声波清洗装置, 可进

一步提高溶剂的清理能力,也有可能使得无毒或低毒的溶剂满足发动机壳体清理的要求。此外,对于大量使用的乙酸乙酯,可以考虑选择不需要溶剂稀释且低毒甚至无毒环保的胶粘剂进行胶封,降低乙酸乙酯等有机溶剂的用量,从而进一步其减小对相关人员的伤害;与此同时,为了进一步降低伤害,需要配合全胶封自动化清理设备。

3.2 绝热层贴片安全措施

(1) 料片刷胶工序

因为胶粘剂中含有大量有毒的溶剂,在对绝热层料片刷胶过程中溶剂会挥发到空气中,并且工艺要求溶剂挥发到一定程度后才能进行粘贴,否则绝热层间容易产生夹气、鼓包。因此考虑到上述原因,刷胶可以选择在有抽风装置以及,可密闭的操作台上进行,以此尽可能地减少溶剂向空气中的挥发量,从而降低其对人体的危害。

(2) 壳体内贴片工序

在发动机壳体内刷胶、贴片是在一个相对封闭的空间进行,随着溶剂的挥发,短时间内溶剂会积聚到比较高的浓度,容易引起人员急性中毒或窒息的危险。在贴片过程中,可以在发动机的机口位置对接轴流风机,及时排出壳体中的溶剂蒸汽,降低溶剂浓度。

除了采取以上安全措施外,最根本的解决方式是通过提高工艺技术水平,采取先进的贴片工艺,比如选择低毒或无毒环保的胶粘剂、采用整体贴片方式以及建立全自动贴片系统。这样可减少操作人员与有毒溶剂的接触,大大降低有毒溶剂对操作人员的危害程度。

3.3 粉尘防护措施

二氧化硅粉尘和石棉粉尘是绝热层制作工序中最可能接触到的粉尘。在混炼过程中,二氧化硅粉尘极有可能扩散到空气中,从而极大地影响作业环境。然而,石棉是致癌物质,长期接触会对人体有致癌风险。因此,可以采取湿式作业方式,尽可能减少粉尘的飞扬,以及可以密封设备防止粉尘外逸。同时采用无致癌或无毒纤维替代石棉纤维,最后应该加强个人卫生防护。通过以上措施可以降低粉尘对操作人员的身体危害。

3.4 其他安全措施

在制作过程中必须高度重视安全生产,采取一系列有效的措施来保障工人的生命安全和健康。对于固体火箭发动机绝热层制作工程,必须建立完善的安全管理体系,包括安全管理制度、安全管理规范、安全管理流程等。要制定详细的

安全操作规程,严格执行各项安全管理制度和规定,确保安全生产工作有序开展。

除此之外,对于从事固体火箭发动机绝热层制作工作的工人,必须进行专业的安全教育和培训。教育内容应包括安全操作规程、安全预防措施、应急处理程序等,从而使工人掌握安全生产知识和技能,增强安全意识和安全素质等。

安全防护设施也是应当重视的方向,在固体火箭发动机绝热层制作现场,必须设置完备的安全防护设施,包括防爆、防火、防毒、防辐射等措施。要配备齐全的个人防护装备,如防护服、防护帽、防护手套等,确保工人的人身安全。此外,要进行安全检查和监督,对于固体火箭发动机绝热层制作工程,必须进行定期的安全检查和监督。要加强现场管理,严格按照安全生产规程操作,加强对危险源的监控和控制,及时发现和排除安全隐患,确保工人的生命安全和健康。最后,必须建立健全的应急预案和演练机制。要制定详细的应急预案,明确应急处理程序和应急救援措施,加强应急演练,提高应急处理能力,确保发生事故时能够及时有效地进行处理和救援。固体火箭发动机绝热层制作工程中的安全生产至关重要,必须高度重视和加强安全管理,加强安全教育培训,配备完备的安全防护设施,进行定期的安全检查和监督,建立健全的应急预案和演练机制,确保工人的生命安全和健康。

结语

考虑到固体火箭发动机绝热层制作工程中会面临的危害,未来应关注材料研发、智能化安全防护系统、安全生产标准与规范、人机协同合作、机器人技术方向,从而来提高固体火箭发动机绝热层制作工程的安全性和可靠性。

[参考文献]

- [1]两相环境下 EPDM 绝热层多因素耦合烧蚀预估[J]. 王乐; 冯喜平; 陈嘉辉; 卢景旭; 梁群; 侯晓., 2021 (05)
- [2]新型丁腈基内绝热层材料的研究. 李颖妮; 袁晓龙; 李哲瑜; 刘海东; 赵晓宾., 2014
- [3]固体火箭发动机内绝热层烧蚀试验研究综述. 徐本恩; 徐义华. 南昌航空大学学报 (自然科学版), 2013
- [4]固体火箭发动机绝热层制作工程中的危险源分析及应急预案编制”, 孙丽萍, 2021
- [5]固体火箭发动机绝热层制作工程中职业安全卫生管理措施的探讨”, 梁晓芳, 2019
- [6]固体火箭发动机绝热层制作工程安全生产管理与控制研究”, 王海燕, 2021