

关注焊工的职业健康

3M 中国有限公司 (北京 100176) 欧泽兵

【摘要】 基于紫外线、红外线及强可见光和焊接烟尘的特点, 讨论其对作业者的伤害, 提出防护的重要性和参考意见。保护焊工的职业健康, 是一项长期的任务, 需要配合职业危害认知的培训、管理手段、防护用品及正确使用来实现。

焊接作为重要的组装工艺之一, 对产品质量具有决定性的作用。在工业发达国家, 焊接用钢量基本达到其钢材总量的 60% ~ 70%; 近年来, 我国焊接材料行业保持较快发展, 1996 ~ 2007 年产量复合增长率达到 17.1%, 2007 年产量为 375 万 t, 成为焊接材料产量最大的国家。金属焊接过程中, 焊接作业人员经常接触易燃易爆气体、各种物料及电气设备, 甚至在苛刻环境从事焊接作业, 如狭小空间、高空或水下等。焊接过程中存在着各种危险因素, 如火灾、爆炸、触电、灼烫、急性中毒、高空坠落和物体打击等; 此外, 电弧焊接产生的紫外线、强光和红外线辐射, 焊接所产生的烟尘及有害气体也是造成作业者职业伤害的重要因素。因此, 防护来自焊接烟尘、有害气体和弧光辐射的伤害, 应当是企业安全人员关注的一个重点。

1. 焊接辐射的职业危害

电弧焊辐射的危害已被焊接作业者所广泛认识, 然而每年仍有大量关于电光性眼炎病例的报道, 涉及到与焊接相关职业危害的防护经常被忽视。自焊接面罩出现 100 多年来, 电弧造成的眼伤害依然是焊工所遭受的最大的危害因素; 仅仅在美国, 包括医疗、赔偿和误工等在内, 平均每年因眼伤害所需的支出超过 3 亿美元。造成电光性眼炎的原因包括没有使用焊接面罩、使用不合格的焊接面罩, 以及使用方法不正确等。

电焊弧光的光谱中, 包含了红外线、可见光线、紫外线三个部分。焊接电弧产生可见光的强度甚至

超过人眼能正常承受的可见光强度一万倍以上, 将对视网膜产生灼伤, 引发视网膜炎。患者眼睛疼痛、视觉模糊、视网膜有中心暗点, 需要一段时间后才能恢复。焊接弧光中的蓝光部分 (400 ~ 500nm) 需要引起重视, 特别是极具穿透性的波长 (440nm) 的蓝光。如果长期反复受到高强度可见光的伤害, 焊接作业者视力将逐渐减退。

电弧焊接及气焊中红外线包含 780nm ~ 1mm 的波, 其中 780 ~ 1400nm 的红外线辐射对人眼的危害尤其严重, 红外线辐射对眼睛的损伤是一个慢性过程。晶体长期吸收红外线辐射, 其光线透过性能变差, 因弹性下降造成调节困难, 使视力减退。甚至使晶体状混浊, 产生焊工白内障。

焊接电弧产生包括 UVA、UVB、UVC 等全谱线范围的紫外线, 紫外线辐射的强度与焊接工艺、材料等相关; 焊工受到紫外线照射后可能引发“电光性眼炎”, 这是一种急性病症; 患者两眼刺痛、眼睑红肿痉挛、流泪和畏光等, 症状可持续 1 ~ 2 天, 经休息和治疗将逐渐好转。正是由于急性症状可缓解, 造成部分焊工忽视了紫外线对眼睛长期的、潜在的影响。除引发电光性眼炎等急性症状外, 长期受焊接紫外线照射会引起晶体浑浊, 引发白内障。尽管紫外线的辐射强度随距离有较大的衰减, 对于在距离焊接工位一定范围的焊接辅助人员, 仍然可能受到紫外线辐射的影响。

国内的调查发现, 从事焊接作业人员的视力低下率明显高于非焊接作业人员, 电焊作业工人晶体

混浊检出率显著高于非电焊作业人群。焊接作业者晶状体混浊检出率随工龄延长呈明显渐进性增高趋势,工龄20年以上多数开始出现晶状体混浊,26年左右出现白内障。

焊接弧光除对作业者的眼睛造成伤害外,紫外线辐射还可引起皮炎,同时会增加焊工皮肤癌症的风险,国外的研究也证实了这种可能性。高强度的红外辐射会引起皮肤老化,甚至灼伤皮肤。

2. 焊接烟尘的特点及对健康的影响

电焊烟尘是在电弧的高温作用下,液态金属和熔渣因过热而蒸发气化,高温蒸气在脱离电弧高温区,即被迅速氧化并冷凝成细小的固态分散性粒子或细小的固态凝集性粒子,悬浮在空气中成为电焊烟尘。焊接烟尘的一次粒子粒径在 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 之间,在扩散过程逐步凝集成粒径 $1 \mu\text{m}$ 左右的二次粒子。焊接烟尘的成分复杂,主要来源于焊接填充材料、母材及药芯或药皮等。

焊接烟尘的特点决定了焊接烟尘可以被作业者吸入,金属烟尘会刺激作业者的眼睛及呼吸系统,引发一些生理性的刺激反应。焊接烟尘(特别是锌、锰、铜等成分金属的烟尘)会引发焊工“金属烟热”,症状通常会在暴露于焊接烟尘4~12h后开始出现,表现为寒战、肌肉疼痛、发烧、恶心和全身乏力急性症状等。急性症状通常情况下可自行好转。焊接烟尘引起的急性反应会自行消除的事实,造成了部分焊工和管理人员忽视了对焊接烟尘的防护。

暴露于焊接烟尘除引起焊接作业者急性反应外,还会对焊工的健康造成慢性的、潜在的影响。长期在焊接烟尘环境下作业的焊接操作人员患有慢性支气管炎等呼吸道疾病的比例明显高于其他人员,还会增加焊工尘肺的风险,焊工尘肺是肺组织纤维化的一种不可逆的病变。部分可吸入物质还会沉积在人体的骨骼和血液中,可能引发癌症,尤其是近年来大量使用含有Cr、Mn、Ni等成分的焊接材料。

据某造船厂的统计,焊工尘肺最短发病工龄为7年,平均发病工龄在20~30年,平均11.4年;以后随着劳动保护工作的加强,以及焊接材料和工艺的改进,最短发病工龄延长到13年,最长达34年,平均23.88年。由于南北气候的差异,北方天气寒冷时车间关闭门窗时间长,所以造成焊接烟尘对焊工健康的影响呈现北高南低的倾向。

3. 焊接产生的有害气体

由于弧柱高温、保护气及焊接材料的影响,电弧焊接会产生氮氧化物、臭氧、一氧化碳和氟化物等有害气体。焊接区内的臭氧是经高温光化学反应而产生的。电弧辐射出的短波紫外线使空气中的氧分子分解成氧原子,这些氧原子或氧分子在高温下获得一定的能量后,从而生成臭氧。臭氧吸入人体内,主要是刺激呼吸系统和神经系统,引起胸闷、咳嗽、头晕、全身无力和食欲下降等症状,严重时可能发生肺水肿与支气管炎等。

在电弧的高温下,空气中的氮分子可被直接氧化成氮氧化物。氮氧化物的种类很多,主要有NO和NO₂。NO₂是一种较强的肺毒性作用物,暴露于 $(1.6 \sim 2) \times 10^{-6}$ 的NO₂中15min,可引起气道阻力的明显升高;暴露于 0.11×10^{-6} 的NO₂中1h,哮喘病人的气道对支气管收缩剂的刺激反应显著增强。长期慢性作用可引起神经衰弱症状群及慢性呼吸道炎症。

一氧化碳主要来自二氧化碳保护气的分解,一氧化碳与人体血液中的血红蛋白具有很好的结合力,使血红蛋白失去正常的携氧功能,造成人体组织缺氧而引起中毒。

含氟的焊接材料参与焊接时,可产生微量的氟化氢气体,氟化氢有很强的刺激作用,能迅速由呼吸道侵入进而对全身产生中毒作用。采用碳弧气刨切开存在问题的焊缝时,由于碳弧气刨所用碳棒多使用沥青作粘结剂,且表面镀铜,因此碳弧气刨作业时产生的有害气体中含有毒性较大的有致癌作用的苯并芘和铜的化合物颗粒。

除上述焊接过程产生的有害气体外,气体保护焊作业时,大量逸出的二氧化碳、氩、氦等不可以呼吸的保护气会弥漫在作业者周围,影响作业者的呼吸环境。有限空间的焊接作业,污染物浓度迅速上升及缺氧的风险应予以特别关注。

4. 焊接职业危害的防护

对电焊弧光危害的防护,GB/T 3609.1—2008《职业眼面部防护—焊接防护—第1部分:焊接防护具》和GB/T 3609.2—2009《职业眼面部防护—焊接防护—第2部分:自动变光焊接滤光镜》两个标准对焊接面罩提出了基本要求;对保护片、普通焊接滤光片和自动变光滤光片的紫外线透射比、可见光

透射比、红外线透射比、遮光号分级、屈光度、棱镜度等光学性能,及焊接面罩的抗冲击性能、抗腐蚀性能、耐热穿透性能、阻燃性能及绝缘性能等都有明确规定。

从结构上看,焊接面罩分为手持式、头戴式和组合式(可连接安全帽),按工作原理的不同分为普通黑玻璃焊接面罩和自动变光焊接面罩。头戴式焊接面罩允许作业者双手操作,有利于提高焊接作业的综合质量。由于裸眼引弧、多人同时作业及电焊弧光辐射的反射及散射的影响,在使用头戴式传统黑玻璃焊接面罩时,焊工仍可能受到弧光的伤害。

自动变光焊接面罩的焊接滤光片在感应到焊接弧光时,从便于作业者观察焊接工位的亮态遮光号在极短的时间内切换到暗态遮光号,断弧后自动从暗态遮光号返回到亮态遮光号。焊接作业者无需频繁掀起或放下焊接面罩。自动变光焊接面罩避免了传统黑玻璃焊接面罩的缺点。自动变光焊接面罩对焊工的职业保护、焊接作业质量和效率的提升具有非常积极的意义。

焊接烟尘二次聚集物的平均粒径小于 $1\mu\text{m}$,是一种呼吸性颗粒物;GB Z2.1—2007《工作场所有害因素职业接触限值第1部分:化学有害因素》规定焊接烟尘的职业暴露限值为 $4\text{mg}/\text{m}^3$ (PC-TWA),由于焊接烟尘的成分复杂并且为可疑致癌物,故应使用符合 GB 2626—2006 标准至少的 KN95 过滤效率的呼吸防护用品。即使作业现场的烟尘浓度低于上述限值,基于焊接烟尘的扩散特性,仍然建议佩戴至少 KN95 过滤效率的呼吸防护用品。

在非 IDLH 条件下,焊接产生的超过职业接触限值的氮氧化物、氟化物及臭氧等有害气体,可用面罩配滤毒盒,或使用电动送风式焊接面罩,或使用长管送气式焊接面罩的方法来加以防护;而对于一氧化碳、氩和氦不能通过过滤形式加以净化,可考虑使用长管送气式焊接面罩来保护作业者的安全。

有限空间的焊接作业需要考虑环境氧浓度,污染物聚集情况等综合判定,长管送气式焊接面罩更有利于这类环境的作业保护。

5. 结语

焊接作业会面临弧光辐射、焊接烟尘及有害气体等危害因素,不仅引发作业者急性反应,长期暴露于这些危害因素中,还会造成长期的、慢性的影

响。虽然不少大规模的企业为应对电焊烟尘对作业者健康的危害,采取了焊接工位的抽烟排尘、车间接整体通风除尘和狭窄工作区间的通风换气等,但仍不能彻底消除焊接烟尘及有害气体对焊工的影响。合适的焊接面罩、呼吸防护用品是焊接作业者必需的个体防护装备,与此同时建立企业职业健康管理制度,并强化对焊接作业者的培训,最大化地降低焊接职业危害的风险。MW (20120206)



《金属加工 (冷加工)》 2012 年第 10 期要目

多轴数控机床高精核心部件加工
双线丝杠的数控车削
腔内异型槽加工工艺
锥形薄壁环内孔多槽的加工方法
螺线管线圈加工工艺
刨床加工大圆弧工件
数铣加工同轴度工艺改进
小模数卧式滚齿机片齿轮齿坯厚度报警装置
加工汽车前轴板簧孔工序的夹具
车螺纹工件专用夹具
双头数控车床的设计与应用
圆盘式刀库控制逻辑分析
多功能机械夹固内孔组合车刀
定装滚刀滚切棘轮齿形
尾座三头钻
齿轮消除传动及其定位在刀库中的应用
环境友好型植物油基切削液的发展前景
PARKING AXIS 在 802DSL 系统中的应用
椭圆面上螺纹车削宏程序编制
U 形罩冲孔翻孔复合模具设计难点
联轴器膜片加工模具的设计制作
限位轴套级进模设计
蜗杆轴向间隙检具的设计
内外锥面尺寸检具设计
SolidWorks 分割线特征在有限元分析中的应用
基于 AutoCAD 的数控平面钻床自动编程
简易深孔钻床改造
SIEMENS 802D SL 数控系统在 XK714 铣床改造中的应用