

大连理工大学提出一种电弧增材制造工艺来生产多孔金属 (PM)

【技术领域】 成型工艺

【关键词】 多孔金属 焊接接头 焊后处理 力学性能

【信息来源】

<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2023.112213>

【研究机构】 大连理工大学材料科学与工程学院

【技术摘要】

在粉末冶金中，规则的气孔是有益的结构，但在焊接和增材制造中，气孔是关键有害缺陷。大连理工大学提出了一种制备多孔金属材料的电弧增材制造新工艺，将有害的焊接孔缺陷转化为有益的粉末冶金结构，从而实现粉末冶金零件的逐层增材制造。

【技术解析】

多孔金属 (PM) 是一种由金属基体和孔隙组成的功能材料，用于承重和结构应用。传统方法（如熔融发泡技术、增材制造技术）制造多孔金属的难度随着其复杂性和尺寸的增加而增加，不能为大型 PM 零件提供高效和经济的解决方案。

大连理工大学（材料科学与工程学院刘黎明教授、张兆栋副教授团队）与合众新能源合作，将空气作为气孔促进剂输送到熔池中，最大限度地形成焊接气孔缺陷，再通过三丝间接电弧焊工艺增材制造多层零件，减少层间填充。工艺分为两个阶段，如图 1 所示：(1) 通过调整工艺，使弧焊焊缝完全转化为焊接孔缺陷，获得单一的 PM 层；(2) 多孔结构部分可以逐层增材制造。

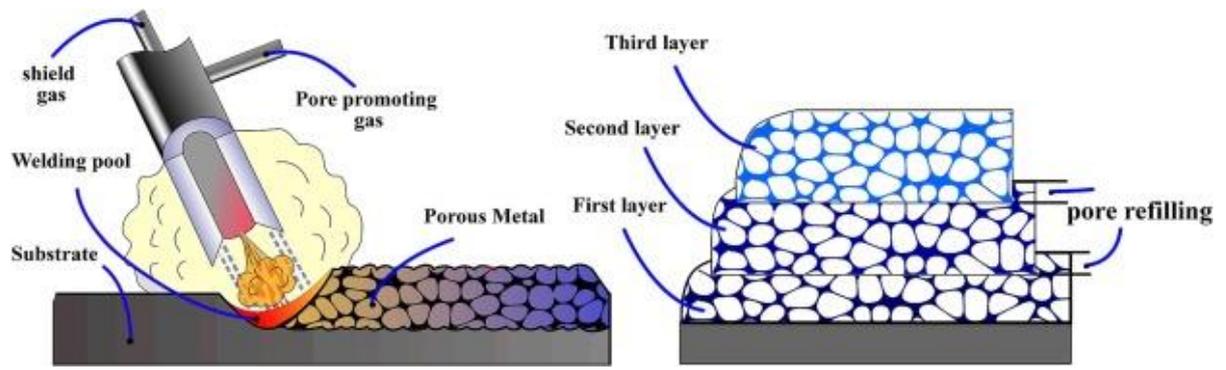


图 1. 多孔金属的电弧增材制造示意图

三丝间接电弧焊中，焊丝选用 Er50-6 钢，保护气体 (80%氩气和 20%CO₂) 流量 5 L/min，空气流量 15 L/min，焊接电流 420A，三丝直弧焊结构由双弧焊电源和三个焊枪组成，如图 2 所示。空气的加入增加了孔隙形成的可能性，并改善了空隙分布质量。

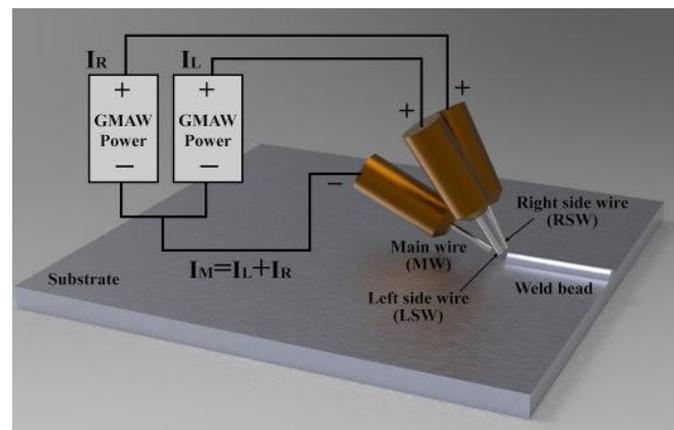


图 2. 三丝间接电弧焊示意图

该工艺主要优点是可以直接产生大孔结构；孔隙均匀，单个沉积层的宽度在 5-10mm 之间，直径为 500-2700 μm，典型孔隙率为 64%、49%和 87%，该工艺可达到 11.5 kg/h 的高沉积速率。当双丝平行于焊接方向(平行工艺)，低热量输入时，可得到气孔小的窄沉积层，如果需要大的沉积层，双丝可设置垂直于焊接方向(垂直工艺)；由于马氏体的形成，孔壁的显微硬度可以达

到 200HV 以上。

各种基体（如钢、钛合金和非晶合金）制备的多孔金属均具有更高的强度和耐高温性能，**是一种极好的减重吸能替代材料**，已在航空航天领域有广泛应用，如航天飞机着陆架中的冲击能吸收元件、卫星中的承载结构增强件、飞机涡轮及涡轮叶片。企业可结合轻量化研究需要，持续关注多孔金属制造工艺，未来有望应用于**碰撞吸能结构**，也可用来制备汽车冷却系统、内饰部件，如地板、车门内衬等。