

吉林大学开发一种新型 ATZM31 镁合金的电弧增材制造工艺，镁合金薄壁件实现良好成型性能

【技术领域】 增材制造

【技术方向】 轻量化 精良化

【关键词】 电弧增材制造 镁合金 成形质量

【信息来源】 <https://doi.org/10.1016/j.jma.2023.08.014>

【研究机构】 吉林大学材料科学与工程学院汽车材料教育部重点实验室

【技术摘要】

电弧增材制造技术 (WAAM) 制备大型镁合金零件时，镁合金丝的化学成分对 WAAM 镁合金的力学性能起着至关重要的作用。然而，用于 WAAM 的镁合金丝的类型需要扩展，以提高机械性能。近日，吉林大学管志平教授、贾海龙副教授团队制备了一种新型的 Mg-2.6Al-0.7Sn-0.6Zn-0.5Mn-0.01Y (ATZM31) 合金线材，并将其应用于冷金属转移 (CMT) -WAAM 工艺，使镁合金薄壁件具有良好的成形性能。

【技术解析】

技术内涵： 本研究使用直径约 1.2mm 的 Mg-2.6Al-0.7Sn-0.6Zn-0.5Mn-0.01Y (wt.%, ATZM31) 合金丝，在 20L/min 的保护气体下，采用单通道工艺，在 WAAM 系统中制备了单道 15 层镁合金薄壁构件。WAAM 系统由伏能士 CMT TPS 400i 电源、CMT 割炬、安川 YRC1000 焊接机器人、机器人控制系统和

操作板组成，以轧制的 ATZM 31 合金（5mm×50mm×150mm）作为基底，并使用 K 型热电偶监测基底底部的温度变化。WAAM 沉积参数见下表：

Table 1. WAAM deposition parameters used in the present work.

Current (A)	Voltage (V)	Deposition speed (mm/s)	Wire feed speed (m/min)	Arc length (mm)	Shielding gas flow (L/min)	Inter-layer idle time (s)
115	13.4	10	12.3	5	20	120

为了评估材料的力学性能，从 ATZM 31 合金薄壁部件沿着构建和沉积方向机加工出拉伸试样，如图 1 (b) 和 (c) 所示。

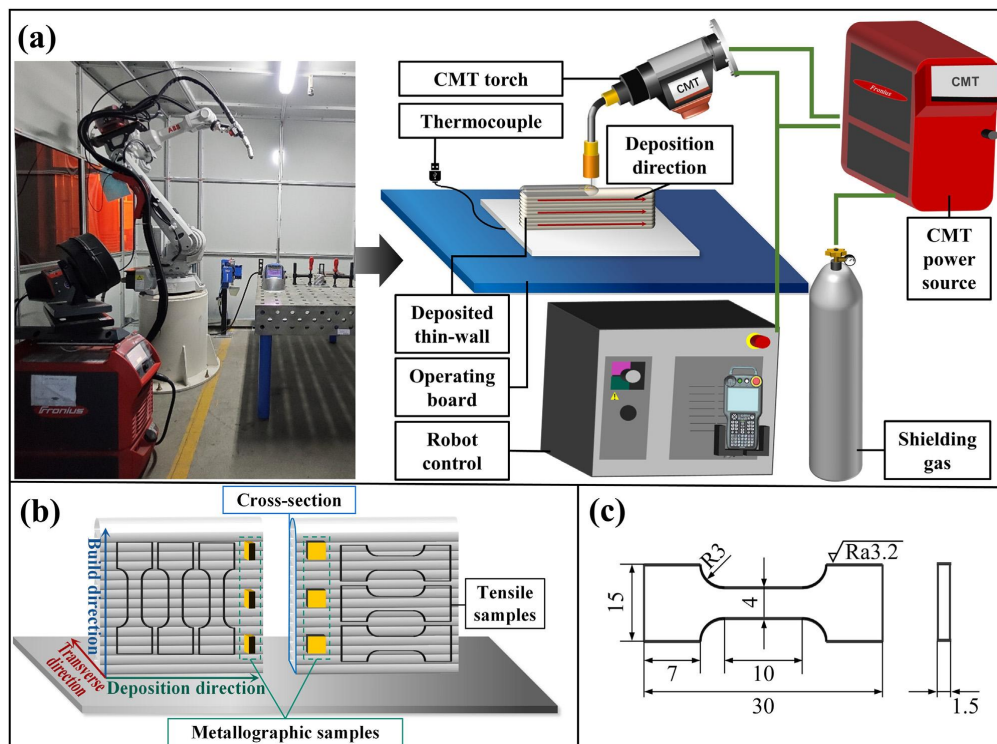


图 1 (a) CMT-WAAM 系统，(b) 金相和拉伸测试样品的取样位置，以及 (c) 拉伸测试样品的尺寸（以毫米为单位）示意图

技术优势：

(1) 实现了稳定沉积，薄壁组件呈现出明显的逐层特性，具有光滑的表面，不会溢出和塌陷。稳定沉积带的高度几乎保持一致，

相邻熔融线之间的平均距离估计为~ 2.6mm，15层沉积物的总高度为~ 38mm，横截面的宽度波动为~ 2mm（不包括顶层的宽度）。

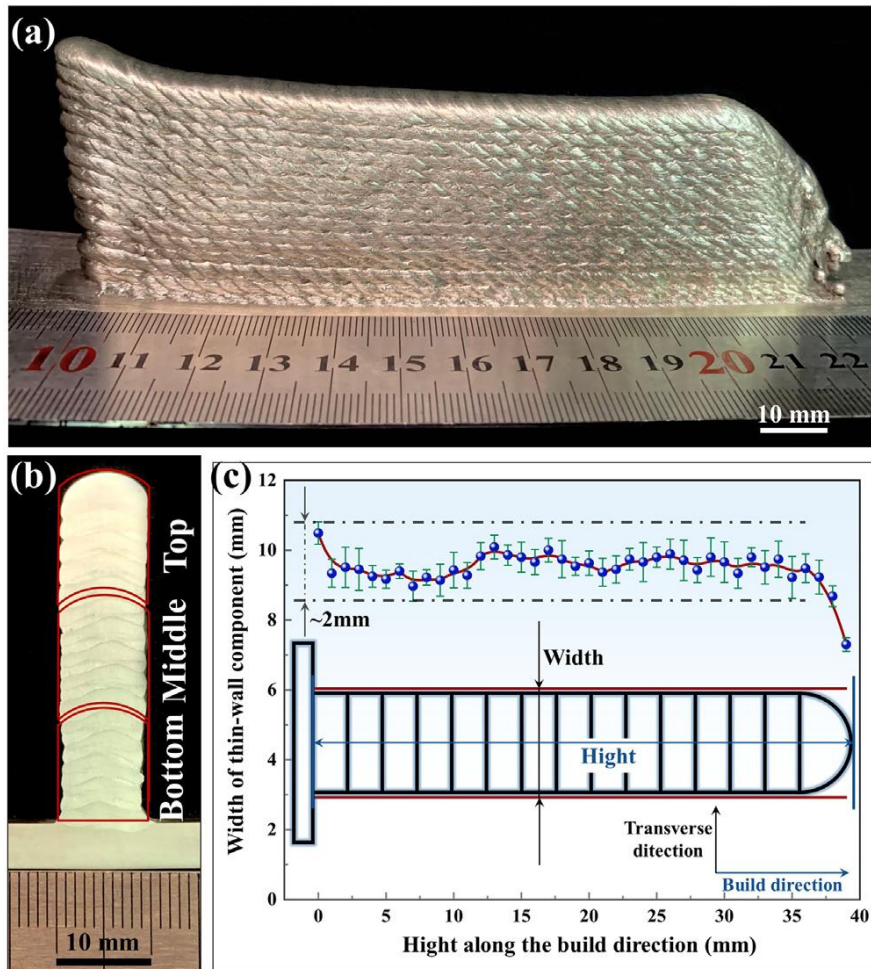


图 2. (a) 15 层 ATZM31 Mg 合金薄壁部件的宏观外观，(b) 显示组件截面的图像，(c) 横截面的宽度波动图。

(2) ATZM31 镁合金薄壁件具有良好的力学性能，各向异性不明显。WAAM ATZM31 合金薄壁部件比传统的 CMT-WAAM AZ31 Mg 合金部件具有更高的强度和更好的延展性，沿沉积方向和构建方向的最大极限拉伸强度分别为 225MPa 和 214MPa。此外，其强度接近 ASTM 标准 B91-12 中的 AZ31 锻件，但拉伸性能优于已有文献中的传统铸造 AZ31 镁合金，伸长率分别为 15.8%和 18.8%。

行业现状：激光粉末床熔融（L-PBF）、激光定向能量沉积

(L-DED) 和电弧定向能量沉积 (wire-arc DED) 是三种主要的镁合金增材制造方法。与以金属粉末为原料的工艺相比, 使用金属丝的线弧增材制造 (WAAM) 具有更高的沉积速率和更低的制造成本, 更适合直接制造大型金属部件, 材料使用率和加工稳定性明显更高。

目前, 对 WAAM 镁合金的研究主要集中在 Mg-Al-Zn(AZ 系列) 合金上, 已有采用 CMT-WAAM 方法制备了 AZ31 薄壁构件、通过新型超声波频率脉冲电弧增材制造工艺得到 AZ31 Mg 合金沉积物, 还制备了 AZ80M 合金组分, 由于薄壁组分/沉积物在 WAAM 过程中经历了快速凝固和复杂的热历史, 因此总是获得非均质的粗微观结构和孔隙, 这通常会降低合金部件/沉积物的机械性能, 并伴有明显的各向异性。一些企业已经开始探索 WAAM 技术的应用潜力, 例如 Naval Group 利用 WAAM 技术制造了猎雷舰的螺旋桨, Vallourec 集团则使用该技术生产了水电设施密封环、能源运输管道中的起重塞等重要零件。

应用场景: 吉林大学开发的新型 ATZM31 镁合金电弧增材制造技术目前处于研究和开发阶段, 尚未在商业生产中广泛应用。由于其易成形特性和良好的机械性能, 它首先面向航空航天领域 (机身骨架和发动机支架等关键承载部件)。在汽车制造中, 可以用来生产车门、引擎盖、座椅框架、轮毂以及其他需要轻量化同时保持一定强度与耐腐蚀性的结构组件。