

基于材料性能的冷喷涂临界速度预测窗口研究取得新进展

冷喷涂过程中,喷涂粒子被高速气流加速到较高的速度(200~1 200 m/s),在固态下碰撞基体,通过粒子强烈的塑形变形沉积在基体上形成涂层。由于喷涂材料和碰撞速度不同,粒子或者从基体上反弹或者沉积于基体上,使得粒子开始沉积到基体上的速度被称为临界速度,它是冷喷涂技术的一个非常重要的参数。由于冷喷涂过程是一个变形强烈、剪切变形大的过程,采用传统的拉格朗日法预测颗粒的临界速度,容易出现网格严重畸变、模拟结果失真等问题。基于此,西北工业大学李文亚等首次基于欧拉法建立了冷喷涂粒子碰撞模型,该模型能获得较好地模拟粒子变形行为,同时能较好地预测不同材料颗粒的临界速度。该文发表在《Journal of Thermal Spray Technology》2014 年第 3 期。

作者采用 ABAQUS 有限元软件建立了单个粒子碰撞基体的欧拉模型,考虑到正碰撞的对称性,采用 1/2 模型,网格尺寸为颗粒直径的 1/100,如图 1 所示。采用该模型模拟直径 20 mm 的 Cu 球撞击低碳钢基体的碰撞过程,所得的变形形貌和高速碰撞时出现溅射等现象均与德国联邦武装大学的试验结果吻合,验证了模型的准确性。

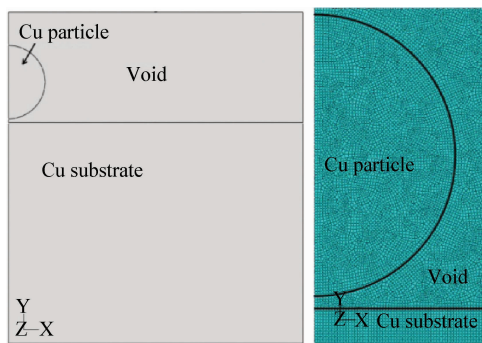


图 1 Cu 颗粒碰撞 Cu 基体欧拉法模型及网格

采用该欧拉模型对 Cu、Al、Ni、In718、Fe 和 Ti 等颗粒在不同碰撞速度下的变形形貌和变形特点进行了分析。文章发现对于这几种材料,稳态等效塑性应变随碰撞速度的增加呈现先增加、出现平台、然后又增加的趋势,不同材料的等效塑性应变平台的应变值均为 2.6~3.0,分析认为达到平台的

碰撞速度对应了临界速度,无论何种材料均需要经历类似的变形程度达到沉积。此外,该模型还揭示了不同材料的不同变形模式: Ni、Fe 和 Cu 的粒子碰撞属于粒子与基体有等同变形程度的协同变形,如图 2(a)所示,粒子的动能用于粒子与基体均发生较大变形; Al、In718 和 Ti 颗粒的碰撞属于粒子与基体不同变形程度的非协同变形,如图 2(b)所示,变形严重集中在界面。协调变形有利于获得更大的接触结合面。

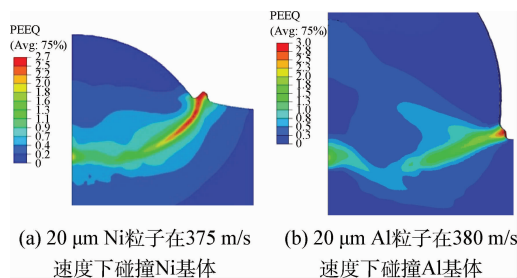


图 2 粒子碰撞基体的变形形貌图

采用此模型预测了 Cu、Al、Ni、In718、Fe 和 Ti 粒子的碰撞临界速度,并得到临界速度与材料特征速度的线性关系(图 3),特征速度类似弹性波速的求解方法,采用屈服强度代替了弹性模量。采用该线性关系,通过计算 SS316 材料的特征速度获得了其临界速度,与试验结果吻合。因而该模型可准确模拟粒子碰撞形貌和临界速度,对今后生产实际也有重要的指导作用。

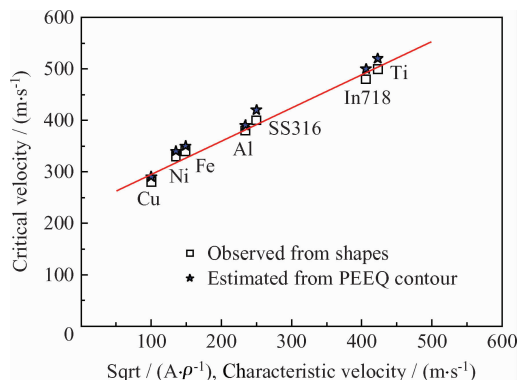


图 3 模型预测的临界速度与特征速度的关系

(西北工业大学 李文亚 供稿)