

電子ビームによる微細溶融加工に関する研究

材料技術課 柿内茂樹 企画情報課 富田正吾 プロジェクト推進担当 氷見清和*、山岸英樹
株式会社北熱 政 誠一、中井徹、山口絵美 国立大学法人富山大学 長柄毅一

1. 緒言

金型の製造工程の最終工程である磨き加工の自動化・高速化を図るため、電子ビーム (以下、EB) による磨き加工技術が提案されている。本技術の原理は、電子ビームの高速照射により表面をわずかに溶融し、溶融金属の表面張力によって表面が平滑化され凝固させる方法である。また、真空中での加工であるため、表面の酸化や汚染はほとんどなく、金属光沢のある表面を得ることができる。一方、本方法は、表面の微小領域の急速加熱・溶融および急冷凝固が短時間でされる現象であるため、プロセスメカニズムや加工条件と表面性状の関係など十分解明されていない。また、溶融部の材料学的・機械的特徴も明らかになっていないのが現状である。本研究では、金型材料の EB 照射表面溶融部の組織観察および硬さ測定を行い、加工パラメータとの相関関係について検討を行った。

2. 実験方法

被加工材料としては、熱間加工用ダイス鋼 SKD61 およびオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 の板材 (厚さはいずれも 5 mm) を用いた。EB 照射前には表面粗さを一定にする目的でブラスト処理を行った。EB 照射試験については、三菱電機株式会社製、電子ビームマルチ表面加工機 (加速電圧 40 kV、出力 400 W) を用いて、ワーキングディスタンス 200 mm、EB の集束電流 1023 mA、加速電圧 40 kV と一定にし、ビーム電流を 0.8~1.5 mA の範囲で変化させて EB 照射した。EB 照射後、溶融部断面の組織観察、硬さ測定、元素マッピングおよびラインスキャン分析を行った。

3. 実験結果および考察

図 1 に SKD61 の EB 照射両端部および中央部の断面の SEM 像を示す。各試料溶融部の両端部と中央部は、いずれのビーム電流においてもほぼ均一に溶融された。また溶融部には急冷による割れは認められなかった。SKD61 の溶融部 (MZ) および熱影響部 (HAZ) の厚さは、ビーム電流の増加と共に単調に増加する傾向を示した。ここで、SKD61 の溶融部の厚さは、ビーム電流 0.8 mA で約 25 μm であり、1.5 mA の条件では溶融部の厚さは約 50 μm と約 2 倍に増加した。SUS304 の溶融部の厚さにおいても同様の傾向が認められた。図 2 に EB 照射部断面の深さ方向の硬さ分布を示す。なお、図中の矢印は溶融部-母材 (熱影響部) の境界を示す。SKD61 の場合、いずれのビーム電流においても溶融部の硬さは母材より増大した。ビーム電流 0.8 および 1.1 mA の場合、硬さは約 630-650HK であり、ビーム電流 1.5 mA の場合では、約 730HK 程度まで増加した。一方、SUS304 の場合、溶融部の硬さはいずれのビーム電流においても、母

材の硬さよりも低下した。

SKD61 の溶融部のマイクロ組織観察結果、溶融部の凝固組織は、1~2 μm のセル状デンドライト組織であり、このことは EB 照射表面溶融部の凝固速度は極めて速いことが推察された。図 3 に SKD61 の溶融部の X 線マイクロアナライザーによる EB 照射部断面の C および V の面および線分析結果を示す。母材側では、バナジウム炭化物が均一に分布しているが、溶融部内では炭素およびバナジウムの分布が均一であることから、固溶されたものと考えられる。以上の結果、SKD61 の EB 表面溶融加工により、溶融部の硬さが増加した理由は、急冷凝固による組織の微細化の効果があるものと推察された。

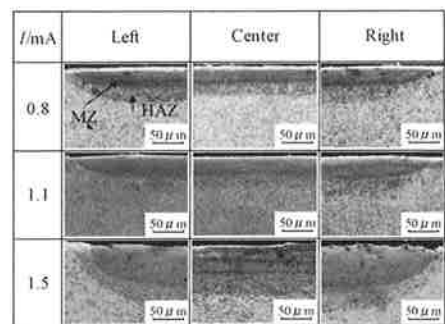


図 1 EB 照射部の両端部および中央部断面の SEM 像

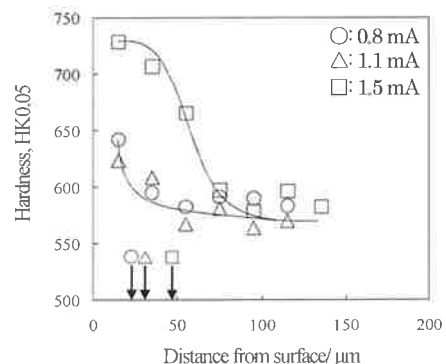


図 2 EB 照射部縦断面深さ方向の硬さ分布

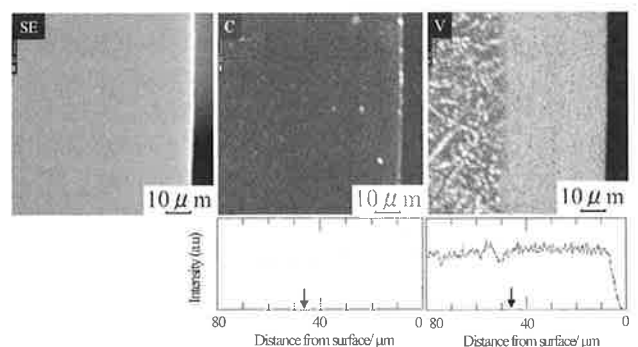


図 3 EB 照射部断面の C および V の EPMA マッピングと線分析結果 (SKD61, $I=1.5\text{mA}$)