

精密鑄造プロセス高度化のための新たな凝固組織制御技術の開発

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

加工技術課 二口友昭、森本英樹、川堰宣隆、評価技術課 林 千歳

株式会社ヨネダアドキャスト、株式会社浪速鍛工、株式会社石金精機

国立大学法人富山大学、財団法人富山県新世紀産業機構（管理法人）

1. 緒言

本研究は、H20 年度 経済産業省戦略的基盤技術高度化支援事業による委託研究（3 カ年）であり、コバルト・クロム・モリブデン（以下、CCM）合金製人工関節部品の高強度化、高機能化、低コスト化および短納期化を図るために、1) 鑄造時制御冷却法による凝固組織制御技術の確立、2) 鍛造部品用荒地材の鑄造凝固組織制御技術の確立、3) 仕上げ機械加工の高速化・高精度化のための表面加工技術の確立、4) 低コスト化に対応するための材料リサイクルシステムの構築について検討するものである。

工業技術センターでは、CCM 合金製人工関節部品の仕上げ機械加工の高速化・高精度化を図るため、電子ビーム（以下、EB）およびレーザを用いて表面溶融加工を実施し、加工部の表面性状および凝固組織と加工パラメータの相関関係について検討を行った。また、鑄造、鍛造、機械加工工程で発生するバリ、切削屑などの廃材を完全リサイクルするために、廃材の形態調査および成分分析を実施し、加工工程での汚染状況を調査した。

2. 仕上げ機械加工の高速化・高精度化のための表面加工技術の確立の検討

本項では、二種類の CCM 合金（炭素含有量 0.03、0.28 mass%）を EB および YAG レーザによる表面溶融加工試験を実施した。

EB 照射試験については、電子ビームマルチ表面加工機（三菱電機株式会社製）を用いて、ビーム電流を 0.5 mA～2.0 mA の範囲で、ビームの移動距離（dot pitch、以下 dp）を、0.02、0.04 mm に変化させて EB を照射した。図 1 に溶融部の表面粗さ（Ra）に及ぼすビーム電流の影響を示す。dp=0.02 mm、ビーム電流 0.5～1.2 mA の EB 照射により磨き効果（Ra: 0.2→約 0.1 μm ）が得られた。溶融部断面を観察した結果、溶融領域（深さ）はビーム電流を増大させると拡大（約 30 μm （ $I=1\text{ mA}$ 、dp=0.02 mm）→約 60 μm （ $I=2\text{ mA}$ 、dp=0.02 mm））した。また、溶融部に割れ等の欠陥は認められなかった。凝固組織は、微細なデンドライト組織であり、0.28 mass% C 材の溶融部の硬さは、母材の硬さと比較して増大し、最大で約 600 HK になった。

レーザ照射試験については、波長 1.06 μm の連続発振型の YAG レーザ加工機を用いて、出力は 1000 W、アルゴンガス（ガス流量: 40 L/min）でシールして、ビーム移動速度を 1000～3000（mm/min）に変化させて照射した。いずれの CCM 合金においても移動速度が 1000、1500 mm/min で溶融し、溶融部の表面はレーザの移動の痕跡を示す円弧状のリップル線が認められた。溶融部断面には、割れやガス欠陥等の欠陥は認め

られなかった。また、移動速度 1000 mm/min で照射した時の溶融領域（深さ）は 200～250 μm であり、EB 溶融加工に比べて深い溶け込みが得られた。凝固組織は微細なデンドライト状の組織であり、0.28 mass% C 材の溶融部の硬さは母材の硬さと比較して増大し、約 550HK になった。

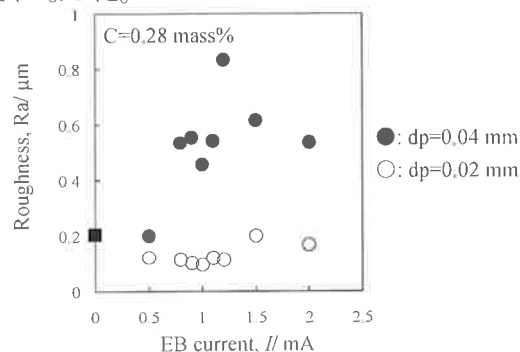


図 1 溶融部の表面粗さに及ぼすビーム電流の影響

3. 人工関節部品の製造の低コスト化に対応するための材料リサイクルシステムの構築の検討

本項では、CCM 合金の廃材の形態調査および成分分析を実施することにより、加工工程での汚染状況を調査した。使用材料は炭素含有量が 0.05 および 0.25 mass% の CCM 合金である。対象とする加工残材は、股関節用部品のステム部の鍛造工程で発生するバリと 5 軸マシニングセンター加工機を用いて、乾式切削（切削油なし）を行った際に発生した切削切粉を対象とした。鍛造バリについては、湿式切断機を用いて切り出した後に、アセトン浸漬中で超音波洗浄を行い、温風乾燥した。切削切粉についても鍛造バリと同様の方法で洗浄を行った。洗浄後、これらの試料を走査型電子顕微鏡（SEM）とエネルギー分散型分光器（EDX）により形態観察と表面分析を行った。

試作鍛造品のステムの外観は、ステム部周囲の広範囲に渡りバリが発生しており、バリの幅は片側で約 50 mm、厚さは最も厚いところで約 15 mm であった。EDX 分析の結果、バリ表面の酸化膜と考えられる黒褐色部には、酸素と炭素が高い値を示した。これは離型剤の成分である炭素や表面酸化膜の残存によるものと考えられた。一方、切削加工後に回収された切粉の外観は金属光沢を有し、約 1～2 mm の円錐形状に巻かれた形状であった。EDX 分析の結果、切粉には酸素は検出されず、炭素量も約 2.0 mass% と素材成分とほとんど変化が無く、切削油等を使用しなければ切粉の成分はほぼ素材と同様であることから、簡単な洗浄でリサイクル可能であると考えられた。

<詳細は H20 年度戦略的基盤技術高度化支援事業成果報告書を参照>