

可視化技術を用いた付加製造工程及び作製物の評価

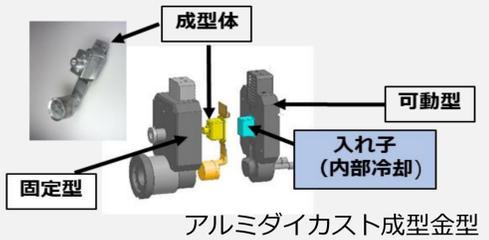
～あいち産業科学技術総合センター 利用促進研究～

あいち産業科学技術総合センター 加藤正樹

【背景・目的】

付加製造技術（積層造形、3Dプリンタ）：新たなものづくり技術として研究開発が急速に進展

- ・設計・試作のアジャイル化、金型や部材等の製造への適用
- ・CAE (Computer Aided Engineering) との融合による設計の高度化（トポロジー最適化等）
- ・国際規格の制定（ASTM (American Society for Testing and Materials) 、 ISO (International Organization for Standardization)

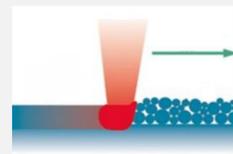


アルミダイカスト成型金型

【現状・課題】

試行錯誤的な条件変更を伴うことが多いプロセス技術（金属PBF (Powder Bed Fusion) 法）

破壊進展挙動（応力集中、応力分布等）の観察、CAE予測との比較検討が必要



金属積層造形（レーザー照射による粉末の熔融）



金属積層造形品

【内容】

レーザー照射時の金属粉末の高時間分解能観察、応力発光塗料による作製物の応力可視化

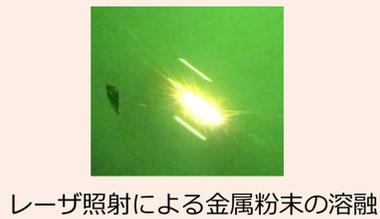
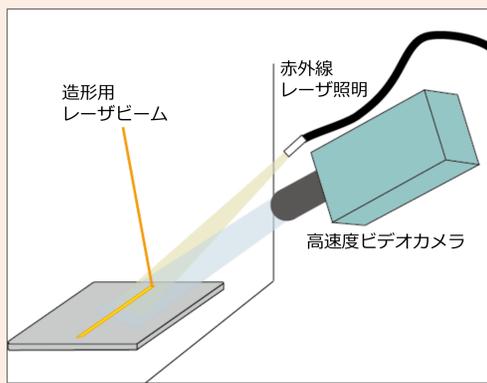
- 高時間分解能観察 → 金属PBF法における材料の熔融凝固挙動の詳細な観察、基礎的メカニズムの理解
- 応力発光塗料 → 応力集中による破壊や応力分布の変化等を簡便・同時に観察



応力による発光

【結果】

レーザー照射時の金属粉末の高時間分解能観察



レーザー照射による金属粉末の熔融



0μs



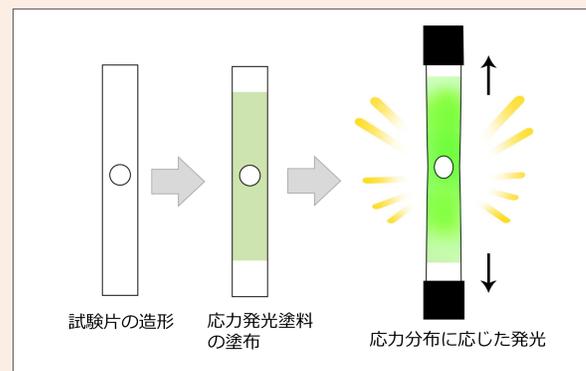
+500μs

金属3Dプリンタによる造形状態の高速度撮影
造形材料：マルエージング鋼粉末
照射条件：レーザー走査速度 2,500mm/s、入力 255W
撮影条件：フレーム数 100,000fps
シャッター速度 1/200,000s、赤外レーザー照明

- ・金属3Dプリンタで造形中のマルエージング鋼粉末の状態変化を、高時間分解能（100,000fps）で撮影
- ・粉体の挙動や溶融池（メルトプール）の熔融凝固状態等を観察
- ・レーザー照射部を中心としてメルトプールが形成されるとともに、溶融粉末の一部がスパッタとして飛散する様子が鮮明に観察された。
- ・スパッタの発生は、レーザー入力条件によって増減し、急熱によりメルトプール内で激しい対流が生じ、液滴として反跳するためと推定された。
- ・メルトプールは僅かに蛇行して進むことが分かった。粒度の異なる粉末がレーザー照射により溶融しながら進むためと推定された。

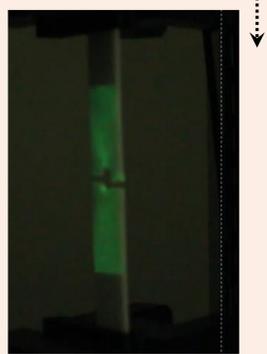
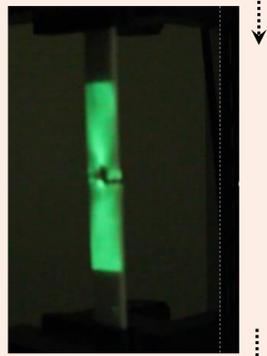
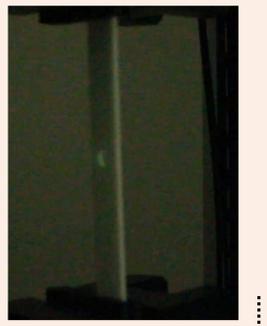
【結果】

応力発光塗料による作製物の応力可視化



- ・3Dプリンタで作成した樹脂試験片（ナイロン12）に応力発光塗料を塗布・乾燥
- ・引張試験を行いながら動画撮影し、応力分布の変化等を観察

- ・一般的なビデオ撮影（30fps）で観察可能な明るさの発光を生ずる。
- ・破壊進展挙動とそれに伴う応力分布の変化を明瞭に観察できた。
- ・観察条件（照明方法等）の最適化により、高時間分解能（20,000fps）での撮影が可能となり、破壊起点を含む・破壊進展挙動とそれに伴う応力分布の変化を明瞭に観察できた。



3Dプリンタによる樹脂試験片の破壊挙動と応力分布の変化（引張試験）
造形材料：ナイロン12粉末
撮影条件：フレーム数 30fps、自発光

【まとめ】

- ・金属PBF法における材料の熔融凝固挙動を μsオーダーの高時間分解能で撮影した結果、金属粉末の熔融凝固挙動を詳細に観察でき、積層造形の基礎的メカニズムの理解及び造形物の品質・信頼性（精度、均質性等）の向上に役立つ知見を得た。
- ・高時間分解能観察法と応力発光塗料の併用により、樹脂造形品の破壊進展挙動に関する詳細な観察が可能となった。金属造形体への適用や、CAE予測との比較検討にも利用可能と考えられる。