

新技術紹介

金属積層技術の最新動向と適用

The Leading-Edge Trend of Metal Laminate Technology, and Application

吉田 瑞生 *1

1. はじめに

近年、製品の短納期化，低コスト化の為，材料の無駄を省き迅速に製作する方法が求められており，それを解決する方法として3Dプリンタと呼ばれる3Dデータから直接立体を造形する方法が急速に発達してきている。

1980年初頭に開発され，用途が試作品に限られていた為，RP(Rapido Prototyping)と呼ばれ，後に最終製品への使用も可能になった為，RM(Rapido Manufacturing)とも呼ばれるようになったが，2009年にASTM（米国試験材料協会）にて切削などの除去製作に対して材料を添加する製造法と言う意味でAM(Additive Manufacturing)と言う総称を決定した。¹⁾

表 - 1 AM法の代表的種別

方法	材質	材料形態	固着方法
シート積層法【LOM】 (Laminated Object Manufacturing)	紙、樹脂、AL	シート	バインダ
光造形法【SLA】 (Stereo lithography Apparatus)	光硬化性樹脂 石膏	液体	光/熱硬化
インクジェット法 (Inkjet printer) ポリジェット法 (Polyjet printer)	光硬化性樹脂 石膏	液体 粉末	光/熱硬化
選択的レーザー焼結法【SLS】 (Selective Laser Sintering)	熱可塑性樹脂 金属 砂	粉末	焼結/バインダ
レーザー直接積層【LENS】 (Laser Engineered Net Shaping)	光硬化性樹脂 金属	粉末	光硬化/焼結
熔融物堆積法【FDM】 (Fused Deposition Modeling)	熱可塑性樹脂 金属 石膏	ワイヤ 粉末	固化/焼結

AM法は材料の形態や固着，供給方法の違いによりさらに細分化する事が出来る。素材は樹脂，砂，紙，石膏，及び金属と多岐にわたり，複数の材料を同時に使用出来る機種も出ている。

本稿では金属材料を使用するAM法（金属積層技術）の最新動向について紹介する。

2. 選択的レーザー焼結法(SLS)による金属積層

金属積層法ではテキサス大学(米)が研究しDMT社（現3Dシステムズ社に合併）が1992年に製品化したSLS法が，現在の基礎であり主流工法となっている²⁾。

（原理）リコータにより薄く敷き詰めた（15～50 μm）金属粉末層にCADデータの断面形状に基づき，ガルバノメーターミラーを介してレーザー光を照射し金属粉末を焼結する。この工程を繰り返す事で立体を造形する（図 - 1）。これにより，切削や他の製造方法で得られない複雑な形状を造形する事が出来る。

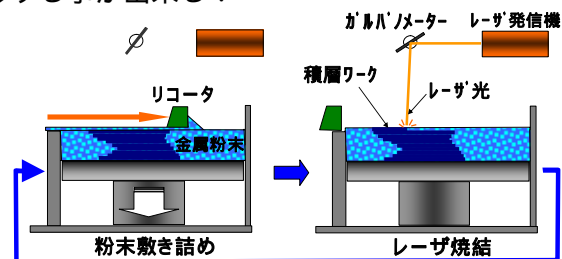


図 1 SLS法による金属積層の模式図

使用材料は専用の金属粉末で，Cu，Fe，SSなど，焼結密度がやや低く用途も厳密な強度を求めない物に限っていた。後に，粉末材料と熱源の開発（Co2レーザー YAGレーザー Ybファイバーレーザー/電子ビーム）により高出力，高精度，高密度化を実現，マルエージング鋼，コバルトクロム合金，Ti，Alの焼結も可能となり，最終製品への活用範囲が格段に広がっている。

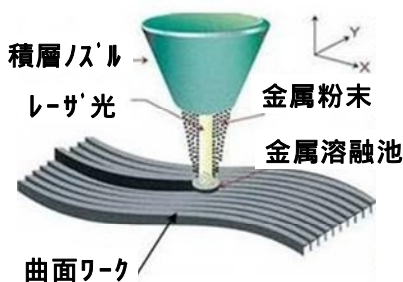
（課題）焼結時の熱収縮により残留応力が発生し，造形物の体積が大きいほどクラックが発生し易い。熱分散の為の幾つかの方法があるが，クラックを生じずに機械テーブルサイズ大の造形を実現出来ているメーカー，ユーザーは数少ない。又，

*1 Mizuo Yoshida 金型設備開発部

機械価格が数千万円～1億円オーバー，専用粉末材料が2～5万円/kgと高価な点であり，高付加価値製品にしか使用出来ない。

3. レーザ直接積層(LENS)による金属積層

レーザークラディング法或いはInssTek社(韓)がDMT(Direct Metal Tooling)と呼ぶ方法。レーザーで加熱したワーク表面の溶融池に直接金属粉末を噴射し焼結する方式で，表面修理や表面処理に使用されていた方法だが，韓米2社で3D造形に使用出来る機種を製品化している。



DMT金属積層機

図-2 レーザ直接積層(LENS)の模式図³⁾

特徴はSLS法と比較し造形速度約4倍，一般工業用金属粉末が使用でき材料コストが1/2～1/4である点と，ヘッドを3軸に動かす事で3D面上の造形が可能なる点，加工機の大型化が容易な事である。難点としてオーバーハング形状を造形出来ない為，InssTek社では加工機の5軸化を図り補っている。

4. 溶融物堆積法(FDM)による金属積層

東京農工大学大学院にて溶融金属積層法と呼び研究中の溶接トーチを3軸制御機のヘッドに装着しアーク放電により溶接ワイヤを溶融する方法。

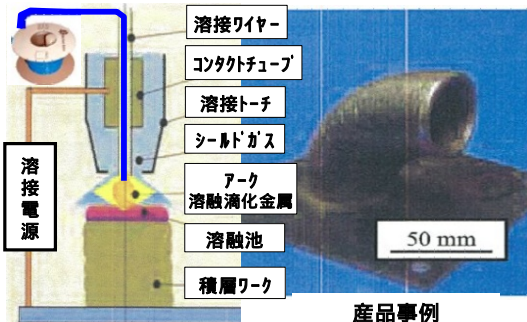


図 3 溶融金属積層法の模式図⁴⁾

この方法もSLSに比較し材料コストが低く造形速度も速い。オーバーハング形状の造形も可能だが，形状精度がかなり荒くなる為，後加工による仕上げ加工前提の加工法となる⁴⁾。

5. 金属積層造形品の用途

AM工法の特徴は製造ツールである金型などを必要とせず，短工期化，無人化が図れる点である。これにより投資と開発期間が大幅に抑えられる為，試作～少量生産品まで広く適用されている。又，従来工法では不可能な形状や難削材も対応出来ることから，航空宇宙分野や医療，芸術品へも使われている。さらにツールの性能向上や軽量化の目的で金型や治工具へも活用されている。金型では，温調性能のUP為，3D冷却配管部品を造形し組み込む事で，冷却サイクルを短縮している事例が多く紹介されている。

表-2 金属AM法(金属積層)の用途

使用目的		主 な 用 途
製 品	多量生産	-
	少量生産	航空/宇宙分野 表面消耗品の補修 医療品(インプラント 人工関節表面処理)
	単品生産	医療(人工骨) レース車輻部品 エネルギー(タービン) 芸術品
	試作 性能評価 形状評価	輸送/産業機器など
ツ ー ル	金 型	3D形状部品 通気性部品
	治工具	軽量化治工具

低コスト化事例としては，松浦機械が表面の後加工を同時に行い複雑なリブ形状の金型部品のトータル加工コスト低減に特化したCNC加工との複合加工機を市販している⁵⁾。

豊田合成でもSLS法での開発を2006年から開始し，現在，金型部品の実用化に至っている。

6. おわりに

現在，少量生産にまで適用されているが，一部の高付加価値品に限られる。ネックとなるのは材料の高コスト，生産性である。今後，材料の低コスト化と部品の製造方法・構造と絡めた積層方法の開発により生産性の飛躍的UPを実現できれば用途はさらに拡大すると考える。

参考文献

- 1) 近畿大学次世代基盤研究所報告
Vol.(2010)69-76
- 2) 日本機械学会誌2008.12 Vol.111 No1081
- 3) InssTek社カタログ
- 4) 2012年(溶融金属積層による汎用金属を用いた迅速な高強度造形)東京農工大学
大学院機械システム専攻
教授 笹原 博之
- 5) 松浦機械社カタログ