

Newsletter

2020 年 6 月 2 日

LPW テクノロジージャパン(株)

プラズマ球形化による金属粉末の流動性と充填特性の改善

最適な流動特性と高い充填密度を実現するための、理想的な積層造形（AM）用金属粉末は、サテライトのない球形な形状をしている必要があります。球形粒子は体積に対する表面積の比率が最小であるため、酸素吸着などの表面汚染が減少するという利点があります。粒子の真球度を上げることで粉末供給を改善し、より凹凸のない滑らかな層が生まれ、充填密度の向上、粉末床の熱伝導率の向上、溶融履歴の向上につながります。

金属 3D プリンティングとしても知られる AM による部品の作製は、連続した何千もの層を重ねて最終的な形を造形することに依存しています。最終的な部品に求められる性能に応じて異なる金属粉末を選択することができますが、プロセス全体を通して粉末の再現性のある挙動が造形を成功させる鍵となります。

【プラズマ球形化】

原理的には、水アトマイズ、化学的・機械的プロセス、標準的なガスアトマイズなど他の方法で製造された低真球度または不規則、スポンジ状、凝集、角張っていると言った金属粉末の流動性と充填特性を改善するために、どのような金属粉末でもプラズマ処理を施すことが可能です。

このケーススタディでは、純タンゲステン(W)、Ti6Al4V、純タンタル(Ta)の 3 種類の金属粉末の形状、流動性、および充填特性に関する Carpenter Additive のプラズマ球形化プロセスの結果をご紹介します。

【結果】

最適な処理パラメータを決定するために、各粉末原料についていくつかの試験を実施しました。粉末試料は、各プラズマ処理試験の後に全て特性評価され、プラズマ処理前の原料である粉末試料と比較されました。

その結果、特定の原料に対して球形化パラメータが最適化されると、粒子形態、粉末流動性、および充填特性が大幅に改善されることが実証されました。

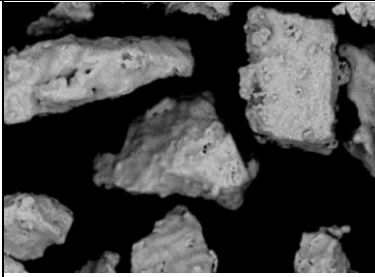
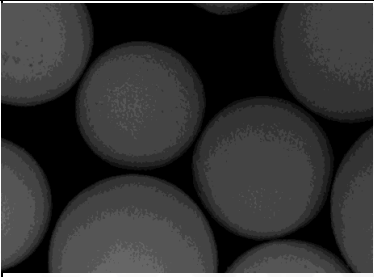
	プラズマ球形化処理前	プラズマ球形化処理後
製品	Ti-64 原料(HDH プロセス後 機械粉碎)	Ti-64 (球形)
粒子径 (μm)	45～105	45～105
ホールフロー試験(sec/50g)	47.31	22.3
見かけ密度 (g/cm ³)	N/A	2.6
タップ密度 (g/cm ³)	2.2	3.0
形状解析	Circularity: D10: 0.556, D50: 0.774, D90: 0.937 Elongation: D10:0.083, D50: 0.260, D90: 0.428	Circularity: D10: 0.81, D50: 0.989, D90: 0.995 Elongation: D10:0.008, D50: 0.044, D90: 0.366
形態 SEM - x1000		

図 1. プラズマ球形化前の Ti64 (左) とプラズマ球形化後の Ti64 (右) の

図 1 は、最も一般的に使用されている Ti 基合金の一つである Ti6Al4V Grade23 です。水素化脱水素 (Hydride-De Hydride : HDH) プロセスを介して「脆化」したインゴットを機械的に破碎することによって生成された原料粉末は、角張った細長い形状をしています。粒子径を考慮すると流速は低く、タップ密度はこの材料の理論密度の 50%未満でした。SEM 画像は、球形化後の粒子がほぼ完全な球形、すなわち Circularity (円形度) が 1 に近い [Circularity : D10 : 0.81、D50 : 0.989、D90 : 0.995] 事を示しており、ホールフロー漏斗を流れ出る時間は約 1/2 に改善され、タップ密度が理論密度のおよそ 60%に増加しています。(Elongation=1-アスペクト比)



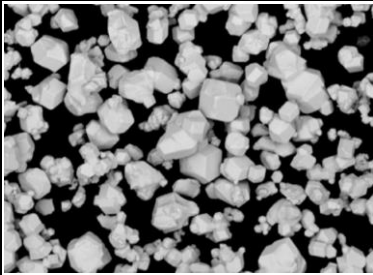
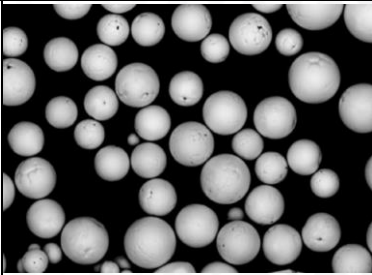
	プラズマ球形化処理前	プラズマ球形化処理後
製品	W (原料)	W (球形)
粒子径 (μm)	15~45	15~45
ホールフロー試験(sec/50g)	7.5	5
タップ密度(g/cm ³)	11.2	14.3
形状解析	Circularity: D10: 0.70, D50: 0.89, D90: 0.95 Elongation: D10: 0.05, D50: 0.17, D90: 0.36	Circularity: D10: 0.80, D50: 0.95, D90: 0.98 Elongation: D10: 0.02, D50: 0.15, D90: 0.33
形態 SEM - x1000		

図 2.プラズマ球形化前のタングステン（左）とプラズマ球形化後のタングステン（右）の比較

図 2 は、3422℃と、純金属の中で最も高い融点を持つ難加工性の耐火金属タングステンの結果を示しています。タングステン原料は、タングステン酸化物を還元することによって製造され、流動性と充填密度（理論密度の～58%）の両方が比較的良好であるものの、角張った形状をしています。プラズマ処理後は粉末粒子の大部分が球形であることが示され、流動性と充填密度（理論密度の～74%）の両方が改善されました。



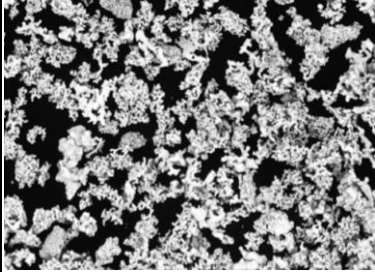
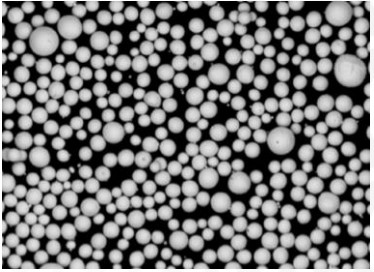
	プラズマ球形化処理前	プラズマ球形化処理後
製品	Ta 原料 (樹枝状)	Ta (球形)
粒子径 (μm)	15~45	15~45
ホールフロー試験(sec/50g)	17.4	5.2
見かけ密度(g/cm ³)	N/A	N/A
タップ密度(g/cm ³)	8.32	11.16
形状解析	N/A	Circularity: D10: 0.790, D50: 0.989, D90: 0.996 Elongation: D10: 0.007, D50: 0.050, D90: 0.276
形態 SEM - x275		

図 3. プラズマ球形化前のタンタル（左）とプラズマ球形化後のタンタル（右）の比較

図 3 は、融点 3 0 1 7℃で難加工性の耐火金属タンタルの結果を示しています。このタンタル粉末は、固体原料の電気分解により製造されたもので、極めて不規則な樹枝状の形状をしています。材料の密度を考慮すると流れは遅く、タップ密度は理論密度の 50%未満でした。最適化された球形化の後、粉末粒子は非常に球形になり、流動性と充填性（理論密度の ~67%）の両方が大幅に改善されました。

【プラズマス球形化の結論】

造形装置にもよりますが、粉末層の品質や溶融挙動には、金属粉末の形態や充填密度が大きく影響します。Carpenter Additive でのプラズマ球形化は、さまざまな金属粉末の形状、流動性、および充填特性を定義された仕様に制御して、信頼性と再現性の高い性能を実現する効果的な方法であることが証明されました。

Carpenter Additive では、金属 AM に関する豊富な専門知識と、航空宇宙、生物医学、自動車産業における大手企業との豊富な協力経験を有しています。この知識とプラズマ技術の特性を活用して、多岐に渡る産業分野と積層造形機に対応したソリューションを提供しています。