

山陽特殊製鋼の3Dプリンティング用 粉末事業への取り組み

西川 俊一郎*

NISHIKAWA Shun-ichiro

1. はじめに

金属3Dプリンティング（金属3D造形）は複雑形状の部品や金型等を効率的に製造する次世代技術として、航空・宇宙、自動車、エネルギー、生体材料等様々な分野で注目を集めている。当初は原料が樹脂に限定されていたが、レーザーや電子ビームといった高エネルギーの熱源を用いる金属3D造形機の開発に伴い、金属粉末を用いた工業製品としての3Dプリンティングの適用が本格的に指向されることとなった¹⁾。

金属粉末の製造方法は、表1に示す通り溶解プロセス、機械的プロセス、化学的プロセスに大別され、アプリケーションや粉末組成、製品に必要とされる特性に応じた製造方法を選定することが最も重要な材料設計の一つである。この中でガスアトマイズ法は溶解プロセスに分類される製法である。

得られる粉末は球形状であり、酸素値が粉末品としては低いことを特徴としており、大量生産に優れた工業的粉末製造法として古くから各種分野で活用されている。

当社では、ガスアトマイズ粉末が有する高品質な粉体特性と工業的生産性などの優位性に加え、本製造方法特有の熔融状態からの急冷微細組織が様々な機能材料分野においてメリットとなりうることに着目し、1989年に粉末事業を立ち上げて以来、各種サイズのガスアトマイザーを導入してきた。2017年には、さらにハイクリーンな粉末製品への要望に対応すべく第2粉末工場を建設し、最新鋭のガスアトマイザー2基とディスクアトマイザー1基も導入し、現時点では表2に示す体制を整えている。現在では、自動車、電子材料等、各種産業で活用され、使用される材料も構造材から機能材料まで多岐にわたっている。特に今回の小特集のテーマである3Dプリンティングは、その市場期待性、ガスアトマイズ粉末とのマッチング、いずれの観点からも非常に期待できる分野であり、当社が最も力を入れて取り組んでいる新規アイテムの一つである。

本報では、3Dプリンティング小特集の編纂にあたり、

3Dプリンティング用粉末事業に対する我々の考え方、取り組み方針の大枠を紹介したい。初めに、金属3Dプリンティングに関する基本的な情報として、各種造形方式の概略、およびその市場の展望について解説する。さらに、当社の3D粉末に優位性を持たせるための取り組みとして、造形も含めたトータルソリューションの提案、国家プロジェクトへの参画、新規開発製品のコンセプトについて紹介する。

なお、本小特集では以降の記事にて、当社の3Dプリンティング用粉末のラインナップ、粉末製造技術、造形技術向上に向けた取り組み、および新規製品開発についての実例を紹介しており、詳細はそちらを参照されたい。

表1 金属粉末の製造方法の分類

金属粉末製造方法	粉末の種類	
溶解プロセス	ガスアトマイズ法	Ni, Fe, Al, Ti, 超合金
	水アトマイズ法	Fe, Cu
	ディスクアトマイズ法	Al, Pb, Sn
	単ロール液体急冷法	アモルファス, 磁性材料
	プラズマ回転電極法	Ti
機械的プロセス	粉砕法	Fe, Al, Cu, Cr
	メカニカルアロイング法	アモルファス, 分散強化合金
化学的プロセス	還元法	Fe, Cu, Co, Al, Ni, W
	電解法	Cu, Fe, Ni, Cr, Ag
	カーボニル法	Ni, Fe

* 粉末事業部 粉末営業部長

表2 山陽特殊製鋼のアトマイズ装置

装置	溶解能力バッチ	用途
ガスアトマイザー	2 kg	開発用
	30 kg	試作・少量量産用
	50 kg	試作・少量量産用
	200 kg	量産用
	300 kg	量産用
ディスクアトマイザー	2,000 kg	量産用
	5 kg	開発用
	30 kg	開発用

2. 金属3Dプリンティングの造形方式

図1に金属3Dプリンティングの造形方式を示す。造形方式は粉末床溶融結合法(パウダーベッド)と指向性エネルギー積層法(パウダーデポジション)に大別される。パウダーベッド法は、さらに直接積層と間接積層に分類される。

直接積層法は、金属粉末を敷き詰め、熱源となるレーザーや電子ビームで造形する部分のみを溶融・凝固させる方法である。冒頭に述べた通り、樹脂を用いず金属をそのまま溶融する直接造形法の開発により、高密度な造形体が得られるようになったことで金属3D市場の可能性は大き

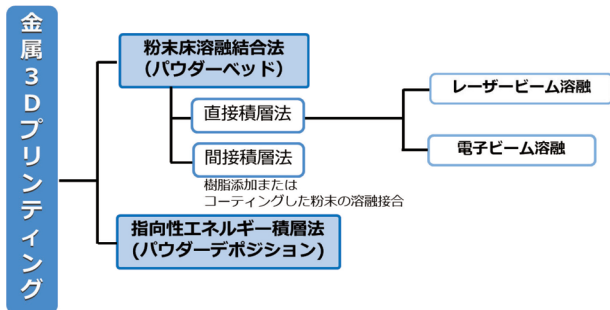


図1 金属3Dプリンティングの造形方式

く広がったと言える。

間接積層法はバインダージェット法とも呼ばれ、樹脂を混合した粉末、もしくは粉末に樹脂を噴霧するなどバインダーを介して造形する方式で、造形後に脱脂、焼結工程を必要とする点で金属射出成形(MIM)に近い工法と言える。

パウダーデポジションは、ノズルから金属粉末を噴射しながらレーザー照射により金属を溶融して堆積させる方式である。レーザー肉盛り溶接としての使用も可能であり、金型や部品の補修などにも期待されており、日本でも多数のメーカーが装置をリリースしている。

パウダーベッドの中でも特に直接積層法、およびパウダーデポジション法については、下記の二点が粉末への基本要件特性となる。

- ・使用する粉末の粒径が数 μm ~150 μm
- ・金属粉末の搬送・敷き詰めを要する工程であるため、粉末は球形状であることが必要

これらは、ガスアトマイズ法で得られる粉末特性に合致しており、当社粉末事業の柱となるアイテムとして注目した所以である。

3. 市場展望

図2に3D造形機の出荷台数の推移を示す。装置出荷台数は2012年頃から著しく増加し始め、2018年には約

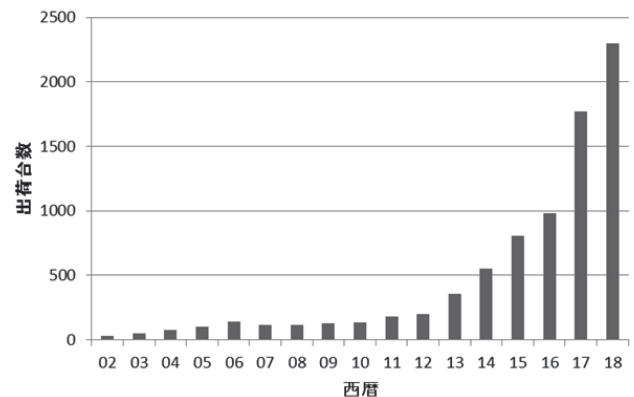


図2 金属積層造形装置の出荷台数の推移
出典：Wohlr Report 2019



図3 2030年の造形品の業種別予測市場
出典：新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) 平成30年度NEDO『TSC Foresight』セミナー(第3回) TSC Foresight金属積層造形プロセス概要

2300台にまで到達している。

NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)の発表²⁾によると、2030年の金属3D市場の予測規模は、造形品として約2兆円にまで成長するという。

この造形品市場について業種別で整理すると、図3に示す通り現時点で実用化がすでに進んでいる医療、航空・宇宙、発電分野がさらに飛躍することに加え、日本が得意とする金型や工具分野が8000億円で筆頭市場になると予測されていることも特筆すべき点である。

4. 金属3Dプリンティング事業への取り組み方針

ここまでに、3Dプリンティングとガスアトマイズの相性、3Dプリンティングの多様な造形方式、今後10年間の著しい市場拡大予測、について簡単に紹介した。これらの情報を踏まえ、当社の3D用粉末に優位性を持たせるための取り組みとして、①造形も含めたトータルソリューションの提案、②国家プロジェクトへの参画、③重点鋼種の選定と新規開発製品のコンセプトについて紹介する。

①造形も含めたトータルソリューションの提案

3Dプリンティングは、原料となる粉末からダイレクトに個別製品を製造することで、鋳造や機械加工、熱処理など多くの工程を省略することが可能である。3Dプリンティングでは、工程が簡略化されたことで、従来工法の各工程が有してきた技術を造形のみで実現させる必要があるため、造形用粉末には、素材物性のみでなく、最終製品の機能までを把握した設計が求められる。一方、工程が省略されたことは、3Dプリンティングにおけるポイントが主に素材粉末と造形技術の2つに集約さ

れたと見ることもできる。当社は、合金粉末メーカーとして素材開発・製造の強みを有しており、更に造形技術を得ることで最終部品の設計までが可能となり、顧客へのトータルソリューションとしての提案が期待できる。これら考えのもと、当社では他社素材メーカーに先駆けて、3D造形機(EOS社製：M280、M290各1台)、および造形体の非破壊検査装置としてX線CTスキャン(ニコン社製：MCT225)を導入し、顧客における製品性能を意識した素材開発を行っている(図4)。

②国家プロジェクトへの参画

3Dプリンティング市場は欧米諸国の攻勢が激しく、日本は装置および造形品ともに実用化の観点で後れを取っていることは否めない。今後、国内需要を拡大させ、世界市場への展開も図るためには、装置メーカー、粉末メーカー、ユーザーが一体となったオールジャパンとしての取り組みも重要である。

このような状況で、経済産業省は2014年にTRAFAM(技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構)を立ち上げた。本プロジェクトでは、1.積層造形のメカニズムを明確にする、2.世界を凌駕する高速・高精度な積層造形装置の開発、3.積層造形に適した材料(粉末)の開発、を目的としており、既に国産の3D造形機が各種発売され、量産アプリケーションへの適用が進んでいる。

当社もこのプロジェクトに参画して、量産適用に向けた工業製品の提供を可能とする粉末工程の開発に取り組んできた。具体的には、ガスアトマイズ法で製造した粉末を効率よく3Dプリンティング用に改善する形状改善方法の確立である。ガスアトマイズ粉末は、比較的大きな

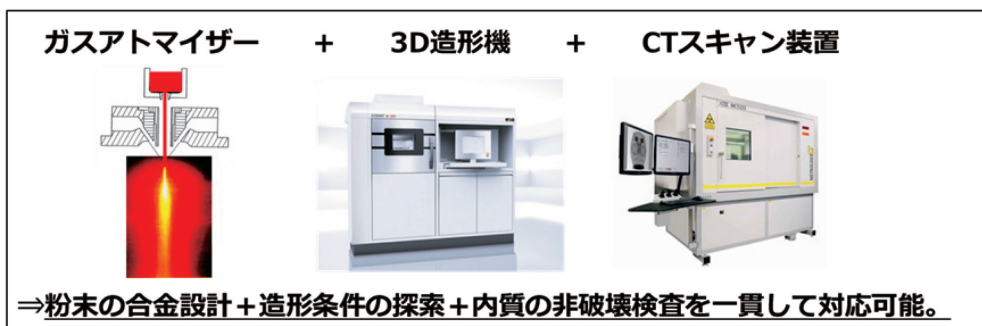


図4 当社3Dプリンティングの開発体制

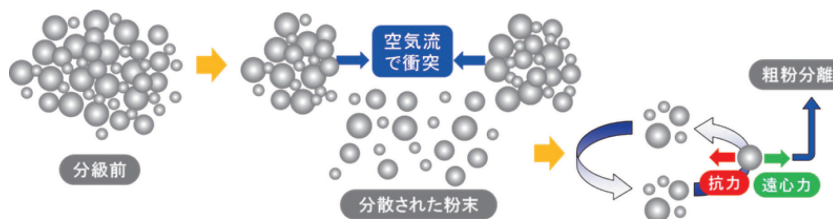


図5 粉末形状改善方法の模式図

粒子(100 μ m前後)の周りに、細かい粒子(数 μ m)が付着する“サテライト”と呼ばれる粉末が生成される場合があり、これが粉末ハンドリング時の流れ性を阻害する要因となる。当社では、サテライト粒子を効率的に改善する手段として、図5に示すように粉末同士を空気流で衝突させ解砕する工程と、解砕後の微粉末を遠心力で分離する工程を連続的に行える方法を検討し、良好な流れ性を有する粉末を低コストで製造する工程を確立した。更に、顧客での生産や最終製品の特性も加味しながら独自の改善も加え、更なる競争力強化を推進している。

③重点鋼種の選定と新規開発製品のコンセプト

表3に3Dプリンティングに使用されている主な合金とその用途を示す。図3で説明した通り、3Dプリンティング市場では、医療、航空・宇宙、発電分野ではすでに量産化も進んでおり、当社としてもいち早く取り組んだアイテムである。この中で、例えばチタン合金のような活性な金属は、坩堝と接触しないアトマイズを採用しているケース³⁾もあるが、我々は汎用的な耐火物を使用したガスアトマイズに強みがあり、鉄、ニッケル、コバルト、銅基を標準組成としてラインナップ化し、造形に適した組成改良、粉末形状改善を進めている。

また、3Dプリンティングに適した新規合金の提案にあたっては、各業界のユーザーへのヒアリングから量産化に対して素材的な課題を有する下記のアイテムを重点方針として取り組んでいる。

(1) 特化物対応用Co(コバルト)フリーマルエージング鋼

(2) 高密度・高熱伝導性に優れたCu(銅)合金

個別の取り組み内容の詳細については以降の技術紹介、製品紹介等を参考にされたい。

5. 終わりに

本報では、3Dプリンティング用粉末事業に対する我々の考え方、取り組み方針の大枠を紹介した。3Dビジネスは、その形状自由度、工程簡略化、小ロット生産の観点で今後ますますの発展が見込める有望市場である。当社の取り組みが、3Dプリンティング市場の更なる拡大、市場創成に繋がれば幸甚である。

参考文献

- 1) 柳谷彰彦：特殊鋼，65(2016)4，2-5.
- 2) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)：平成30年度NEDO『TSC Foresight』セミナー（第3回）TSC Foresight金属積層造形プロセス概要.
- 3) 久世哲嗣：山陽特殊製鋼技報，23(2016)1，31-33.

表3 3Dプリンティングに使用されている主な合金とその用途

合金系	材料	用途例	業界
Fe基	SUS316L	耐食部品	産業機械、試作
	SUS630	耐食部品・金型等	産業機械、試作
	マルエージング鋼	金型等	鋳造
Ni基	Ni基超合金	高温・耐食材料	航空・宇宙、発電
Co基	CoCrMo合金	生体材料	医療
Cu基	純Cu、Cu合金	伝熱性材料	産業機械
Ti基	Ti-6Al-4V	生体材料	医療
Al基	Al-Si-Mg	自動車・航空機部品	自動車