



VERDER SCIENTIFIC



#### 切断・埋込・研磨

#### 硬さ試験機

info@verder-scientific.co.jp  
www.qatm.jp

#### 電気炉・オープン

carbolite@verder-scientific.co.jp  
info@verder-scientific.co.jp

#### 成分分析・元素分析

www.eltra.jp  
system@jmc.asia

#### 粉碎機・ふるい振とう機・ 周辺機器

www.retschi.jp  
info@verder-scientific.co.jp

#### 粉粒体物性評価

www.microtrac.com  
info@microtrac-bel.com

## AM（積層造形技術） & MIM（金属粉末射出成形技術） ソリューション

長年にわたり、AM技術はラピッドプロトタイピング（積層造形法）の主要技術として認められてきました。

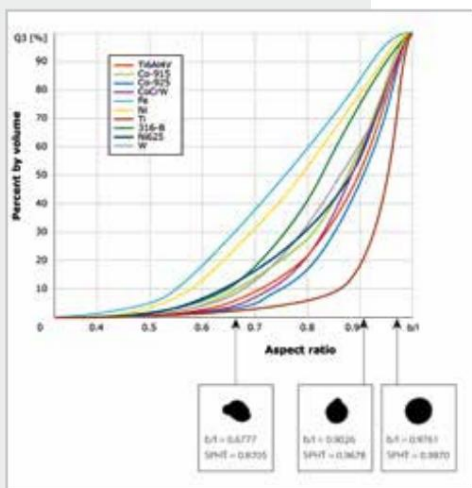
この技術は現在単なる試作品の域を超えて急速に進歩しており、高度に統合された部品はAM技術を用いて構想、設計、製造されています。

これにより、伝統的な方法では製造することができなかった高い精度を求められる、航空機エンジン用油圧部品などの小型軽量部品も製造されるようになりました。

コスト上の理由から、AMは部品の大量生産にはまだ課題はありますが、大量生産の場合は、MIMのような従来の製造方法を用いる手段があります。

## 粒子の品質に焦点を当てる

AMに使用される金属粉末は、完全に球形の粒子で構成されている必要があります。同じサイズで、平均が10~50ミクロンであることが望ましく金属射出成形（MIM）に必要な粒子も球形である必要があります、直径が10ミクロン以下である必要があります。粒子が大きすぎたり不規則だったりすると、完成したコンポーネントに欠陥が生じる可能性が高くなります。したがって、原材料は細心の注意を払って準備および分析する必要があります。粒子サイズの最も簡単な方法はふるい分析ですが、使用可能な最小メッシュサイズは20ミクロンであるため、ここでは適していません。レーザー回折は、金属の微粉末の測定に適しています。操作が簡単で、迅速に結果が得られます。粒子サイズ分布は、すべての粒子を球状として評価するソフトウェアによって計算されます。



画像解析式粒度分布測定装置CAMSIZERX2を使った10種類の金属粉末の粒子形状の分析。

定量的な結果に加えて、形態とサイズの違いを目視で確認することが出来ます。

アスペクト比が高いほど球形の粒子が多く図の右側に表示されます。大量の球形粒子から少量の非球形粒子を検出できるのも、動的画像解析の大きな利点です。

粒子サイズと粒子形状を同時に分析するには、静的画像分析と動的画像分析の2つの方法があります。最初の方法は静的であるため、比較的少量のサンプルしか評価できません。ただし、動的画像分析では、粒子はエアジェットまたは液体によって搬送されカメラを通過します。このようにして、数十万から数百万の粒子が自動的に分析され、サンプル品質の真の画像が提供されます。

マイクロトラックMRBのCAMSIZERX2は、動的画像分析（DIA）を使用して、優れた再現性を備えた金属粉末の迅速かつ正確な粒子分析を実現します。さらに、ユーザーは豊富な材料データを取得できるため、粉末の品質に関するより深い知識を得ることができます。このシステムは、倍率の異なる2台のカメラで動作するため、0.8 μmから8mmまでの広い測定範囲をカバーします。

DIAの大きな利点は、粒子サイズと粒子形状（円形/不規則な粒子、衛星、凝集体などのパーセンテージ）を同時に測定できることです。特大または小さめの粒子または不規則な粒子のごくわずかな割合（~0.01%）でも、1~3分以内にシステムによって検出されるため、継続的な品質管理が可能になります。

## 金属粉末の純度が重要です

AMが金属粉末を溶かすのに必要なエネルギーは、粒子のサイズだけでなく、粉末の化学的性質にも依存します。炭素含有量が増えると、たとえば鋼（0.002%~2.06%）では、硬度と脆性も増加しますが、融点は低下します。硫黄は鋼の被削性を向上させますが、延性を低下させます。

遊離窒素は粒界に沿って局在し、延性に影響を与えます。酸素は鋼を柔らかくし、水素は機械的安定性を低下させます。

ELTRAのELEMENTRACONH-pアナライザーで純度を分析するために、金属サンプルを溶かし、含まれている酸素、窒素、水素を放出します。空気、COに変換し、CO<sub>2</sub>に酸化します。酸素含有量はIRセルで検出されますが、窒素と水素の濃度は熱伝導率セルで測定されます。

熱伝導率セルは、膜に結合されたマイクロメカニカルシリコンチップに基づいています。ガスの熱伝導率が変化すると、膜の加熱に必要な加熱能力も変化します。これは、測定信号によって示されます。このメソッドは堅牢で、広い濃度範囲で安定した測定結果を保証します。

誘導炉では、サンプルは純酸素雰囲気中で溶融されます。燃焼ガスが浄化され、二酸化硫黄が赤外線測定セルで検出されます。COをCO<sub>2</sub>に酸化し、二酸化硫黄を三酸化硫黄に酸化した後、SO<sub>3</sub>ガスが除去され、炭素含有量がIRセルで確実に検出されます。

**ELTRA**  
ELEMENTAL ANALYZERS



炭素/硫黄分析装置  
ELEMENTRAC CS-i

**CARBOLITE®**  
**IGERO 30-3000°C**



の金属レトリートを見る応力を緩和する添加剤で製造されたサンプルを含むGPCMA / 174

**Retsch®**  
MILLING SIEVING ASSISTING



電磁式ふるい振とう機 AS 200ベーシックは、金属粉末のふるい分けに適しています

**QTM**  
ADVANCED MATERIALOGRAPHY



切断機 プリラント220

## 熱処理は不可欠です

原材料の品質が正しければ、金属部品は直接または間接の2つの方法で付加的に製造できます。直接プロセスでは、レーザービームが20ミクロンの薄さの金属粉末（チタン合金Ti6Al4V、ステンレス鋼など）の層を溶かします。溶融池の下の高いエネルギー入力と温度勾配は、製造された部品に高い残留応力を生成します。

これらのストレスを和らげるために、正確な温度制御による熱処理が行われます。酸素の悪影響により、このプロセスステップは窒素下、またはチタンの場合はアルゴン下で行われます。GPCMA調整雰囲気チャンバー炉とHTK真空炉を備えたカーボライト・ゲロは、このアプリケーションに最適なソリューションを提供します。

間接AMの場合、金属やセラミックを使用した粉末射出成形の場合と同様に、出発粉末がバインダーと混合され、グリーンパーツが形成されます。次のステップでは、バインダーを熱的、触媒的、または溶剤で除去します。現在、粉末はバックボーンバインダーによってのみ一緒に保持されているため、パーツは非常に敏感になります。次に、残りのバインダーを真空、空気、または不活性ガス下で熱的に除去し、部品を同じ炉内で特に必要な雰囲気下で焼結します。不活性ガスまたは反応性ガス、高真空、さらには超高真空下での作業の可能性により、非常に敏感な材料の焼結が可能になります。

## 貴重な残留物のリサイクル

金属粉末を使用した3D印刷の仕組みにより、印刷プロセス後にかなりの量の余分な粉末が残ります。これは部分的に凝集していますが、より細かい部分はさらなる印刷に使用できます。この目的のために、余分な材料は、レッチェのAS200ベーシックのような電磁式ふるい振とう機でフラクションに分離され、製造プロセスに再導入されます。

粉末射出成形中に、バインダーが部品から除去されて焼結されると、望ましくない特性を持つ中間生成物が生じる可能性があります。これらの不良部品は、例えばレッチェのジョークラッシャーBB 500で粉砕され、原材料が回収されて再利用されます。

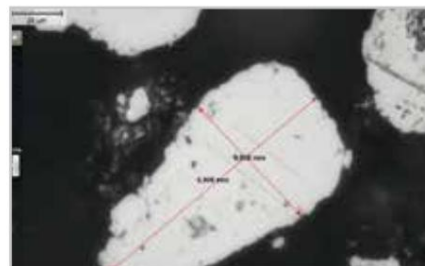
## 欠陥の信頼性の高い検出

金属粉末の細心の注意を払った分析と調製にもかかわらず、付加的に製造された部品は欠陥がある可能性があります。例えば、添加レーザー粉の蓄積溶接によって製造された部品は、重複する溶接ビーズで構成されています。溶接の各ラウンドは、硬度を下げることによって下の層の微細構造に影響を与え、場合によっては、これが亀裂を引き起こす可能性があります。

潜在的な欠陥を検出するには、最初に部品を切断する必要があります。その後、QTMのQプレス50を使用してエポブラックのような樹脂のサンプルを埋込み、次のステップで、研磨とポリッシングをします。そして、最後にエッチングを行うことでサンプルの微細構造がはっきりと識別することができます。

マイクロ硬さ試験と光学評価のステップとして、QATMはQness 60シリーズの硬さ試験機を提供しています。0.1 mm未満の粉末は、低い試験力と小さなインデント対角線の測定が必要となるため、ピッカースが唯一の適切な試験方法です。

硬さ試験のソフトウェアで測定した、  
アルミニウム粒子のサイズ (40xレンズ)



## 結論

使用する原材料が最適な品質である場合、積層造形や粉末射出成形は大きな可能性を秘めていると結論付けることができます。ただし、プロセスを継続的に監視する必要があり、完成した部品を綿密に調べて、高品質でコスト効率の高い製造プロセスに関連するパラメータを確認する必要があります。この記事で紹介したVerderScientific Divisionの企業は、これらの要件に対して信頼性が高くユーザーフレンドリーなソリューションを提供しています。

詳細をご覧ください

[www.verder-scientific.jp](http://www.verder-scientific.jp)