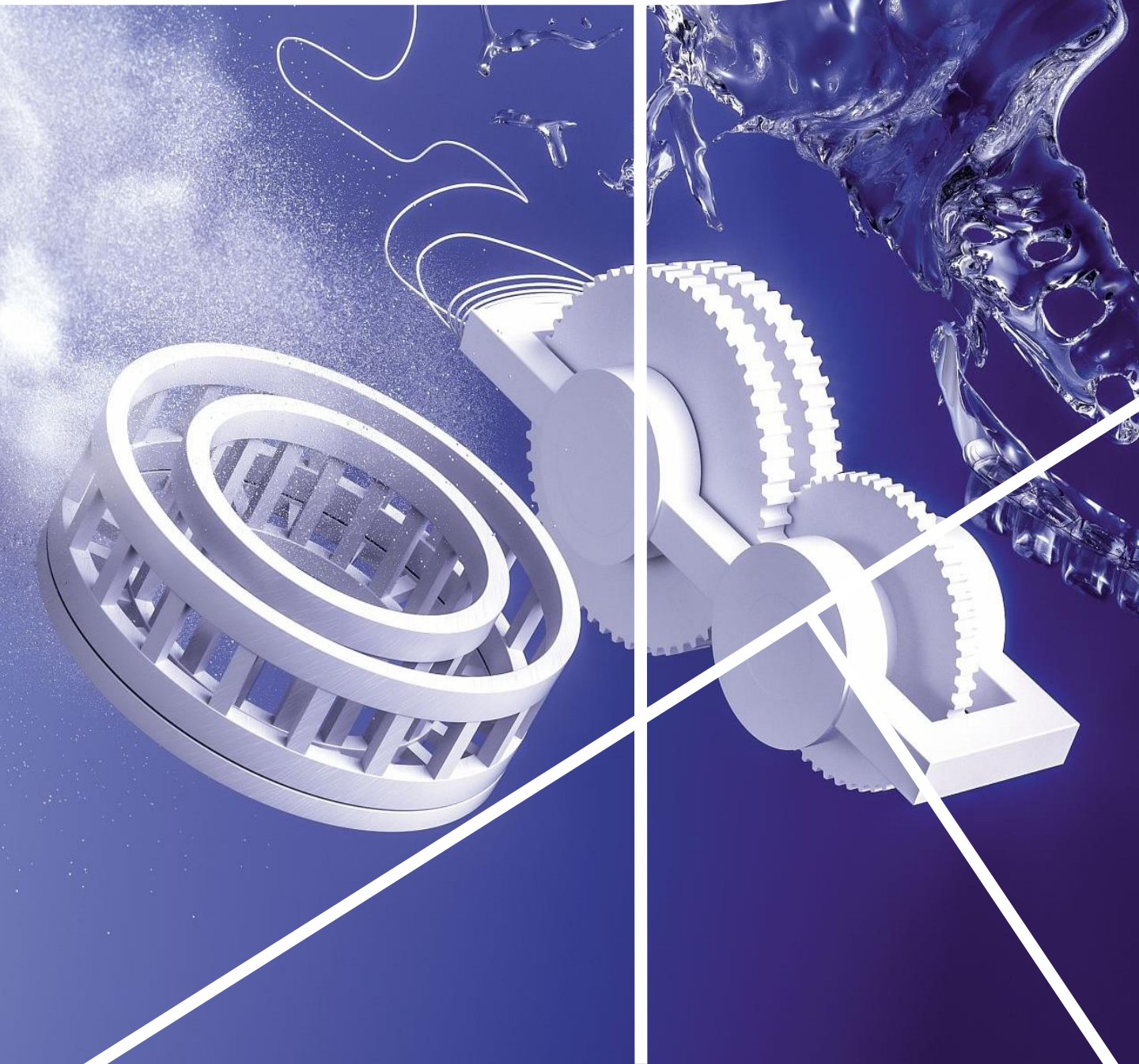


3D PRINTING SOLUTIONS

BY ARKEMA

White Paper ～解説～

高機能プラスチックによる
AM(積層造形、付加製造)の使用用途の
拡大について



Contents

はじめに	3
AM(積層造形、付加製造)が産業にとって革命的な理由	4
従来の製造手法とデジタル製造手法	6
Rilsan® PA11 – 植物由来の高機能エンブラ	7
Kepstan® PEKK – PEEKより優れるスーパーエンブラ	10
N3xtDimension® 機能性樹脂	12
サステイナブルな3Dプリンティング材料	14
AM開発における健全なる協力関係	15
Beyond just printing	17



はじめに

AM(アディティブマニュファクチャリング、積層造形、付加製造)すなわち3Dプリンティングは、試作(プロトタイプ)のための生産手法の枠にとどまらず、従来手法、企業がアイデアや製品を設計、製造、販売するビジネスプロセスを創造的に破壊するインパクトをもたらしています。

ビジネスのサイクルが短く、早くなり、部品は軽く、耐久性が改善され、サプライチェーン全体が合理化される。これらは、AM技術(機器、ソフトウェア、プリント後の処理)と使用される高性能材料の開発により、促進されています。



「AM技術と高機能材料が大きく飛躍したことで、サプライチェーン全体を合理化できました。」

AM(積層造形・付加製造)は可能性に満ちていて、発展の余地が大いにあります。「より速く、より安く、より良く」は生産における普遍的な目標ですが、従来の製造法にAMを適用する際の問題を回避するには、技術の進化に応じて従来法とAMとの差異と利点を理解し、AMの可能性を踏まえたより良い予測を行うとよいでしょう。

AM(積層造形、付加製造)が産業にとって革命的な理由

約20年前にAM(積層造形、付加製造)が世間に知られるようになったころ、ラピッド・プロトタイピング(rapid prototyping)の一手法として認知されていました。それ以降、新しい3Dプリント・プラットフォームと新しいプリント技術により、AMは非常にダイナミックな成長を遂げました。その結果、3Dプリントの能力の拡大により、工業生産規模で高機能部品の製造が可能になりました。AMは、アイデアの構想から製造、流通にわたり、我々の製品に対する考え方を変えるよう迫っています。AMのインパクトは、製造方法の革新だけにとどまりません。むしろ、バリューチェーン全体とビジネスモデルに抜本的な変化をもたらしているのです。



3Dプリンティングのもう1つの重要な利点は、「マスカスタマイゼーション」が可能なことです。従来の製造技術とは異なり、AMは最小生産数量、工具、金型交換の制約がありません。AMは、単純なプリンティング工程からなり、特注部品・治具などの切り替えを必要としません。3Dプリンティングは「マスカスタマイゼーション」、つまりは従来と比べて低単価での特注部品製造を可能にします。

AM(積層造形、付加製造)の統合により、製造業は、物流、連続生産、マスカスタマイゼーション、および/または3Dプリンティング技術に基づくまったく新しいビジネスモデルの創出など、パラダイム・シフトをもたらします。



ビジネスモデルを見直したり、AM市場の専門家とのパートナーシップの可能性を検討したりするだけでなく、3Dプリンティングの統合により、製造業は現地生産化や従来の製造技術と3Dプリンティングの統合の可能性など、新たな課題を検討できるようになります。

従来の製造手法とデジタル製造手法： 両者の隔たりを埋める必然性とは

AM(積層造形、付加製造)技術の進歩に足並みをそろえるように、3Dプリンティング用の高性能材料も進化しています。これまでの知見を深化し、「従来技術」と「革新が繰り返される新しい技術」とのギャップを解消することを基本として、ArkemaはAM技術の研究開発を進めています。

精力的な開発にもかかわらず、3Dプリンティングは未だに従来の製造法とデジタルな製造法の大きなギャップを埋められません。例えば、従来の工業生産の制約を克服している3Dプリンタメーカーであっても、デジタル製造とそのプレイヤー、限界と機会をようやく見出し始めている段階にすぎません。材料メーカーは、このギャップを埋める取り組みを促進することができますし、むしろそうすべきである、と取り組んでいます。

最適化した特殊な3Dプリンティング用素材を3Dプリンタメーカーと共同開発する一方で、エンドユーザーと従来の製造法で長年にわたり用途開発しているので、Arkemaを含む材料メーカーは、従来製造法とデジタル製造法とが相反する領域での制約事項について深い知見を有しています。3Dプリンティングによる用途開発競争が本格化する頃には、素材メーカーは重要な役割を果たすようになり、ユーザーは包括的なAMの価値を得られるようになるでしょう。

イノベーションの核心となる素材： 高性能熱可塑性プラスチックとUV硬化性樹脂

[3D Printing Solutions by Arkema](#)と提案している、Arkemaの様々な洗練された3Dプリンティング用ポリマーは、UV硬化、PBF(粉末床溶融)、FFF(FDM、フィラメント押出)など、すべての主要なAMの工法に対応して開発しました。Arkemaは、熱可塑性樹脂のRilsan®PA11、Kepstan® PEKK、紫外線硬化型のN3xtDimension®液体樹脂を製造・販売しています。これら3つとも、容易にプリント可能で、優れたパフォーマンスを発揮します。

「過去に行った試行を理解し、強化することは、従来のテクノロジーと新しいテクノロジーとのギャップを埋める上で重要です。」

Rilsan® PA11

植物由来の高機能エンブラ

ひまし油を原料とする植物由来の高機能エンブラとして知られるRilsan® PA11は、近年急速にAM(積層造形、付加製造)における主要樹脂材料の一つとして取り上げられるようになりました。それはPBF(粉末床溶融)加工特性に優れ、極めて特徴的に機械的特性に優れているからです。Rilsan® PA11ファイン・パウダーでプリントされた部品は、優れた靱性と耐久性があり、AMによる最終製品部品の生産に適しています。

Rilsan® PA11は、PA11または11ナイロンとしても知られています。この100%植物由来のポリアミドポリマー(ナイロンポリマー)は、複雑な幾何学形状のカスタムメイド製品の作成など新しい可能性を提供します。

植物由来のPA11と石油由来のPA12の化学的構造の違いは、繰り返しのポリマー骨格における炭素原子数が1つ違うだけ。しかし、その一つの炭素原子数の違いが、ポリアミドポリマーの3次元構造に大きな差異をもたらします。PA11は、独特の緻密な結晶形態を有しているため、PA12では困難で過酷な環境における動作の信頼性が高く、3Dプリンティング部品に要求される厳しい特性を満たすので、PA12ではなく、PA11が指定されることがよくあります。

通常、積層平面(Z軸方向)の3Dプリンティング部品の機械強度は、XY平面よりもはるかに弱くなります。しかし、このような懸念も、PA11の優れた機械特性と等方性により解決できます。さらに、PA11は優れた延性を備え、圧縮強度にも優れます。加えて、耐疲労性にも優れているため、耐久性を要求される部品・製品へのPA11の採用事例が欧米を中心に増えています。

「PA11は、過酷な環境でのパフォーマンスで信頼されています。そのため、AM部品・製品の中でも、厳しい要求特性に対応可能な3Dプリンティング材料として指定されることが多いです。」



機械機構部品： RILSAN® PA11の採用によるデザイン革新と簡易化

AM技術の重要な利点の1つは、様々な機械要素を統合した機構部品を1度のプリントで製造できることです。

Bowman International社(英)独自のスプリットベアリング用トリプルラビンスケージ(下写真)は、ケージのクリックフィットシステムが要求する靱性と耐疲労性を唯一満足できたRilsan®PA11を使用しています。

ベアリングは、発電、製造機械、航空宇宙用途などに使用される機械機構のなかで重要な部品になります。Bowmanのベアリングケージは、ジョイントやスプリングプレートのない独自の設計により、ローラーを非常に簡単に取り付けられます。この革新的な設計により、工具を使用せずに簡単に取り付けられるようになり、メンテナンス作業が容易になりました。PA11の特性と耐久性を考慮しても、ラビンスケージは従来のベアリングケージを置き換え可能な優れた製品です。

「AM技術の

重要な利点の1つは、

様々な

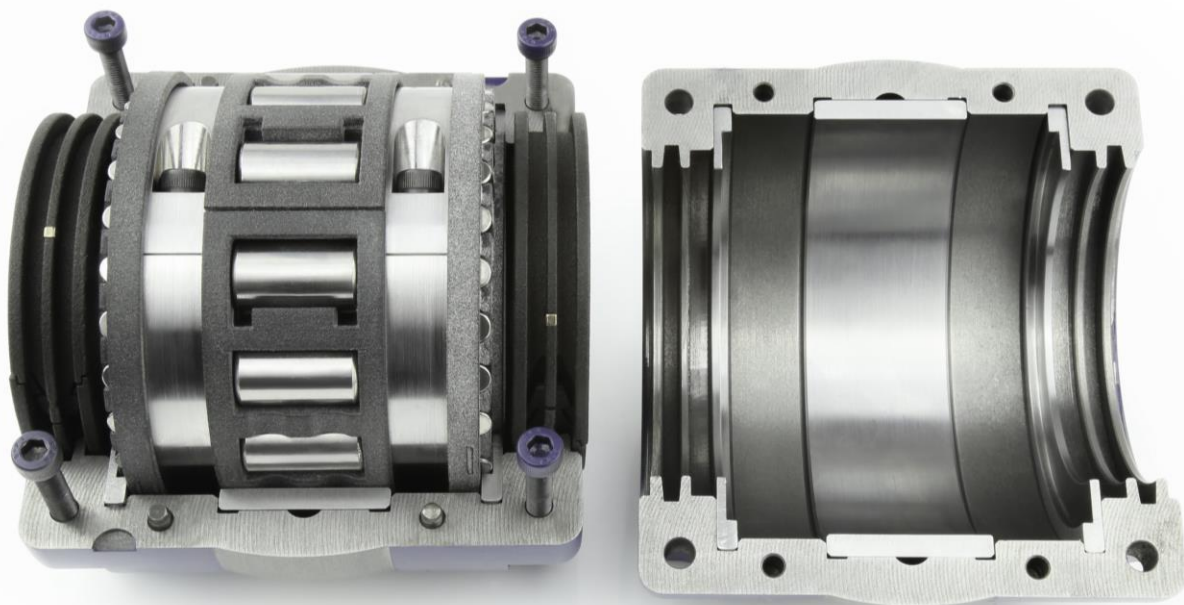
機械要素を統合した

機構部品が

1度のプリント

で製造できる

ことです。」



写真提供：Bowman International 2019

ヘッドギア・プロテクター： カスタムデザインと安全性の向上 ～植物由来RILSAN® PA11



カスタムメイドのHEXRヘルメットは、チャリダーの頭の形に合わせて作られた世界初の3Dプリント自転車用ヘルメットです。これにより、調整された快適なフィット感が保証されるだけでなく、ハニカムコア構造は従来のフォーム（発泡素材）ヘルメットよりも26%安全であることが証明されています。

Rilsan® PA11は比重が小さいため、軽量性と最大限の快適さをもたらし、柔軟性と延性が向上し、耐衝撃性と安全性が向上します。PA11で3Dプリント造形することにより、上述のヘルメットの安全性能をかつてないほど向上できました。

写真提供：HEXR 2019

Kepstan® PEKK

PEEKより優れるスーパーエンブラ

Rilsan® PA11に加え、Kepstan® PEKKは、アルケマのAM(積層造形、付加製造)用の高性能熱可塑性樹脂のポートフォリオにおけるもう一つの主要製品です。

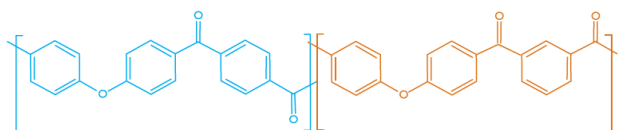
Kepstan® PEKKは、加工性に優れ、強度、靱性、難燃性を有したスーパーエンブラであり、非常に要求の厳しい用途に理想的です。非常に優れた機械強度と靱性により、Kepstan® PEKKは金属部品の代替材として特に適しています。さらに、100°Cを超える高温環境での優れた機械特性を有し、自己消化性を有した難燃性を兼ね備えています。一般的なポリアリルエーテルケトン(PAEK)のPEEK樹脂とは異なるPEKK樹脂の特徴により、溶融フィラメント方式(FFF、FDM)または選択的レーザー焼結方式(SLS)のどちらにも理想的な高性能ポリマーで、航空宇宙産業でのAM用にすでに使用されています。

Kepstan® PEKKは、PAEKの中で一般的なPEEKの繰り返しのポリマー骨格のうちの一つのエーテル基(Eと表記)をケトン基(Kと表記)で置き換えたものになります。Kepstan® PEKKのケトン基Kはエーテル結合Eよりも強固な結合を形成し、ガラス転移温度(T_g : ポリマーが最初に軟化し始める温度)が高くなります。また、Kepstan® PEKKはコポリマーであり、2種類のポリマーの比率を変えることで、融点、結晶化度、結晶化速度を制御できます。

結晶化挙動の制御により、Kepstan® PEKKは、PEEKでは難易度が高かったFFF方式やSLS方式の3Dプリンティングが容易になりました。また、両者を比較するとKepstan® PEKKの方が、 T_g がより高く、圧縮強度がより強く、バリア性能が改善され、より優れた耐摩耗性と低摩擦係数が得られます。

Kepstan® PEKKは、分子量をコントロールしたり、ガラス繊維、炭素繊維、カーボンナノチューブなどの添加剤の添加により、特定のニーズに合わせた調整が可能です。軽量で丈夫で、耐薬品性にも優れるため、非常に要求の厳しい環境における金属部品代替に有効で、軽量化に寄与します。

「結晶化挙動の制御により、Kepstan® PEKKは、PEEKでは難易度が高かったFFF方式やSLS方式のAMが容易になりました。」



航空宇宙用途： KEPSTAN® PEKKによる金属部品代替

航空宇宙および自動車用途での炭素繊維3Dプリンティング部品は、その優れた軽量性と耐薬品性および耐熱性により、金属部品代替として一般的になっています。従来工法では複数の部品を組み合わせて一つの機能部品とするところを、AM法を利用することで一つの3Dプリンティング部品で置き換える設計が可能です。Kepstan® PEKKとカーボンファイバーでプリントされたHexcelのHexPEKK™部品(以下写真)は、複数の要素からなる部分を分割することなく直接3Dプリントすることにより、複雑なダクトシステムを簡素化できます。3Dプリンティングにより複数の部分を統合した部品が得られるので、従来工法で個別に製造したコンポーネントを組み立てるよりも、時間とコストを削減できます。さらに炭素繊維強化PEKKは、高温環境での耐性、機械的耐久性および耐薬品性に優れるので、従来のマグネシウム部品またはアルミニウム部品を置き換えることができます。



N3xtDimension®機能性樹脂

「光造形3Dプリンティングでは、個々の成分組成による特性の微妙なバランスが必要です。」

N3xtDimension®は、Arkemaが「[3D Printing Solutions by Arkema](#)」で展開している製品ラインナップのうち、もう一つの主要製品です。高度な液体樹脂N3xtDimension®は、「靱性が良好で水溶性」もしくは「注型可能でより柔軟性がありより高い耐熱性を持つ」ように設計されており、光造形3Dプリンティングのステレオリソグラフィ（SLA）とデジタル・ライト・プロセッシング（DLP）、バインダーージェットティング（BJ）、またはマルチジェットプリント（MJP）でプリントできます。

N3xtDimension®機能性樹脂は、大量生産性を考慮した特注材料です。エンドユーザーの特定の要求特性に対応するために、樹脂材料ベースから作り込むことができるのがメリットです。光造形3Dプリンティングでは、液体樹脂、添加剤、光開始剤などからなる個々の組成によって特性が異なるので、これらの微妙なバランスをとることが肝要です。そのため、深い専門技術知識、高度な材料研究開発、そしてマーケットリーダーとの密なコラボレーションを大いに必要とします。N3xtDimension®機能性樹脂をご利用いただくことにより、医療、歯科、自動車、消費財など大半の市場で、お客様の成功に寄与する光造形3Dプリンティング製品製造を実現できます。

スポーツシューズ： パフォーマンス設計の自由度 UV光造形

スポーツシューズ業界は、パフォーマンス、快適さ、創造的なデザインといった項目で非常に要求が厳しい業界です。デジタル製造会社のCarbon®は、3Dプリンティング技術と革新的な材料科学を組み合わせることで、靴の製造に革命をもたらしています。

N3xtDimension®機能性樹脂でプリントされた格子構造物は、高いレベルでの衝撃や応力の吸収に適した、独特のスポンジのような軽量構造体です。

N3xtDimension®機能性樹脂のユニークな機械特性により、パフォーマンスの向上、生産の迅速化、簡素化、および前例のない幾何学的設計の可能性が得られます。N3xtDimension®機能性樹脂によるプリンティング部品は、弾力性、引き裂き抵抗、弾力性が向上していて、機能的な観点からも優れています。



写真提供：Carbon® 2019

歯科用途： 光造形3Dプリンティングによる 製造時間短縮と製造工程の簡略化

歯科業界は、マスカスタマイゼーションとオンデマンド生産の恩恵を受け、3Dプリンティング技術を最も早く採用した企業の1つです。Dentca社の義歯製造は、デジタルワークフローを実装することにより、製造工程の簡略化に成功しました。例えば、市場投入までの時間が改善され、製品の精度が向上し、納期の遅延を削減でき、顧客満足度を向上などを達成することができました。

Dentca社の3Dプリント義歯は、SartomerのUV硬化型N3xtDimension®機能性樹脂とテーラーメイドソリューションにより製造されますが、従来の製造プロセスと比較して並外れて自由度の高い義歯製造プロセスを実現することができました。Dentca社の3Dプリンティング義歯は、歯科業界でFDAの承認を受けた最初の3Dプリンティング義歯です。



写真提供：Dentca 2019

サステイナブルな3Dプリンティング材料

AM(積層造形、付加製造)は、経済的に無駄が少なく、待機時間が短いという利点に加えて、環境へのポジティブな影響からも好感を持たれています。工場で製造された部品を運送途中に二酸化炭素(CO₂)などを多量に排出するコンテナやトラックで運送する中央集約的な仕組みから、「必要なものだけ、必要な時・場所で製造」のAMによる分散・デジタル化した生産ネットワークへの移行が模索されています。

また、3Dプリンティングのユーザーは、よりクリーンで、よりサステイナブル(持続可能)な3Dプリンティング材料を求めています。ArkemaのRilsan® PA11は、植物油のひまし油を原料とする、100%植物由来のプラスチックです。Rilsan® PA11は、CO₂排出量を可能な限り小さく保ち、企業の社会的責任の目標を達成しながら、Arkemaが革新と進歩を続ける手段の優れた一例といえます。

さらにArkemaは「Pragati」プロジェクトの創設メンバーであり、全世界の70%のトウゴマが生産されているインドのグジャラート州における活動に2016年から参加しています。このプロジェクトは同地域の農家のトウゴマ作物の生産を奨励するもので、当プロジェクトの取り組みにより2016年の収穫量と比較して55%の収穫量の増加を達成しました。現在も、持続可能なトウゴマの生産を目指し、活動を継続しています。



AM(積層造形、付加製造)開発における健全なる協力関係

生産方法をAMに統合や移行を検討する際、意思決定者は射出成形と3Dプリンティングのそれぞれの長所と短所を正しく理解する必要があります。射出成形の場合、上市されている射出成形用プラスチックグレードの技術情報を得ることは比較的容易ですが、3Dプリンティング用のプラスチックグレードの技術情報はまだ十分ではありません。

Arkemaは、樹脂グレードの選択、3Dプリンティングにおける条件設定、得られる3Dプリント部品の諸特性が、お客様の用途における要求事項に合致しているか確認できるように詳細な技術資料が必要とされるので、プリンターメーカー、サービスビューローなど、複数の関係者間で技術情報を共有する必要がある、と理解しています。

Arkemaとフィンランドのプリンターメーカーおよび高性能ポリマースペシャリストのminiFactory社との関係は、まさに上記の好例です。

同社は、ArkemaのKepstan® PEKKが強度、靱性、使用温度、加工のしやすさなどの品質を備えていて、過酷な環境においても優れた特性を発揮することを求める航空宇宙クライアントに適していると感じ、感銘を受けました。しかしながら、射出成形部品ではなく、Kepstan® PEKKの3Dプリンティング部品を使用してもらうには、さまざまな状況、特に地球周回軌道上で遭遇するであろう状況で、性能と技術的特性を要約した完全な材料データシートを用意しなくてはなりません。

Arkemaは、1年以上miniFactory社と継続的なコミュニケーションをとることで、実際の使用用途におけるKepstan® PEKKの特性を評価し、ついには技術項目を網羅したデータシートの作成まで到達できました。このプロセスは長く困難なものでした。miniFactory社のセールスおよびマーケティングディレクターのOlli Pihlajamäki氏は、「最終用途のために1枚のデータシートを作成するということは、あらゆる範囲の材料を設定が異なる他メーカーの100台のプリンターを使用して機械的特性を説明し、機械強度と3Dプリンティングの品質について最良の組み合わせを説明するという事です。」と述べています。

実際は、miniFactory社とのプロジェクトの際中、多くの質問が生じました。特に低温で放射線が飛び交う星間環境といった、極端な条件でのKepstan® PEKKの性能についてです。この共同プロジェクトの責任を果たすため、Arkemaは技術者が真空ガス放出や等方性特性などの特定の課題について試験に専念できる環境を整えました。このプロジェクトがきっかけで、アルケマはKepstan® PEKKの低温特性を試験しています。

「Center of Excellence (CoE, 横断組織)は、イノベーションの中心であり、技術者は最適な樹脂を開発し、3Dプリント業界で協力して材料の課題を解決します。」

3Dプリンティングには、1つの明らかな潮流があります。それは、パートナーシップと共同開発の価値を理解して、より多くのデータを生み出し、AM(積層造形、付加製造)を産業の主流に向けて推進すること。

miniFactory社の場合と同様、Arkemaは、3Dプリンタメーカー、サービスビューロー、そしてエンドユーザーとの複数のパートナーシップと共同開発プロジェクトに取り組んでいます。



ArkemaのCenter of Excellence(CoE, 横断組織)は、この新しい共同開発プロジェクトの象徴です。先端材料を使用した新しい3Dプリンティングの用途開発に特化した国際的な研究開発ネットワークは、3つのセンターで構成されています。そのうちの1つのフランスにあるセンターは、PBF(粉末床溶融)に注力していますが、米国にある他の2つのセンターでは、UV硬化樹脂とFFF(フィラメント押出, FDM)に特化しています。

3つのCoEには、新しい材料を開発および評価するための実験設備、3Dプリンター、その他設備をすべて備えています。しかしそれだけではありません。これら3つのセンターは、お客様とのパートナーシップを構築し、共同プロジェクトを円滑に進めるためのイノベーション・センターです。アルケマの技術者と提携したり、用途の要求特性を満たす新規樹脂組成を開発したり、3Dプリンティングでは達成できていない材料の課題解決に協力したりするために、3Dプリンタメーカー、サービスビューロー、エンドユーザーは、機器や人員を収容、派遣できます。

Beyond just printing

AM(積層造形、付加製造)は、製造業のサプライチェーン全体にじわじわと影響を広げています。特注生産、複雑な形状設計の自由、製品開発サイクルの高速化、パーソナライズ、再利用性、コストと生産時間の削減、二酸化炭素排出量の削減など、ビジネス上の可能性は無限です。継続的なイノベーションと用途拡大は強力で刺激的ですが、それは人跡未踏の地を冒険するかのような、不確実さに苛まされることでもあります。製造の思考の枠組みを転換し、製造プロセスと使用機器の全面的な見直しが求められるAMへの移行は、多くの人にとって、将来への見通しを非常に困難なものにします。

不本意さは否めませんが、時間の経過とともに、

1. 工業生産コミュニティの健全な発展
2. 最先端テクノロジーの開発

のために、データの作成、収集、共有を協力し続けることが、プリント材料メーカー、3Dプリント機器メーカー、3Dプリント出力サービス会社(サービスビューロー)およびエンドユーザーの責任となるでしょう。

3Dプリンティングによる部品や製品と従来手法による部品や製品とを比較した結果は否定できず、3Dプリンティング技術と材料の迅速な改善は今後とも続いていくことでしょう。このことは、従来の製造方法が存在意義を失ったということではありません。従来法と3Dプリンティングの双方を理解し、それぞれの特徴を活かし、さらなる進化を目指すことこそが、全産業が3Dプリンティングをスムーズに導入した先のあるべき姿ではないでしょうか。

さらに詳しく：3D-arkema.com(英・仏語のみ)

The statements, technical information and recommendations contained herein are believed to be accurate as of the date hereof. Since the conditions and methods of use of the product and of the information referred to herein are beyond our control, Arkema expressly disclaims any and all liability as to any results obtained or arising from any use of the product or reliance on such information; NO WARRANTY OF FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE, WARRANTY OF MERCHANTABILITY OR ANY OTHER WARRANTY, EXPRESSED OR IMPLIED, IS MADE CONCERNING THE GOODS DESCRIBED OR THE INFORMATION PROVIDED HEREIN. The information provided herein relates only to the specific product designated and may not be applicable when such product is used in combination with other materials or in any process. The user should thoroughly test any application before commercialization. Nothing contained herein constitutes a license to practice under any patent and it should not be construed as an inducement to infringe any patent and the user is advised to take appropriate steps to be sure that any proposed use of the product will not result in patent infringement. See SDS for Health & Safety Considerations.

Arkema has implemented a Medical Policy regarding the use of Arkema products in medical devices applications that are in contact with the body or circulating bodily fluids (<http://www.arkema.com/en/social-responsibility/responsible-product-management/medical-device-policy/index.html>) Arkema has designated medical grades to be used for such medical device applications. Products that have not been designated as medical grades are not authorized by Arkema for use in medical device applications that are in contact with the body or circulating bodily fluids. In addition, Arkema strictly prohibits the use of any Arkema products in medical device applications that are implanted in the body or in contact with bodily fluids or tissues for greater than 30 days. The Arkema trademarks and the Arkema name shall not be used in conjunction with customers' medical devices, including without limitation, permanent or temporary implantable devices, and customers shall not represent to anyone else, that Arkema allows, endorses or permits the use of Arkema products in such medical devices.

It is the sole responsibility of the manufacturer of the medical device to determine the suitability (including biocompatibility) of all raw materials, products and components, including any medical grade Arkema products, in order to ensure that the final end-use product is safe for its end use; performs or functions as intended; and complies with all applicable legal and regulatory requirements (FDA or other national drug agencies). It is the sole responsibility of the manufacturer of the medical device to conduct all necessary tests and inspections and to evaluate the medical device under actual end-use requirements and to adequately advise and warn purchasers, users, and/or learned intermediaries (such as physicians) of pertinent risks and fulfill any postmarket surveillance obligations. Any decision regarding the appropriateness of a particular Arkema material in a particular medical device should be based on the judgment of the manufacturer, seller, the competent authority, and the treating physician.

アルケマ株式会社
機能性樹脂事業部

京都テクニカルセンター

〒100-0011
東京都千代田区内幸町2-2-2
富国生命ビル15F
Tel. 03-5251-9917(代表)

〒600-8815
京都市下京区中堂寺粟田町93
京都市サーチパークSCB3
Tel. 075-326-7431(代表)

ARKEMA
INNOVATIVE CHEMISTRY

Headquarters: Arkema France

420, rue d'Estienne d'Orves
92705 Colombes Cedex - France
Phone: +33 (0)1 49 00 80 80
Fax: +33 (0)1 49 00 83 96
arkema.com