[e-book] humm3®
システム

工業化への移行

詳細をご覧くださ

目次

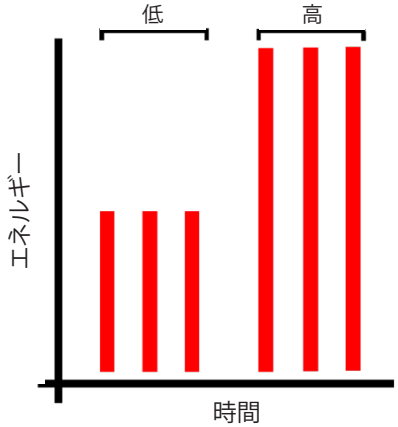
humm3®テクノロジーとは…… 3
humm3®の仕組み…… 4
工業化への課題と必要性…… 5
開発までの道のり…… 6
動作中のhumm3®…… 7
政府出資のプロジェクト…… 8
humm3®システムの構造…… 9
humm3®の昇温率と冷却率の比較…… 10
レイアップ熱可塑性樹脂の赤外線画像…… 11
べき法則…… 12
工業化で私たちが学んだこと…… 13
英国ナショナルコンポジットセンター（NCC）におけるhumm3®…… 14
ドイツ航空宇宙センター（DLR）におけるhumm3®…… 15
結論…… 16

ご存知でしたか。
「humm3」の「humm」は
ハチドリに由来しています。
これは、この技術が精度、
スピード、動作の連続性と
いう特性があることと、ホバ
リング中のハチドリの羽の
見え方が、一見してフラッシュ
ランプからのパルス光が一
定の光（毎秒60回）のよう
に反映して見えることことに
由来しています。「humm3」
の「3」は、3つのプログラム
可能な熱制御パラメータ、
つまり
パルス幅、エネルギー、
パルス頻度を表しています。

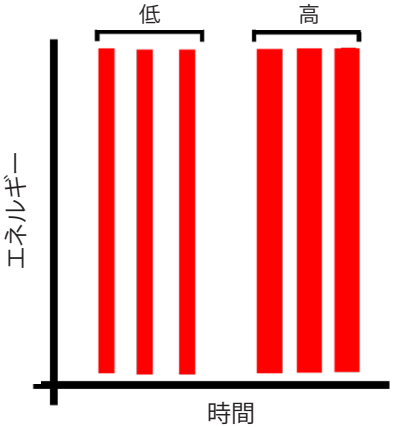
humm3® テクノロジーとは?

humm3®は高出力なブロードバンドのパルス熱源で、特に複合材料の加熱用に設計されています。自動繊維積層装置（AFP）、自動テープ積層装置（ATL）、フィラメントワインディング（FW）に最適です。
humm3®は、高出力かつ安全な制御性に優れた広帯域スペクトルの加熱源です。

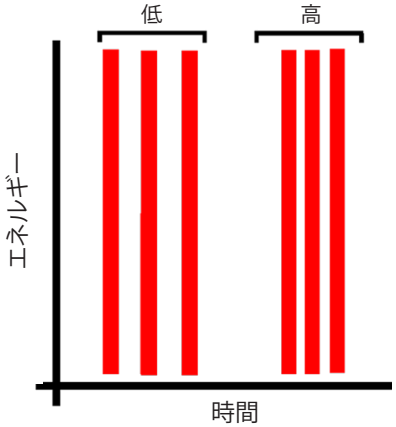
humm3®は、エネルギー、パルス幅、パルス頻度の3つのプログラム可能なパラメータを使用して熱プロファイルを制御します。



パルスエネルギー
パルスに投入されるエネルギー量



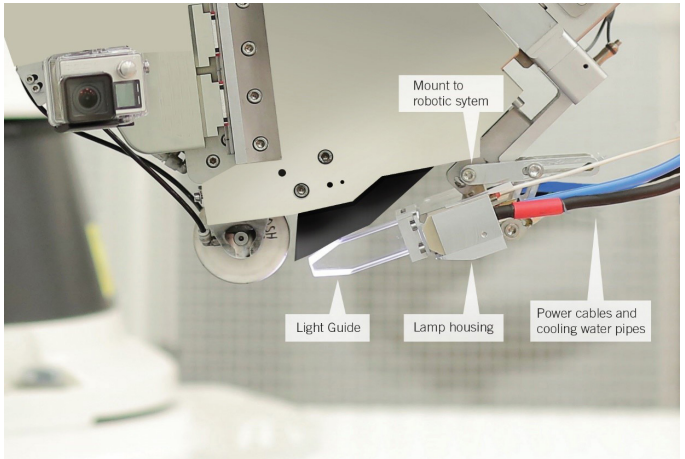
パルス幅
ミリ秒単位でのパルスの長さ



パルス頻度
与えられた時間内に何発のパルスを発光させるかを意味しており、humm3®は通常60Hz以上で動作します。

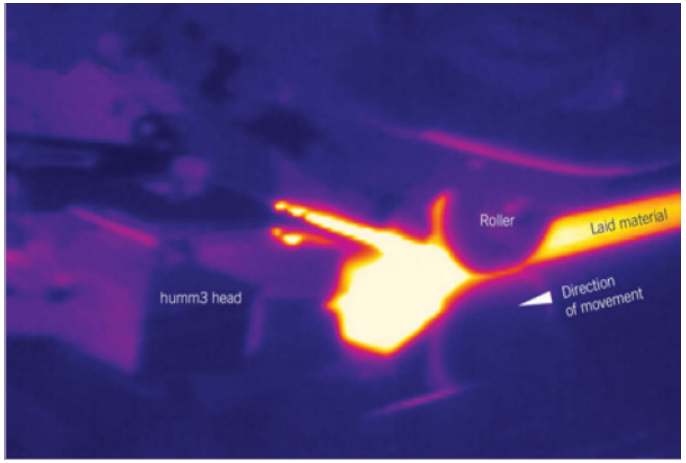
humm3®の仕組み

パルスエネルギーを正しい位置に導くために、固体の透明なライトガイドが使用され、大型の光ファイバーのような役割を果たし、フラッシュランプからのエネルギーを加熱エリアに集光します。AFPアプリケーションの場合、通常エリアはローラーと基板の間のニップポイントに近い箇所です。ライトガイドの端部は、エネルギープロファイルを最適化するために形状を変更することができ、次の画像のように加熱エリアを広くしたり狭くしたりすることができます。



画像1：ランプハウジングとライトガイドの位置

画像2: 最初のドライファイバーパネルを積層するクローズアップ画像。コリオリ社のhumm3®エンドエフェクター



画像3: 同じ形状の赤外線画像で、ニップポイントにエネルギーが集中している様子

工業化への課題と必要性

2012年、英国のナショナルコンポジットセンター（NCC）は、熱可塑性プラスチックやドライファイバーなど、より高いエネルギーを必要とする材料のために、工業界で安全に使用できる高出力かつ制御可能な熱源を探していました。

NCCにとって最も重要な検討事項の1つは、熱源の工業用途での安全性でした。これらの材料にはレーザーがよく使用されており、性能は良いものの、安全面での負担が大きくなります。この負担を軽減することが、NCCが代替の熱源を探す動機となりました。

これは、ヘレウス・ノーブルライト社自身の思いと重なりました。キセノンフラッシュランプを製造しているケンブリッジのチームは、製品のさまざまな使用方法を研究し、新しい用途を積極的に探していました。

複合材料の加工はチームの優先課題で、humm3®が開発されました。これは、複合材料の加熱に必要とされる高速昇温と冷却速度を有しています。クラス4のレーザー筐体を必要としない安全で広帯域スペクトルのランプです。機敏なヘッドはコンパクトで、複雑な設備や形状にも対応できます。高いエネルギーと温度出力を持ち、幅方向の拡張が可能です。現在、この分野で最大の加熱幅は300mmで、これ以上の幅についてはご相談ください。

なぜキセノンフラッシュ加熱を使うのでしょうか？

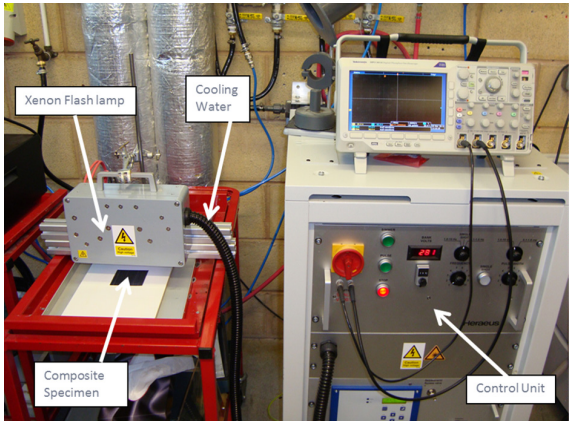
当時、技術的には次のようなギャップがありました：

- **レーザー：** 加熱と冷却が非常に速く高温です。大量のレーザー光学は、複雑な形状の加工には問題があります。彼らは連動された筐体なしで使用することはできませんので、クラス4レーザーを使用すると安全性に対する大きな負担があります。最後に、安全装置と安全な作業環境を維持するための追加管理のコストを考慮に入れると特に高価になることがあります。

- **赤外線ヒーター：** 安価でコンパクトですがキセノンランプに比べてエネルギー密度が低い為に、短時間での昇温が必要な熱可塑性材料の加熱にはキセノンランプが有利になります。赤外線ヒーターは厚みのある材料の加熱に効果を発揮します。

開発までの道のり

「ウェット・ホレス」

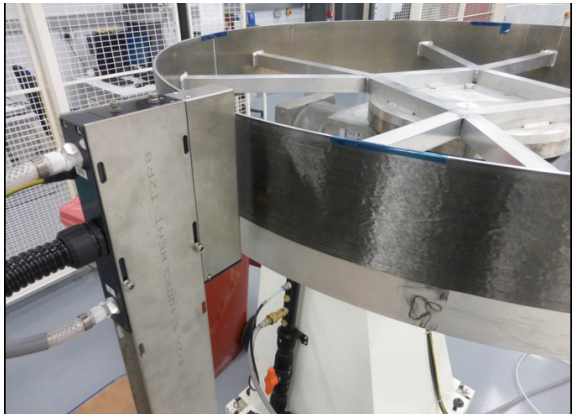


「ウェット・ホレス」という名前は、水冷式キセノンヒーターの試作品の愛称でした。
最初の実験は、キセノンフラッシュランプ、ハウジング、電源、制御装置、出力を監視するオシロスコープで構成された「ウェット・ホレス」で行いました。チームは、室温から220℃までの複合材料を、ミリ秒で1回のフラッシュで加熱できることが分かりました。

試作品

試作品
「ウェット・ホレス」は、コンパクトで頑丈、安全性を高めた新しく革新的なデザインに変更されました。AFPロボットシステムへの組み込みが初めて可能になりました。この試作品では、humm3®システムにあるライトガイドはまだ搭載されておらず、チームもこの利点をまだ見いだせていませんでした。

最初の動的トライアルテスト装置

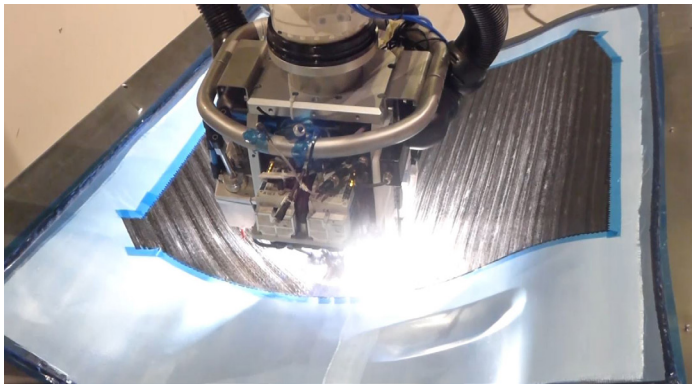


最初の動的トライアルテスト装置
動的試験では、静的フラッシュランプと、水平面上で1.5m/sの速度で回転する大型ドラムを使用しました。フラッシュランプは、ドラムの外周に取り付けられたドライファイバーを加熱しました。この装置では、速度、オフセット、パルスエネルギー、パルス幅、パルス頻度を完全に制御することができました。

動作中のhumm3®

Compositadour社製装置でのhumm3®の動作を見るにはここをクリックしてください。

Coriolis社製装置でのhumm3®の動作を見るにはここをクリックしてください。

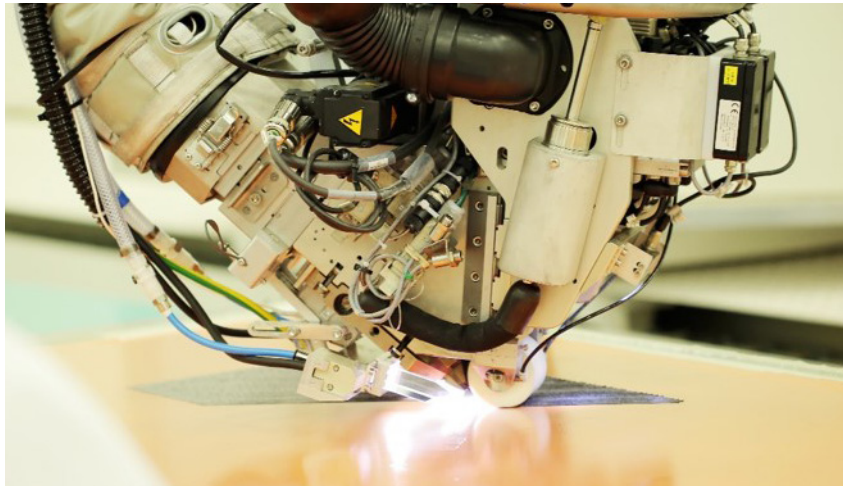


このシステムはフランスのCompositadourに設置されており、Hexcelハイテープドライファイバーを6.35mm（1/4”）の8本のトウで積層している様子が示されています。また、フラッシングが始まると、humm3®システムは凹部に近づき、その後減速して毎秒1メートルの速度で加速し、常に最適な温度を維持しています。

この画像は、フランスのコリオリシステムで製造されているデモ用のスパーを示しています。
ロボットは速度ゼロからプロセスを開始し、角に差し掛かると減速し、その後加速しているのが分かります。これは、最適なプロセス温度を維持するために必要な正確なレベルの制御を実証しています。

政府出資のプロジェクト

画像4：　2016年英国ナショナルコンポジットセンターでのデモンストレーション日の様子



画像5：　2016年に英国ナショナルコンポジットセンターで開催されたデモンストレーションの日のhumm3®クローズアップ写真

どちらの画像も2016年に**NCC**で行われたデモンストレーションの日に撮影されたものです。この日は、2つのプロジェクトで搭載されました。ヘレウス・ノーブルライトは、重要な開発を可能にした**NATEP**（国立航空宇宙技術開発プログラム、National Aerospace Technology Exploitation Programmeの略称）の資金調達を得ました。その後、Innovate UKとのプロジェクトでは、より大きな32kWの研究開発システムの構築を可能にし、より高出力なhumm 3®の可能性を探ることができました。

humm3®チームは現在、航空機用の熱可塑性尾翼の製造を目的とした「**CLEAN SKY 2 FRAMES**」構想に取り組んでいます。ヘレウスの役割は、これらの部品の製造プロセスを加速させる加熱装置の製造を主導することです。この新たな取り組みではDLRとCompositadourと提携しました。

humm3®システムの構造

コントロールパネル： 加熱のオン/オフにデジタル信号、アナログ信号、開始/停止、4～20ミリアンペア信号を使用し、プロセスとの相対的な出力に変えます。

チラーユニット： 熱交換器の熱を取り込み、プロセスエリアの余分な熱を除去するユニット

水： 冷却剤としての役割

ヘッド： キセノンフラッシュを照射

ライトガイド： 内部反射を利用して、プロセスに正確にエネルギーを誘導

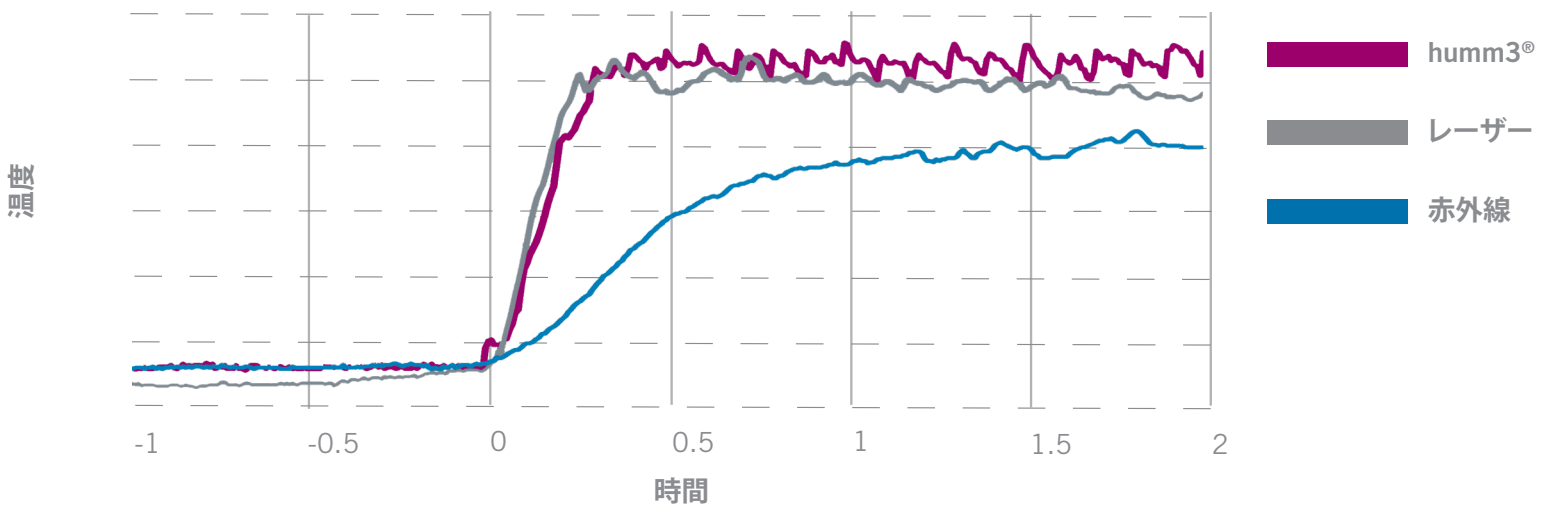
電源：6kWの独立した電源

画像6:　ラボ用に設定されたNFS2001

humm3®の昇温率と冷却率の比較

右のグラフは、3つの加熱装置を比較した測定箇所を示しています。
humm3®とレーザーの立ち上がり、立ち下がりはほぼ瞬時ですが、赤外線はこれらに比べると遅くなります。潜熱は冷却水でhumm3®のヘッドから除去されますが、これにより、正確な温度制御が可能になります。

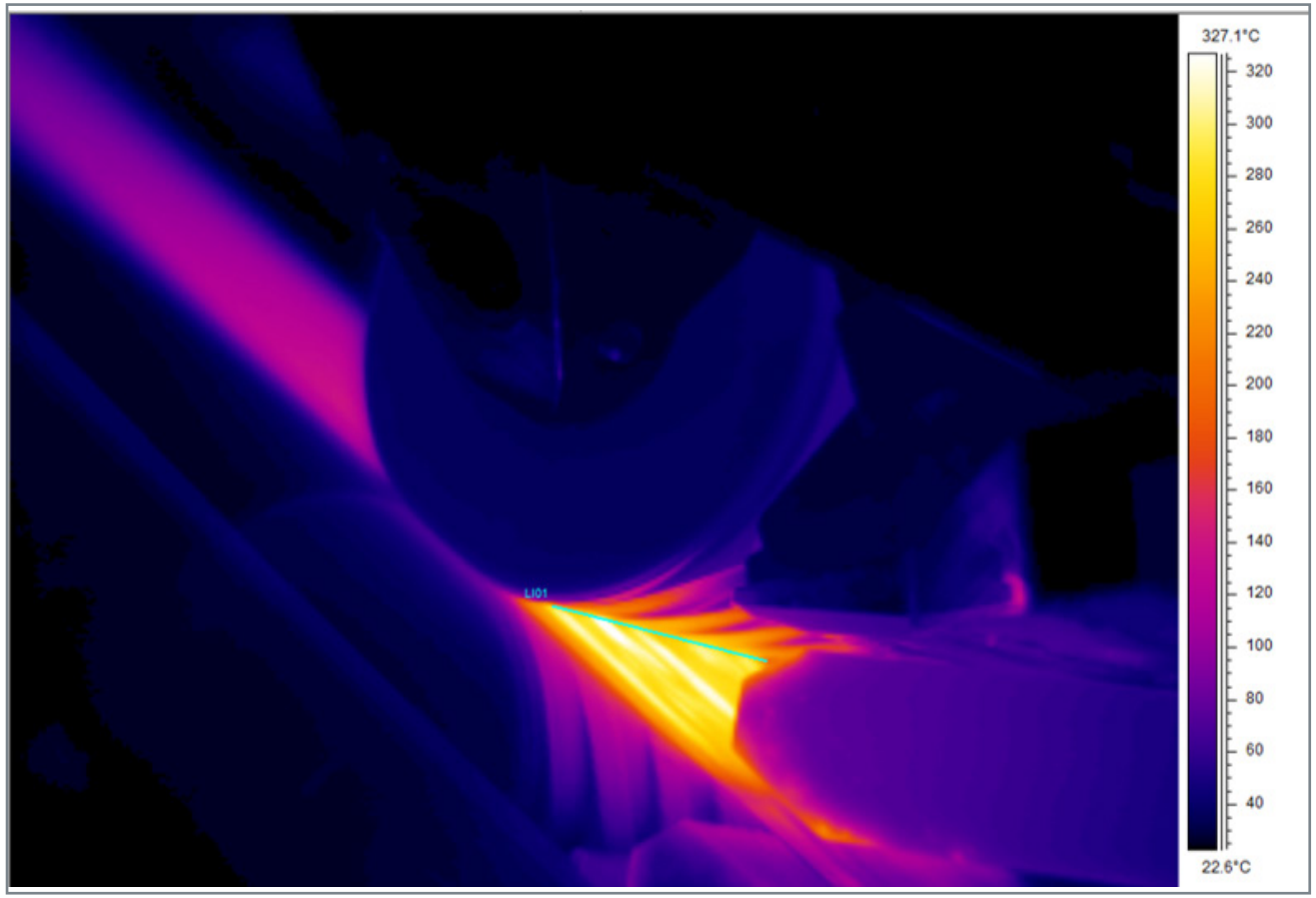
0.25 m/sでのターゲットの移動速度におけるhumm3®、レーザー、赤外線ヒーターの熱量比較



動いているターゲットを対象とした実験では、humm3®の加熱速度はレーザーと同等で、赤外線ヒーターよりも速いことが示されています。これは冷却についても同様で、humm3®には残留熱がありません。

グラフ1:　0.25 m/sでのターゲットの移動速度におけるhumm3®、レーザー、赤外線ヒーターの熱量比較

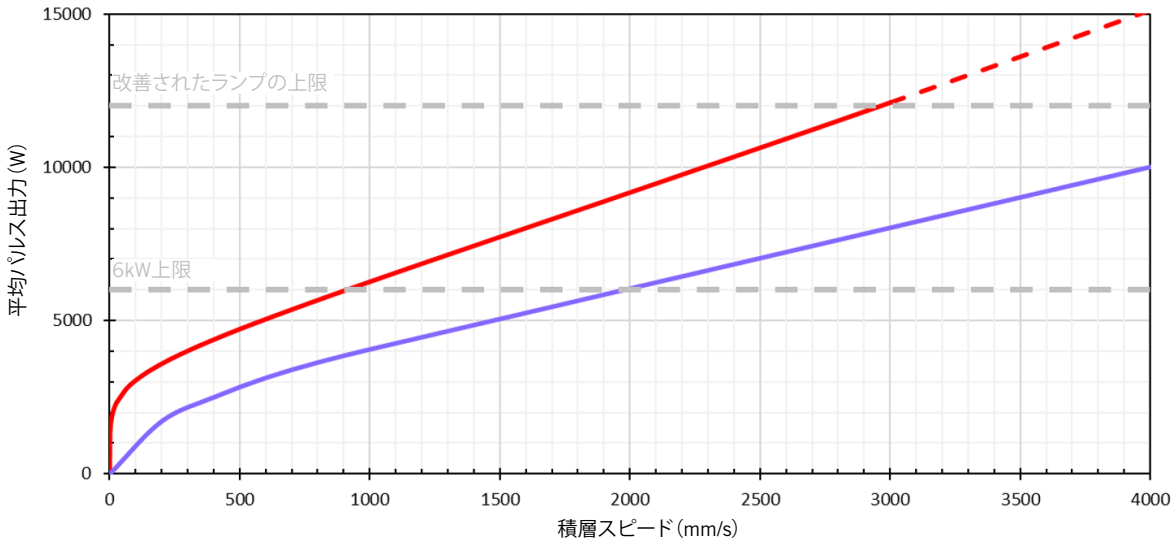
レイアップ熱可塑性樹脂の赤外線画像



画像7:　レイアップ熱可塑性樹脂の赤外線画像

左の画像はレイアップ熱可塑性樹脂の赤外線画像です。ライトガイドが右側に見えますが、比較的冷えています。プロセス全体で均一な熱分布が見られ、最高温度は320℃に達しています。他の熱源と比較して、humm 3®の加熱方法によって結晶性と多孔質性が改善されたという証拠がいくつかあります。比較的広い面積で加熱と冷却が行われることで、加熱後の完成品の品質が向上するようです。

べき法則



グラフ 2:　ニップポイント温度210°C のドライファイバー（赤）と、ニップポイント温度 50°C の熱硬化性材料（青）の50.8mmの加熱幅における速度とべき法則の関係
注）グラフは、1000mm/s以上はべき法則の式を用いて推定しています。

このモデルは、大型な装置を用いてInnovate UKとの試験で作成され、humm3®　技術のより幅広いパラメータを使用しています。グラフ上の線はプロセス温度を表し、「べき法則」と呼ばれています。humm3®の制御機能について上述しましたが、ここでは動的プロセスで正確な温度を維持するためにどのようにhumm3®が役立つかを見てみましょう。

モデルは220℃の温度（赤線）を示しており、Hexcel®社のハイテープ材のプロセスを表しています。

青色の線は熱硬化性材料を表しています。
しかし、humm3®を使用する際には、加熱してすぐに除去することができるため、プロセスの開始時や終了時に接着性に無駄や差が生じないことが重要です。正確な制御と迅速な立ち上がり、立ち下がりにより、「べき法則」が可能になります。humm3®の瞬時の立ち上がりと立下りの応答時間は、可変速度での一定の温度制御による高速成膜を可能にします。

詳細はこちらをクリックしてください：Monnot, P. 氏、Williams, D. P. 氏、Di Francesco, M.氏による自動ドライファイバー積層のためのフラッシュランプベースの加熱ソリューションの出力制御

工業化で私たちが学んだこと

高い出力

お客様からは高い平均出力を求められており、それがモジュール型電源を作るきっかけとなりました。私たちの現場での最大の電源は40kW以上のものです。

オフロボット - オンロボット

高エネルギーのモジュールをプロセスの近くに配置することが望ましいと考えられたためロボットに搭載する「オンロボット」に、電源は「オフロボット」に分けられました。
オンロボットモジュールは、動的な設定で使用するように設計されています。すべてのケーブルは動的動きに適しています。

交換可能なヘッド

工業用アプリケーションでは、プロセス要件やメンテナンスに合わせて、ヘッドモジュールを最小限のダウンタイムで迅速に交換できるように、「プラグアンドプレイ」タイプのヘッドの接続が求められていました。

フィールドバス通信

私たちは、装置の組み込みを容易にするために、直感的なユーザーインターフェースを備えたProfinet / Modbus PLCの機械制御を使用しています。

人工光放射(AOR)

humm3®は、安全面での負担を軽減しており、レーザーとは大きく異なります。私たちのチームはこの分野のリーダーで、定量的な情報を提供し、お客様のAOR管理を支援することができます。

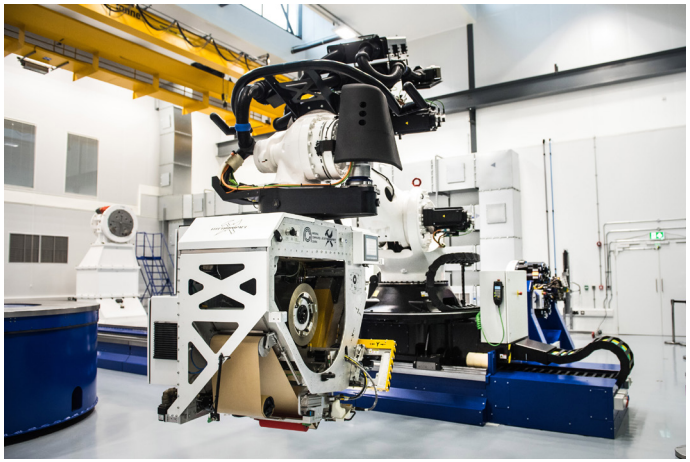
サービスモデル

ヘレウスは世界各地にサービスエンジニアを擁するグローバル企業です。

NCCでは、現代の最も複雑なエンジニアリング上の課題を解決し複合材料技術を使用するために、技術者と協力しています。

ナショナルコンポジットセンター最高技術責任者であるエンリケ・ガルシア氏は、「ヘレウス・ノーブルライト社との関係を特に誇りに思っています。同社のhumm3®技術により、企業は自動繊維積層装置の利点を十分に活用することができ、幅広い産業分野で複合材料の開発と普及を促進することができます。この技術は、素晴らしいアイデアから、ここナショナルコンポジットセンターにおいて、世界中で使用されている製品へと発展しました」と述べています。

英国ナショナルコンポジットセンター（NCC）におけるhumm3®



humm3®は、NCCの**AFP-ATL**セルに設置されています。このシステムには複数のプロセス幅があり、AFP（Automated Fiber Placement）では102mmから、ATL（Automated Tape Layup）では75mmから300mmの幅のヘッドを使用することができます。

これは**超高速蒸着セル**です。これは複合材の翼を迅速に生産するために作られたもので、特に「明日の翼」プログラムのために作られました。この工業化されたhumm3®システムは、38.1 mm (1.5”)のヘッドを6個持ち、一度に228.6mm (9 “)の幅を加熱することができます。

ドイツ航空宇宙センター（Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt、略称DLR）GroFi cell におけるhumm3®

DLRのGroFi cell では、ロボットがメンテナンスエリアから様々な作業ステーションに移動し、大型装置の上に設置されているトラッキングシステムとしてセルが設定されています。この装置には、102mm (4”)幅の加熱ヘッドモジュールが完全に組み込まれており、1台のロボットから別のロボットに組み込むことができます。ロボットに搭載された電源、つまりオンロボット電源は、プロセス要件に応じて1台のロボットから別のロボットに持ち上げることができます。

ここをクリックして関連ウェビナーをご覧ください。「humm3®：工業化への移行」をクリックしてください。

humm3®についての詳細や、お客様の複合材料やプロセスに適した加熱源の選択方法についてのご相談は、私たちの担当者にお問い合わせください。

結論

humm3®技術は、自動繊維積層装置（AFP）、自動テープレイアップ、フィラメントワインディング、その他の複合材アプリケーション向けの柔軟で制御可能な加熱ソリューションです。これは、3つのパルスパラメータを使用した洗練されたパルス光ソリューションで、瞬時に目標温度に達することができます。

humm3®のメリット:

- ランプの残熱がない急速加熱/冷却：　ドライファイバーや熱可塑性プラスチック複合材の高温加熱に最適
- 安全性の向上：　humm3®は、クラス4のレーザー筐体やそれに伴う安全管理の負担を必要としない、安全で広帯域スペクトルのランプです。
- 幅の広い加熱幅のオプションで、迅速な積層が可能です。
- 小さな俊敏なヘッド、複雑なカーブ形状に最適
- プラグアンドプレイ方式のヘッド接続性：　ヘッドモジュールはお客様のプロセス要件に合わせて、またはメンテナンス時に素早く交換可能です。
- 正確な動的温度制御

お客様の複合材の加熱ニーズに適した技術を提案させていただきます。是非以下までお問い合わせください。

ヘレウス株式会社ノーブルライト事業部
lls.hkk@heraeus.com

このeBookはヘレウス・ノーブルライトが作成しました。

ヘレウス・ノーブルライトは、真空紫外から中波長赤外線までの波長領域を網羅する工業用特殊光源を光ソリューションとして提案し、工業用製品、環境保護、美容、研究開発や分析測定技術などの幅広いアプリケーションで使用されています。製造拠点は、ドイツ、米国、英国、中国に有しています。
英国ケンブリッジにある拠点は、フラッシュランプ技術およびhumm3®システムの本拠地です。フラッシュランプの自動製造においては、2015年英国女王賞イノベーション部門を受賞しました。