

COAXシステム技術：レーザー
クラディングと積層造形の
ソリューション

**COAX system technology: Solutions
for laser cladding and additive
manufacturing**

システムを備えた材料とレーザー
Materials and Lasers – Competence with a System

目次

Contents

積層造形によりレーザークラディングへの関心が高まる Additive manufacturing is driving the demand for laser cladding	4
カスタマイズされたプロセス開発とシステム技術 Customized process development and system technology	6
フラウンホーファーIWSのソリューション Fraunhofer IWS solutions	8
精密レーザークラディング用のシステム技術 Systems engineering for high-precision laser cladding	10
用途の広いレーザークラディング用のオールラウンドシステム Allround systems for multi-functional laser cladding	18
レーザークラディングの最大要件のための高い性能 High power for maximum performance in laser cladding	28
内側コーティング：深い輪郭向けの加工ノズル Internal coating: Nozzles for deep contours	36
プロセス監視：レーザークラディング用センサー Process monitoring: Sensors for laser cladding	42

積層造形によりレーザークラ ディングへの関心が高まる

Additive manufacturing is driving the demand for laser cladding

レーザー技術によるコーティングプロセスは、航空業界、発電、金型および工具製造、その他多くの業界において長く重要な役割を果たしてきました。企業は、これら最新の仕上げプロセスを、肉盛にますます利用しています。レーザーによる積層造形は、複雑なコンポーネント形状を実現し、製品品質を高め、競合他社との差別化を図るための可能性を提供します。さまざまな材料を冶金学的に結合したり、構造を作り出すという効率的なプロセス、照射ツール、加工ノズルが求められています。これらの技術により、表面の機能化、コンポーネント設計の修正、耐久性のあるアセンブリを完全に交換せずに修理することが可能になります。

1990年代にコーティングユニット COAX8 で初めて工業規模で発売された、フラウンホーファー材料・ビーム技術研究所のCOAXシステムのシリーズは、今日まで発展を続けています。モジュール設計を特徴とし、最高の要件を満たし、それにもかかわらず扱いやすいものとなっています。100Wのレーザー出力での μm レベルの最小構造から、20kWを超える利用、さらに45mmのトラック幅まで、ドレスデンの研究所は産業利用に対する顧客ごとのソリューションを提供します。コーティングユニットに加え、品質とプロセスの監視と制御のためのモジュールと、「インダストリー4.0インターフェース」を利用できます。



*Left: Induction-assisted additive manufacturing of a component.
Right: Laser cladding is a well established technology for the repair of turbine blades.*

Laser coating processes have long played a key role in the aerospace industry, in power generation, mold and tool making, and in many other branches of industry. Businesses are increasingly using these cutting-edge finishing processes for generative buildup. This is because laser-based additive manufacturing enables companies to realize complex component geometries, enhance product quality and stand out from competitors. Demand for high-performance processes, optic tools and processing nozzles that enable the metallurgical bonding of different materials or generate structures is high. They can be used to functionalize surfaces, retroactively modify component designs, or repair long-life assemblies instead of replacing them completely.

First implemented on an industrial scale in the 1990s with the COAX8 coating unit, the Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology's COAX system family continues to evolve to this day. It is characterized by its modular design, meets the highest standards requirements and yet is easy to operate. The Dresden-based institute offers customer-specific solutions for industrial applications ranging from the smallest structures at μm level with 100W laser power to applications requiring more than 20kW and up to 45mm of track width. In addition to the coating units, modules for quality and process monitoring/control are available, as are "Industry 4.0 interfaces".

カスタマイズされたプロセス 開発とシステム技術

Customized process development and system technology

COAXシステムのシリーズには、粉末とワイヤーによるレーザークラディング用のモジュール加工ヘッドの完全なラインが含まれています。そのために、Fraunhofer IWSは、材料を同軸で加工ポイントのレーザー光線に供給し、方向に依存しない溶接結果を実現する特殊なコーティングヘッドを開発しています。このシステムは、一般的なレーザーシステムや、積層造形用のハイブリッドマシニングセンターで使用されています。特別に開発されたコーティングユニットは、極端な条件や、制限された空間条件での使用に最適化されていますが、別のユニットは、特に微細構造、チタンや高エントロピー合金などの高付加価値材料に適しています。Fraunhofer IWSは、常にこの製品ラインを開発し、お客様の要望により、光学部品を内蔵した完全なコーティングユニットを構築しています。主な利用分野は、腐食保護や摩耗保護、修理、コンポーネントの積層造形などの表面機能化です。実際には、このシステムは例えば、航空機製造、オイル・ガス業界、自動車製造、宇宙、全産業の工具製造用の部品生産において、長年にわたって実証されています。



Combining laser cladding and induction not only enables crack-sensitive base materials to be coated smoothly, but also significantly increases the application rate.

The “COAX” system family comprises a comprehensive line of modular machining heads for laser buildup welding using powder and wire. For this purpose, the Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology IWS develops special coating heads for coaxial feeding of the material to the laser beam at the machining position to produce an omnidirectional welding result. These systems are used in conventional laser systems and hybrid machining centers for additive manufacturing. Specially developed coating units are optimized for use in extreme conditions or confined spaces, while others are designed for particularly fine structures or for high-grade materials such as titanium or high-entropy alloys. The Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology IWS is constantly refining this system line and designs entire coating units with integrated optical components in response to customer order. The main fields of application are surface functionalization, such as corrosion or wear protection, repair, and additive manufacturing of components. In practice, these systems have proved their worth over many years in component manufacturing for aircraft construction, the oil and gas industry, vehicle manufacturing, the aerospace industry, and toolmaking across all sectors of industry.

Fraunhofer IWSの ソリューション

Fraunhofer IWS solutions

お客様のご要望により、Fraunhofer IWSは各企業のニーズに合わせてカスタマイズされた産業グレードのレーザークラディングプロセスを開発しています。研究者は、最適化された溶接パラメーター、適切なシステム技術、目標に向けた経済的なプロセスのための最適化された加工ノズルを選定します。プロセス開発の際には、顧客要求、それぞれのアプリケーションおよび加工形状と部品特性が、加工が簡単なものから難しい（積層）材料においても考慮されます。それには軽金属合金、ニッケル合金、スーパーニッケル合金、青銅合金、硬質合金あるいは高エントロピー合金が含まれます。酸化しやすい材料の場合には、加工ノズルへ局所的に、あるいはハウジング全体に不活性ガス雰囲気を実装することができます。さらに、誘導発電機は、コーティングプロセスにプラスの影響をもたらす場合があります。この熱伝導オプションにより、例えばクラッド率を向上させたり、60 HRC以上の硬度の材料のひび割れを防ぐことができます。



This customized facility has been coating off-shore hydraulic cylinders around the clock since 2016 using 20kW of laser power and induction.

On request, Fraunhofer IWS develops customized, industry-qualified laser cladding processes tailored to the needs of the company in question. During this process, the researchers determine optimized cladding parameters, appropriate system technology and optimized nozzles to achieve a target-oriented, cost-effective process. Process development takes into account the customer's requirements, the specifics of the application as well as the properties of the geometries and components to be cladded for both easy and difficult to process (additive) materials. These include, but are not limited to, light metals, nickel and nickel super-alloys, as well as bronze, hard metals or high-entropy alloys. For oxidation-sensitive materials, a localized inert gas atmosphere can be introduced either at the nozzle itself or via an external processing chamber. In addition, induction heating can have a positive effect on the coating process. The addition and control of this extra heat source can help to increase the deposition rate or to prevent materials with a hardness above 60 HRC from cracking.



Left: Internal coating of reactor components.

精密レーザークラディング
用のシステム技術

**Systems engineering
for high-precision laser cladding**

COAX14

COAX14 V3は、最小のコーティング構造を適用しています。リング状ギャップノズルは、最も繊細に粉末をフォーカスさせるために特別に設計されたものです。COAXシリーズ全体のモジュール構造により、同じレベルのプロセス品質で、それぞれのノズルチップやノズルバリエーションを迅速かつ低コストで交換できます。このシステムは、最高のビーム品質を備えたファイバーレーザーやディスクレーザーに適しており、

例えば 50 μm 以上のトラック幅の格子構造を構築できます。COAX14 V5 は、便利な機械統合と高い粉末利用率を同時に達成するように設計されています。レーザーシステムにおける統合された光学部品を備えた完全なコーティングユニットとして、あるいは積層造形用のハイブリッド加工機の粉末ノズルモジュールとして使用できます。

The COAX14 V3 applies the smallest of coating structures. The annular gap nozzle is designed specifically for applications with the finest of powder focus. The modular design of the entire COAX series means that different nozzle tips and variants can be changed quickly and cost-effectively while maintaining a consistently high level of process quality. The system is suitable for fiber and disk lasers with the highest beam quality,

enabling the buildup of lattice structures with track widths greater than 50 μm . The COAX14 V5 variant is designed for convenient machine integration with simultaneously high powder utilization. It can be used as a turnkey coating unit with integrated optical components in laser systems or as a powder nozzle module in hybrid machines for additive manufacturing.

技術データ

- 素早く交換できるノズルチップ
- 50W から 4kW までのレーザー出力
- 粉末焦点: 0.6–2 mm
- 粉末の粒径 10–50 μm (COAX14V3) あるいは 50–150 μm (COAX14V5)
- 垂直傾斜角: 0–20° または 0–30°



COAX16

COAX16は、高いビーム品質を特徴とするファイバーレーザーおよびディスクレーザー用の小型コーティングユニットです。これは、部品上にアクセス困難なクラディング箇所があり、正確で方向に依存しない材料クラディングを必要とする用途に特に適しています。この粉末ノズルは、最小寸法と、非常にスリムな形状であるため、他のノズルバリエーションではコーティングを実施できないすべての場所に対して適用できます。例えばCOAX16を使用すると、到達が困難である飛行機エンジンのコンポーネントを修理したり、深いキャビティがある工具を追加で構築することができます。この加工ノズルは、合金を使った修理、造形、コーティングに使用されます。

The COAX16 is a miniaturized coating unit for fiber and disk lasers with high beam quality. It is particularly suitable for applications where the cladding area on the component is difficult to access but simultaneously requires precise direction-independent application of material. Since the powder nozzle has small dimensions and a streamlined design, it can be used at all points where other nozzle variants are no longer able to apply coatings. For example, the COAX16 can be used to repair the hardly accessible components of aircraft engines or for the generative buildup of tools with deep cavities. This nozzle is used for repair, generation and coating with metal alloys.



© Christoph Wilsnack / Fraunhofer IWS

技術データ

- 非常に優れたビーム品質で最大 1 kW のレーザーに適しています
- 粉末焦点 < 1.2 mm
- トラック幅 30 μm –1 mm
- 粉末粒径 10–50 μm
- 垂直傾斜角 0–30°

COAXwire mini

COAXwire mini は、細い金属ワイヤーによる方向に依存しない高精度クラッディング用に最適化されています。この光学系は、最大出力2-3kWのファイバーレーザー、ディスクレーザー、ダイオードレーザーを対照的に3つの部分ビームに分割し、それらを円形スポットにフォーカスさせます。この光学素子は、クラッディング用ワイヤーをレーザービーム軸に対して正確に供給できるように配置されています。レーザー誘導溶融池の中心に直接挿入されるワイヤーでは、方向に依存することなく加工することができます。このユニットは、特に小さなレーザースポットにより大きなメリットがあ

ります。最小のトレースの場合であっても、100%の材料使用率で生成できます。このコーティングユニットは、チタン、タンタル、金、銀、銅を基にした特殊合金に適しています。一般的な利用は、小さな部品の高精度な防食コーティング、アルミニウム工具の3D構造、修理用コーティングです。そのため、粉末よりもワイヤーを使用して作ることができるすべての3D構造用に設計されています。

技術データ

- ワイヤー径：0.1-0.6 mm
- トレース幅：0.4-3 mm
- 緑色レーザーと青色レーザー用にも設計されています
- 溶融池の温度検出用の CCD カメラ
- メディアの接続：冷却水、不活性ガス、圧縮空気
- 主要寸法：480x135x160 mm
- 重量：約 10 kg

The COAXwire mini is optimized for omnidirectional, high-precision buildup welding with filigree metal wires. The optics split the beam of a fiber, disk or diode laser with a maximum power of 2 to 3 kW symmetrically into three partial beams and then focus them into a circular spot. The optical elements are arranged in such a way that the wire can be fed accurately along the laser beam axis. The fact that the wire is inserted directly into the center of the laser-induced weld pool makes omnidirectional work possible. This unit offers considerable benefits in the case of particularly small laser spots. Even the smallest of tracks can be generated with 100 percent material deposition. This coating unit is suitable for special alloys based on titanium, tantalum, gold, silver and copper. Typical applications include high-precision corrosion protection coatings for small components, 3D structures on aluminum tools and repair coatings. So it is designed for all 3D structures that are more effectively produced with wire than with powder.



用途の広いレーザークラッディング用のオールラウンドシステム

**Allround systems for
multi-functional laser cladding**

COAXpowerline

リング状ギャップ粉末ノズル
COAXpowerline は、幅広い
産業用途と高い柔軟性のた
めの、レーザー粉末クラッ
ディング用の統合媒体供給を
使用したモジュール式ユニ
バーサルシステムとして開
発されました。素早く
交換できるノズルチップ
を備え、作業距離は 7、
13、20 mm で、スポット
幅は 1-12 mm です。クラ
ッピングが困難であったり、
特に硬質材料の組合せを
亀裂なく加工したり、クラ
ッピング率を向上させるた
めに、誘導加熱のモジュ
ールを内蔵しています。オ
プションとして、

クラッピングによるヒュー
ムの局部排出機構をノズ
ルチップに直接適用し、
周囲空気への有害蒸気や
光学部品の汚染を防ぐこ
とができます。到達が困
難である部品領域や、フ
レキシブルな焦点距離の
場合には、延長チューブ
を使ってノズルを例えば
50 mm や 100 mm 長く
することができます。

The COAXpowerline annular gap powder nozzle is a modular universal system with integrated media supply for laser powder cladding developed for wide-ranging industrial use and high versatility - with quick-change nozzle tips for working distances of 7, 13 and 20 mm and spot widths of 1 to 12 mm. A module for induction heating can be integrated to increase the deposition rate or to work, crack-free,

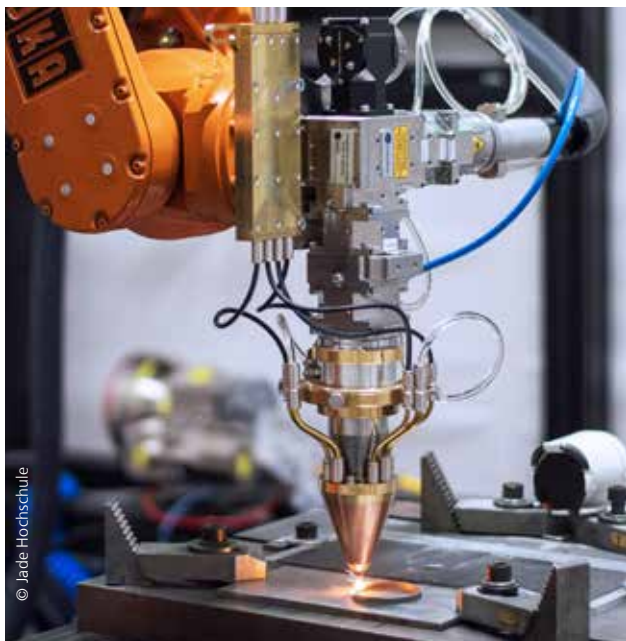
on difficult-to-weld and particularly hard material combinations. There is the option of using a localized exhaust system right next to the nozzle tip to prevent hazardous fumes from being released into the ambient air or contaminate the optical components. For flexible focal lengths or difficult-to-access component areas, the nozzle can be extended, for example, by 50 or 100 mm using extension tubes.

技術データ

- ファイバーレーザー、ディスクレーザー、ダイオードレーザーに適しています
- 亀裂が入りやすい材料へのコーティング
- 200 mm 以上の焦点距離が可能
- 延長チューブにより可変焦点距離に対して対応可能
- スポットサイズ: 1-12 mm
- レーザー出力: 最大 20 kW



COAX12



技術データ

- レーザー出力: 最大 10 kW
(ダイオード、ディスク、ファイバー)
- 粉末焦点: 2-10 mm、加工距離 13 mm または 20 mm
- 粉末供給量: 10-75 g/min
- 粉末効率: 最大 95%
- トラック幅: 最大 10 mm

リング状ギャップの代わりに、COAX12 では4つの個別になった、特に耐摩耗性のチャンネルが、加工点への粉末照射を形成します。このようにして、粉末の流れは重力の影響をほとんど受けず、極端な位置のクラディングが可能です。プロセス実行中には、ノズルは 90 度以上回転し、すべての軸周りで動くことができます。COAX12 加工ノズルは、ロボットシステムを使用する 3D 用途に特に適しています。モデル COAX12 V7 は、2.5-10mm の溶融池の直径

(スポット) 用に設計されており、非常に高いレーザー出力に対しても適用できます。これにより、自動車のルーフレッティング用のボディツールなどの特に広い面を生産的にコーティングすることができます。スリムな外観デザインにより、このノズルはBピラーを加工することにも適しています。

In place of an annular gap, the COAX12 uses four separate, particularly wear-resistant channels to guide the powder stream to the working point. In this way, powder streams are almost unaffected by gravity, and extreme welding positions are made possible. The nozzle can be swiveled by more than 90 degrees and can also be moved on all axes while the process is ongoing. The COAX12 nozzle is particularly well

suited to 3D applications involving robotic systems. The COAX12V7 model is designed for weld pool diameters (spot) between 2.5 and 10 mm and so can also be used for very high laser power. This allows for an efficient coating of particularly large surfaces, such as body molds for automotive roof panels. The streamlined exterior design also means that this nozzle is predestined for B-pillar machining operations.

COAX13

技術データ

- 高い浸漬深さ：約 200 mm
- 極端なクラディング位置も可能
(±90° の傾斜)
- ディスクレーザーとファイバーレーザー、ダイ
オードレーザーに適用可能
- レーザー出力：最大 3 kW
- トラック幅：最大 4 mm



4つの粉末照射ノズルのCOAX13は、長くてスリムなノズル本体と、30mmの小さな干渉輪郭径により、到達が困難である機能面や深いキャビティをコーティングするための優れた前提条件を提供します。特に、不活性ガス雰囲気ハウジング内で、損傷したチタン製タービンインペラを修理するために使用されます。積層造形を使用して、ブリスク、コンプレッサー用部品、あるいはその他3D構造を再構築できます。COAX12のように、4つの個別の粉末

照射が粉末焦点を形成するので、難しい位置での加工も可能です。ノズルは最大90°まで旋回できます。素早く交換可能なノズルチップを利用できます。

The COAX13 four-streams powder nozzle, with its long, slim nozzle body and a minimal interfering contour 30 mm in diameter, provides the right conditions for coating hard-to-reach functional surfaces and deep cavities. Its applications include repairing damaged titanium turbine blade wheels in a protective chamber with an inert gas atmosphere. Additive

manufacturing can thus be used to rebuild BLISK blades, compressor components or other 3D structures. As with the COAX12, the powder focal point is formed by four individual powder streams, meaning that work can also be carried out in tight spots. The nozzle can be swiveled up to 90 degrees. Quick-change nozzle tips are available.

COAXshield

チタン、タンタル、ニオブなどの脆いハイテク材料を積層処理するために、システム全体に不活性ガスのハウジングが必要です。ただし、このアプローチはコンポーネントサイズが大きくなるにつれ、技術的、経済的な限界にぶつかります。代替手段として、粉末ベースのクラディング用のCOAXshieldがあります。ヘリウム、アルゴンまたは別の不活性ガスの専用の同軸コーンが加工ゾーンを覆い、溶融池にある材料の酸化を防止します。ノズルヘッドは、一般的な加工光学系の下に取り付けることができます。一般的な用途は、チタン、アルミニウム高融点金属などの高反応性の積層処理であり、特に宇宙におけるチタン製衛星支持構造などの大型部品に適用されます。

技術データ

- 寸法：
362x170x170 mm、別の構造も可能
- 重量：約 10 kg
- それぞれの照射経路に適合するための高さ調整：
± 40 mm
- ノズル開口部の直径：
50 mmと70 mm（別サイズはお問い合わせください）
- 不活性ガス：ヘリウム、アルゴン、その他

For the additive processing of high-tech materials that embrittle such as titanium, tantalum or niobium, complex inert gas chambers are needed for the entire system. However, this approach reaches its technological and financial limits as component sizes increase. One alternative to this is the COAXshield for powder-based cladding. A dedicated coaxial cone consisting of helium, argon or other shielding gases surrounds the

cladding zone and prevents the material from oxidizing in the weld pool. The nozzle head can be fitted beneath conventional optical components. Typical applications include additive processing of highly reactive materials such as titanium, aluminum and refractory metals, especially for large components such as titanium satellite support structures in aerospace applications.



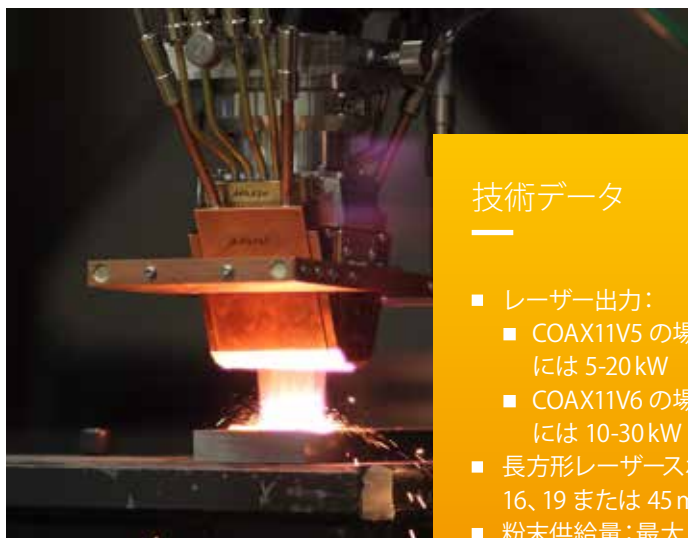
レーザークラディングの
最大要件のための高い性能

**High power for maximum
performance in laser cladding**

COAX11

COAX11の加工ノズルは、長方形または直線状のレーザー焦点と最高のレーザー出力での加工を目的としています。対向して配置されている2つのチャンネルプレートは、熔融池の寸法に正確に合わせられる粉末ラインを形成します。これは、平らで、ニアネットシェイプで、非常に幅の広い溶接ビードのクラディングを実現します。COAX11 V5のそれぞれのトラック幅は16mmまたは19mmで、COAX11 V6の場合には世界的にも例のない45mmです。広いトラック幅であることのプラスのサブ効果：高い積層率にもかかわらず、熔融池のクラディング速度とエネルギー密度は比較的低いです。これにより、クリティカルな材料の組合せで加工を行う場合にメリットがあります。COAX11システムは、既に産業用で使用されていることが証明されています。50kWのレーザー出力による最初のテストでは、インコネル625により初めて35kg/hの積層率を達成しました。ズームまたはスキャナー光学系(LASSY)と組み合わせることにより、トラック幅をプロセスで変更できます。

The nozzles of type COAX11 are designed for use with rectangular or linear laser focal spots and high laser power levels. Two opposing channel plates form a powder line, which can be adapted precisely to the dimensions of the weld pool. These make it possible to build up flat, near-net-shape and very wide weld beads. The single track width of the COAX11V5 is 16 or 19mm and, in the case of the COAX11V6, 45mm, which is a world first. A positive side effect of the wide track widths: Despite high buildup rates, welding speed and energy density in the weld pool are relatively low. This has advantages when processing critical combinations of materials. The COAX11 systems have already proved their worth in industrial applications. Initial tests with a laser output of 50kW achieved cladding rates of 35 kg/h for the first time with Inconel 625. In combination with zoom or scanner optics (LASSY), the track width can be changed in variable ways during the process.



技術データ

- レーザー出力:
 - COAX11V5の場合には5-20kW
 - COAX11V6の場合には10-30kW
- 長方形レーザースポット、16、19または45mm幅
- 粉末供給量：最大50-600 g/min
- 粉末利用率：最大95%
- 利用分野：Ni、Co、Feベースの合金を使用した大面積のコーティング、WCを含む摩耗保護層

COAX18

個別になっており、特に耐摩耗性の8つのチャネルは、COAX18の粉末照射を加工点にもたらしめます。ノズルはCOAX12V7同様、3次元で移動し、回転することができます。COAX12の2倍の粉末チャネルがあり、特に効果的な冷却機能を備えているので、COAX18はリング状ギャップノズルのレベルで方向に依存しないコーティングを実現し、最大レーザー出力が25 kWの新しい高出力レーザークラディングHICLAD®と、最高積層率の積層造形に適しています。ノズルチップはモジュールで交換可能です。これにより、13、20、26、30 mmのさまざまな加工距

離を可能にします。実現するトラック幅または溶融池の直径（スポット）は3-15 mmです。オプションでは、ノズルは特に高いレーザー出力での反射ビームを放散するための水冷銅製遮熱、あるいは反応性粉末材料を加工するためのモジュール式不活性ガスノズルを使用できます。

Eight separate, particularly wear-resistant channels guide the powder stream in the COAX18 to the working point. Like the COAX12V7, the nozzle can be moved and swiveled three-dimensionally. Since it has twice as many powder channels as the COAX12 and a particularly effective cooling system, the COAX18 achieves coating results at the level of annular gap nozzles, regardless of direction, and is particularly well suited to the new HICLAD® high-power laser cladding process with laser outputs up to 25 kW, as well as for

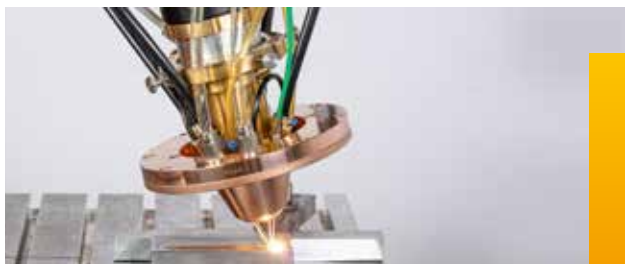
additive manufacturing with extremely high buildup rates. The nozzle tip is modularly interchangeable. This allows variable working distances of 13, 20, 26 or 30 mm. The track widths or weld pool diameters (spots) to be achieved are between 3 and 15 mm. The option is available of fitting the nozzle with a water-cooled copper heat shield, which dissipates the reflection radiation at particularly high laser output levels, or of a modular inert gas nozzle for processing reactive powder materials.

技術データ

- レーザー出力：最大 25 kW、ダイオードレーザー、ディスクレーザー、ファイバーレーザーに対応
- レーザースポット径：3-15 mm、加工距離 13、20、26、30 mm
- 粉末供給量：10-300 g/min
- 粉末効率：最大 95 %
- プロセス監視用の内蔵温度センサー



COAXquattro



技術データ

- ワイヤ径: 0.8-1.6 mm
- レーザー出力: 最大 20 kW
- レーザースポット径: 7-12 mm
- プロセス監視用の内蔵センサー
- 遮熱と不活性ガスノズルも可能

高出力レーザークラディング
COAXquattro は、マルチ粉末
モードとマルチワイヤーモー
ド用に設計されています。
レーザー光線は中央に配置さ
れています。ワイヤーまたは粉
末は外側から供給されます。
このシステムでは、粉末とワイ
ヤーの同時加工を初めて実現
しました。ワイヤーでは、ノズ
ルは 100% の材料利用率と、
最高の材料効率で最高の積
層率を実現します。このシステ
ムは、個別に制御可能な 4
つの材料ワイヤーまたは粉末
の流れを選択可能に同軸でレ
ーザー焦点に導きます。その
ため、さまざまなワイヤーと粉
末との組合せ、さらにワイヤ

ーの可変供給速度が可能
です。この新しいコンセプトに
より、コーティング中にさまざ
まなワイヤーと粉末の組合せ
から、in-situ 合金の生成を容
易にします。一般的な用途は、
特にインコネル (ワイヤー)
と炭化タングステン (粉末)
から作られた摩耗保護層、滑
り軸受、あるいはアルミニウム
製工具の 3D 構造です。

The COAXquattro
high-performance laser
cladding head is designed
for the multi-powder and
multi-wire modes. The
laser beam is positioned in
the center. The wire and/
or powder is fed in from
the outside. This system
enables simultaneous
processing of powder and
wire for the first time. With
wire, the nozzle achieves
100 percent material
utilization and extremely
high deposition rates with
optimum material effi-
ciency. The system guides
four separately controllable

material wires or powder
streams coaxially into the
laser focus. In doing so,
combinations of different
wires and powders and
variable feeding rates can
be used. This new concept
makes it easier to create
different in-situ alloys
from a variety of wire and
powder combinations
during the coating process.
Typical applications include
corrosion and wear pro-
tection coatings made of
Inconel (wire) and tungsten
carbide (powder), plain
bearing alloys or 3D struc-
tures on aluminum tools.

内側コーティング：
深い輪郭向けの加工ノズル

Internal coating:
Nozzles for deep contours

COAXid4

技術データ

- 最大 8 kW のレーザー出力用の効率的な冷却
- トレース幅：4-7 mm
- 内径：> 70 mm
- 可能な浸漬深さ：最大 1000 mm
- 光学部品の熱監視用内蔵センサー、Emaqs カメラ、コントローラーが可能

COAXid4は、モジュール式の内部コーティングユニットで、ファイバーレーザーまたはディスクレーザー、さらにはダイオードレーザーを用いて複雑な深い内部輪郭を方向に関係なくクラディングできます。この新しいデザインは、鉄、ニッケル、銅、コバルトベースの合金および硬質材料のバインダーとの組合せによる、効率的で高生産性の内側コーティング用に設計されています。大きな特徴は、粉末チャネル用の耐摩耗性インサートを備えた同軸マルチ照射原理に従って、60°の傾斜角度で設定されたコーティング用ヘッドです。それにより、止まり穴に

対しても最後まで加工することができます。開発中には、最大 8 kW のレーザー出力で連続運転できるように設計された、効率的な水冷に対して特に注意を向けました。さらに、クリティカルな場所を監視し、最高のレーザー出力の場合でも安全な加工を実現するセンサーが内蔵されています。モジュール設計により、摩耗部品を素早くかつ簡単に交換できます。



The COAXid4 is a modular internal coating unit that builds up complex, deep-laying internal contours irrespective of direction using fiber or disk lasers and now also diode lasers. The new design is engineered for efficient and highly productive internal coatings with iron, nickel, copper and cobalt-based alloys as well as hard-material binder combinations. A special feature is the 60° inclined coating head, which is based on the coaxial multi-stream principle and

features wear-resistant inserts for the powder channels. This means that blind holes can also be clad right up to the end. During development, special attention was paid to efficient water cooling, which is designed for continuous operation up to 8 kW laser output. In addition, sensors have been integrated to monitor critical areas and enable safe operation even at maximum laser power. Wear parts can be replaced quickly and easily thanks to the modular design.

COAXmini id

内側コーティング用ヘッド
COAXmini id は、>43 mm
の最小内径用に開発されま
した。スペースの制限により、
粉末は側面（軸外）からレー
ザースポットに供給されます。
チューブ内にあるゼロ度光学
系により、最大 3000 mm
の大きい浸漬深さを可能にし
ます。特別に開発された光学
系は、小型サイズであるにも
かかわらず、長期安定のコー
ティングプロセス用に設計さ
れています。プロセス監視用
の内蔵センサーとオプション

の軸外カメラにより、安定した
コーティングを保証します。
このシステムは、鉄、ニッケ
ル、コバルトベースの合金およ
び硬質材料のバインダーとの
組み合わせで内側をコーティ
ングします。

The COAXmini id
internal coating head
was developed for very
small internal diameters
starting at 43 mm. Due
to the limited space
available, the powder
is supplied laterally (off
axis) to the laser spot.
The zero-degree optics
incorporated in the tube
allow high immersion
depths of up to 3000 mm.
The specially developed

optics system is designed
for stable long-term
coating processes despite
its compact size. The
integrated sensors and an
optional off-axis camera
for process monitoring
ensure stable coating. The
system coats the internal
areas with iron-, nickel-
and cobalt-based alloys
as well as hard-material
binder combinations.



技術データ

- 内径 > 43mm、最大浸漬深さは 3000 mm
- レーザー出力：最大 1.5 kW
- 長時間安定性：2H、700 W のレーザー出力
- 内蔵センサーとプロセス監視

プロセス監視：
レーザークラディング用
センサー

**Process monitoring:
Sensors for laser cladding**

Emaqs: プロセス制御用 カメラ

Emaqs: Camera for process control

プロセス信頼性と品質保証のために、Emaqs カメラなどのさまざまなシステムを利用できます。これにより、ビーム経路の粉末ノズルを通じてプロセス全体を同軸で観察し、必要に応じて記録できます。オペレータ用ソフトウェア LOMPOCpro でのパラメーター設定は、特にクラディングプロセスに影響を及ぼします。その場合に、カメラは溶融池のサイズと温度を検出します。事前設定された溶融池の設定値が実際のサイズから外れた場合、このシステムはレーザー出力や送り速度を調整します。

The Emaqs camera is one of various systems which are available for increased process reliability and quality assurance. This can monitor coaxially and, if necessary, record the entire process through the powder nozzle in the beam path. The parameter settings in the LOMPOCpro operator software control the deposition process as specified. In the process, the camera detects the size or temperature of the weld pool. If the preset target value of the weld pool deviates from the actual value, the system adjusts laser output or welding speed.

技術データ

- 同軸で、方向に依存しないプロセス制御
- 溶融池の監視または温度監視が可能
- それぞれの材料に対する設定パラメーターの変数
- 現在のパラメーターと制御されているレーザー出力の信号表示



COAXjay は再現可能なプロセスを保証

COAXjay guarantees reproducible processes

このモジュール式エッジデバイスシステムは、品質を確保し、システムを保護するための自動プロセス監視のためのものです。内蔵のデータ取得モジュールはプロセス安定性を監視します。プロセスの変動、保護ガラスの汚れ、粉末供給の変動、プロセス温度の変化を検出します。このモジュールには、システムのセンサーと、センサー監視とデータログ用のソフトウェアが統合されています。センサーは、プロセス環境、レーザー光学系、粉末またはワイヤーシステムに統合できます。COAXjay は、プロセスの経過を記録し、視覚化し、監視します。ソフトウェア、センサーおよび監視システムでは、直

観的で明確なユーザーインターフェースを利用できます。自由に構成可能なセンサーチャンネルにより、プロセス中に測定値またはその補正をライブで表示できます。自動警告の境界値とエラーが発生した場合のプロセス停止は、個々に設定可能です。警告信号とエラー信号により、自動化、安全性およびプロセス安定性が向上します。COAXjayはさらに、システムを過負荷から保護し、予知保全 (Predictive Maintenance) をサポートします。



This modular edge device system is used for automatic process monitoring to ensure both the cladding quality as well as predictive-maintenance of the system technology. The intelligent data acquisition module monitors process stability. It detects process fluctuations, contaminated protective glass, powder feed fluctuations, and changes in process temperature. The module combines system sensors and software for sensor monitoring and data logging. The sensors can be integrated into the process environment, laser optics, and powder or wire systems. COAXjay records, visualizes and monitors process flows. The software, sensor and monitoring system has an intuitive, clearly structured user interface. The freely configurable sensor channels can be used to display the measured values or correct them in real time during the process. The limit values for automatic warnings and a process stop in the event of fault can be set individually. Warning and fault signals increase automation level, safety and process stability.

In addition, COAXjay protects the system technology from overloads and supports predictive maintenance.



技術データ

- アナログインターフェースによる自動データログ
- 人工知能によりプロセス分析を実現
- 温度、粉末の流れ、ガスの流れ、圧力および冷却水を監視するためのセンサー
- ワイヤードルでの多次元力測定
- レーザー光学系用センサー（不活性ガスのモニタリングなど）
- 位置と吸引の監視

Llsec はノズルで 粉末コーンの形状を測定

Llsec measures powder cone geometry
at the nozzle



粉末ノズル測定システム Llsec (「Light Section」より) は、プロセス前に粉末コーン形状を自動的に測定します。そのために、測定レーザーは、ノズルから出た後の粉末の流れをスキャンします。測定平面数は自由に定義できます。カメラは、これに対して直角に取り付けられており、粉末の光部分を記録し、評価ソフトウェアに転送されます。アルゴリズムは、記録された画像情報を数学的関数と比較します。そのため、粉末の流れの3次元分布を正確

に計算し、粉末コーンの特徴づけることができます。これにより品質管理を簡素化し、粉末ノズルの摩耗に関して推測することができます。

技術データ

- サイズ: 210 mm x 150 mm x 60 mm
- 供給電圧: Power over Ethernet
- 接続性: MQTT インターフェースによるギガビットイーサネット
- 測定分解能: X/Z (画像) 30.6 μm /PxまたはY (最小平面距離) 50 μm
- レーザー保護等級: 3b



The Llsec (derived from "Light Section") powder nozzle measuring system automatically measures the geometry of the powder stream cone prior to the process. For this purpose, a measurement laser illuminates the powder stream as it leaves the nozzle. The number of measurement levels is freely definable. A camera is mounted at right angles to it. This records light sections through the

powder and transmits the data to an evaluation software. An algorithm compares the captured image information with mathematical functions. In this way, the three-dimensional distribution of the powder stream can be calculated very accurately, and the powder cone can be characterized. This simplifies quality control and allows conclusions to be drawn about the wear of the powder nozzle.

POWDERscreen は 粉末の流れを監視

POWDERscreen monitors the powder throughput

COAXshield システムによる不活性ガスシールド、と粉末コーン分析 I1sec に加え、POWDERscreen は安定かつ再現性のあるコーティングプロセスのためのもう一本の柱です。このセンサーは、粉末の流れに焦点を絞り、いつ、どれだけ異なる粉末粒子が溶融池に入るかということを正確に監視します。そこから、供給される粉末の質量が、4つの利用可能な測定チャンネルに対して正確に計算できます。このシステムは粒子の流れの変動を検出し、それらをシステムに伝え、下流の制御を実現します。POWDERscreen は、

クラディングプロセス中の狙いを定めたさまざまな粉末の混合と、プロセス信頼性の向上を保証します。粉末流のデジタルレコードは、導入された粉末質量に関して製造されたコンポーネントのデジタルツインを作製するための適切なデータを提供します。

Alongside the inert gas shielding provided by the COAXshield system and the I1sec powder cone analysis, POWDERscreen is another system that plays a vital role in ensuring a stable and reproducible coating process. Its sensor focuses on powder throughput and accurately monitors when and how many different powder particles enter the weld pool. With this information, the conveyed powder mass can be calculated precisely for the four measuring channels available. The system detects fluctuations

in particle throughput and reports them to the system, thus enabling downstream regulation. POWDERscreen ensures selective mixing of different powders during the cladding process and an increase in process reliability. Digital recording of powder throughput yields suitable data for creating a digital twin of the manufactured component with regard to the powder mass introduced.



技術データ

- 寸法: 100x50x60 mm
- 測定範囲: 測定チャンネルあたり0-20 g/min (スチール粉末の場合)
- 測定チャンネル: 4
- インターフェース: USB、MQTT ソフトウェアインターフェース付き
- フラウンホーファーIWS の POWDERsplitter と互換性あり

当研究所について

フラウンホーファーIWSは、レーザおよび材料技術の複雑なシステムソリューションを開発しています。私たちフラウンホーファーIWSは、容易に統合できる個々のソリューションから、コスト効率に優れる中規模ソリューション、業界に適した完全なソリューションまで、レーザー利用、機能化された表面および材料とプロセスイノベーションを開発するアイデアドライバーであると認識しています。

About us

The Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology IWS develops complex system solutions for the laser technology and materials engineering sector. At Fraunhofer IWS, we see ourselves as innovation drivers for developing solutions involving laser applications, functionalized surfaces and material and process innovations — from easy-to-integrate customized solutions and cost-efficient solutions for medium-sized companies right through to complete solutions suitable for industry.

Contact

Prof. Dr. Frank Brückner
Additive Manufacturing and
Surface Technologies
Phone +49 351 83391-3452
coax@iws.fraunhofer.de

Fraunhofer Institute for Material
and Beam Technology IWS
Winterbergstraße 28
01277 Dresden, Germany
www.iws.fraunhofer.de