



Fraunhofer
IWS

A close-up photograph of a COAX laser system. The system is a complex assembly of brass and copper components, including a nozzle and various tubes. It is mounted on a metal base and is actively welding a metal plate. A bright orange-yellow laser beam is visible at the point of contact with the workpiece. The background is a plain, light-colored surface.

COAX-Systemtechnik: Lösungen
für das Laser-Auftragschweißen
und die Additive Fertigung

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

Werkstoff und Laser mit System
Materials and Lasers – Competence with a System

Inhalt

Contents

Interesse an Laser-Auftragschweißen wächst durch Additive Fertigung Additive manufacturing is driving the demand for laser cladding	4
Maßgeschneiderte Prozessentwicklung und Systemtechnik Customized process development and system technology	6
Lösungen des Fraunhofer IWS Fraunhofer IWS solutions	8
Systemtechnik für das Präzisions-Laser-Auftragschweißen Systems engineering for high-precision laser cladding	10
Allround-Systeme für das vielseitige Laser-Auftragschweißen Allround systems for multi-functional laser cladding	18
Hochleistung für maximale Anforderungen beim Laser-Auftragschweißen High power for maximum performance in laser cladding	28
Innenbeschichtung: Bearbeitungsköpfe für tiefe Konturen Internal coating: Nozzles for deep contours	36
Prozessüberwachung: Sensorik zum Laser-Auftragschweißen Process monitoring: Sensors for laser cladding	42

Interesse an Laser-Auftragsschweißen wächst durch Additive Fertigung

Additive manufacturing is driving the demand for laser cladding

Lasertechnische Beschichtungsverfahren spielen in der Luftfahrtindustrie, Energieerzeugung, im Formen- und Werkzeugbau sowie in vielen weiteren Industriezweigen längst eine Schlüsselrolle. Unternehmen nutzen diese modernen Veredelungsprozesse zunehmend auch für den generativen Aufbau. Denn das lasergestützte Additive Manufacturing bietet die Möglichkeit, komplexe Bauteil-Geometrien zu realisieren, die Produktqualität zu erhöhen und sich von Wettbewerbern abzusetzen. Gefragt sind leistungsfähige Prozesse, Strahlwerkzeuge und Bearbeitungsköpfe, die unterschiedliche Werkstoffe metallurgisch verbinden oder Strukturen generieren. Mit ihnen lassen sich Oberflächen funktionalisieren, Bauteil-Designs nachträglich ändern oder langlebige Baugruppen reparieren, statt sie komplett auszutauschen.

Erstmals in den 1990er Jahren mit der Beschichtungseinheit COAX8 industriereif umgesetzt, entwickelt sich die COAX-Systemfamilie des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik bis heute stetig weiter. Sie kennzeichnet sich durch ihre Modulbauweise, genügt höchsten Ansprüchen und ist dennoch einfach in der Handhabung. Von kleinsten Strukturen auf µm-Ebene mit 100W Laserleistung bis zu Anwendungen von mehr als 20kW und bis zu 45mm Spurbreite bietet das Dresdner Institut kundenspezifische Lösungen für den industriellen Einsatz. Neben den Beschichtungseinheiten stehen Module zur Qualitäts- und Prozessüberwachung beziehungsweise -regelung sowie »Industrie-4.0-Schnittstellen« zur Verfügung.



*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".

Maßgeschneiderte Prozessentwicklung und Systemtechnik

Customized process development and system technology

Die Systemfamilie »COAX« umfasst eine komplette Linie modularer Bearbeitungsköpfe für das Laser-Auftragschweißen mit Pulver und Draht. Dafür entwickelt das Fraunhofer IWS spezielle Beschichtungsköpfe, die den Werkstoff koaxial zum Laserstrahl der Bearbeitungsstelle zuführen und ein richtungsunabhängiges Schweißergebnis ermöglichen. Zum Einsatz kommen diese Systeme in gängigen Laseranlagen und hybriden Bearbeitungszentren für die Additive Fertigung. Speziell entwickelte Beschichtungseinheiten sind für den Einsatz unter extremen Bedingungen oder beengten Raumverhältnissen optimiert, andere für besonders feine Strukturen oder für hochwertige Werkstoffe wie Titan oder Hochentropie-Legierungen geeignet. Das Fraunhofer IWS entwickelt diese Systemlinie ständig weiter und konstruiert im Kundenauftrag komplette Beschichtungseinheiten mit integrierten Optikkomponenten. Haupteinsatzfelder sind Oberflächenfunktionalisierungen wie beispielsweise der Korrosions- oder Verschleißschutz, die Reparatur sowie die Additive Fertigung von Bauteilen. In der Praxis haben sich diese Systeme über Jahre hinweg zum Beispiel in der Komponentenfertigung für den Flugzeugbau, die Öl- und Gasindustrie, den Fahrzeugbau, die Raumfahrt und den Werkzeugbau in der gesamten Industrie bewährt.



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

The "COAX" system family comprises a comprehensive line of modular nozzles for laser cladding 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 working position to produce an omnidirectional cladding result. These systems are used in conventional laser systems and hybrid machining centers for additive manufacturing. Some nozzles have been 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 IWS is constantly upgrading 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.

Lösungen des Fraunhofer IWS

Fraunhofer IWS solutions

Auf Wunsch entwickelt das Fraunhofer IWS kundenspezifische industrietaugliche Laser-Auftragschweißprozesse, die auf die Bedürfnisse des jeweiligen Unternehmens abgestimmt sind. Dabei ermitteln die Forschenden optimierte Schweißparameter, geeignete Systemtechnik und optimierte Bearbeitungsköpfe für einen zielgerichteten wirtschaftlichen Prozess. In die Prozessentwicklung fließen die Anforderungen des Kunden, die jeweiligen Einsatzspezifika und die Eigenschaften der zu bearbeitenden Geometrien und Bauteile ein, sowohl für einfach als auch für schwierig zu verarbeitende (Zusatz-) Werkstoffe. Dazu gehören Leichtmetall-, Nickel- und Nickelsuper-, Bronze-, Hartstoff- oder Hochentropie-Legierungen. Für oxidationsempfindliche Werkstoffe lässt sich eine lokale Schutzgasatmosphäre entweder lokal am Bearbeitungskopf oder über eine Einhausung implementieren. Zusätzlich kann ein Induktionsgenerator den Beschichtungsprozess positiv beeinflussen. Diese Möglichkeit der Wärmeführung kann zum Beispiel helfen, die Auftragrate zu steigern oder die Rissbildung von Werkstoffen mit Härten über 60 HRC zu vermeiden.



© Fraunhofer IWS / courtesy from Bosch Rexroth

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.



© Fraunhofer IWS / courtesy from NAMRC

Left: Internal coating of reactor components.

Systemtechnik für das Präzisions-Laser-Auftrag- schweißen

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

COAX14

Kleinste Beschichtungsstrukturen trägt die COAX14V3 auf. Die Ringspaldüse ist speziell für Anwendungen mit feinstem Pulverfokus ausgelegt. Die modulare Bauweise der gesamten COAX-Serie ermöglicht es, unterschiedliche Düsenspitzen und -varianten schnell und kostengünstig zu wechseln – bei gleichbleibend hoher Prozessqualität. Das System eignet sich für Faser- und Scheiben-Laser mit höchster

Strahlqualität, die etwa den Aufbau von Gitterstrukturen mit Spurbreiten von höher als 50 µm ermöglicht. Für eine komfortable Maschinenintegration bei gleichzeitig hoher Pulverausnutzung ist die Variante COAX14V5 konzipiert. Sie lässt sich als komplette Beschichtungseinheit mit integrierten Optikkomponenten in Laseranlagen oder als Pulverdüsensmodul in Hybridmaschinen für Additive Manufacturing einsetzen.

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.

Technical data

- Quick-change nozzle tips
- Laser output of 50W to 4kW
- Powder focus: 0.6–2mm
- Powder particle size: 10–50 µm (COAX14V3) or 50–150 µm (COAX14V5)
- Vertical tilt angle: 0–20° or 0–30°



COAX16

Eine miniaturisierte Beschichtungseinheit für Faser- und Scheibenlaser mit hoher Strahlqualität stellt die COAX16 dar. Sie eignet sich besonders für Anwendungen mit schwer zugänglicher Schweißstelle am Bauteil, die gleichzeitig einen präzisen richtungsunabhängigen Materialauftrag erfordern. Da diese Pulverdüse minimale Abmessungen und eine sehr schlanke Bauform aufweist, lässt sie sich an allen Stellen einsetzen, an denen es andere Düsenvarianten nicht mehr ermöglichen, Beschichtungen aufzutragen. Mit der COAX16 lassen sich beispielsweise kaum zugängliche Komponenten von Flugzeugtriebwerken instandsetzen oder Werkzeuge mit tiefliegenden Kavitäten generativ aufbauen. Dieser Bearbeitungskopf wird für die Reparatur, Generierung und Beschichtung mit Metalllegierungen genutzt.

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

Technical data

- Suitable for lasers up to 1 kW with very good beam quality
- Powder focal point: <math><1.2\text{ mm}</math>
- Track widths: $30\text{ }\mu\text{m}$ – 1 mm
- Powder particle size: 10 – $50\text{ }\mu\text{m}$
- Vertical tilt angle: 0 – 30°

COAXwire mini

Die COAXwire mini ist für das richtungsunabhängige hochgenaue Auftragschweißen mit filigranen Metalldrähten optimiert. Die Optik teilt den Strahl eines Faser-, Scheiben- oder Diodenlasers mit maximal 2 bis 3kW Leistung symmetrisch in drei Teilstrahlen auf und fokussiert diese anschließend zu einem kreisförmigen Spot. Die optischen Elemente sind so angeordnet, dass sich der Schweißdraht exakt in der Laserstrahlachse zuführen lässt. Der direkt ins Zentrum des laserinduzierten Schmelzbad eingeführte Draht ermöglicht ein richtungsunabhängiges Arbeiten.

Enorme Vorteile weist diese Einheit bei besonders kleinen Laserspots auf. Selbst kleinste Spuren lassen sich mit 100-prozentiger Materialausnutzung generieren. Diese Beschichtungseinheit eignet sich für Sonderlegierungen auf der Basis von Titan, Tantal, Gold, Silber und Kupfer. Typische Anwendungen sind hochpräzise Korrosionsschutzschichten für kleine Bauteile, 3D-Strukturen auf Werkzeugen aus Aluminium und Reparaturbeschichtungen. Sie ist damit für alle 3D-Strukturen konzipiert, die sich besser mit Draht als mit Pulver erzeugen lassen.

Technical data

- Wire diameter: 0.1–0.6 mm
- Track widths: 0.4–3 mm
- Also designed to work with green and blue lasers
- CCD camera for weld pool temperature detection
- Media connections: Cooling water, inert gas and compressed air
- Main dimensions: 480x135x160 mm
- Weight: approx. 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.



Allround-Systeme
für das vielseitige
Laser-Auftragschweißen

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

COAXpowerline

Für einen breiten industriellen Einsatz und hohe Flexibilität wurde die Ringspaltpulverdüse COAXpowerline als modulares Universalsystem mit integrierter Medienzufuhr für das Laser-Pulver-Auftragschweißen entwickelt – mit schnell austauschbaren Düsen spitzen für Arbeitsabstände von 7, 13 und 20 mm sowie Spotbreiten von 1 bis 12 mm. Um schwer schweißbare und besonders harte Werkstoffkombinationen rissfrei zu bearbeiten oder die Auftragrate zu steigern, lässt

sich ein Modul für die induktive Erwärmung integrieren. Optional kommt eine lokale Schweißrauch-Absaugung direkt an der Düsen spitze zum Einsatz, um gesundheitlich schädigende Dämpfe in der Umgebungsluft oder verunreinigte Optikkomponenten zu vermeiden. Für schwer zugängliche Bauteilbereiche oder flexible Brennweiten lässt sich die Düse mit Erweiterungstuben zum Beispiel um 50 oder 100 mm verlängern.

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,

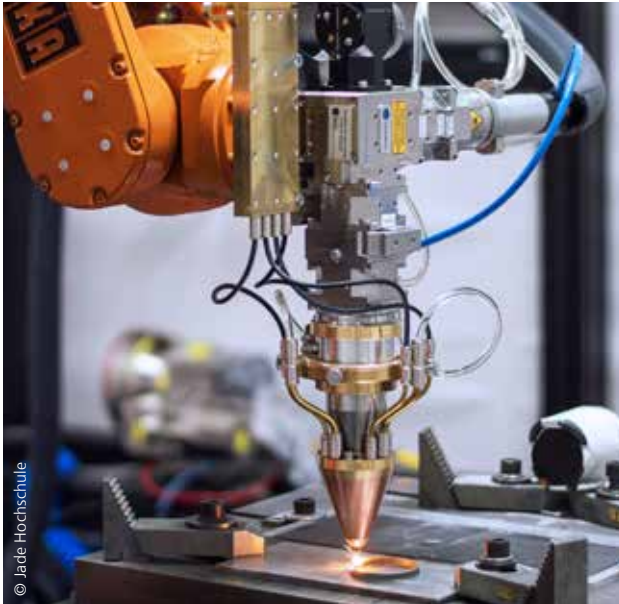
on difficult-to-weld and particularly hard material combinations. There is the option of using a localized exhaust system right next to the nozzle tip to prevent hazardous fumes from being released into the ambient air or contaminate the optical components. For flexible focal lengths or difficult-to-access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

Technical data

- Suitable for fiber, disk or diode lasers
- Coating of crack-sensitive materials
- Focal lengths of 200 mm and more
- Adaptable extension tubes for variable focal lengths
- Spot dimension: 1–12 mm
- Laser output: up to 20kW



COAX12



Technical data

- High immersion depth: approx. 200 mm
- Extreme welding positions possible ($\pm 90^\circ$ inclination)
- Disc and fiber lasers, adaptable for diode lasers
- Laser output: up to 3 kW
- Spot width: max. 4 mm

Statt eines Ringspalts formen bei der COAX12 vier separate, besonders verschleißfeste Kanäle den Pulverstrahl zum Arbeitspunkt. Auf diese Weise sind Pulverströme nahezu unabhängig von der Schwerkraft und extreme Schweißpositionen möglich. Die Düse lässt sich um mehr als 90 Grad schwenken und auch während des laufenden Prozesses um alle Achsen bewegen. Der COAX12-Bearbeitungskopf eignet sich insbesondere

für 3D-Anwendungen mit Robotersystemen. Das Modell COAX12V7 ist für Schmelzbad-Durchmesser (Spot) zwischen 2,5 und 10 mm ausgelegt und somit auch für sehr hohe Laserleistungen einsetzbar. Damit lassen sich besonders große Flächen wie etwa Karosseriewerkzeuge für die Automobil-Dachhaut produktiv beschichten. Das schlanke Außendesign prädestiniert diese Düse auch für die Bearbeitung der B-Säule.

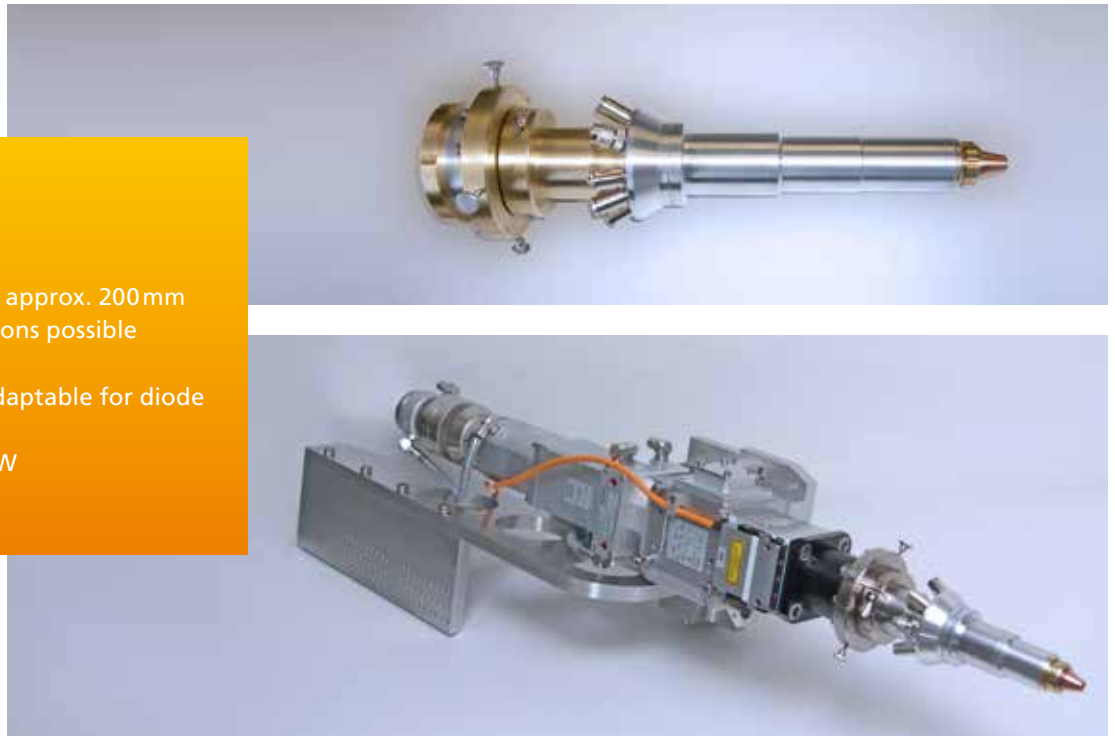
In place of an annular gap, the COAX12 uses four separate, particularly wear-resistant channels to guide the powder stream to the working point. In this way, powder streams are almost unaffected by gravity, and extreme welding positions are made possible. The nozzle can be swiveled by more than 90 degrees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

Technical data

- High immersion depth: approx. 200 mm
- Extreme welding positions possible ($\pm 90^\circ$ inclination)
- Disc and fiber lasers, adaptable for diode lasers
- Laser output: up to 3 kW
- Spot width: max. 4 mm



Die Vierstrahl-Pulverdüse COAX13 bietet mit ihren langen schlanken Düsenkörpern und einem geringen Störkontur-Durchmesser von 30 mm gute Voraussetzungen, um schwer zugängliche Funktionsflächen und tiefe Kavitäten zu beschichten. Eingesetzt wird sie unter anderem für die Reparatur beschädigter Titan-Schaufelräder von Turbinen in einer Einhausung mit Schutzgasatmosphäre. Mittels Additive Manufacturing ist so ein

Wiederaufbau von BLISK-Schaufeln, Kompressorbauteilen oder anderen 3D-Strukturen möglich. Den Pulverfokus bilden wie bei der COAX12 vier Pulvereinstrahlen, sodass auch Arbeiten in Zwangslagen möglich werden. Die Düse lässt sich um bis zu 90 Grad schwenken. Schnell wechselbare Düsen spitzen sind verfügbar.

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

Um versprödende Hightech-Materialien wie Titan, Tantal oder Niob additiv zu verarbeiten, benötigt es aufwendige Schutzgas-Einhausungen für die gesamte Anlage. Dieser Ansatz stößt jedoch mit wachsenden Bauteilgrößen an seine technologischen und finanziellen Grenzen. Eine Alternative stellt die COAXshield für das pulverbasierte Auftragschweißen dar. Ein eigener koaxialer Kegel aus Helium, Argon oder anderen Schutzgasen ummantelt die Bearbeitungszone und verhindert, dass das Material im Schmelzbad oxidiert. Der Düsenkopf lässt sich unter gängige Bearbeitungsoptiken montieren. Typische Anwendungen sind die additive Verarbeitung von hochreaktiven Werkstoffen wie Titan, Aluminium und Refraktärmetalle, insbesondere für große Bauteile wie etwa Satelliten-Trägerstrukturen aus Titan in der Raumfahrt.

Technical data

- Dimensions: 362 x 170 x 170 mm, other sizes are possible
- Weight: approx. 10 kg
- Height adjustability for adapting to different beam paths: ± 40 mm
- Nozzle outlet diameter: 50 and 70 mm (others on request)
- Shielding gases: Helium, argon and others

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.



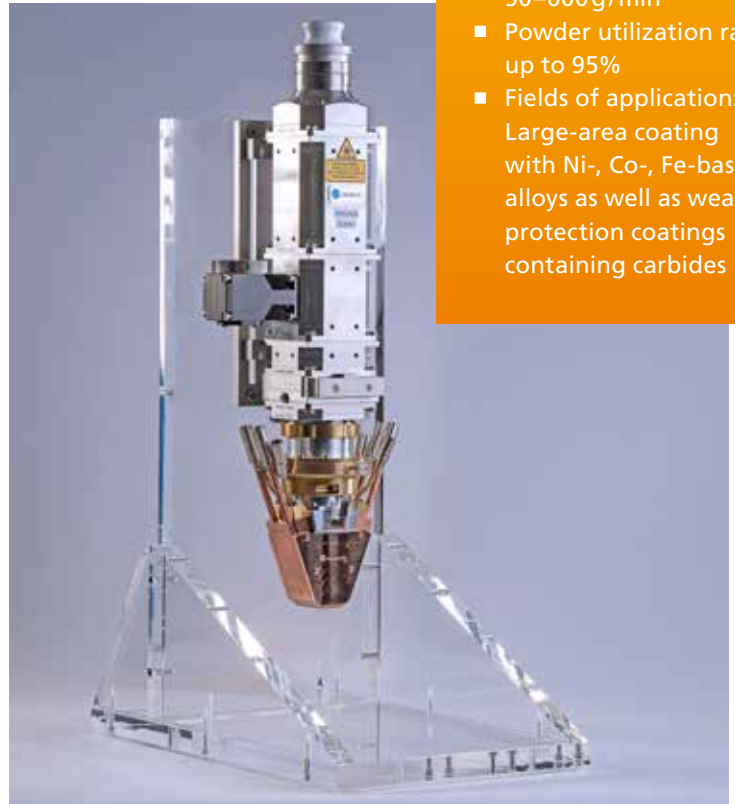
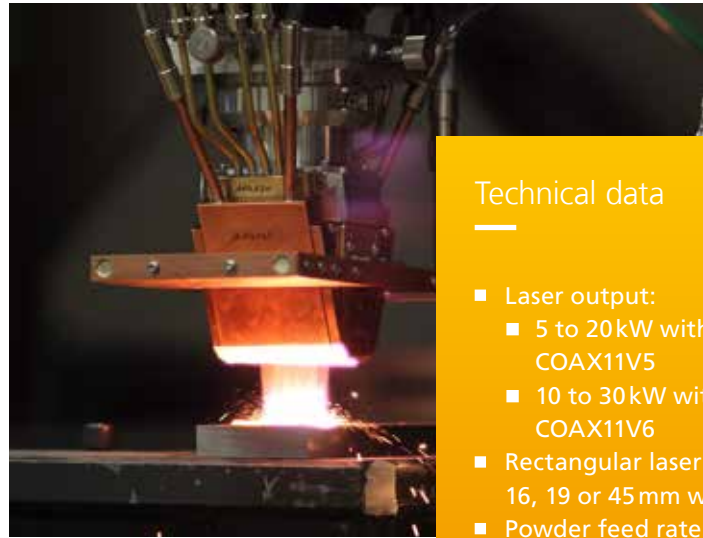
Hochleistung für maximale
Anforderungen beim
Laser-Auftragschweißen

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

COAX11

Der Bearbeitungskopf vom Typ COAX11 ist für das Arbeiten mit rechteckigen oder linienförmigen Laser-Brennflecken und höchsten Laserleistungen vorgesehen. Zwei gegenüberliegende Kanalplatten formen eine Pulverlinie, die sich exakt an die Dimension des Schmelzbades anpassen lässt. Sie ermöglichen das Auftragschweißen flacher, endkonturnaher und sehr breiter Schweißraupen. Die Einzelspurbreite der COAX11V5 beträgt 16 oder 19 mm und bei der COAX11V6 weltweit einzigartige 45 mm. Ein positiver Nebeneffekt der breiten Spurbreiten: Trotz hoher Auftragsraten sind Schweißgeschwindigkeit und Energiedichte im Schmelzbad relativ niedrig. Das bietet Vorteile bei der Verarbeitung kritischer Werkstoffkombinationen. Die COAX11-Systeme haben sich bereits im Industrieinsatz bewährt. Erste Versuche mit 50 kW Laserleistung erzielten erstmals Auftragsraten von 35 kg/h mit Inconel 625. In Kombination mit Zoom- oder Scanner-Optiken (LASSY) lässt sich die Spurbreite variabel im Prozess ändern.

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 19 mm and, in the case of the COAX11V6, 45 mm, 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 50 kW 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.



Technical data

- Laser output:
 - 5 to 20 kW with COAX11V5
 - 10 to 30 kW with COAX11V6
- Rectangular laser spot 16, 19 or 45 mm wide
- Powder feed rate: max. 50–600 g/min
- Powder utilization rate: up to 95%
- Fields of application: Large-area coating with Ni-, Co-, Fe-based alloys as well as wear protection coatings containing carbides

COAX18

Acht separate, besonders verschleißfeste Kanäle führen den Pulverstrahl in der COAX18 zum Arbeitspunkt. Die Düse lässt sich wie die COAX12V7 dreidimensional bewegen und schwenken. Da sie über doppelt so viele Pulverkanäle wie die COAX12 und über eine besonders effektive Kühlung verfügt, erzielt die COAX18 richtungsunabhängig Beschichtungsergebnisse auf dem Niveau von Ringspaltdüsen und eignet sich besonders für das neue Hochleistungs-Laser-Auftragschweißverfahren HICLAD® mit Laserleistungen bis 25 kW sowie

für die additive Fertigung mit höchsten Aufbauraten. Die Düsenspitze ist modular austauschbar. Das ermöglicht variable Arbeitsabstände von 13, 20, 26 oder 30 mm. Die zu erzielenden Spurbreiten bzw. Schmelzbad-Durchmesser (Spots) liegen zwischen 3 und 15 mm. Optional ist die Düse mit einem wassergekühlten Kupfer-Hitzeschild, das bei besonders hohen Laserleistungen die Reflexionsstrahlung abführt, oder einer modularen Schutzgasdüse zur Verarbeitung reaktiver Pulverwerkstoffe verfügbar.

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

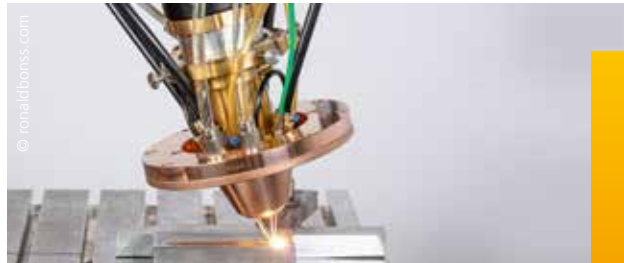
additive manufacturing with extremely high buildup rates. The nozzle tip is modularly interchangeable. This allows variable working distances of 13, 20, 26 or 30 mm. The track widths or weld pool diameters (spots) to be achieved are between 3 and 15 mm. The option is available of fitting the nozzle with 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.

Technical data

- Laser output: max. 25 kW with diode, disk or fiber laser
- Laser spot diameter: 3–15 mm with working distance of 13, 20, 26 and 30 mm
- Powder feed rate: 10–300 g/min
- Powder efficiency: up to 95%
- Integrated temperature sensor for process monitoring



COAXquattro



Technical data

- Wire diameter: 0.8–1.6 mm
- Laser output: max. 20 kW
- Laser spot diameter: 7–12 mm
- Integrated sensors for process monitoring
- Heat shield and inert gas nozzle available

Der Hochleistungs-Laserauftragschweißkopf COAXquattro ist für den Multi-Pulver- und Multi-Draht-Modus ausgelegt. Der Laserstrahl ist in der Mitte angeordnet. Die Draht- bzw. Pulverzuführung erfolgt von außen. Dieses System ermöglicht erstmals die simultane Verarbeitung von Pulver und Draht. Mit Drähten erzielt die Düse eine 100-prozentige Materialnutzung und höchste Auftragsraten bei bester Materialeffizienz. Das System führt wahlweise vier separat steuerbare Materialdrähte und/oder Pulverströme koaxial in

den Laserfokus. Dabei sind Kombinationen aus verschiedenen Drähten und Pulvern und variable Förderrate möglich. Dieses neue Konzept erleichtert es, unterschiedliche In-situ-Legierungen aus diversen Draht- und Pulverkombinationen während der Beschichtung zu erzeugen. Typische Anwendungen sind unter anderem Korrosions- und Verschleißschichten aus Inconel (Draht) und Wolframcarbid (Pulver), Gleitlagerlegierungen oder 3D-Strukturen auf Werkzeugen aus Aluminium.

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 efficiency. 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 protection coatings made of Inconel (wire) and tungsten carbide (powder), plain bearing alloys or 3D structures on aluminum tools.

Innenbeschichtung:
Bearbeitungsköpfe für tiefe
Konturen

**Internal coating:
Nozzles for deep contours**

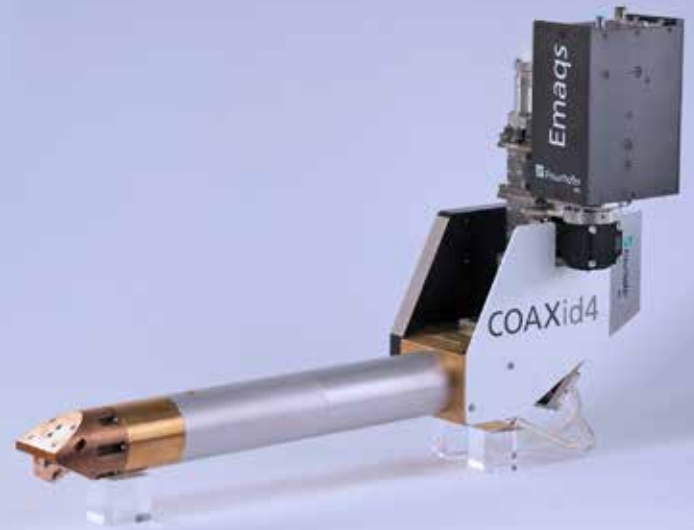
COAXid4

Technical data

- Efficient cooling for high laser power up to 8 kW
- Track widths: 4 to 7 mm
- Internal diameter: >70 mm
- Potential immersion depths: max. 1000 mm
- Integrated sensors for thermal monitoring of optical components, EMAQS camera and regulation available

Die COAXid4 ist eine modulare Innenbeschichtungseinheit, die komplexe tiefliegende Innenkonturen richtungsunabhängig mit Faser- oder Scheibenlasern und nun auch mit Diodenlasern auftragschweißt. Das neue Design ist für effiziente und hochproduktive Innenbeschichtungen mit Eisen-, Nickel-, Kupfer- und Kobalt-Basislegierungen sowie Hartstoffbinder-Kombinationen ausgelegt. Ein besonderes Merkmal ist der um 60° schräg angestellte Beschichtungskopf nach dem koaxialen Mehrstrahlprinzip

mit verschleißfesten Einsätzen für die Pulverkanäle. Dadurch lassen sich auch Sacklochbohrungen bis zum Ende bearbeiten. Bei der Entwicklung wurde besonderes Augenmerk auf eine effiziente Wasserkühlung gelegt, die für einen Dauerbetrieb bis 8 kW Laserleistung ausgelegt ist. Zudem ist Sensorik integriert, die kritische Stellen überwacht und sicheres Arbeiten auch bei höchster Laserleistung ermöglicht. Verschleißteile lassen sich dank des modularen Aufbaus schnell und einfach wechseln.



The COAXid4 is a modular internal coating unit that builds up complex, deep-lying 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.

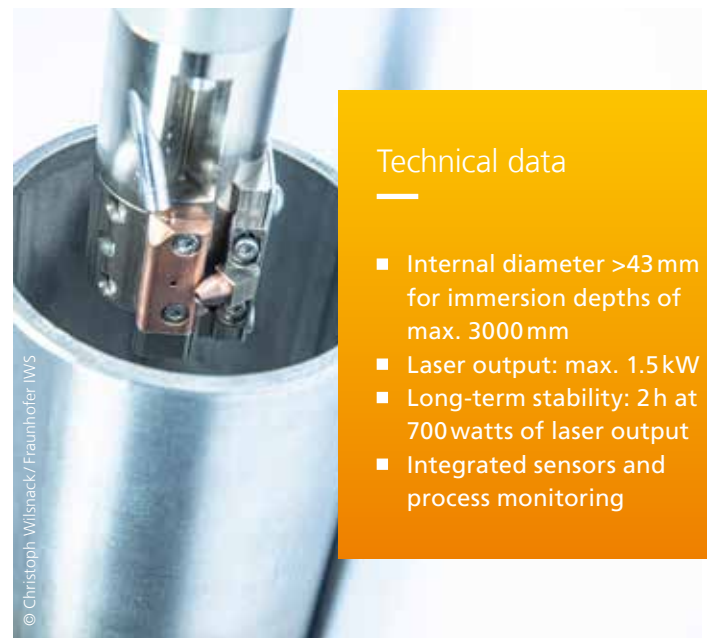
COAXmini id

Der Innenbeschichtungskopf COAXmini id wurde für kleinste Innendurchmesser ab 43 mm entwickelt. Aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse erfolgt die Pulverzufuhr seitlich (off axis) zum Laserspot. Die mitgeführte Null-Grad-Optik im Rohr ermöglicht hohe Eintauchtiefen bis zu 3000 mm. Das speziell entwickelte Optiksystm ist für stabile Langzeit-Beschichtungsprozesse

trotz kompakter Baugröße konzipiert. Die integrierte Sensorik und eine optionale Off-axis-Kamera zur Prozessbeobachtung gewährleisten eine stabile Beschichtung. Das System beschichtet Innenräume mit Eisen-, Nickel- und Kobalt-Basislegierungen sowie Hartstoffbindern sowie Hartstoffbinder-Kombinationen.

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.



Technical data

- Internal diameter >43 mm for immersion depths of max. 3000 mm
- Laser output: max. 1.5 kW
- Long-term stability: 2 h at 700 watts of laser output
- Integrated sensors and process monitoring

Prozessüberwachung:
Sensorik zum
Laser-Auftragschweißen

**Process monitoring:
Sensors for laser cladding**

Emaqs: Kamera für die Prozessregelung

Emaqs: Camera for process control

Für die Prozesssicherheit und Qualitätssicherung stehen unterschiedliche Systeme wie die Emaqs-Kamera zur Verfügung. Diese kann den vollständigen Prozess durch die Pulverdüse im Strahlengang koaxial beobachten und ggf. aufzeichnen. Die Einstellung der Parameter in der Bediener-Software LOMPOCpro beeinflusst den Schweißprozess gezielt. Dabei erfasst die Kamera die Größe oder Temperatur des Schmelzbades. Weicht der voreingestellte Sollwert des Schmelzbades von der Ist-Größe ab, passt das System die Laserleistung oder Vorschubgeschwindigkeit an.

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.

Technical data

- Coaxial, direction-independent process control
- Weld pool size or temperature monitoring possible
- Variable setting parameters for different materials
- Signal display of the actual parameters and the regulated laser output power



COAXjay garantiert reproduzierbare Prozesse

COAXjay guarantees reproducible processes

Dieses modulare Edge-Device-System dient der automatischen Prozessüberwachung zur Sicherung von Qualität und Schutz der Anlagentechnik. Das intelligente Datenerfassungsmodul überwacht die Prozessstabilität. Es erkennt Prozessschwankungen, verschmutzte Schutzgläser, Pulverförderschwankungen und Veränderungen der Prozesstemperatur. Das Modul führt die System-Sensoren und die Software für das Sensor-Monitoring und Daten-Logging zusammen. Die Sensoren lassen sich in die Prozessumgebung, Laseroptik, Pulver- oder Drahtsysteme integrieren. COAXjay zeichnet Prozessabläufe auf, visualisiert

und überwacht sie. Das Software-, Sensor- und Monitoringsystem verfügt über eine intuitive und übersichtliche Benutzeroberfläche. Die frei konfigurierbaren Sensorkanäle ermöglichen die Darstellung der Messwerte bzw. deren Korrektur live während des Prozesses. Die Grenzwerte für automatische Warnungen und einen Prozesshalt im Fehlerfall sind individuell einstellbar. Warn- und Fehlersignale erhöhen den Automatisierungsgrad, die Sicherheit und die Prozessstabilität. Zudem schützt COAXjay die Systemtechnik vor Überlastungen und unterstützt die vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance).



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.



Technical data

- Automatic data log via system interface
- Artificial intelligence enables process analysis
- Sensors for monitoring temperature, powder stream, gas flow, pressure and cooling water
- Nozzle integrated strain gauges for collision-monitoring
- Sensors for laser optics (e.g. monitoring of protective glass)
- Position and extraction monitoring

Llsec misst die Pulverkegel-Geometrie an der Düse

Llsec measures powder cone geometry at the nozzle



Das Pulverdüsen-Messsystem Llsec (abgeleitet von »Light Section«, also »Lichtschnitt«) misst automatisch vor dem Prozess die Geometrie des Pulverstromkegels. Dafür durchleuchtet ein Messlaser den Pulverstrom nach dem Austritt aus der Düse. Die Zahl der Messebenen ist frei definierbar. Im rechten Winkel dazu ist eine Kamera montiert, die Lichtschnitte durch das Pulver aufnimmt und an eine Auswertungssoftware weiterleitet. Ein

Algorithmus vergleicht die aufgenommenen Bildinformationen mit mathematischen Funktionen. So lässt sich sehr genau die dreidimensionale Verteilung des Pulverstroms berechnen und der Pulverkegel charakterisieren. Dies vereinfacht die Qualitätskontrolle und erlaubt Rückschlüsse auf den Verschleiß der Pulverdüse.

Technical data

- Dimensions: 210 mm x 150 mm x 60 mm
- Supply voltage: Power-over-Ethernet
- Connectivity: Gigabit Ethernet with MQTT interface
- Measurement resolution: X/Z (image) 30.6 μm /Px or Y (minimum plane spacing) 50 μm
- Laser protection class: 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 überwacht den Pulvermassestrom

POWDERscreen monitors the powder throughput

Neben der Schutzgas- abschirmung durch das System COAXshield und der Pulverkegel-Analyse L1sec stellt POWDERscreen eine weitere Säule für einen stabilen und reproduzierbaren Beschichtungsprozess dar. Dessen Sensor fokussiert sich auf den Pulvermassestrom und überwacht genau, wann und wie viel unterschiedliche Pulverpartikel in das Schmelzbad gelangen. Daraus lässt sich für die vier vorhandenen Messkanäle die geförderte Pulvermasse exakt berechnen. Das System erkennt

Schwankungen im Partikel- massestrom, meldet sie an die Anlage und ermöglicht so eine nachgelagerte Rege- lung. POWDERscreen sorgt für eine gezielte Mischung unterschiedlicher Pulver während des Schweißvor- ganges und eine Steigerung der Prozesszuverlässigkeit. Die digitale Erfassung des Pulvermassestroms liefert geeignete Daten, um einen digitalen Zwilling des gefe- rigten Bauteils hinsichtlich der eingebrachten Pulvermasse zu erstellen.

Alongside the inert gas shielding provided by the COAXshield system and the L1sec 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.



Technical data

- Dimensions: 100x50x60 mm
- Measurement range: 0–20 g/min per measurement channel (for steel powder)
- Measurement channels: 4
- Interface: USB with MQTT software interface
- Compatible with the Fraunhofer IWS POWDERsplitter

Über uns

Das Fraunhofer IWS entwickelt komplexe Systemlösungen in der Laser- und Werkstofftechnik. Wir am Fraunhofer IWS verstehen uns als Ideentreiber, die Lösungen mit Laseranwendungen, funktionalisierten Oberflächen sowie Werkstoff- und Prozessinnovationen entwickeln – von einfach integrierbaren Individuallösungen über kosteneffiziente Mittelstandslösungen bis hin zu industrietauglichen Komplettlösungen.

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