

FRAUNHOFER INSTITUTE  
MATERIAL AND BEAM TECHNOLOGY IWS



# LASER CLADDING AND ADDITIVE MANUFACTURING



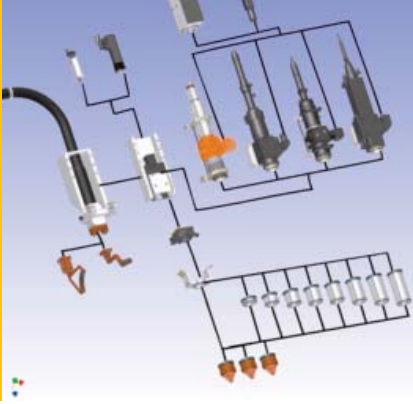


## **PROZESSENTWICKLUNG UND SYSTEMTECHNIK**

Lasertechnische Beschichtungsverfahren besitzen eine Schlüsselposition in modernen Fertigungs- und Instandsetzungsprozessen der Luftfahrtindustrie, der Energieerzeugung sowie des Formen- und Werkzeugbaus. Für die Oberflächenfunktionalisierung, Reparatur und Designänderung von langlebigen und komplexen Baugruppen und Werkzeugen sind leistungsfähige Strahlwerkzeuge gefragt, die unterschiedliche Werkstoffe metallurgisch verbinden oder zu Strukturen formen können. Dies bedarf der Entwicklung von neuen Werkstoffsystemen und der Überführung des Verfahrens Laser-Pulver-Auftragschweißen auf reale Bauteile.

Die besonderen Herausforderungen an die benötigten Laseroptiken und Bearbeitungsköpfe ergeben sich hierbei nicht nur aus der Forderung, reproduzierbare Auftragschweißungen auch in schlecht erreichbaren Zwangslagen zu realisieren. Gleichzeitig ist typischerweise auch eine Richtungsunabhängigkeit der Zufuhr des Schweißgutes gefordert, damit sowohl Konturen als auch reale dreidimensionale Strukturen beschichtet und generiert werden können.

Bis Dezember 2013 waren etwa 200 Bearbeitungsköpfe der COAXn-Familie im praktischen Einsatz. Davon sind allein 90 Bearbeitungsköpfe mit der Universaldüse COAX8 ausgerüstet und bereits mehr als 20 mit dem neuen COAXpowerline-System.



## **PROCESS DEVELOPMENT AND SYSTEM TECHNOLOGY**

Laser technology coating procedures occupy a key position in modern manufacturing and maintenance processes in the aeronautic industry, in energy generation, as well as in mould and tool construction. High-powered beam tools, which can metallurgically combine different materials or form them into structures, are required for surface functionality, repair, and the design modification of long-lasting and complex assembly groups and tools. This necessitates the development of new materials systems and the transfer of the laser powder cladding process to real components. In this context, the particular challenges made on the required laser optics and processing heads arise not only from the necessity of being able to carry out reproducible claddings in difficult-to-access spots; simultaneously, independence of the direction of the feed of the welding material is generally also crucial, so that both the contours and the real three-dimensional structures can be coated and generated.

Since December 2013 approximately 200 cladding heads of the COAXn group have been implemented into practical application. Among these, 90 cladding nozzles have been equipped with the universal nozzle COAX8 and more than 20 with the novel COAX-powerline system.



## COAXpowerline

### Allgemeines:

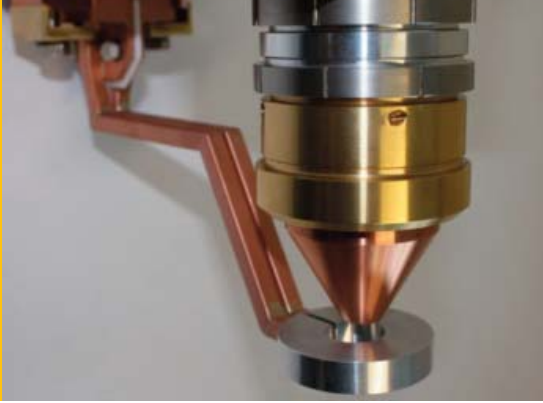
Für einen breiten industriellen Einsatz wurde die COAXpowerline als modulares System zum Laser-Pulver-Auftragschweißen (LPA) sowie zum induktiv unterstützten LPA entwickelt. So lassen sich unterschiedliche Module für gängige Laserstrahlquellen und Optik-Konfigurationen umsetzen. Zur rissfreien Beschichtung schwer schweißbarer Werkstoffkombinationen bzw. zur Steigerung der Auftragsrate kann ein Modul zur induktiven Prozessunterstützung integriert werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit ein System zur Prozessüberwachung und Regelung (E-MAqS) einzusetzen.

### Anwendung:

- Faser-, Scheiben-, Nd:YAG-, Dioden-Laser
- Steigerung der Auftragsrate mittels induktiver Unterstützung  
Beispiel: 4 kW-Laserleistung + 14 kW-Induktionsleistung =  
8 kg/h-Auftragsrate INCONEL-Pulver
- Beschichtung von rissempfindlichen Werkstoffen

### Technische Daten:

- Fokusbrennweiten ab  $f = 200$  mm möglich
- Spotabmessung 1 – 12 mm
- Laserleistung bis 10 kW



## COAXpowerline

### General:

With a broad range of industrial uses in mind, the COAXpowerline was developed as a modular system for both laser powder cladding (LPC) and for inductively supported LPC. This means that different modules can be adapted for use in conventional laser beam sources and in optics configurations. In order to achieve crack-free coating of difficult-to-weld material combinations or to increase the deposition rate, a module can be integrated for inductive process support. Furthermore, it is possible to utilize a system for process monitoring and regulation (E-MAqS).

### Application:

- fiber, disc, Nd:YAG and diode lasers
- increase of the deposition rate by means of inductive support  
example: 4 kW laser power + 14 kW induction power = 8 kg/h deposition rate INCONEL powder
- coating of crack-prone materials

### Specifications:

- focus lengths from  $f = 200$  mm possible
- spot size 1 – 12 mm
- laser power up to 10 kW



## COAX8

### Allgemeines:

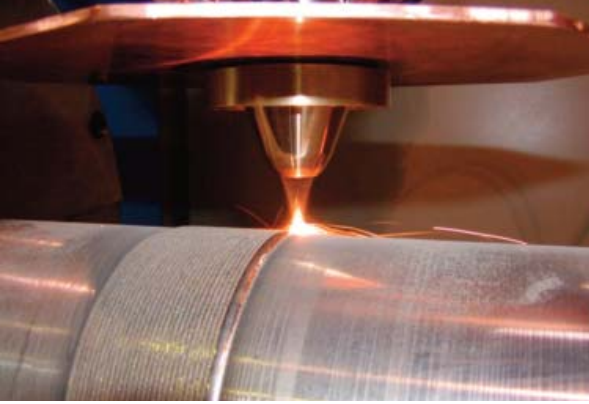
An dieser Ringspalt-Pulverdüse wird am Düsenausgang ein hohl-kegelförmig fokussierter Pulverstrom gebildet, der koaxial zum Laserstrahl auf das Werkstück gerichtet ist. Durch die homogene Pulververteilung ist die Pulverzufuhr völlig unabhängig von der Schweißrichtung, so dass beliebige Konturen erzeugt werden können. Die Pulverdüse kann während des Beschichtungsprozesses um bis zu 30° geneigt werden.

### Anwendung:

- breites Anwendungsspektrum in allen Leistungsbereichen
- Oberflächenschutz, Reparatur, Generieren mittels Laser-Pulver-Auftragschweißen (LPA)
- Fe-, Ni- und Co- Basis-Pulverwerkstoffe sowie Hartstoffe (TiC, VC, WC)

### Technische Daten:

- Fokusbrennweiten ab 70 mm
- Laserleistung bis 10 kW (Diode, Scheibe, Faser, ...)
- Pulverfokus 1,5 – 5 mm
- Pulverfördermenge 10 – 150 g/min
- Pulvereffizienz bis 95 %
- Spurbreiten bis 10 mm



## COAX8

### General:

With this annular gap powder nozzle, a hollow conical focused powder stream is formed at the nozzle exit, which is directed at the work piece coaxially with the laser beam. By means of homogeneous powder distribution, the powder feed is completely independent of the welding direction, so that any desired contours can be created. During the coating process, the powder nozzle can be tilted up to 30°.

### Application:

- broad spectrum of applications in all power ranges
- surface protection, repair, generation by means of laser powder cladding (LPC)
- Fe, Ni and Co based powder materials as well as hard materials (TiC, VC, WC)

### Specifications:

- focus lengths from 70 mm
- laser power up to 10 kW (Diode, Disc, Fiber, ...)
- powder focus 1.5 – 5 mm
- powder feed rate 10 – 150 g/min
- powder efficiency up to 95 %
- weld seam width up to 10 mm



## COAX9

### **Allgemeines:**

Verkleinerte Ringspalt-Pulverdüse auf Basis der COAX8 für 1 Zoll-Optiken mit kurzen Brennweiten. Minimierung der Außenabmessungen bei gleicher Funktionalität. Die Düse ist nicht für alle Leistungsbereiche geeignet, sondern nur bis 4 kW.

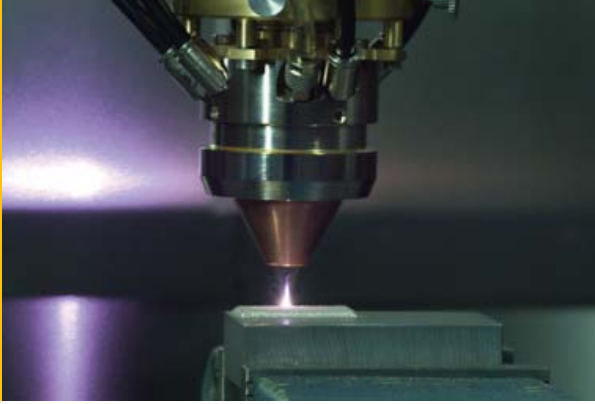
### **Anwendung:**

- bei erschwerter Zugänglichkeit
- breites Anwendungsspektrum
- Oberflächenschutz, Reparatur, Generieren mittels Laser-Pulver Auftragschweißen
- Fe-, Ni- und Co- Basis-Pulverwerkstoffe sowie Hartstoffe (TiC, VC, WC)

### **Technische Daten:**

- Laserleistung bis 4 kW
- Pulverfokus 2 – 3,5 mm
- Pulverfördermenge 10 – 70 g/min
- Spurbreiten bis 5 mm





## COAX9

### General:

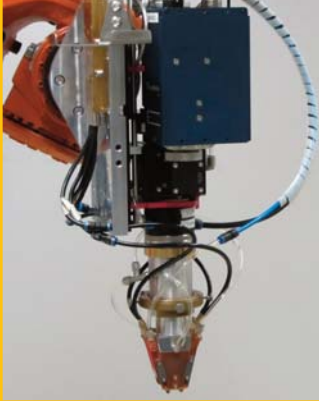
Reduced annular gap powder nozzle, based on the COAX8, for 1-inch optics with short focal lengths. Minimization of external dimensions with no change in functionality. The nozzle is not suitable for all power ranges – only for those up to 4 kW.

### Application:

- in cases of difficult accessibility
- broad spectrum
- surface protection, repair, generation by means of laser powder cladding
- Fe, Ni and Co based powder materials as well as hard materials (TiC, VC, WC)

### Specifications:

- laser power up to 4 kW
- powder focus 2 – 3.5 mm
- powder feed rate 10 – 70 g/min
- weld seam widths up to 5 mm



## COAX11

### Allgemeines:

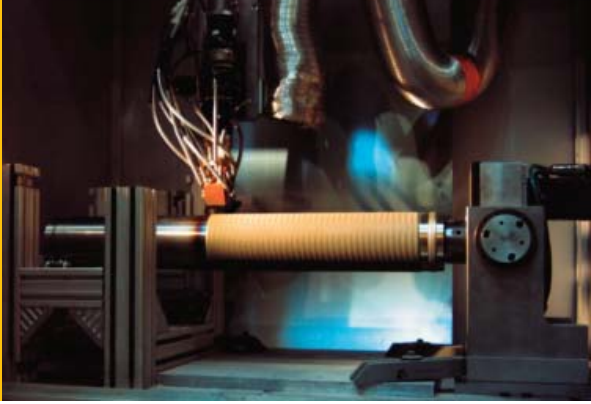
Der Bearbeitungskopf vom Typ COAX11 ist speziell für das Arbeiten mit rechteckigem oder linienförmigem Laser-Brennfleck und hohen Laserleistungen vorgesehen. Zwei gegenüberliegende Kanalplatten formen einen rechteckigen Pulverstrom, der exakt an die Dimension des Schmelzbades angepasst werden kann. Dadurch wird das Auftragschweißen flacher und endkonturnaher Schweißraupen mit 16 mm (Standard) Einzelspurbreite ermöglicht. Ein positiver Nebeneffekt der breiten Spurbreiten ist, dass trotz hoher Auftragsraten nur geringe Schweißgeschwindigkeiten benötigt werden, woraus sich Vorteile bei der Verarbeitung kritischer Werkstoffkombination ergeben.

### Anwendung:

- großflächiges Beschichten mit Ni-, Co-, Fe-Basislegierungen sowie WC-haltigen Verschleißschutzschichten
- Sonderanwendungen, z. B. Beschichten partieller Bereiche in nur einer Überfahrt

### Technische Daten:

- Laserleistung bis 10 kW
- Laserspot 16 x 5 mm
- Pulverfördermenge 110 g/min
- Pulverausnutzungsgrade bis 95 %
- zweiseitige Pulverzufuhr (nicht richtungsunabhängig)



## COAX11

### General:

The COAX11 nozzle is specially designed for use with rectangular or scanned line laser spots. Powder is fed into the melt pool from channel openings on either side of the head. It is ideal for high power, high deposition rate cladding processes with wide, flat and nearnetshape cladding tracks with a track width 16 mm (standard). Resulting of the wide tracks can achieve high deposition rates also at relative low cladding speeds, which is helpful for the cladding of crack critical material combinations

### Application:

- large area coatings with Ni, Co, Fe- based powders and also tungsten carbide powders
- special applications, e. g. coating processes of single areas in one step

### Specifications:

- diode lasers up to 10 kW
- laser spot size 16 x 5 mm
- powder feed rate up to 110 g/min
- powder efficiency up to 95 %
- no omnidirectional powder supply (in difference to the coax type nozzles)
- for metal alloys only, i. e. no carbide composites



## COAX12

### Allgemeines:

Der Grundaufbau des COAX12-Kopfes ähnelt dem des Typs COAX8. Anstelle des Ringspaltes übernehmen jedoch vier separate Pulverkanäle die Pulverstrahlformung zum Arbeitspunkt. Auf diese Weise ist der Pulverstrom nahezu unabhängig von der Schwerkraft, und es sind beliebige Schweißpositionen mit geschwenkter und auch während des laufenden Prozesses um alle Achsen bewegter Düse möglich. Der COAX12-Bearbeitungskopf ist somit insbesondere für 3D-Anwendungen in Robotersystemen vorgesehen.

### Anwendung:

- Beschichtung in Zwangslagen und von 3D-Oberflächen
- Reparatur und Designänderung an Großwerkzeugen
- einsetzbar an Robotoranlagen und mehrachsigen CNC-Maschinen

### Technische Daten:

- Laserleistung bis 8 kW (Diode, Scheibe, Faser, ...)
- Pulverfokus 2 – 4 mm
- Pulverfördermenge 10 – 75 g/min
- Pulvereffizienz bis 95 %
- Spurbreiten bis 8 mm
- Fokussierbrennweiten ab 70 mm



## COAX12

### General:

The basic assembly of the COAX12 nozzle is similar to the COAX8 type. But, instead of a ring slit, four separate powder streams are directed onto the working point. They form a homogeneous powder spot, which is nearly independent from the gravity. Thus, the powder supply is independent from the welding direction as well as from the inclination of the laser head. So nearly any desired contour can be generated, and nozzle inclinations do not influence the powder supply. Even working in three-dimensional space with moving nozzle is possible.

### Application:

- coating of difficult-to-access spots and of 3D surfaces
- repair and design modification of large tools
- can be used in robot equipment and in multi-axial CNC machines

### Specifications:

- laser power up to 8 kW (Diode, Disc, Fiber, ...)
- powder focus 2 – 4 mm
- powder feed rate 10 – 75 g/min
- powder efficiency up to 95 %
- weld seam width up to 8 mm.
- focus length higher than 70 mm



## COAX13

### Allgemeines:

Die Koaxial-Pulverdüse COAX13 bietet mit einem langen schlanken Düsenkörper und einem geringen Störkontur-Durchmesser von 30 mm gute Voraussetzungen zur Beschichtung von schwer zugänglichen Funktionsflächen. Der Pulverfokus wird wie bei der COAX12 durch vier Pulvereinzelstrahlen ausgebildet. Somit sind auch Arbeiten in Zwangslagen möglich.

### Anwendung:

- Auftragschweißen mit Lasern höchster Strahlqualität an schwer zugänglichen Bauteilbereichen
- Wiederherstellung von 3D-Strukturen an Triebwerkkomponenten z. B. BLISK, Kompressor- oder Turbinenbauteile

### Technische Daten:

- Pulverzufuhr mittels 4 Pulverstrahlen
- hohe Eintauchtiefe, ca. 200 mm
- extreme Schweißpositionen möglich,  $\pm 90^\circ$  Neigung
- schnell wechselbare Düsenspitzen
- Nd:YAG-, Scheiben- und Faserlaser
- bis 3 kW Laserleistung
- Spotbreite max. 4 mm



## COAX13

### General:

With a long narrow nozzle body and a low interference contour diameter of 30 mm, the coaxial powder nozzle COAX13 offers useful features for the coating of difficult-to-access functional areas. As with the COAX12, the powder focus is formed by means of four individual powder streams. This also permits working in difficult-to-reach spots.

### Application:

- cladding using lasers of the highest beam quality in difficult-to-reach component areas
- restoration of 3D structures in engine Components, e. g., BLISK, compressor or turbine components

### Specifications:

- powder feed by means of 4 powder streams
- high immersion depth, approx. 200 mm
- extreme welding positions possible,  $\pm 90^\circ$  tilted
- nozzle tips can be replaced quickly
- Nd:YAG, disc and fiber lasers
- up to 3 kW laser power
- weld seam width up to 4 mm



## COAX14

### Allgemeines:

Diese Ringspaltdüse wurde speziell für Anwendungen entwickelt, bei der ein sehr feiner Pulverfokus notwendig ist. Die bei allen Düsen der COAXn-Serie vorhandene modulare Bauweise konnte beibehalten werden. Somit ist es möglich, unterschiedliche Düsenspitzenvarianten schnell und kostengünstig zu wechseln.

### Anwendung:

- Faser-, Scheiben- und Nd:YAG-Laser
- Aufbau von Gitterstrukturen mit Spurbreiten  $< 50 \mu\text{m}$

### Technische Daten:

- schnell wechselbare Düsenspitzen
- bis 2 kW Laserleistung
- Pulverfokus 0,5 – 1,5 mm
- Pulverkorngroße 5 – 60  $\mu\text{m}$
- vertikaler Neigungswinkel 0 – 20°





## COAX14

### General:

This annular gap nozzle has been specially designed for applications in which a very precise powder focus is required. The modular design of the complete COAX series' nozzles has not been changed, meaning it is now possible to exchange different nozzle tips in a most fast and cost-saving way.

### Application:

- fiber, disc and Nd:YAG laser
- set-up of mesh structures with weld seam widths of  $< 50 \mu\text{m}$

### Specifications:

- quickly replaceable nozzle tips
- up to 2 kW laser power
- powder focus 0.5 – 1.5 mm
- powder grain size 5 – 60  $\mu\text{m}$
- vertical tilt angle 0 – 20°



## COAX16

### Allgemeines:

Bei der Pulverdüse vom Typ COAX16 handelt es sich um eine miniaturisierte Ringspaltdüse, die vor allem bei Anwendungen zum Einsatz kommt, bei denen die Schweißstelle am Bauteil nur erschwert zugänglich ist. Da der Düsenkopf auch auf einen kleinen Pulverfokus hin optimiert wurde, kann diese Düse für Anwendungen eingesetzt werden, bei denen es auf kleine Schweißraupenabmessungen ankommt.

### Anwendung:

- alle Anwendungen, bei denen eine erschwerte Zugänglichkeit gegeben ist und gleichzeitig ein hochpräziser Materialauftrag gefordert wird
- z. B. Instandsetzung von Triebwerkskomponenten oder generativer Aufbau von Werkzeugen mit tiefliegenden Kavitäten
- Reparieren, Generieren und Beschichten vorzugsweise mit Metalllegierungen

### Technische Daten:

- geeignet für Laser guter Strahlqualität von 10 mm\*mrad oder besser
- Laserleistung bis 1 kW
- Pulverfokus < 1,2 mm (abhängig vom Pulver)
- Pulverfördermenge 0,5 – 10 g/min
- Spurbreiten 30 µm – 1 mm  
Pulverkorngröße 5 – 60 µm
- vertikaler Neigungswinkel 0 – 20°



## COAX16

### General:

The COAX16 nozzle is a miniaturized annular gap powder nozzle, which is mainly applied to difficult-to-access components. Thanks to its very small powder focus, this nozzle type can be used for applications, in which small welding bead dimensions are essential.

### Application:

- applications with restricted accessibility and high precision of the deposited structure
- e. g. aero engine repair or generative manufacturing of tools with deep cavities
- repair, generative manufacturing and cladding preferably with metal alloys

### Specifications:

- suitable for lasers of high beam quality of 10 mm\*mrad or better
- laser power up to 1 kW
- powder focus < 1.2 mm (dependent on type of powder)
- powder feed rate 0.5 – 10 g/min
- weld seam width 30  $\mu$ m – 1 mm
- powder grain size 5 – 60  $\mu$ m
- vertical tilt angle 0 – 20°



## COAXid

### Allgemeines:

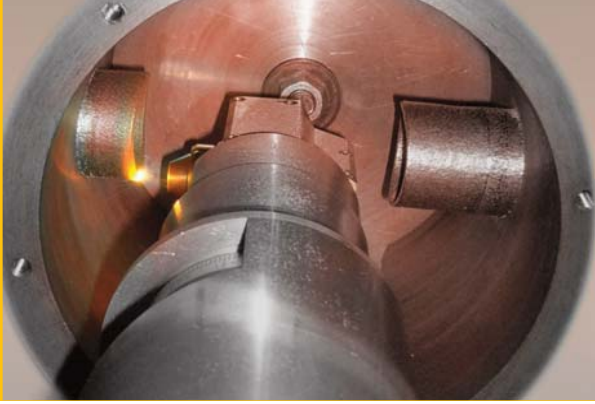
Die COAXid stellt ein modulares Innenbeschichtungssystem dar, mit dem komplexe, tiefliegende Innenkonturen richtungsunabhängig auftragsgeschweißt werden können. Selbst 3D-Struktur-Beschichtungen in horizontaler Schweißposition können auf einer Innenwand problemlos mit der Bearbeitungsoptikrealisiert werden. Ein stabiler, ununterbrochener Betrieb bei rotationssymmetrischen Innenflächen konnte über Stunden nachgewiesen werden.

### Anwendung:

- richtungsunabhängiges, modulares Innenbeschichtungssystem zum Auftragschweißen von komplexen Geometrien an Innenflächen (z. B. Gasturbinen, Triebwerke)
- rotationssymmetrische Innenbeschichtungen mit Fe-, Ni- und Co-Basislegierungen sowie Hartstoffbinder-Kombinationen (WC+ Ni-Basislegierung)
- Schweißpositionen in Wannelage bis horizontal möglich

### Technische Daten:

- Laserleistung bis 3,5 kW
- Spurbreiten bis 4 mm
- min. Innendurchmesser 100 mm
- mögliche Eintauchtiefen bis 1000 mm
- für Nd:YAG und Scheibenlaser geeignet



## COAXid

### General:

The COAXid represents a modular internal coating system, with which complex, deep-lying internal contours can be deposition welded independently of direction. Even 3D structure coatings in a horizontal welding position can be realized on an internal surface without any difficulties using the processing optics. A stable, uninterrupted operation, even in the case of rotational-symmetrical internal areas, has so far been demonstrated for processing times of more than one hour.

### Application:

- modular internal coating system independent of direction to clad complex geometries on internal surfaces (e. g. gas turbines, engines)
- rotational-symmetric internal coatings using Fe, Ni and Co base alloy and hard material binding combinations (WC and Ni base alloy)
- welding positions from flat to horizontal are possible

### Specifications:

- laser power up to 3.5 kW
- weld seam widths up to 4 mm
- Minimum inner diameter 100 mm
- Maximum immersion depth 1000 mm
- suitable for Nd:YAG and disc lasers



# ZYKLONPULVERDÜSE ZUR SEITLICHEN PULVERZUFÜHRUNG

## Allgemeines:

Haupt-Unterscheidungsmerkmale der Zyklonpulverdüse zu den COAX-Düsen ist dieseitliche Pulverzufuhr, die Robustheit sowie die sehr gute Zugänglichkeit. Bei der Zyklonpulverdüse sind zwei Pulverkomponenten simultan und unabhängig voneinander dosierbar. Pulver mit sehr unterschiedlichen Dichten lassen sich homogen mischen. Der Zyklonabscheider trennt überflüssiges Trägergas vom Pulver. Das homogene Pulvergemisch kann bei kleinen Förderraten mit einer geringen Austrittsgeschwindigkeit und hoher Förderkonstanz problemlos transportiert werden.

## Anwendung:

- Beschichtung von Bauteilen mit unterschiedlichster Geometrie und schwer zugänglichen Beschichtungsflächen
- wird u. a. bei Ventilen, Kurbelwellen angewendet

## Technische Daten:

- optimiert für Pulver der Korngröße 10 – 150  $\mu\text{m}$
- max. 8 kW Laserleistung
- einsetzbar für CO<sub>2</sub>-, Nd:YAG-, Faser-, Scheiben- und Diodenlaser
- Abstand der Pulverdüse zum Schmelzbad 10 mm



## **CYCLONE POWDER NOZZLE FOR LATERAL POWDER FEED**

### **General:**

The main characteristic difference to the COAX nozzles is that the powder feed is lateral and is characterized by robustness, good powder utilization and excellent accessibility. Using the cyclone powder nozzle, two powder components can be dosed simultaneously and independently of one other. Powder of very differing thicknesses can be mixed homogeneously. The cyclone separator separates superfluous carrier gas from the powder. The homogeneous powder mix can be transported at a small feed rate with a low exit speed and high feed consistency without any difficulties.

### **Application:**

- coating of components with the most varied geometries and difficult-to-reach coating areas
- is used in valves, crank shafts, etc

### **Specifications:**

- optimized for powder with a grain size of 10 – 150  $\mu\text{m}$
- max. 8 kW laser power
- usable with  $\text{CO}_2$ , Nd:YAG, fiber, disc and diode lasers
- distance of the powder nozzle to the melt pool 10 mm



## COAXwire

### Allgemeines:

Mit dem neu entwickelten Laser-Draht-Bearbeitungskopf COAXwire steht eine flexible systemtechnische Lösung für den Einsatz von drahtförmigen Schweißzusätzen zur Verfügung. Als Massiv- oder Fülldraht in Fein- oder Standard-Abmessung können nahezu alle kommerziell verfügbaren Schweiß- und Lötdrähte prozesssicher verarbeitet werden. Anwendervorteile ergeben sich hinsichtlich effektiver Werkstoffausnutzung, hohe Produktivität und sauberen Prozessbedingungen. Durch die spezielle Dreistrahl-Optik mit zentrischer Drahtzufuhr ergibt sich eine hohe Einsatzflexibilität mit der Möglichkeit der richtungsunabhängigen Prozessführung.

### Anwendung:

- Beschichten, Reparieren u. Generieren mit Drahtzusatzwerkstoffen
- richtungsunabhängige Prozessführung für flache und rotations-symmetrische Bauteile sowie auf vorhandene 3D-Oberflächen und Strukturen
- Fe-, Co- oder Cu-Legierungen für Verschleißschutz
- Al-, Ti- u. Ni-Luftfahrtlegierungen zum Reparieren und Generieren

### Technische Daten:

- Laserleistung bis 4 kW (Standard), bis 6 kW (modifiziert)
- Dreistrahlssystem mit zentrischer Drahtzufuhr mit Durchmesser von 0,4 mm bis 1,0 mm (größere auf Anfrage)
- LLK-D, LLK-B oder QBH-Faseraufnahme zur Adaption an verschiedene Lasersysteme
- Gewicht der Grundausführung ca. 13 kg





## COAXwire

### General:

The newly developed laser wire welding head COAXwire provides a flexible, technical system solution for the application of wire-shaped fillers. Nearly all commercially available welding and soldering wires can now be reliably processed as solid or filling wires in fine or standard dimensions. The advantages are highly effective material utilization, high productivity and clean process conditions. The particular three beam optics with central wire feed enables utmost flexibility and provides the option of a process management, which is independent of direction.

### Application:

- coating, repair and generation with wire filler materials
- process management independent of direction for flat and rotationally symmetrical components and on present 3D surfaces and structures
- Fe-, Co- or Cu-alloys for wear protection
- Al-, Ti- and Ni- aerospace alloys for repair and generation

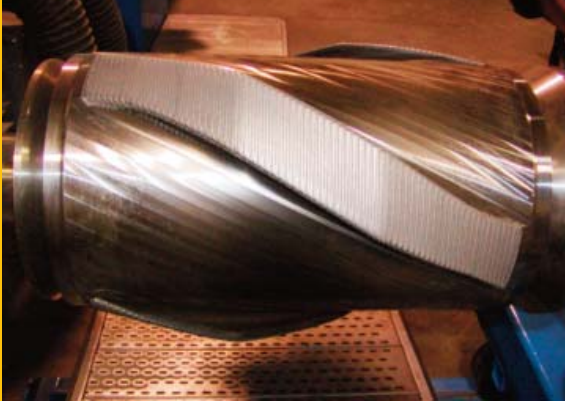
### Specifications:

- laser power up to 4 kW (standard), up to 6 kW (modified)
- three beam system with central powder feed with diameters of 0.4 mm to 1.0 mm (larger by request)
- LLK-D, LLK-B or QBH-fiber connector for adaption to different laser systems
- weight of the basic version approx. 13 kg



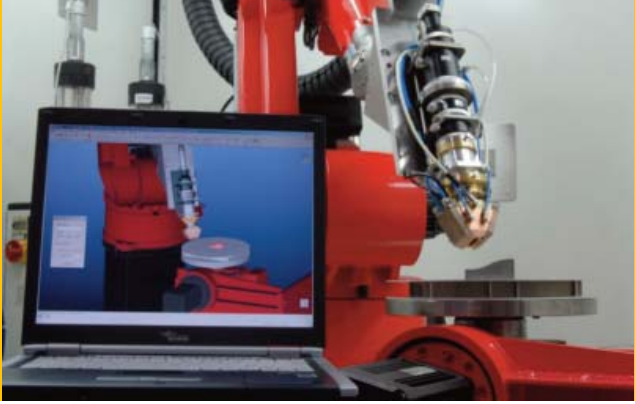
## PROZESSENTWICKLUNG

Für einen industrietauglichen Laser-Pulver-Auftragschweißprozess ist häufig eine Prozessentwicklung notwendig. Diese beschränkt sich nicht nur auf die Ermittlung geeigneter Schweißparameter mit der ein möglichst wirtschaftlicher Prozess mit einer endkonturnahen Geometrie erzeugt werden soll. Vielmehr ist diese von der Anforderung des Kunden bzw. vom jeweiligen Einsatz und den damit verbundenen gewünschten Eigenschaften der zu bearbeitenden Geometrie abhängig. Darüber hinaus schließt die Prozessentwicklung nicht nur die Verwendung gutschweißbarer sondern auch die als schwer schweißbar geltenden Werkstoffe und Zusatzwerkstoffe wie beispielsweise Leichtmetall-, Nickel- und Nickelsuperlegierungen sowie Hartstofflegierungen (Karbide) mit ein. Dabei kann zur Beeinflussung des Prozesses und zur temporären Verbesserung der Schweißbeignung durch lokale Vorwärmung des Bauteils und des Zusatzwerkstoffs ein Induktionsgenerator zum Einsatz kommen. Unverzichtbar bei der Entwicklung eines Prozesses ist die Auswahl geeigneter Systemtechnik. Diese muss je nach Anforderung an die zu bearbeitenden Bauteile angepasst werden.



## **PROCESS DEVELOPMENT**

Some form of process development is frequently necessary to create a laser powder cladding process which is suitable for industrial use. This is not limited to merely ascertaining the suitable welding parameters with which the most economical process possible, with a geometry formed close to the final contour, can be generated. This is much more dependent on the customer's requirements or on the particular application and the relevant desired properties of the geometry to be processed. In addition, process development includes not only the use of materials which can easily be welded but also materials regarded as difficult to weld, and additional materials, including light metal, nickel and nickel super alloys, as well as hard material alloys (carbides). An induction generator can be used to influence the process and to provide temporary improvement of welding suitability by means of local pre-warming of the component and of the additional material. The choice of a suitable system technology is indispensable in the development of a process. This must be adapted to the components to be processed, according to requirements.



## **CAM-OFFLINE- PROGRAMMIERUNG**

Ein weiterer wesentlicher Teil der Prozessentwicklung ist die Programmierung der Beschichtungsbahnen zur Umsetzung verschiedener Beschichtungsstrategien im 2D- und 3D-Bereich. Für die Programmierung komplizierter Geometrien für Komponenten aus Triebwerken, Turbinen, Motoren, Formen und Werkzeugen wird die am Fraunhofer IWS mitentwickelte Bearbeitungs-Software DCAM der Fa. SKM genutzt. Das Programm ermöglicht das Generieren von Einzelspuren, Konturen, Flächen und beliebigen Volumenelementen auf ebenen, aber auch auf gekrümmten Oberflächen. Ausgehend von den importierten oder im CAM-System erstellten 3D-CAD-Daten des Bauteils werden die zu beschichtenden Flächen am Bauteil zuerst separiert und dann die zu erzeugenden Bahnen berechnet.

In der Software sind unterschiedliche Beschichtungsstrategien hinterlegt. Entsprechende Parametereinstellungen wie z. B. Vorschub, Laserleistung, Spurbreite, Überlappung, Startpunktversatz, Ein- und Überläufe sind frei wählbar. Anschließend erfolgt die Prüfung der Bahn zur Vermeidung von Kollisionen zwischen Werkstück und Anlagen-teilen. Werden Kollisionen erkannt, ist die Änderung der Werkzeugausrichtung oder des Anstellwinkels über die gesamte Bahn oder nur bereichsweise möglich. Auch alle technologischen Parameter sind nachträglich bearbeitbar.



## CAM OFFLINE PROGRAMMING

A further essential part of process development is the programming of the coating tool path for the implementation of various coating strategies in the 2D and 3D range. The processing software DCAM from the company SKM, which was co-developed at the Fraunhofer IWS, is used for the programming of complicated geometries for components contained in engines, turbines, motors, moulds and tools. The program makes possible the generation of single seams, contours, surfaces and any desired volume elements on even surfaces, as well as on curved surfaces. On the basis of the 3D-CAD data either imported into or generated in the component's CAM system, the areas of the component to be coated are first of all separated and then the tool path to be generated are calculated.

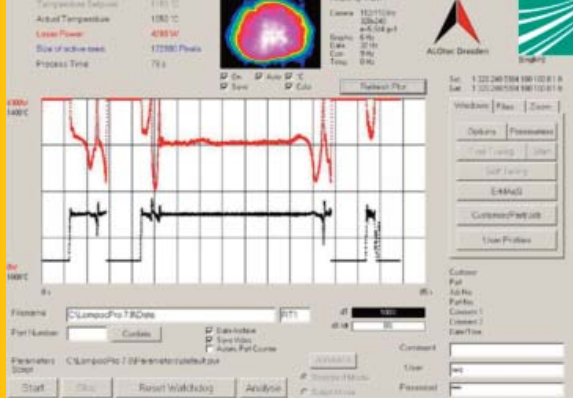
Different coating strategies have been stored in the software. Corresponding parameter settings, such as feed rate, laser power, weld seam width, overlapping, start point offset, intakes and spills can be freely selected. Finally, the tool path is inspected to avoid collisions between the work piece and the equipment parts. If collisions are identified, then modification of the tool direction or of the angle of attach is possible over the entire tool path or parts of it. All technological parameters can also subsequently be processed.



## E-MAQS-KAMERA

Für die Prozesssicherheit und Qualitätssicherung stehen weitere Komponenten für die Prozessüberwachung zur Verfügung. Dabei können unterschiedliche Kamerasysteme (z. B. E-MAqS-Kamera) genutzt werden. Es besteht die Möglichkeit, den vollständigen Prozess über die E-MAqS-Kamera durch die Pulverdüse von oben zu beobachten ggf. aufzuzeichnen.

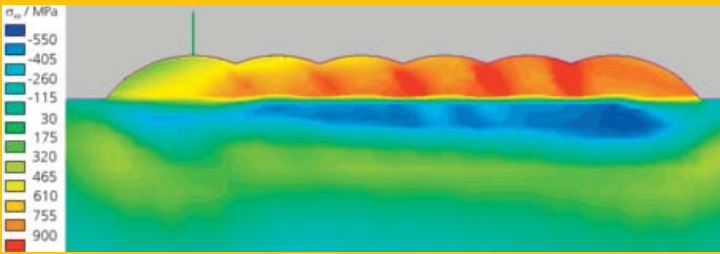
Über die Einstellung der Parameter in der Bediener-Software Lompoc Pro, kann der Schweißprozess gezielt beeinflusst werden. Dabei erfasst die Kamera die Größe und Temperatur des Schmelzbades. Weicht dabei der voreingestellte Sollwert des Schmelzbades von der Istgröße ab, so kann dies durch Anpassung der Laserleistung oder der Vorschubgeschwindigkeit geregelt werden.



## E-MAQS CAMERA

Further components for process monitoring are available for process safety and quality control. In this context, various camera systems can be used (e. g. E-MAqS camera). It is also possible to observe, and, if necessary, to record the complete process from above through the powder nozzle via the E-MAqS camera.

Via the parameter settings in the user Software Lompoc Pro, the welding process can be specifically influenced. The camera thereby records the size and temperature of the melt pool. If the pre-set target value of the melt pool deviates from the actual size, this can be regulated by adjustment of the laser power or of the feed rate speed.



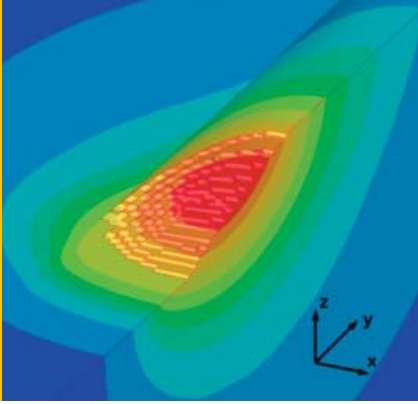
## SIMULATION

Die Simulation verbessert das Prozessverständnis der beim Laser-Pulver-Auftragschweißen (LPA) auftretenden Phänomene. Dies ermöglicht die Reduzierung von kostenintensiven Versuchsreihen zur Anpassung an Werkstoffkombinationen und Bauteilgeometrien. Eine Prozessoptimierung durch Variation der Parameter und Schweißstrategien ist möglich. Somit ist die Vorausberechnung des Bearbeitungsergebnisses für gegebene Bearbeitungsprozesse realisierbar. Weiterhin ist im Vorfeld die Abschätzung und Vermeidung rissgefährdeter Bereiche lokalisierbar. Somit ist die Abgabe von Empfehlungen für den LPA-Prozess möglich.

### Vorhandenes Modell (Lösung):

Das am Fraunhofer IWS entwickelte modulare Modell erlaubt es, ausgehend von einem Parametersatz zunächst die Raupengeometrie und das Temperaturfeld sowie darauf aufbauend schließlich Phasenzustände, Spannungen, Dehnungen und Verzug zu berechnen. Die verfügbaren Rechnungen reichen dabei von schnellen 1D- und 2D-Abschätzungen bis hin zu langsameren, aber genaueren 3D-Berechnungen. Entsprechend der Aufgabenstellung können die Simulationen sowohl für einzelne Schweißraupen als auch für vielspurige Schweißstrategien ausgeführt werden, wodurch verschiedene Anwendungsfelder vom Beschichten bis hin zur generativen Fertigung abgedeckt werden. Die Simulationsrechnungen werden nicht nur für die eigene Projektarbeit verwendet, sondern auch für externe Anwender des Laser-Auftragschweißens als Dienstleistung angeboten.





## SIMULATION

Simulation improves understanding of the process phenomena which occur in the course of laser powder cladding (LPC). This means that it is possible to reduce cost-intensive experimental runs for adaptation to material combinations and component geometries. Process optimization by means of the variation of parameters and of welding strategies is possible. This means that projections can be made regarding the processing results for given processing procedures. Furthermore, the identification and avoidance of areas prone to cracks can be localized in advance. This makes the provision of recommendations for the LPC process possible.

### **Existing model (solution):**

On the basis of a set of parameters, the modular model, as developed at the Fraunhofer IWS, permits initial calculation of the bead geometry and of the temperature field and then, building on this, of phase conditions, stress, elongation and deformation. The available calculations range from rapid 1D and 2D assessments up to slower but more accurate 3D calculations.

According to the specific task, simulations can be carried out for both individual welding beads and for multi-seam welding strategies, whereby various fields of application, from coating up to generative manufacture, are covered. The simulation calculations are used not only for in-house project work, but are also provided as a service to external users of laser cladding.

## REFERENZKUNDEN

The logo for ALSTOM, featuring the word "ALSTOM" in a bold, blue, sans-serif font. The letter "O" is replaced by a red circle with a white dot in the center, resembling an eye or a stylized zero.The logo for PRIMA INDUSTRIE, consisting of an orange stylized graphic of a building or industrial structure above the text "PRIMA INDUSTRIE" in a bold, black, sans-serif font.The logo for NUTECH, featuring the word "NUTECH" in a bold, black, sans-serif font. A red arrow points from the end of the word to the right, ending in a multi-pointed arrowhead.The logo for GTV, featuring a blue stylized graphic of a triangle or arrow pointing upwards and to the right, with the letters "GTV" in a bold, blue, sans-serif font.

(10 systems)

The logo for rofin, featuring the word "rofin" in a bold, black, sans-serif font. The letter "i" is replaced by a red vertical bar.

(5 systems)

The logo for laserline, featuring a blue stylized graphic of a circle with a red arrow pointing from the center to the right, followed by the word "laserline" in a bold, black, sans-serif font.

(40 systems)

The logo for NUCLEAR AMRC, featuring a stylized graphic of a blue and purple circle with a blue arrow pointing upwards and to the right, above the text "NUCLEAR AMRC" in a bold, black, sans-serif font. Below this, the text "ADVANCED MANUFACTURING RESEARCH CENTRE" is written in a smaller, black, sans-serif font.The logo for MTU Aero Engines, featuring a stylized graphic of a blue and white circle with a blue arrow pointing upwards and to the right, above the text "MTU" in a bold, black, sans-serif font. Below this, the text "Aero Engines" is written in a smaller, black, sans-serif font.

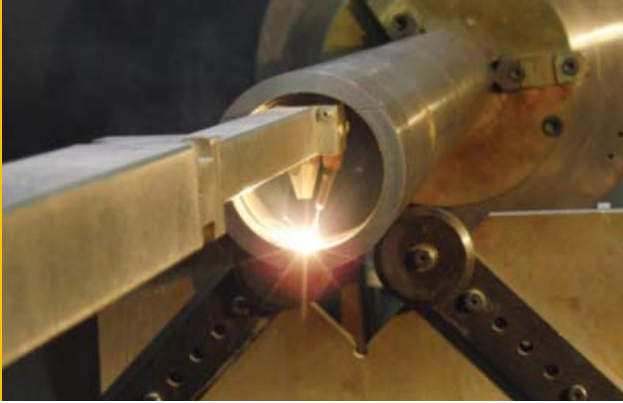
Zusätzlich wurden 50 Systeme bei verschiedenen Industriekunden in den USA, Kanada, Asien sowie Australien installiert (Dezember 2013).

## REFERENCES



## SIEMENS

In addition, 50 systems have been installed at various industrial customers in the USA, Canada, Asia and Australia (December 2013).



## **FRAUNHOFER USA – CENTER FOR LASER APPLICATIONS – UNSER PARTNER FÜR NORDAMERIKA**

Durch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten bei unserem Partner in den USA generiert das IWS zusätzliches Know-how und eine hohe Kundennähe. Das Fraunhofer CLA unterstützt die Industrie bei der Entwicklung innovativer Technologien für die Lasermaterialbearbeitung sowie bei der Konzeption und Inbetriebnahme der erforderlichen Anlagentechnik.

**»INNOVATION VERWIRKLICHEN«**

### **Fraunhofer USA – Center for Laser Applications (CLA)**

46025 Port Street  
Plymouth, Michigan 48170 - 6080, USA

Ansprechpartner: Mr. Craig Bratt  
Telefon: +1 734 738 0550  
Fax: +1 888 871 5107

**[www.cla.fraunhofer.org](http://www.cla.fraunhofer.org)**



## **FRAUNHOFER USA – CENTER FOR LASER APPLICATIONS – OUR PARTNER FOR NORTH AMERICA**

By research and development with our partner in the USA the IWS generates additional know-how and a high customer service. Fraunhofer CLA supports innovative technologies for laser material processing as well as with the conception and start-up of the necessary equipment technology.

**»MAKING INNOVATION REALITY«**

### **Fraunhofer USA – Center for Laser Applications (CLA)**

46025 Port Street  
Plymouth, Michigan 48170 - 6080, USA

Contact person: Mr. Craig Bratt  
Phone: +1 734 / 738 0550  
Fax: +1 888 / 871 5107

**[www.cla.fraunhofer.org](http://www.cla.fraunhofer.org)**



## **FRAUNHOFER IWS DRESDEN WIR LÖSEN PROBLEME. KUNDENGERECHT.**

Durch die Integration von Laserprozessen in die Prozesskette können Produktionskosten gesenkt und Fertigungsabläufe zeitlich gestrafft werden. Das Fraunhofer IWS Dresden unterstützt die Industrie bei der Konzeption, Auslegung und Inbetriebnahme der erforderlichen Anlagentechnik sowie bei der Technologieentwicklung und Mitarbeiterschulung.



»Für uns sind die Problemstellungen unserer Kunden erst dann gelöst, wenn sie mit der erarbeiteten Lösung Geld verdienen.«

Prof. C. Leyens, Institutsleiter

### **Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS**

Winterbergstr. 28, 01277 Dresden

Telefon +49 351 83391-0, Fax +49 351 83391-3300

[info@iws.fraunhofer.de](mailto:info@iws.fraunhofer.de)

Technische Ansprechpartner:

Prof. Dr. Steffen Nowotny

Telefon +49 351 83391-3241

[steffen.nowotny@iws.fraunhofer.de](mailto:steffen.nowotny@iws.fraunhofer.de)

Prof. Dr. Frank Brückner

+49 351 83391-3452

[frank.brueckner@iws.fraunhofer.de](mailto:frank.brueckner@iws.fraunhofer.de)

**[www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de)**



## **FRAUNHOFER IWS DRESDEN WE SOLVE PROBLEMS. CUSTOMIZED.**

Due to the integration of laser processes into the process chain, production costs can be reduced and manufacturing processes can be well optimized. The Fraunhofer IWS Dresden supports their clients with respect to the conception, design and commissioning of the necessary equipment technology, as well as to technology development and employee training.



»For us, our clients' problems are solved only when they are earning money with the solution we have developed.«

Prof. C. Leyens, Executive Director

### **Fraunhofer Institute Material and Beam Technology IWS**

Winterbergstr. 28, 01277 Dresden, Germany

Phone +49 351 83391-0, Fax +49 351 83391-3300

[info@iws.fraunhofer.de](mailto:info@iws.fraunhofer.de)

Technical contacts:

Prof. Dr. Steffen Nowotny

Telefon +49 351 83391-3241

[steffen.nowotny@iws.fraunhofer.de](mailto:steffen.nowotny@iws.fraunhofer.de)

Prof. Dr. Frank Brückner

+49 351 83391-3452

[frank.brueckner@iws.fraunhofer.de](mailto:frank.brueckner@iws.fraunhofer.de)

**[www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de)**

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR  
WERKSTOFF- UND STRAHLTECHNIK IWS



# LASER-AUFTRAGSCHWEISSEN UND GENERIEREN

