



## MINIATUR-LASERBEARBEITUNGSOPTIK FÜR HARTMETALLISCHE INNENBESCHICHTUNGEN

### DIE AUFGABE

Verschleißbeständige, hartmetallische Beschichtungen sind für Panzerungen hervorragend geeignet. Ein potenzielles Einsatzgebiet sind Zylinder von Extrudierwerkzeugen zur Herstellung von Kunststoff-Rohmaterial. Bei der Herstellung von Kunststoff-Rohmaterial werden Kunststoffteilchen über einen Trichter in einen Zylinder mit innenlaufender Extruderschnecke geschüttet. Durch die Bewegung und den Druck der rotierenden Extruderschnecke im erwärmten Zylinder wird die Kunststoffschmelze vermischt, gepresst und über eine schmale Austrittsöffnung herausgespritzt. Aufgrund der äußeren Zusatzenergieerwärmung und der starken Reibung entstehen starke Verschleißerscheinungen in den bis zu 8 m langen Zylindern. Die Innenbeschichtung der Zylinder mit einer verschleißfesten hartstoffhaltigen Schicht war deshalb Entwicklungsgegenstand des Projektkonsortiums im EU-Projekt DEBACOAT (FP-7, FZK: 315417). Dabei handelt es sich um tiefliegende, schwer zu erreichende Stellen mit kleinen Innendurchmessern.

Gegenstand der Forschungsarbeiten des Fraunhofer IWS Dresden war die Entwicklung eines Innenbeschichtungskopfes zum Herstellen besonders hoch hartstoffhaltiger Innenbeschichtungen. Folgende Anforderungen waren dabei zu erfüllen:

- das Innenbeschichten von langen Zylindern, die auch konisch oder doppelt ausgeführt sein können,
- das Erreichen einer maximalen Eintauchtiefe von 1800 mm für minimale Innendurchmesser von 58 mm,
- maximal mögliche Laserleistungen von 1000 W bei einem stabilen Langzeitprozess von mindestens einer Stunde,
- die Integration einer Prozesskamera und einer Temperaturerfassung.

### UNSERE LÖSUNG

Mit der Entwicklung der neuen Innenbeschichtungsoptik »Mini-ID« (Abb. 1) besteht die Funktionalität, hohe Eintauchtiefen bis zu 3000 mm und minimale Innendurchmesser von 50 mm zu bearbeiten. Der Aufbau der kompletten Innenbeschichtungsoptik ist so konzipiert, dass die Lichtleitfaser im Kopf vollständig integriert und von allen Medien wie Pulver, Schutzgas und Kühlwasser ummantelt wird. Der hinter dem Faserstecker liegende Anschlusskörper bietet Anschlussmöglichkeiten für das Pulver-Gas-Gemisch, Schutzgas, Kühlwasser-Vor- und Rücklauf, ein Thermoelement bis zur letzten optischen Komponente sowie eine integrierte Endoskop-Kamera, die bis kurz vor das Schmelzbad geführt ist. Der aus dem Faserende austretende Laserstrahl wird durch optische Linsen kollimiert, mit langen Brennweiten fokussiert, um 90 ° umgelenkt und wiederum kurz vor dem Austritt auf das Substrat fokussiert. Eine Kassette ermöglicht den schnellen Wechsel des letzten optischen Elements.

Die Pulverzufuhr ist seitlich angebracht und kann sowohl schleppend als auch stechend im Rohr schweißen (Abb. 2). Die Abschirmung des Schmelzbades erfolgt durch das Mitführen des Schutzgases im Laserstrahlengang bis zur Austrittsöffnung. Der Innenbeschichtungskopf ist vom Anschlusskörper bis hin zum Laserstrahlaustritt und zurück vollständig wassergekühlt. Der Kopf bietet eine Justierung des kollimierten Laserstrahls zur Austrittsöffnung und zusätzlich eine Justage der Pulverdüse zum Schmelzbad. Mit Hilfe einer Kugeldruckschraube kann der um jeweils 500 mm modular erweiterbare Innenbeschichtungskopf problemlos im zu beschichtenden Rohr abgestützt werden.



## ERGEBNISSE

Die Innenbeschichtungsoptik Mini-ID ist bis zu einer maximalen Laserleistung von 1,5 kW ausgelegt und mit einer integrierten Endoskop-Kamera zur Prozessbeobachtung sowie einem Thermoelement zur Temperaturerfassung der letzten optischen Komponente ausgestattet.

Um Langzeitbeschichtungsversuche in tiefliegenden Rohren durchführen zu können, musste der Innenbeschichtungskopf in zahlreichen Schweißvorversuchen seine prozesstechnische Qualität unter Beweis stellen. Flächenbeschichtungen bis zu einer Beschichtungszeit von zunächst 15 min wurden mit Ni-Basislegierungen bei einem typischen Laserstrahldurchmesser von 1,8 mm, einem Arbeitsabstand von 6,5 mm und einer Laserleistung von 500 W erfolgreich durchgeführt.

Für die eigentliche Langzeit-Stabilität im Rohr wurden Realbauteile für die Herstellung von Kunststoff-Rohrmaterial innenliegend auftraggeschweißt. Die zu beschichtenden Zylinder haben einen Außendurchmesser von 200 mm, einen Innendurchmesser von 110 mm und eine Länge von 500 mm. Sie sind zusätzlich mit induktiv unterstützter Vor- und Nacherwärmung so temperiert worden, dass die bei der Beschichtung

mit risikritischen, hartmetallischen Legierungen häufig beobachteten Spannungsrisse komplett vermieden werden. In Abbildung 4 ist der induktionsunterstützte Schweißaufbau dargestellt.

Mit einer induktiven Vorwärmung von 300° C, einer Laserleistung von 700 W und einer Vorschubgeschwindigkeit von 500 mm min<sup>-1</sup> konnte bei einem Laserstrahldurchmesser von etwa 2 mm eine erfolgreiche Langzeit-Innenbeschichtung von bis zu 2 Stunden durchgeführt werden (Abb. 3). Der 0,5 mm dick mit einer Nickelbasislegierung beschichtete Zylinder hatte nach dem Prozess eine Temperatur von 370° C. Alle optischen Komponenten im ständig gekühlten Innenbeschichtungskopf blieben während des Funktionstests trotz starker Wärmestrahlung des erhitzten Rohres und Umströmung mit Restpulver unversehrt.

- 1 *Innenbeschichtungsoptik Mini-ID am KUKA-Roboter*
- 2 *Laterale Pulver-Gasströmung am Beschichtungskopf*
- 3 *Langzeit-Innenbeschichtung eines Zylinders durch Laser-Pulver-Auftragsschweißen*

*Schweißaufbau zum induktiv-unterstützten Innenrohr-Auftragsschweißen*



## KONTAKT

Dipl.-Ing. (FH) Frank Kubisch

☎ +49 351 83391-3147

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

