

# ENTDECKUNG DES POTENZIALS DES LASER- PULVER-AUFTRAGSCHWEISSENS

VON IULIIA MOROZOVA

Der Einsatz von verschleißfesten Beschichtungen bietet in vielen Industriezweigen, in denen die verwendeten Bauteile abrieb-, korrosions- und erosionsfest sein müssen, beträchtliche Einsparungen bei den Materialkosten und der Herstellbarkeit.

Zu den wichtigsten Herstellungsverfahren, mit denen diese Schichten aufgebracht werden, gehören das Unterpulverschweißen, das thermische Spritzen und das Plasma Pulver-Auftragschweißen.

Das Laser-Pulver-Auftragschweißen, auch bekannt als Laser Cladding, hat sich jedoch als wirksame Methode erwiesen, die einzigartige Vorteile für die aufgetragenen Schichten und den Prozess selbst bietet.

**“Ein Laser ist eine schwache Energiequelle. Ein Laser nimmt nur ein paar Watt Energie auf und bündelt sie in einem kohärenten Lichtstrahl. Aber mit einem Laser kann man ein Loch in einen Diamanten bohren oder Krebs auslöschen.”**

Al Ries (übersetzt)

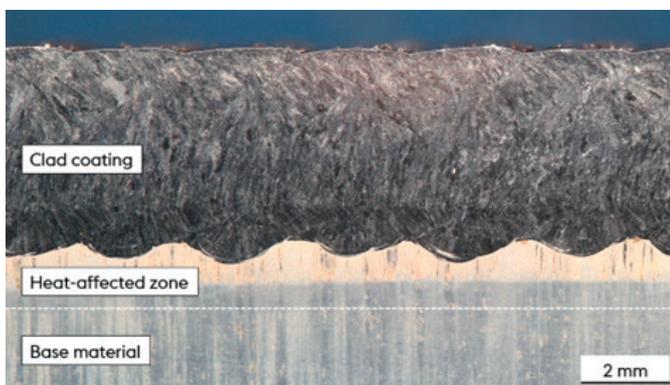
# VORTEILE DES LASER-PULVER-AUFTRAGSCHWEISSENS

Beim Laserauftragschweißen werden pulverförmige Werkstoffe mit Hilfe eines hochenergetischen Laserstrahls präzise und effizient auf ein Substrat aufgebracht. Das Pulver wird durch einen Inertgasstrom transportiert und beim Kontakt mit dem Substrat durch den Laserstrahl aufgeschmolzen. Das geschmolzene Material verfestigt sich dann und verbindet sich mit dem Substrat oder den zuvor abgetrennten Schichten, so dass eine feste, dreidimensionale Struktur entsteht.

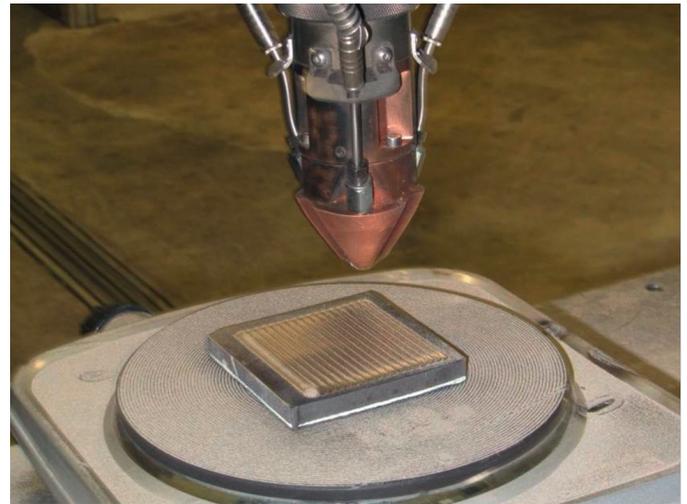
Aufgrund der Art der Energiequelle bietet das Laserauftragschweißen zahlreiche Vorteile in Bezug auf Designflexibilität, Materialausnutzung und Produktionsgeschwindigkeit. Das konzentrierte Aufschmelzen des Pulvers mit dem Laserstrahl und der örtlich begrenzte Erstarrungsprozess ermöglichen die Herstellung dichter Schichten mit sehr geringem Aufmischungsgrad (bis zu <5 %) und sorgen dennoch für eine starke metallurgische Verbindung zwischen der Auflage und dem Substrat.

Durch die geringe Vermischung zwischen dem abgetrennten Material und dem Grundmaterial kann die erforderliche chemische Zusammensetzung in einer einzigen Schicht erreicht werden. Darüber hinaus führt der geringe Wärmeeintrag des Laserverfahrens zu einer minimalen Wärmeeinflusszone (bis in den Submillimeterbereich) und einem geringeren Verzug als bei herkömmlichen Beschichtungstechniken.

Dadurch eignet sich dieses Verfahren besonders für die Reparatur oder Aufarbeitung hochwertiger Bauteile sowie für die Herstellung kundenspezifischer Teile oder Kleinserien mit kürzeren Vorlaufzeiten. Wenn bei kleinen oder dünnen Bauteilen die Minimierung des Verzugs entscheidend ist,



Querschnittsansicht einer lasergeschweißten Beschichtung



stellt das Laserauftragschweißen eine Alternative für das Auftragen der Schutzschichten dar.

Einer der Hauptvorteile des Laserauftragschweißens ist die Fähigkeit, mit einer breiten Palette von pulverförmigen Materialien zu arbeiten, darunter Metalle, Legierungen, Keramiken und Verbundwerkstoffe. Diese Vielseitigkeit ermöglicht die Herstellung komplexer Geometrien und die Kombination verschiedener Werkstoffe, was neue Möglichkeiten für die Konstruktion und Fertigung von Bauteilen eröffnet. So können beispielsweise verschleißfeste Beschichtungen, die aus einer duktilen Matrix und Hartstoffzusätzen wie Wolframkarbiden bestehen, mit dem Laser erzeugt werden. Durch die präzise Einstellung der Laserparameter kann die Verteilung der Verstärkungspartikel in der Schicht so gesteuert werden, dass eine homogene Dispersion erreicht wird.

Darüber hinaus ist das Laser-Pulver-Auftragschweißen eine hochmoderne additive Fertigungstechnik für den 3D-Druck von Hochleistungsteilen. Dank seiner Fähigkeit, mit einer Vielzahl von Materialien zu arbeiten, und seiner präzisen Kontrolle über die Materialeigenschaften hat das Laserauftragschweißen das Potenzial, Fertigungsprozesse in verschiedenen Branchen zu revolutionieren und zu einer verbesserten Produktleistung, geringeren Kosten und mehr Nachhaltigkeit zu führen.

Mit der Einführung von Hochleistungsdiodenlasersystemen und speziellen Pulverdüsen ist die Entwicklung und Einführung eines zuverlässigen Auftragschweißverfahrens für Verschleißanwendungen wesentlich einfacher geworden. Dieses Verfahren hat sich als äußerst vorteilhaft erwiesen, wenn es darum geht, die kritische Lebensdauer von Bauteilen in vielen Bereichen wie der Stahl-, Automobil-, Luft- und Raumfahrtindustrie sowie der Rohstoffgewinnung zu verlängern.

# AUSRÜSTUNG FÜR DAS LASER-PULVER-AUFTRAGSCHWEISSEN

Ein weiterer Vorteil des Laser-Pulver-Auftragschweißens ist die vollständige Automatisierung des Prozesses, die eine hervorragende Reproduzierbarkeit im Mikrometerbereich gewährleistet.

Außerdem werden dadurch die Anforderungen an die Fähigkeiten des Bedienpersonals reduziert, das lediglich die vorgegebenen Prozessparameter anwenden und den Prozess beobachten muss.

Im Gegensatz zu konventionellen Beschichtungsverfahren kann die Prozessgeschwindigkeit durch den Einsatz des Lasers deutlich erhöht werden, was wiederum zu einer Reduzierung der Herstellungskosten und der Durchlaufzeit führt.

In Bezug auf die Qualitätskontrolle bietet das Laser-Pulver-Auftragschweißen hervorragende Überwachungs- und Kontrollmöglichkeiten. Durch fortschrittliche Sensortechnologien ist es möglich, den Prozess in Echtzeit zu überwachen und so eine gleichmäßige Beschichtung und die Einhaltung von Qualitätsstandards zu gewährleisten.



5 – Achsen-CNC-Lasersystem

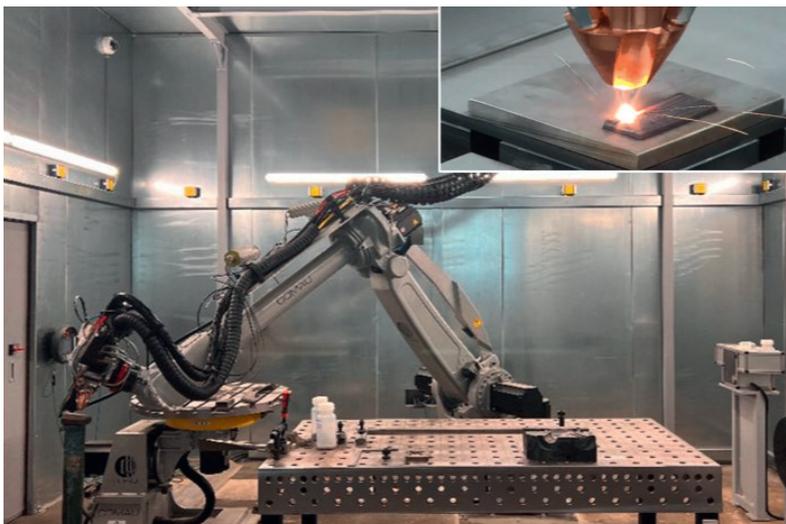
Dieses Maß an Kontrolle hat das Vertrauen in die Lieferung hochwertiger Produkte gestärkt, die die Erwartungen der Kunden erfüllen oder sogar übertreffen.

Das voestalpine Additive Manufacturing Center ist mit zwei Formen der Automatisierungssteuerung ausgestattet, nämlich dem computernumerisch gesteuerten (CNC) System und dem Roboter mit 6 CNC-gesteuerten Achsen.

Ersteres System basiert auf einem 4 KW Scheibenlaser und ist mit 5 CNC-gesteuerten Achsen ausgestattet.

Das Robot-System verfügt über einen zusätzlichen Dreh-Kipp-Tisch, der zusammen mit dem manipulierten Beschichtungskopf eine ultimative Bewegungsfreiheit bietet.

Diese Art von Ausrüstung bietet eine außergewöhnliche Wiederholbarkeit und Genauigkeit. Zusammen ermöglichen sie die Bearbeitung von formkomplexen und geometrisch anspruchsvollen Teilen in verschiedenen Anwendungen wie Beschichtung, Reparatur und Freiformfertigung.



Das robotergestützte 6-Achsen-CNC-Lasersystem

# METALLURGICAL KNOW-HOW

Die zweite Komponente des Auftragschweißprozesses, neben der Laseranlage, ist das zugeführte Pulver. voestalpine Böhler Welding hat eine breite Palette von Pulvern für das Laserauftragschweißen entwickelt. Ein Schlüssel zum effizienten Einsatz dieser Verbrauchsmaterialien ist jedoch das metallurgische Know-how, da der Laserprozess das Gefüge und damit die Eigenschaften der aufgetragenen Schichten entscheidend beeinflusst.

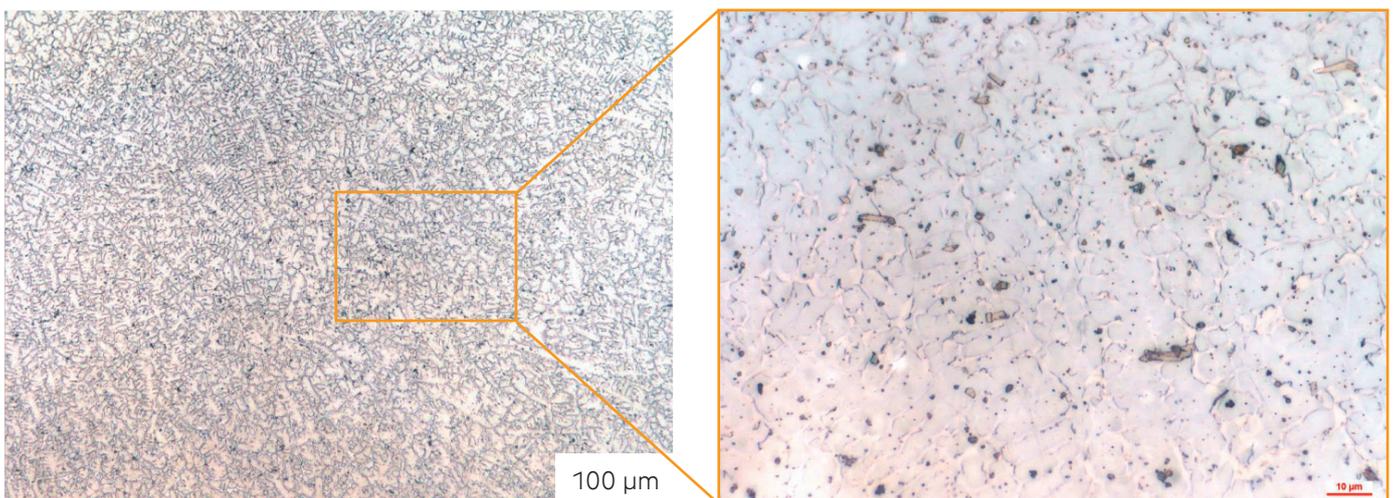
Durch den minimalen Wärmeeintrag und die schnelle Erstarrung, d.h. die schnelle Abkühlgeschwindigkeit, wird ein feines Gefüge in den Schichten erzeugt. Diese Eigenschaft führt dazu, dass lasergeschweißte Legierungen bei gleicher Ausgangschemie ein besseres mechanisches Verhalten zeigen können als lichtbogengeschweißte Legierungen.

Darüber hinaus übertrifft die Härte von mit einem Laser

aufgetragenen Beschichtungen in der Regel diejenige von Schichten, die mit konventionellen Verfahren hergestellt wurden, da durch die schnelle Abkühlung eine bessere Löslichkeit der metallischen Phasen ineinander erreicht wird.

Die Verfeinerung des Gefüges bietet einen zusätzlichen Vorteil für Hochleistungswerkstoffe, deren Wirksamkeit gegen Verschleiß und Korrosion oft auf das Vorhandensein kleiner, fein verteilter Partikel in der Matrix zurückzuführen ist.

Die schnelle Abkühlung im Laserprozess fördert nicht nur die feine Dispersion, sondern auch die gleichmäßige Verteilung der Härtebildner in der Beschichtung. Die sorgfältige Steuerung des Wärmeeintrags durch Anpassung der Prozessparameter ist daher von entscheidender Bedeutung, um ein gewünschtes Gefüge zu erreichen, das den Beschichtungen eine hohe Leistungsfähigkeit verleiht.

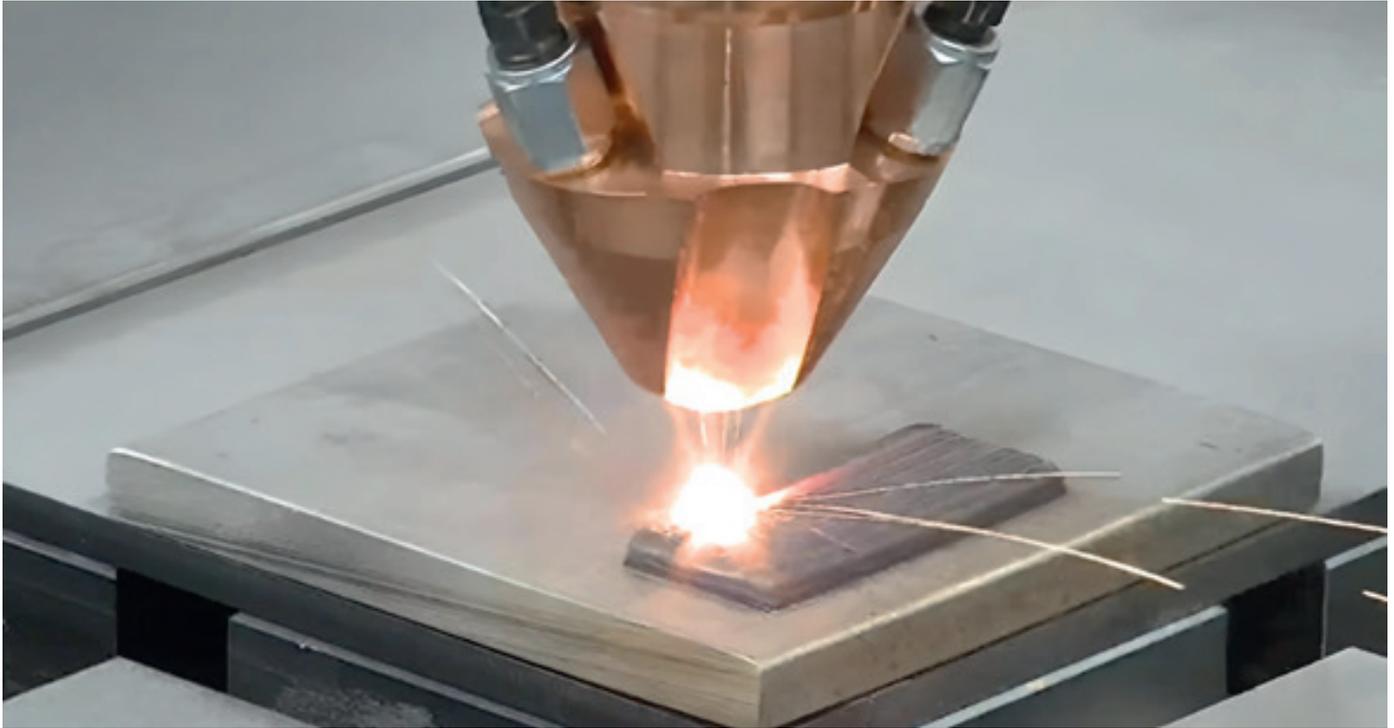


Struktur einer mit Laser aufgetragenen Fe-Cr-Mo-Schicht

## NACHHALTIGKEIT

Nicht zuletzt geht es um die Nachhaltigkeit des Laserauftragschweißverfahrens. Das Laser-Pulver-Auftragschweißen ermöglicht es, den Materialverlust zu minimieren, indem das Pulver nur dort aufgetragen wird, wo es benötigt wird, was den Materialverbrauch reduziert. Das Verfahren nutzt einen hohen Automatisierungsgrad, um Beschichtungen herzustellen, die nur eine minimale Nachbearbeitung erfordern, um die gewünschten Maßtoleranzen zu erreichen.

Angeichts der ständig steigenden Anforderungen an die Reduzierung von Schweißbrauch ist dies ein wichtiger Aspekt, der bei der Anwendung des Laserauftragschweißens zu berücksichtigen ist. Das laserbasierte Verfahren erzeugt in der Regel eine geringere Menge an Schweißbrauch im Vergleich zum lichtbogenbasierten Auftragschweißen, was auf den geringen Wärmeeintrag und die kleinere Menge an geschmolzenem Metall zurückzuführen ist.



## WARUM LASER-PULVER-AUFTRAGSCHWEISSEN?

- » **Minimale Aufmischung:** Möglichkeit, die erforderliche Chemie in der ersten Schicht zu erreichen
- » **Schmale Wärmeinflusszone:** weniger Bedarf an Wärmebehandlung nach dem Schweißen
- » **Geringer Wärmeeintrag:** Geringerer Verzug
- » **Verfeinerungseffekt in der Beschichtung:** hohe mechanische Werte
- » **E Außergewöhnliche Oberflächengüte der aufgetragenen:** weniger Bedarf an Nachbearbeitung

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

In diesem Beitrag werden die Vorteile und Möglichkeiten des Laser-Pulver-Auftragschweißens aufgezeigt, die mit anderen Beschichtungsverfahren nicht zu erreichen sind.

Es hat die Fähigkeit zur Verbesserung der Oberflächeneigenschaften verschiedener Komponenten revolutioniert, was zu einer verbesserten Haltbarkeit, Verschleißfestigkeit und Gesamtleistung führt.

Dank der Präzision und Vielseitigkeit des laserbasierten Verfahrens konnten wir in einer Vielzahl von Branchen bemerkenswerte Ergebnisse erzielen.

Der Schlüssel zur Ausschöpfung des Potenzials dieses Verfahrens liegt jedoch in der Auswahl der richtigen Prozessparameter und der Schweißzusatzwerkstoffe.

Um die Kundenbedürfnisse voll und ganz zu erfüllen, bedarf es einer besonderen Expertise des Lösungsanbieters.

Mit Blick auf die Zukunft treibt voestalpine Böhler Welding laufend Innovationen sowohl im Prozess als auch bei den Werkstoffen voran, um sie zur Verbesserung der Oberflächenleistung einzusetzen.



## IULIIA MOROZOVA

Ich habe Maschinenbau mit den Schwerpunkten Schweißmetallurgie und Werkstoffkunde studiert und anschließend sechs Jahre in der Forschung gearbeitet.

Im Jahr 2023, nach Abschluss meiner Doktorarbeit über das Rührreibschweißen von Aluminiumlegierungen, trat ich dem Team von Global Welding Technology für Oberflächenschutz bei.

Ich freue mich auf ein dynamisches und engagiertes Arbeitsumfeld im Team von voestalpine Böhler Welding, wo ich zum gemeinsamen Erfolg beitragen kann.

### **JOIN!** voestalpine Böhler Welding

We are a leader in the welding industry with over 100 years of experience, more than 50 subsidiaries and more than 4,000 distribution partners around the world. Our extensive product portfolio and welding expertise combined with our global presence guarantees we are close when you need us. Having a profound understanding of your needs enables us to solve your demanding challenges with Full Welding Solutions - perfectly synchronized and as unique as your company.

