

TRUMPF



Laserauftragschweißen
und Hochgeschwindigkeits-
laserauftragschweißen

Neue Potenziale
erschließen



Einfaches Prinzip – enorme Wirkung

Laserlicht verschweißt Pulver zu vorab programmierten Geometrien in gewünschten Legierungen und Schichten: Nutzen Sie das Laserauftragschweißen für die Reparatur, zur additiven Fertigung, zur Beschichtung sowie zur Spaltüberbrückung beim Fügen. Ein einfaches Prinzip mit enormer Wirkung: kein Wunder, dass das Verfahren heute in vielen Branchen beliebt ist.

Luft- und Raumfahrt

Reparieren Sie kostspielige und komplexe Komponenten, wie etwa Turbinenschaufeln (Blades) oder Gehäuse.



Energie- und Schwerindustrie

Beschichten Sie Komponenten von Turbomaschinen, Gas- und Dampfturbinen, Arbeitswalzen und Wellen zum Schutz vor Verschleiß und Korrosion oder auch zur Reparatur.



Automotive

Verstärken Sie Bauteile lokal oder erreichen Sie beim Fügen eine höhere Dichtigkeit (etwa bei Elektromotoren), selbst wenn Spalte überbrückt werden sollen.



Forschung und Entwicklung

Entwickeln Sie neue Legierungen und Materialkombinationen, fertigen Sie 3D-Prototypen und Bauteile additiv.



Bergbau und Chemie

Verbessern Sie die Oberfläche von Bohrern und Hydraulikkomponenten gegen Abrasion und Korrosion und beschichten Sie Wellen und Rohre zur Steigerung des Korrosionsschutzes.



Konsumgüter

Setzen Sie auf Verschleißschutz und additiv gefertigte Strukturen für eine bessere elektrische oder thermische Leitfähigkeit.



Werkzeug- und Formenbau

Vermeiden Sie teure Neubeschaffungen durch die Reparatur Ihrer Werkzeuge. Durch Beschichtungen wird der Verschleißschutz und damit die Standzeit erhöht.



Medizin

Beschichten Sie Prothesen und medizinische Werkzeuge mit Zusatzwerkstoffen, die biokompatibel sind.



Lohnfertiger

Veredeln Sie Oberflächen und modifizieren oder fertigen Sie Bauteile additiv. Laserauftragschweißen ergänzt perfekt andere Verfahren der Lasermaterialbearbeitung im Bereich der Oberflächentechnik.



Was ist Laserauftragschweißen?

Laserauftragschweißen ist ein additives Fertigungsverfahren für Metalle. Die internationale Bezeichnung lautet meist Laser Metal Deposition (LMD). Die Rede ist auch von Direct Metal Deposition (DMD) oder Laser-Direct Energy Deposition (L-DED).

Das Prinzip ist einfach: Auf der Bauteiloberfläche erzeugt der Laserstrahl ein Schmelzbad, in das ein Zusatzwerkstoff eingebracht wird. Der Laser schmilzt Bauteiloberfläche und Zusatzwerkstoff auf. In der Folge entsteht eine schmelzmetallurgische Verbindung zwischen Schicht und Bauteil bzw. vorliegenden

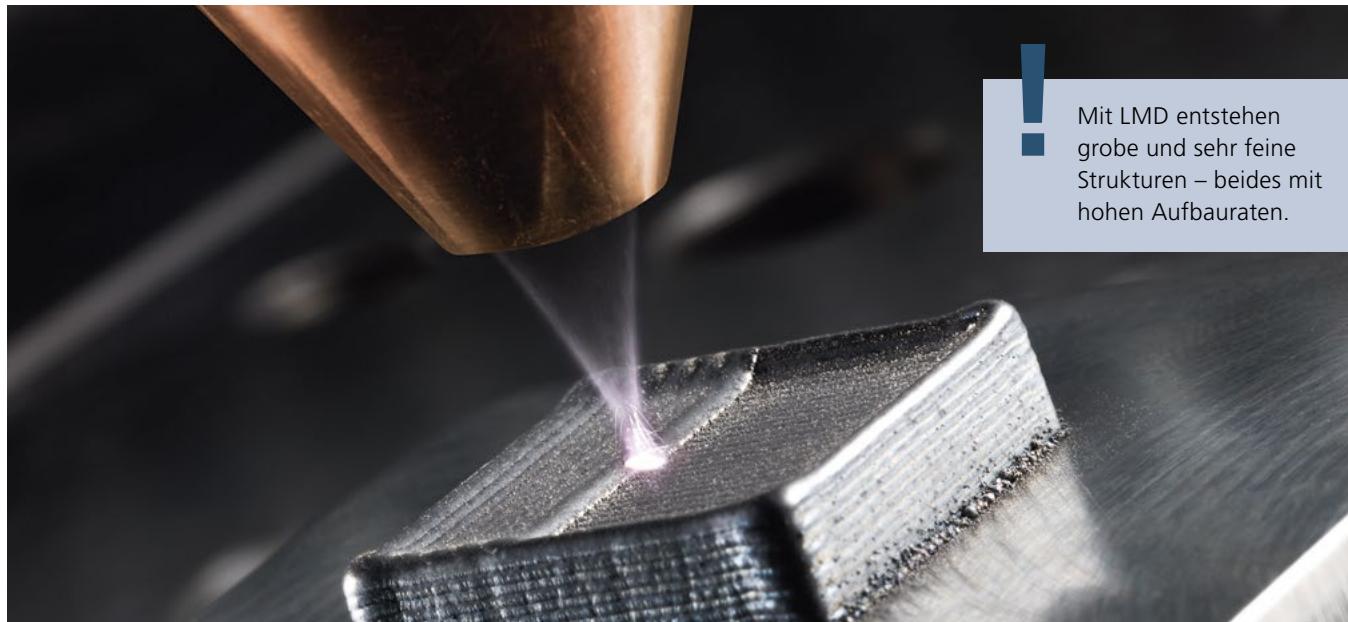
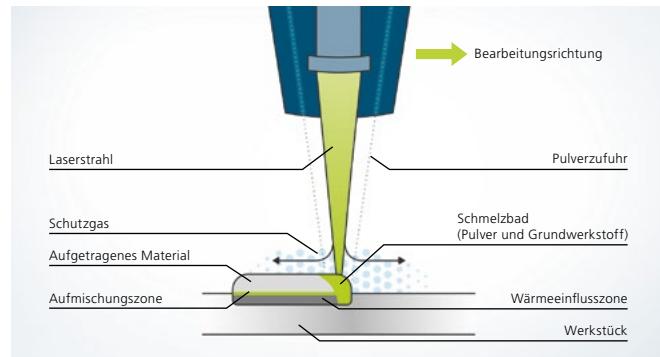
Schichten. Das Metallpulver wird schichtweise auf das Basismaterial aufgetragen und verschmilzt poren- und rissfrei mit dem Substrat. Das Besondere: Sie können zielgerichtet mehrere gleiche oder auch unterschiedliche Metallschichten aufbauen.

Sowohl mittels Laserauftragschweißen (LMD) als auch mittels Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißen (HS-LMD) sind die meisten Legierungen verarbeitbar. Eine Auswahl der Legierungen sind in der Tabelle unten aufgeführt.

Welche Materialien sind möglich?

Herkömmliche Materialien des Werkstücks*	Mögliche Materialien für den Schichtaufbau*
Werkzeugstähle/Einsatzstähle/ Vergütungsstähle	Werkzeugstähle/korrosionsbeständige Stähle
Gusseisen	Nickellegierungen
Baustahl/Stahlguss	Kobaltlegierungen
Nickellegierungen	Titanlegierungen
Titanlegierungen	Wolfram/Titankarbide
Aluminium	Aluminium
Kupfer	Kupfer

*Weitere Materialien auf Anfrage möglich.



! Mit LMD entstehen grobe und sehr feine Strukturen – beides mit hohen Aufbauraten.

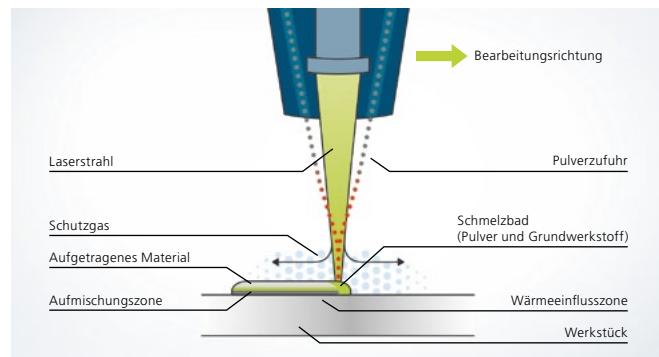
Was ist Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißen (HS-LMD)?

Das Laserauftragschweißen ist perfekt geeignet für die Reparatur oder das additive Fertigen. Große Volumenauftragsraten können erzielt werden. Für die Beschichtung großer Bauteile mit dünnen Schichten kann das HS-LMD deutlich schneller und effizienter sein. Im Gegensatz zum LMD, bei dem die Vorschubgeschwindigkeit auf wenige Meter pro Minute begrenzt ist, wird beim HS-LMD eine Vorschubgeschwindigkeit von > 100 m/min erreicht. Spezielle Zufuhrdüsen ermöglichen ein Aufschmelzen des Zusatzwerkstoffs bereits oberhalb des Substrats.

Wie beim LMD schmilzt der Laser auch beim HS-LMD Bauteiloberfläche und Zusatzwerkstoff auf. Es entsteht eine schmelzmetallurgische Verbindung zwischen Schicht und Bauteil bzw. vorliegenden Schichten. Das Metallpulver wird schichtweise auf das Basismaterial aufgetragen und verschmilzt. Dadurch können mehrere gleiche oder auch unterschiedliche Metallschichten aufgebaut werden.

Prozessgrößen und Ergebnisse	LMD	HS-LMD*	Faktor
Prozessgeschwindigkeit	0,5–4 m/min	>100 m/min	50
Oberflächenrate	1–100 cm ² /min	>1.000 cm ² /min	10–1.000
Wärmeeinflusszone*	500–1.000 µm	<10–50 µm	20–100
Mögliche Schichtdicke	≥500 µm	50–500 µm	1–10
Oberflächenrauigkeit R _z	100–200 µm	10–20 µm	10

*Bei rotationssymmetrischen Bauteilen kann die Wärmezufuhr dahingehend reduziert werden, dass sogar Grundmaterialien, die sich zuvor nicht zum Schweißen eigneten, repariert werden können. Hybride Materialkombinationen sind dadurch realisierbar.



HS-LMD live und in Farbe sehen Sie hier in unserem neuesten Video: www.trumpf.info/xwb7sj



Vielseitiges Verfahren: Laserauftragschweißen

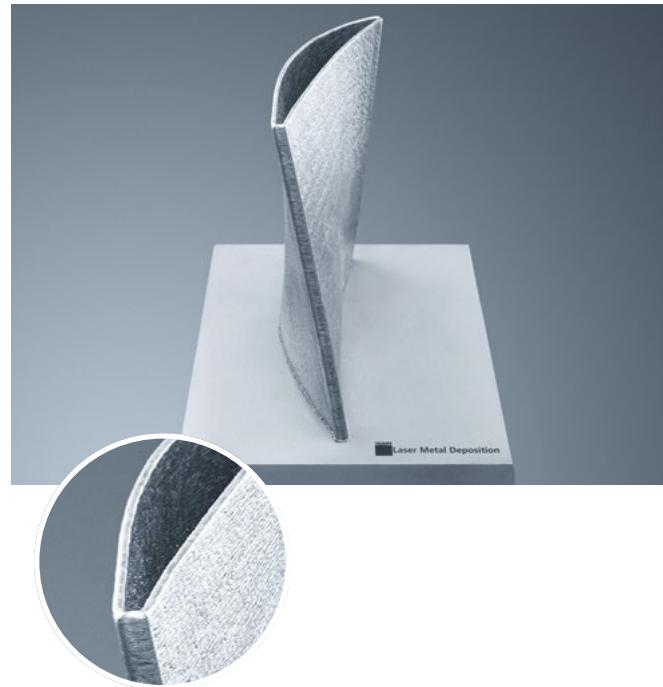
Laserauftragschweißen bietet eine industriell voll ausgereifte Alternative zur Entsorgung hochwertiger Bauteile: Sie können Teile reparieren, Oberflächen funktionalisieren und veredeln, Geometrieänderungen ganz ohne spanende Bearbeitung umsetzen und 3D-Strukturen oder Bauteile fertigen, die mit anderen Verfahren nicht möglich wären.



Einsatz statt Schrottplatz

Reparatur

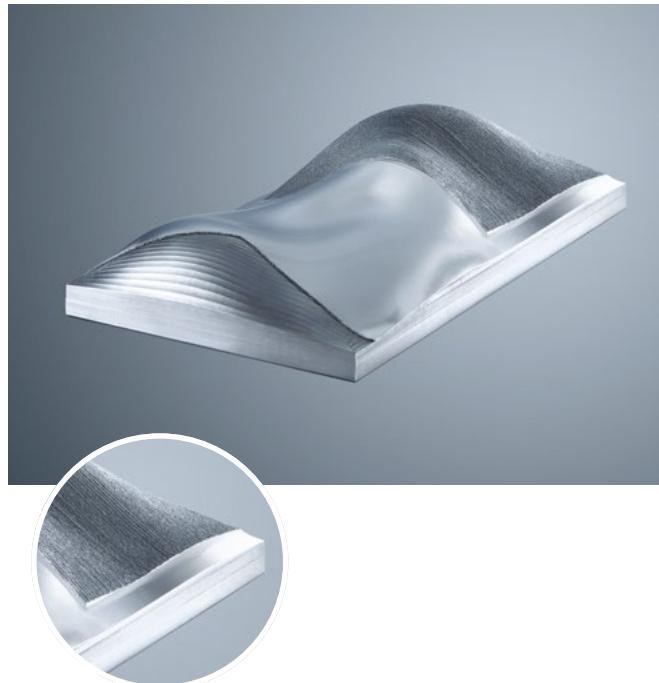
Mehr Wertschöpfung gefällig? Reparieren Sie teure Bauteile oder Werkzeuge einfach per LMD. Kleinere und größere Schäden lassen sich rasch und nahezu spurlos beseitigen. So ist Ihr Bauteil oder Werkzeug schnell wieder voll einsatzfähig. Auch Designänderungen sind möglich. LMD spart eine Menge Zeit, Energie und Material, besonders bei teuren Metallen wie Nickel oder Titan. Typische Anwendungen sind etwa: Turbinenschaufern, Kolben, Ventile, Wellen oder Werkzeuge aller Art.



Freiheit der Form

Additive Manufacturing

Die additive Fertigung mit LMD eröffnet weitreichende Designfreiheit – auch für filigrane und hochkomplexe Geometrien. Schaffen Sie Bauteile von Grund auf oder ergänzen Sie dreidimensionale Strukturen an Basiskörpern. Ein Beispiel hierfür ist die oben abgebildete Ventilatorschaufel, die im Rahmen des EU-Projektes AMAZE entwickelt wurde. Der Einstieg ist leicht: Als Teil der Industrial Additive Technologies von TRUMPF bietet LMD ein industriell ausgereiftes Verfahren mit bewährten Lasern und Maschinen. Überzeugen Sie sich von der Geschwindigkeit sowie den Kostenvorteilen. Und von den enormen Gestaltungsmöglichkeiten: Kombinieren Sie unterschiedliche Materialien zu Sandwichstrukturen, nutzen Sie definierte Legierungen oder entwickeln Sie neue.



Ein langes Leben

Beschichtung

Werten Sie Ihre Bauteile auf – mit einer Schutzschicht gegen Korrosion oder Verschleiß. LMD-Beschichtungen härten Ihre Bauteile und machen sie ganz nach Bedarf widerstandsfähig gegen Salzwasser, Chemikalien oder Witterung. Mit LMD sind unterschiedlichste Materialmischungen und Schichtstrukturen möglich. Sparen Sie zum Beispiel Produktionskosten, indem Sie günstige Materialien für das Bauteil verwenden und es anschließend hochwertig beschichten.

Spalt ade

Fügen

LMD eignet sich auch als Fügeverfahren – zum Beispiel um Spalten von mehreren Millimetern zu überbrücken. So entstehen homogene, dichte Nähte – völlig ohne Nachbearbeitung. Die koaxiale Pulverzufuhr macht den LMD-Fügeprozess dreidimensional und richtungsunabhängig – und Sie besonders flexibel in der Produktionskette. Per LMD verbinden Sie auch verschiedene Materialien, zum Beispiel Stahl und Aluguss, etwa für Komponenten von Batterien, E-Motoren oder Antrieben.

Hochgeschwindigkeits-laserauftragschweißen

Durch das Hochgeschwindigkeitslaserauftragschweißen (HS-LMD) wird die Beschichtung von großen rotationssymmetrischen Bauteilen nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich eine Alternative zu anderen Oberflächenvergütungsverfahren wie thermisches Spritzen oder Galvanik.



Querschliff einer durch HS-LMD beschichteten Bremsscheibe mit in einer Matrix aus rostfreiem Stahl eingebetteten Karbiden (hier: TiCFeCr).

Lage für Lage

Auftrag bei schwer schweißbaren Materialien

Spröde Phasen, die durch den Materialauftrag auf das Gusseisen (Flockengraphit) entstehen, stellen konventionelle Verfahren (LMD, andere Schweißtechnologien) vor Schwierigkeiten. Beim HS-LMD können dünne Schichten schmelzmetallurgisch mit dem Substrat verbunden werden. Diese sind nicht in der Dicke oder der Anzahl der eingesetzten Werkstoffe limitiert. Mehrere Werkstoffe können lagenweise oder sogar gradiert von Lage zu Lage angepasst werden – ohne den Prozess unterbrechen oder umrüsten zu müssen. Die Schichten sind nahezu poren- und rissfrei.

Rissbildung ade

Poren- und rissfreie Schichten

Das Keramik- und Metallverbundbeschichtungssystem ist resistent gegen Korrosion und Abnutzung. Ein Auftrag auf Gusseisen (Flockengraphit) ist bei konventionellem LMD und anderen Schweißtechnologien oft mit Rissbildung aufgrund von spröden Phasen (C in Fe-Matrix) verbunden. Mit HS-LMD kann die thermische Belastung signifikant verringert werden, wodurch der Entstehung von spröden Phasen entgegengewirkt wird.



Attraktive Alternative

Verschleißschutz

Durch einen großen Pulverwirkungsgrad und große Prozessgeschwindigkeiten können Bauteile sehr produktiv und qualitativ hochwertig geschweißt werden. Die mittels HS-LMD aufgebrachten Schichten sind schmelzmetallurgisch angebunden und die Schichtdicke kann individuell eingestellt werden. Gleichzeitig können in nur wenigen Sekunden je Bauteil (z. B. Ventilsitz) besonders verschleißbeständige Schichten aufgeschweißt werden. Damit ist HS-LMD eine technische und wirtschaftliche Alternative zu konventionell aufgespritzten oder geschweißten Verschleißschutzschichten für Komponenten in Großserien. Im Vergleich zu anderen Beschichtungstechnologien sparen Sie hier deutlich Zeit, Aufwand und Materialkosten – und das bei höherer Schichtqualität.

Ein noch längeres Leben

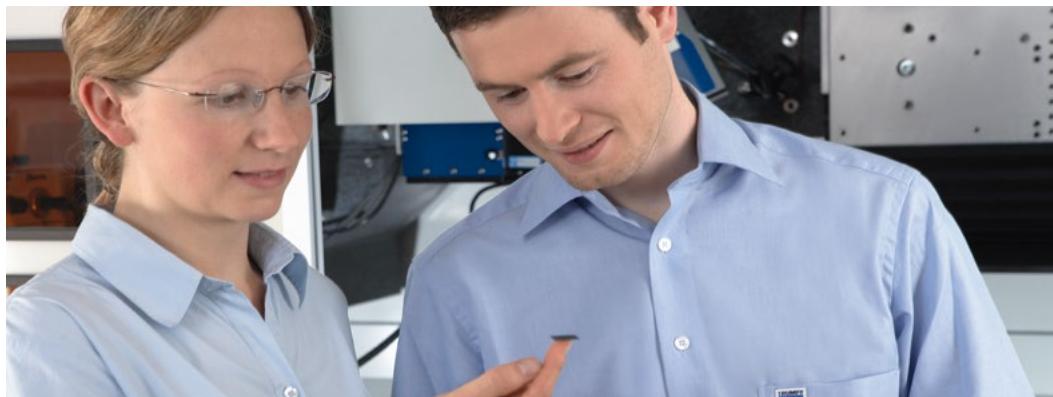
Korrosionsschutz

Große Hydraulikkomponenten, Prozess- oder Arbeitswellen müssen oft sehr aufwendig gegen Korrosion durch flüssige oder gasförmige Medien geschützt werden. Diese großen Komponenten sind häufig technisch sehr aufwendig zu bearbeiten und demnach sehr teuer. Auch hier stellt das HS-LMD eine attraktive wirtschaftliche und technisch interessante Alternative zum thermischen Spritzen oder Galvanisieren dar. Die Technologie ermöglicht, hochproduktiv Flächen mit Flächenraten von bis zu $5 \text{ m}^2/\text{h}$ bei ca. 100 µm Schichtdicke zu beschichten. Die Vorteile sind hierbei nicht nur der Schutz vor Korrosion, sondern auch die Möglichkeit, weitere Funktionschichten zur Verbesserung der Gleit- und Reibegenschaften auftragen zu können.

Legen Sie los

Setzen Sie in Sachen LMD auf bewährte Laserstrahlquellen und Maschinen – alles aus einer Hand. Genau passend für Ihre Aufgaben und Losgrößen stellen wir eine schlüsselfertige Anlage zusammen – und Sie können sofort loslegen.

Applikationsberatung



Welche Aufgabe möchten Sie per LMD lösen? Spezielle Applikationsberater und gut ausgerüstete Applikationslabore unterstützen Sie bei Materialwahl, Parameterdefinition und Systemkonfiguration. Profitieren Sie darüber hinaus von unseren Schulungen.

TruDisk



Aufgrund der hohen Strahlqualität eignen sich die TruDisk Scheibenlaser besonders für filigrane Aufgaben. Vertrauen Sie auf ein breites Portfolio der weltweit leistungsfähigsten fasergeführten Scheibenlaser.

TruLaser Cell 3000

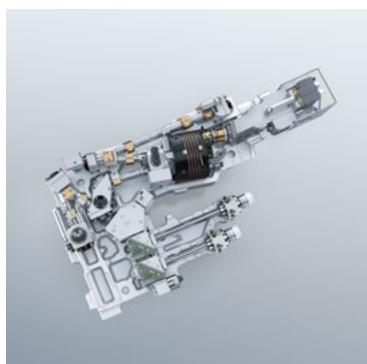


Mit der 3-in-1-Maschine bearbeiten Sie kleine und mittlere Bauteile hochproduktiv. Sie beherrscht das Laserauftragschweißen (LMD) genauso wie das Laserschneiden und -schweißen in 2D und 3D. Mit dem Prozessadapter rüsten Sie besonders leicht von einem Verfahren auf das andere um.



[www.trumpf.com/s/
trulaser-cell-3000](http://www.trumpf.com/s/trulaser-cell-3000)

TruDisk grün



Mit grüner Wellenlänge lassen sich Kupfer und andere hochreflektive Materialien nicht nur effizient, sondern auch qualitativ hochwertig und sehr produktiv laserauftragschweißen – unabhängig von der Beschaffenheit der Materialoberfläche.

TruLaser Cell 7000



Kompakt und modular aufgebaut wie die TruLaser Cell 3000 bietet deren „große Schwester“ neben mehr Leistung auch mehr Bearbeitungsraum für größere Bauteile. Einfach und flexibel wechseln Sie von LMD auf Laserschneiden und -schweißen.



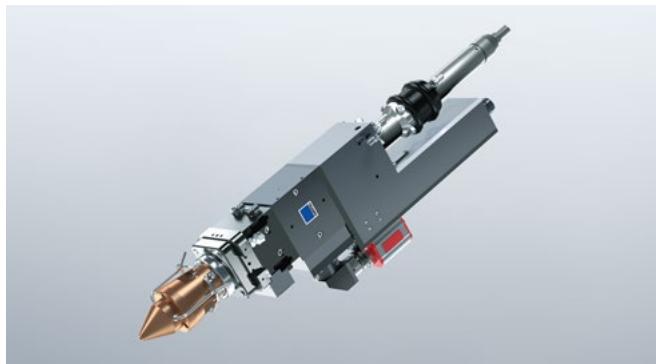
[www.trumpf.com/s/
trulaser-cell-7040](http://www.trumpf.com/s/trulaser-cell-7040)

Integrieren Sie selbst

Holen Sie sich die beste Ausstattung für LMD in Ihre eigene Anlage – die ideale Lösung für OEMs und Integratoren. DepositionLine besteht aus dem fahrbaren Pulverförderer, der Pulverförderstrecke und einer Bearbeitungsoptik mit Pulverdüse. Gerne rüsten wir den Pulverförderer mit bis zu vier unabhängigen Behältern aus.



Mehr Informationen für Ihre individuelle Gesamtlösung finden Sie hier:
www.trumpf.com/s/depositionline



Die bewährte Optik BEO D 70 verfügt über eine programmierbare motorische Fokussierung und eine Digitalkamera für noch höhere Prozesssicherheit. Die speziell für das Verfahren entwickelten Pulverdüsen sorgen für eine optimale Verteilung des Pulverstroms.



Vibrations- und Scheibenförderer leitet das Pulver-Gas-Gemisch aus den Behältern als Pulverstrom in die Düse. Das gilt auch für geringe Pulvermengen und feinste Korngrößen.

Wir sind für Sie da

Von der Anwendungsberatung über Schulungen bis hin zur flexiblen Funktionserweiterung Ihres Lasers oder Lasersystems. Rund um den Lebenszyklus begleitet TRUMPF Sie mit den passenden Dienstleistungen. So schöpfen Sie das gesamte Potenzial Ihres Lasers oder Lasersystems aus und fertigen noch produktiver. Nutzen Sie zum Beispiel unsere weltweiten Schulungszentren oder vereinbaren Sie ein individuelles Training bei Ihnen vor Ort. Mit der passenden Servicevereinbarung maximieren Sie die Verfügbarkeit Ihres Lasers oder Lasersystems – wählen Sie aus unserem umfangreichen Services Portfolio ein auf Ihre Wünsche zugeschnittenes Paket.



Anwendungs-
beratung

Wartung

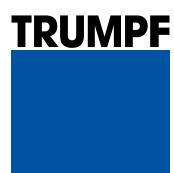
Störungs-
behebung

Ersatzteile

Funktions-
erweiterungen

TRUMPF ist zertifiziert nach ISO 9001

(Nähere Informationen: www.trumpf.com/s/quality)



TRUMPF Laser- und Systemtechnik SE
www.trumpf.com