



LASERPOLIEREN VON METALLEN



DQS zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2015
Reg.-Nr. 069572 QM15

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Institutsleitung
Prof. Constantin Häfner

Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon +49 241 8906-0
Fax +49 241 8906-121

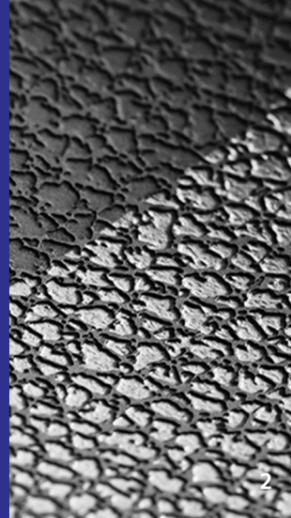
info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT zählt weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten im Bereich Laserentwicklung und Laseranwendung. Unsere Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik, sowie Laserfertigungstechnik. Hierzu zählen beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Additive Manufacturing. Weiterhin entwickelt das Fraunhofer ILT photonische Komponenten und Strahlquellen für die Quantentechnologie.

Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Digitalisierung, Prozessüberwachung und -regelung, Simulation und Modellierung, KI in der Lasertechnik sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfahrensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie. Im Vordergrund stehen Forschung und Entwicklung für industrielle und gesellschaftliche Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Produktion, Mobilität, Energie und Umwelt. Das Fraunhofer ILT ist eingebunden in die Fraunhofer-Gesellschaft.





LASERPOLIEREN VON METALLEN

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT nutzt Laserstrahlung zum automatisierten Polieren von Bauteilen mit komplexen 3D-Oberflächen. Mit dem neuen Verfahren können Anwender aus verschiedenen Branchen wie z. B. dem Werkzeug- und Formenbau oder der Medizintechnik die langwierige manuelle Bearbeitung vermeiden und sich wirtschaftliche und zeitliche Vorteile erschließen.

Das Verfahren

Polieren mit Laserstrahlung beruht auf dem Umschmelzen einer dünnen Randschicht des Werkstücks und Glättung der Oberfläche infolge der Grenzflächenspannung. Die Innovation des Laserpolierens liegt in dem grundlegend anderen Wirkprinzip (Umschmelzen) gegenüber konventionellen Schleif- und Polierverfahren (Abtragen). Für metallische Werkstoffe werden in der Regel diodengepumpte Festkörperlaser eingesetzt. Weisen die Oberflächen bereits eine geringe Rauheit auf, z. B. nach dem Schleifen, können gepulste Laser mit Pulsdauern von einigen 100 ns eingesetzt werden. Sind die Oberflächen dagegen rauer, z. B. nach dem Fräsen oder der generativen Fertigung, werden kontinuierliche Laser verwendet. Die Umschmelztiefe liegt zwischen einigen 100 nm bei Verwendung von gepulsten Lasern und bis zu 100 µm beim Einsatz von kontinuierlichen Lasern.

Verfahrensmerkmale und Vorteile

- Automatisierte Bearbeitung von 3D-Oberflächen
- Polierergebnis unabhängig vom Bearbeiter
- Hohe Prozessgeschwindigkeiten insbesondere im Vergleich zum manuellen Polieren
- Hohe Reproduzierbarkeit
- Selektive Politur ausgewählter Bereiche
- Geringe mechanische Belastung der Bauteile, da berührungsloses Verfahren
- Keine Schleif- und Polierabfälle
- Kein Einarbeiten von Schleif- und Poliermitteln in die Oberflächen

Werkzeug- und Formenbau

Stand der Technik im Werkzeug- und Formenbau ist die manuelle Politur mit Bearbeitungszeiten von häufig über 10 min/cm². Daher besteht besonders in dieser Branche ein großer Bedarf an automatisierten Polierverfahren für komplex geformte 3D-Oberflächen. Die geforderte Rauheit liegt vielfach im Bereich von Ra = 0,05 bis 0,3 µm.

An den Werkzeugstählen 1.2343, 1.2311, 1.2379 und 1.3207 können z. B. gefräste und erodierte Oberflächen mit einer Rauheit von Ra = 1 bis 4 µm durch Laserpolieren auf eine Rauheit von Ra = 0,05 bis 0,2 µm geglättet werden. Die Flächenrate liegt hier bei ca. 1 cm²/min, kann aber durch werkstoffangepasste Intensitätsverteilungen auf bis zu 10 cm²/min gesteigert werden. Spritzgieß- und Prägwerkzeuge mit laserpolierten Oberflächen weisen vergleichbare Standzeiten wie manuell polierte Werkzeuge auf.

Darüber hinaus kann durch eine Modulation der Verfahrensparameter der Glanzgrad auf Werkzeugoberflächen mit hoher örtlicher Auflösung (150 µm) eingestellt werden, wodurch auch Zwei- und Mehrglanzeffekte möglich sind. In Ledernarbungen werden beispielsweise nur die Vertiefungen der Narbung im Werkzeug poliert, die Stege bleiben unbearbeitet.

Entgraten und formgebendes Schmelzen

Durch eine Laserbearbeitung können Grate und Kanten entfernt und in Abhängigkeit der Anforderungen formgebend umgeschmolzen werden. Dabei kann durch das Aufschmelzen eine definierte Form, z. B. eine gleichmäßige Verrundung, erreicht werden.

Medizintechnik

In der Medizintechnik werden häufig Titanwerkstoffe verwendet. Diese lassen sich mit konventionellen, spanenden Verfahren nur mit großem zeitlichen und personellen Aufwand polieren. Durch eine Automatisierung dieses Prozesses unter Verwendung des Laserpolierverfahrens können die Bearbeitungszeit und die Kosten deutlich reduziert werden. Laserpolierte Oberflächen weisen prinzipbedingt eine hohe Geometrietreue auf und erlauben daher enge Toleranzen. Der Verzicht auf Schleif- und Poliermittel führt zudem dazu, dass die Oberflächen nach der Laserpolitur eine hohe chemische Reinheit aufweisen, was insbesondere bei Implantaten von großer Bedeutung ist.

An diamantgefrästen Oberflächen mit einer Rauheit von Ra ≈ 0,3 µm wird durch Polieren mit gepulster Laserstrahlung eine Rauheit von Ra ≤ 0,1 µm erreicht. Die Bearbeitungszeit liegt bei nur 3 s/cm² und ist damit deutlich kürzer als beim manuellen Polieren.

Werkstoffspektrum

Besonders gut geeignet ist das Laserpolieren für Nickel-, Titan- und Cobalt/Chrom-Legierungen. Auch bei Ausgangsrauheiten im Bereich Ra = 1 bis 15 µm kann mit einer Flächenrate von 1 bis 5 cm²/min eine Rauheit von Ra < 0,2 µm erreicht werden. Andere Stähle und Gusslegierungen können ebenfalls poliert werden. Das Polierergebnis ist abhängig vom Werkstoff und dessen Homogenität.

Maschinenteknik und CAM-NC-Datenkette

Zusammen mit Partnern aus der Industrie hat das Fraunhofer ILT eine Werkzeugmaschine für das Laserpolieren komplexer 3D-Bauteile entwickelt. Die Laborergebnisse und -erfahrungen wurden in eine robuste Maschinenteknik überführt, die für eine industrielle Fertigung geeignet ist. Die Basis bildet eine 5-Achsen-Portalmaschine, welche die Werkstücke positioniert und langsame Vorschubbewegungen ausführt.

In Kombination mit einem hochdynamischen 3-Achsen-Laserscanner ermöglicht die Maschine die erforderlichen Prozessgeschwindigkeiten von bis zu 1 m/s.

Aufgrund der Maschinenkinematik mit 5+3 Achsen werden besondere Anforderungen an die CAM-NC-Datenkette gestellt. Das Fraunhofer ILT entwickelt Lösungen, die dem Anwender ermöglichen, ein bekanntes CAM-System zum Fräsen auch für die Bahnplanung beim Laserpolieren zu verwenden. Durch einen nachgeschalteten Technologieprozessor, der die Funktionen eines Postprozessors mit spezifischen Anpassungen vereint, werden die Fräsbahnen in Laserpolierbahnen konvertiert. Die Ansteuerung des 3D-Laserscanners erfolgt über eine flexible Softwarelösung, die nahtlos in die NC-Steuerung der Maschine integriert werden kann. Die Maschine sowie die CAM-NC-Datenkette stehen für bauteil- und anwendungsspezifische Testreihen am Fraunhofer ILT zur Verfügung.

Ansprechpartner

Dr. Judith Kumstel
Telefon +49 241 8906-8026
judith.kumstel@ilt.fraunhofer.de

Dr. Edgar Willenborg
Telefon +49 241 8906-213
edgar.willenborg@ilt.fraunhofer.de

- 1 Werkzeugmaschine zum Laserpolieren.
- 2 Zweiglanzeffekt durch selektiv polierte Ledernarbung.
- 3 Laserpolierter Aktivflächenausschnitt eines Schiebers für Druckguss.
- 4 Teilweise laserverrundete Blechkanten aus Edelstahl (Blechdicke 1,5 mm).
- 5 Unbearbeitetes und laserpoliertes Kniegelenk, generativ hergestellt.