

POLIEREN MIT LASERSTRAHLUNG





POLIEREN MIT LASERSTRAHLUNG

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT nutzt Laserstrahlung zum automatisierten Polieren von Bauteilen mit komplexen 3D-Oberflächen. Mit dem neuen Verfahren kann der Anwender die langwierige manuelle Bearbeitung vermeiden, und sich so 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 und für Gläser und Kunststoffe CO₂-Laser eingesetzt. Weisen metallische 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 Erodieren, werden kontinuierliche Laser verwendet. Die Umschmelztiefe liegt zwischen einigen 100 nm bei Verwendung von gepulsten Lasern bis hin 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
- Selektive Politur ausgewählter Bereiche
- Polieren von gefrästen, gedrehten, geschliffenen und erodierten Oberflächen
- Geringe mechanische Belastung der Bauteile, da berührungsloses Verfahren
- Keine Schleif- und Polierabfälle
- Kein Einarbeiten von Schleif- und Poliermitteln in die Oberflächen

Werkzeug- und Formenbau

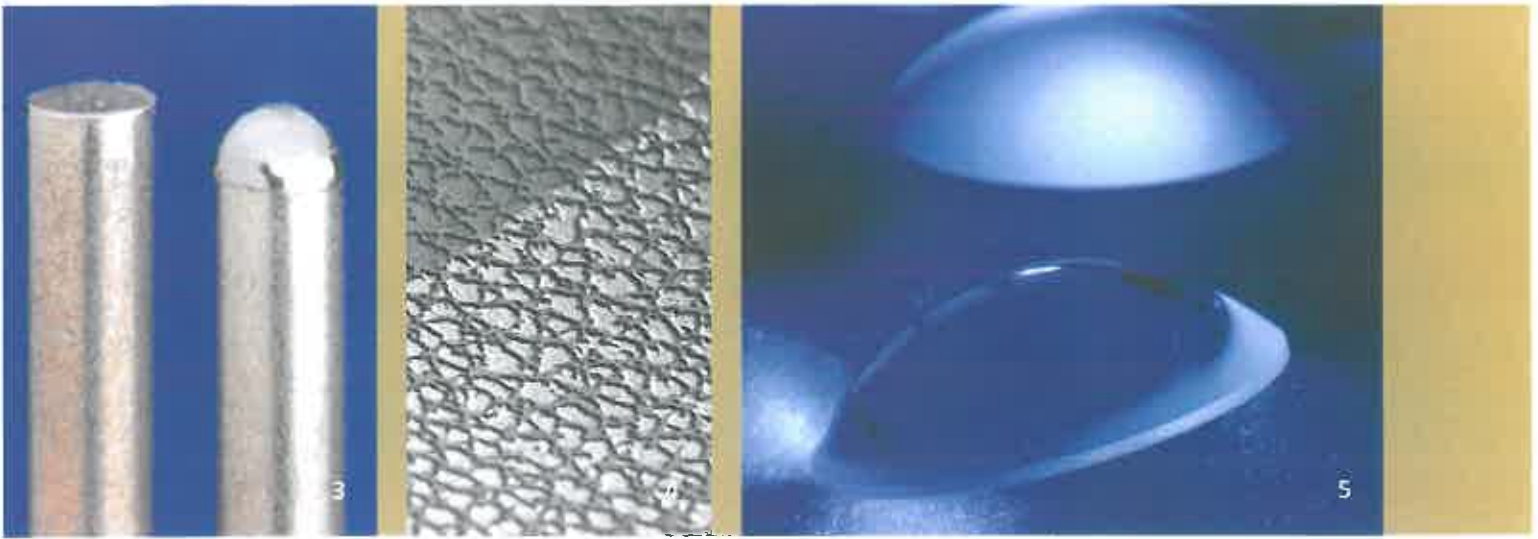
Stand der Technik im Werkzeug- und Formenbau ist die manuelle Politur mit Bearbeitungszeiten von häufig über 10 min/cm². Daher besteht besonders in dieser Branche ein großer Bedarf an automatisierten Polierverfahren für komplex geformte 3D-Oberflächen. Die geforderte Rauheit liegt vielfach im Bereich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

An den Werkzeugstählen 1.2343, 1.2344 und 1.3207 können z. B. gefräste und erodierte Oberflächen mit einer Rauheit von Ra = 1 - 4 µm durch Laserpolieren auf eine Rauheit von Ra = 0,05 bis 0,1 µm geglättet werden. Die Bearbeitungszeit liegt bei ≈ 1 min/cm². Aber auch andere Stähle und Gusslegierungen können poliert werden. Das Polierergebnis fällt je nach Werkstoff unterschiedlich gut aus und ist insbesondere abhängig von der Homogenität des Werkstoffs.

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

Entgraten und formgebendes Schmelzen

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



Medizintechnik

In der Medizintechnik sind Reintitan und seine Legierungen weit verbreitete Werkstoffe. Werden polierte Oberflächen benötigt, ist dies mit konventionellen spanenden Polierverfahren nur mit großem Aufwand möglich, da der Werkstoff bei der mechanischen Bearbeitung »schmiert«. In »zugeschmierten« Riefen und Oberflächendefekten können sich Reste des Schleifmittels, Bakterien und sonstige Verunreinigungen festsetzen. Beim Laserpolieren hingegen erstarrt die Oberfläche aus der Schmelze. Scharfe Kanten, zugeschmierte Riefen und Defekte treten nicht auf.

An diamantgefrästen Oberflächen mit einer Rauheit von $Ra \approx 0,3 \mu\text{m}$ wird durch Laserpolieren eine Rauheit von $Ra \leq 0,1 \mu\text{m}$ erreicht. Die Bearbeitungszeit liegt bei nur 3 s/cm^2 und somit ein bis zwei Größenordnungen unter dem manuellen Polieren.

Optikfertigung

Gläser und thermoplastische Kunststoffe können mit Laserstrahlung effizient geglättet werden. Besonders interessant ist die Anwendung des Laserpolierens für diese Werkstoffe im Bereich der Fertigung von Asphären und Freiformoptiken, da hier konventionelle zonale Polierverfahren zeit- und somit kostenaufwändig sind. Konventionell geschliffene Quarzglasoberflächen können mit dem neuen Laserverfahren bis zu einer Rauheit Ra im sub-nm bis 10 nm-Bereich poliert werden. Die Prozesszeiten sind mit 1 bis 10 s/cm^2 für Glas und 0,1 bis 1 s/cm^2 für Polycarbonat deutlich kürzer als beim konventionellen Polieren.

Kritisch bei der Laserpolitur von Optiken sind derzeit noch die langwellige Rauheit und Formabweichungen, die durch Schmelzen nicht effizient geglättet werden können. Ein Lösungsansatz ist die Kombination aus Laserabtragen zur Formkorrektur und Laserschmelzen zur Politur.

Maschinenteknik und CAM-NC-Datenkette

Zusammen mit Partnern aus der Industrie entwickelt das Fraunhofer ILT eine Werkzeugmaschine für das Laserpolieren metallischer Bauteile. Ziel ist es, die Ergebnisse und Erfahrungen aus dem Labor in eine robuste Maschinenteknik umzusetzen, die für eine industrielle Fertigung geeignet ist. Die Basis der Maschine bildet eine 5-Achsen-Portalmaschine, die die Werkstücke positioniert und langsame Vorschubbewegungen ausführt. In Kombination mit einem hochdynamischen 3-Achsen-Laserscanner, werden die erforderlichen Prozessgeschwindigkeiten von bis zu 1 m/s ermöglicht. 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, sein bekanntes CAM-System zum Fräsen auch für die Bahnplanung beim Laserpolieren zu verwenden. Durch einen nachgeschalteten Technologieprozessor, der die Funktionen eines Postprozessors mit technologiespezifischen Anpassungen vereinigt, werden die »Fräsbahnen« in »Laserpolierbahnen« konvertiert.

Maschine und CAM-NC-Datenkette stehen Kunden für bauteil- und anwendungsspezifische Erprobungen zur Verfügung.

Ansprechpartner

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

Dr. Konrad Wissenbach, Telefon +49 241 8906-147
konrad.wissenbach@ilt.fraunhofer.de

- 1 Prototypmaschine zum Laserpolieren.
- 2 Form für die Glasherstellung mit laserpolierter Freiformfläche.
- 3 Verrundetes Drahtende.
- 4 Zweiglanzeffekt durch selektiv polierte Ledernarbung.
- 5 Laserpolierte Linse aus Quarzglas.



DQS zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001
Reg.-Nr. DE-69572-01

**Fraunhofer-Institut
für Lasertechnik ILT**

Institutsleitung
Prof. Dr. Reinhart Poprawe M.A.

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

Mit rund 300 Mitarbeitern und über 11.000 m² Nutzfläche zählt das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT 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 zählt beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Rapid Manufacturing. Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Prozessüberwachung und -regelung, Modellierung sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfahrensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie. Das Fraunhofer ILT ist eingebunden in die Fraunhofer-Gesellschaft mit mehr als 80 Forschungseinrichtungen, 17.000 Mitarbeitern und über 1,7 Mrd. EUR Forschungsvolumen jährlich.