

Gepulster Laserstrahl poliert Implantatoberflächen

Ein großer Anwendungsbereich des Laserpolierens ist die Politur von medizinischen Implantaten, die häufig aus Titan sind. Im Vergleich zum manuellen Polieren treten bei der Laserbearbeitung keine Oberflächendefekte wie feine Riefen oder Kratzer auf. Außerdem reduziert sich der Zeitaufwand.

CHRISTIAN NÜSSER

Die Oberfläche eines Bauteils oder Produkts bestimmt in hohem Maße dessen Eigenschaften und Funktion. Dabei stehen Haptik, Optik, Verschleißbeständigkeit, Gleiteigenschaften und Biokompatibilität im Vordergrund. Entscheidenden Einfluss auf die Funktionseigenschaften einer Oberfläche hat die Rauheit. In der produzierenden Industrie werden deshalb häufig aufwendige, mehrstufige Schleif- und Polierverfahren mit wechselnden Werkzeugen

Dipl.-Ing. Christian Nüsser ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik in 52074 Aachen, Tel. (02 41) 89 06-6 69, christian.nuesser@ilt.fraunhofer.de

gen und zwischengeschalteten Reinigungsschritten verwendet. Weil es für das Polieren von komplexen Oberflächen keine automatisierte Fertigung gibt, geschieht dies zum großen Teil von Hand. Die Bearbeitungszeit beträgt häufig 10 bis 30 min/cm².

Einen neuartigen, alternativen Ansatz stellt das Polieren mit Laserstrahlung dar. Das Prinzip dieses Verfahrens basiert auf dem Aufschmelzen einer dünnen Oberflächenrandsschicht. Die Schmelze wird an der Grenzfläche zur umgebenden Atmosphäre durch die Oberflächenspannung geglättet und erstarrt unmittelbar danach (Bild 1). Die Vorteile dieses Verfahrens sind vor allem die

Automatisierbarkeit und die deutlich reduzierten Bearbeitungszeiten. Beides führt zu geringeren Kosten für diesen Verfahrensschritt. Weil die Oberfläche umgeschmolzen wird und kein Abtrag stattfindet, ergibt sich bei der Bearbeitung eine hohe Geometrietreue. Es treten weder Staubemissionen auf noch werden gesundheits- und umweltschädliche Polier- und Schleifmittelreste freigesetzt. Zusätzlich kann mit dem Laser, der ein verschleißfrei arbeitendes Werkzeug ist, eine homogene Oberflächenqualität sowohl auf Freiformflächen als auch an Ecken und Kanten erreicht werden. Ein selektives Polieren ausgewählter Bereiche einer Oberfläche ist ebenfalls möglich.

Funktionsbewertung einer Oberfläche durch eine optische Vermessung

Um die Funktionseigenschaften einer Oberfläche bewerten zu können, reicht ein Rauheitswert „nach Norm“, zum Beispiel R_a oder R_z , häufig nicht aus. Die Oberfläche muss differenzierter betrachtet werden. Zu diesem Zweck erfolgt die Bewertung durch eine flächige optische Vermessung mit anschließender Analyse mittels eines phasenkorrekten Profilfilters (Bild 2). Dabei wird die Rauheit in Abhängigkeit von der Ortswellenlänge bestimmt und es können zusätzliche Aussagen über die Funktionseigenschaften der Oberfläche gewonnen werden.

Beim Laserpolieren von metallischen Werkstoffen werden zwei Verfahrensvarianten unterschieden:

► Beim Makropolieren mit kontinuierlicher Laserstrahlung wird die Oberfläche bis zu einer Tiefe von 40 bis 80 µm umgeschmolzen. Dabei werden langwellige, grobe Ober-



Bild: IL7/Berlin Heart

Komponente des Herzerstützungssystems Incor im Ausgangs- und im laserpolierten Zustand. Die Bearbeitungsdauer beträgt rund 2 min, eine konventionelle Politur nimmt bis zu 3 h in Anspruch.

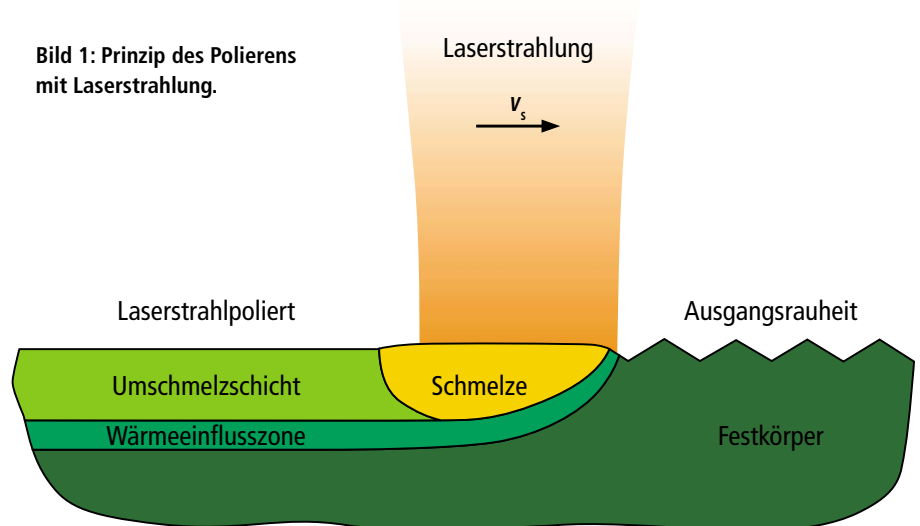
flächenstrukturen mit einer Ortswellenlänge bis zu 500 µm, wie sie zum Beispiel beim Drehen, Fräsen oder Erodieren auftreten, geglättet. Die Bearbeitungszeit liegt bei etwa 1 bis 3 min/cm². Dabei kann je nach Art und insbesondere Homogenität des Werkstoffs eine Ausgangsrauheit R_a von 1 bis 3 µm auf 0,05 bis 3 µm reduziert werden.

► Beim Mikropolieren mit gepulster Laserstrahlung wird die Oberfläche nur bis zu einer Tiefe von maximal 5 µm umgeschmolzen und dadurch die Mikrorauheit bis zu Ortswellenlängen von 20 µm verringert, was zu einem höheren Glanzgrad führt. Grobe Strukturen bleiben aufgrund der geringen Umschmelztiefe unbeeinflusst. Die Bearbeitungszeit liegt in der Regel bei 3,3 s/cm², die Rauheit R_a kann von 0,3 bis 0,5 µm auf 0,08 µm reduziert werden.

Makro- und Mikropolieren können kombiniert werden

Beide Arten des Polierens mit Laserstrahlung können (analog zu konventionellen Schleif- und Polierverfahren) kombiniert werden. Im ersten Schritt werden grobe Ausgangsstrukturen wie Dreh- oder Fräsriefen beseitigt; im

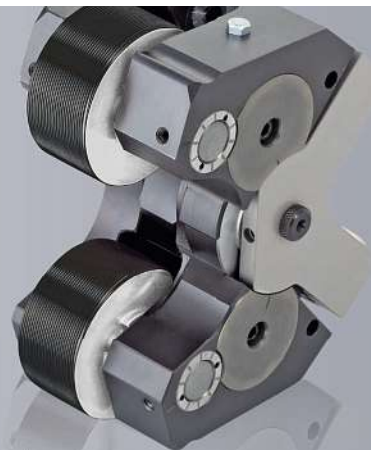
Bild 1: Prinzip des Polierens mit Laserstrahlung.



zweiten Schritt wird die Mikrorauheit verringert und dadurch der Glanzgrad erhöht.

Für die Bearbeitung von Freiformflächen ist eine Anpassung der Prozessparameter an die Geometrie erforderlich. Dazu hat das Fraunhofer-ILT eine Prozesskette entwickelt, mit der, ausgehend von einem CAD-Modell des zu polierenden Bauteils, die entspre-

chenden Daten erstellt werden können (Bild 3). Aus dem CAD-Modell werden zunächst die Bahndaten mit einer Standard-CAM-Software geplant. Die Erzeugung der Bahndaten erfolgt mit den Algorithmen für das Schlichtfräsen. Anschließend werden die Bahndaten durch ein prozessspezifisches Technologiemodul aufbereitet, sodass die



LMT • THE PERFORMANCE TEAM

PRODUKTIVER Z.B. BEIM ROLLEN

Sichern Sie sich das entscheidende Leistungsplus für die spanlose und hochfeste Gewindeproduktion – mit der weltweit ersten beschichteten Gewinderolle Protec von LMT Fette. Die Dünnschichttechnologie Protec schützt die gesamte Oberfläche der Gewinderolle und sorgt zum Beispiel beim neuen und ultrakurzen Tangentialrollkopf T270K für deutlich längere Standzeiten.

Als Multi-Spezialist bietet Ihnen die LMT Werkzeuglösungen, die optimal auf Ihre Anwendung zugeschnitten sind. Unsere Experten sind auf Ihre Anwendung spezialisiert. Sprechen wir darüber.

Mehr über unser Angebot für das Rollen unter:

www.lmt-tools.com



Leading Metalworking Technologies

**BELIN
FETTE
KIENINGER
ONSRUD**

in alliance

**BILZ
BOEHLERIT**

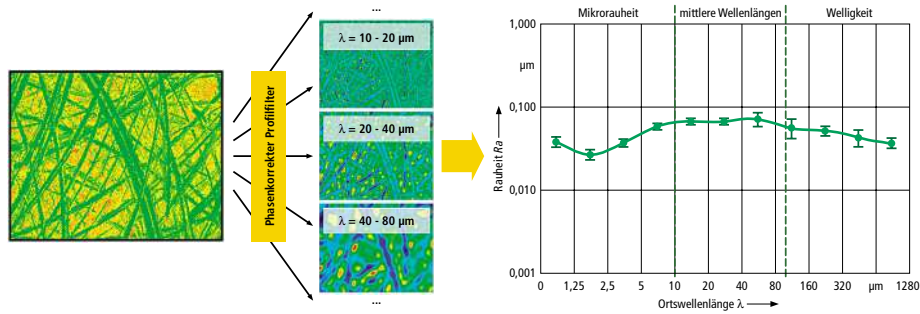


Bild 2: Vorgehensweise bei der Erstellung eines Rauheitsspektrums.

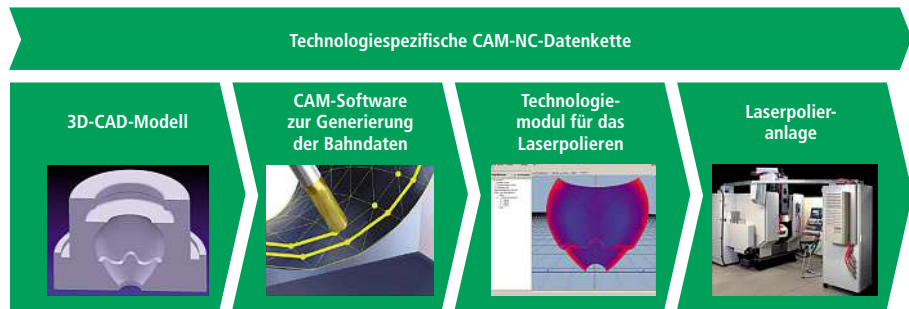


Bild 3: Technologiespezifische CAM-NC-Prozesskette beim Laserpolieren.

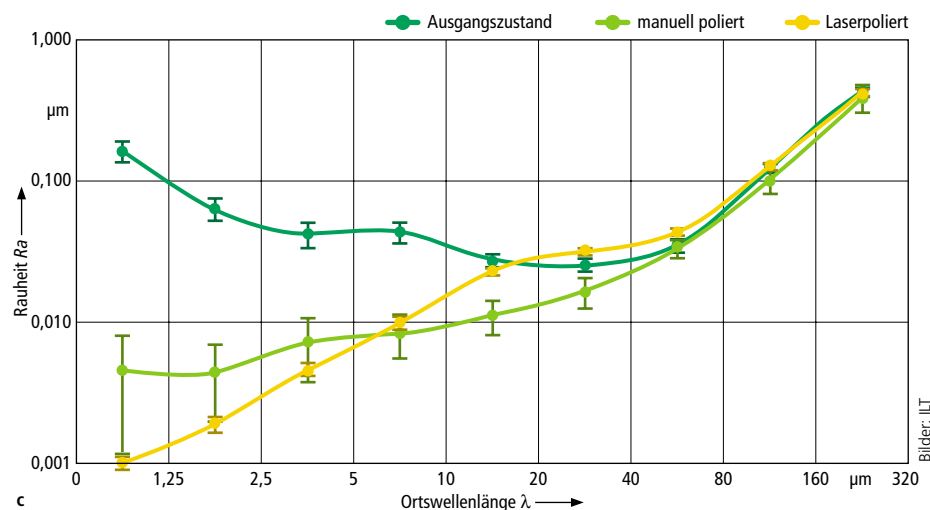
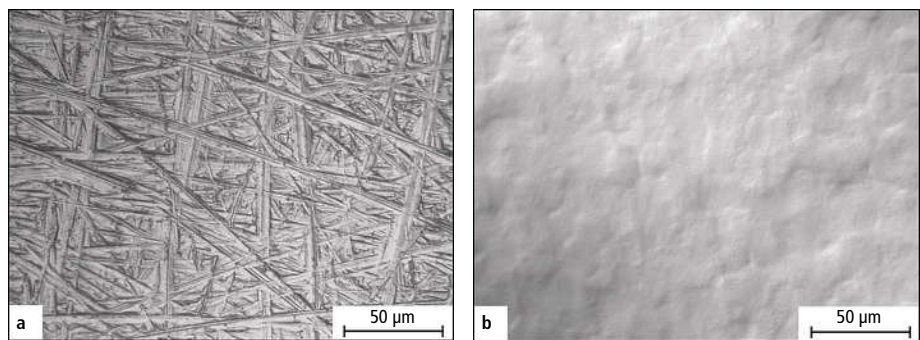


Bild 4: Lichtmikroskopische Aufnahmen der Oberflächen einer Titankomponente im Ausgangs- (a) und im laserpolierten Zustand (b) sowie die Rauheitsspektren (c).

Bearbeitung des Bauteils auf einer Laserpolieranlage erfolgen kann.

Ein großer Anwendungsbereich des Mikropolierens ist die Politur von Implantaten für die Medizintechnik. Dort kommen häu-

fig Titanwerkstoffe zum Einsatz. Das konventionelle, manuelle Polieren dieser Materialien gestaltet sich oft besonders schwierig. Der Werkstoff „schmiert“ bei der abrasiven Bearbeitung. Feine Kratzer und Riefen redu-

zieren zudem die Biokompatibilität, weil sich an diesen Stellen Verunreinigungen festsetzen können. Beim Polieren mit Laserstrahlung treten solche Oberflächendefekte prinzipbedingt nicht auf. Die Biokompatibilität wird daher nicht negativ beeinflusst.

Eine Aufgabenstellung in der Medizintechnik ist das Polieren von Bauteilen für blutführende Implantate. Die wesentlichen Anforderungen an eine Oberfläche für solch einen Einsatzbereich sind sowohl eine geringe mechanische Belastung von Blutbestandteilen an der Oberfläche des Implantats zur Verringerung beziehungsweise Vermeidung der Schädigung von Blutbestandteilen als auch die Vermeidung der Anhaftung von Blutbestandteilen an der Oberfläche zur Vermeidung thromboembolischer Komplikationen.

Bearbeitungsdauer konnte drastisch reduziert werden

Für diese Oberflächen ist das Polieren mit gepulster Laserstrahlung aus den oben genannten Gründen besonders geeignet. Neben der Vermeidung von Kratzern, Riefen und Oberflächendefekten hat vor allem die Verringerung der Mikrorauheit einen positiven Einfluss auf die Hämokompatibilität der Bauteile.

Auf der ersten Seite dieses Beitrags ist beispielhaft eine Komponente des Herzunterstützungssystems Incor der Berlin Heart GmbH im Ausgangs- sowie im laserpolierten Zustand dargestellt. Das Bauteil wurde bis auf die Außenflächen der Schaufeln komplett mit gepulster Laserstrahlung poliert. Die Bearbeitungsdauer beträgt etwa 2 min. Eine konventionelle Politur dieses Bauteils nimmt bis zu 3 h in Anspruch. Ansätze zwischen den nacheinander bearbeiteten Teilflächen, zum Beispiel beim Übergang von den Schaufeln zur Nabe, sind nicht erkennbar. Die dazugehörigen Oberflächen sowie das Rauheitsspektrum sind in Bild 4 dargestellt.

Sowohl die mikroskopische Aufnahme als auch das Rauheitsspektrum zeigen, dass die laserpolierte Oberfläche keine Kratzer oder Riefen aufweist und die Mikrorauheit deutlich verringert ist. Erste experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass die laserpolierten Bauteile eine mindestens genauso gute Hämokompatibilität aufweisen wie konventionell polierte Komponenten.

Neben anderen Forschungsprojekten wird das Laserpolieren für die Medizintechnik im Rahmen des durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Innonet-Projekts „MediSurf“ weiterentwickelt.

