

Strukturieren und Abtragen mit dem Festkörperlaser waren lange kaum bekannt. Erst seitdem das Stichwort Mikrobearbeitung in aller Munde ist, rücken die Verfahren mehr und mehr in den Mittelpunkt des Interesses. Denn beim Strukturieren und Abtragen werden Werkstücke in kleinen und kleinsten Dimensionen bearbeitet.

Strukturieren bedeutet, regelmäßig angeordnete Geometrien in Oberflächen zu erzeugen, die deren technische Eigenschaften gezielt verändern. Das einzelne Element einer solchen Struktur ist oft nur einige Mikrometer groß.

Laserabtragen wird meist im Werkzeug- und Formenbau sowie in der Elektronik und Halbleitertechnik angewendet. Der Laser erzeugt zum Beispiel in Spritzgusswerkzeugen dreidimensionale, detailreiche Vertiefungen, deren Formen sich später beim Spritzgießen im Kunststoffteil abbilden. Der Laser kann aber auch dünne Schichten selektiv abtragen, etwa zum Trimmen von Widerständen oder zum Beschriften.

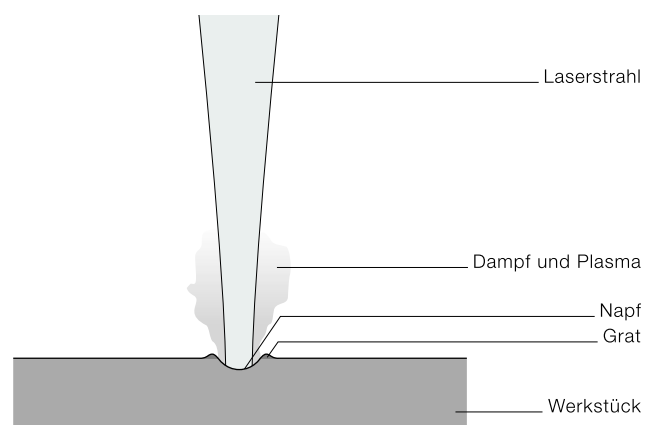
VON NÄPFCHEN, TASCHEN UND FORMEN

Strukturieren und Abtragen sind verfahrenstechnisch eng verwandt: Kurze Laserpulse mit sehr hohen Pulsleistungen erzeugen so hohe Energiedichten, dass das Material überwiegend direkt verdampft (sublimiert). Bei diesem Vorgang entsteht nur wenig Schmelze. Jeder Laserpuls erzeugt eine kleine Vertiefung. Sie misst typischerweise einige 10 Mikrometer im Durchmesser und nur wenige Mikrometer in der Tiefe.

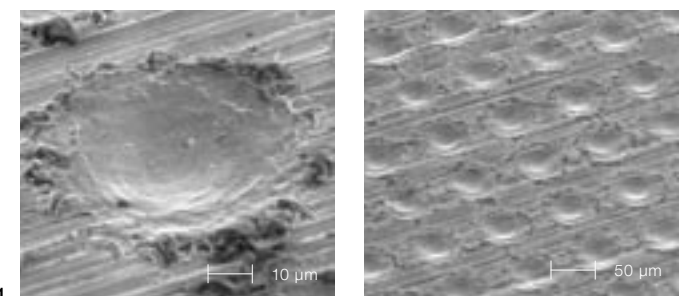
Das abgetragene Volumen ist klein im Verhältnis zur Leistungsdichte des Laserpulses. Die Ursache: Sublimieren umfasst zwei Aggregatsübergänge. Festes Material wird direkt verdampft. Dieser Vorgang erfordert mehr Energie als das Erwärmen oder Schmelzen des gleichen Volumens.

Strukturieren | Strukturieren verändert die technischen Eigenschaften der Oberfläche: zum Beispiel die Reflektivität oder die Reibeigenschaften.

Um die Reibung zu verringern, erzeugt man kleine Vertiefungen im Material, die Schmierstoffe speichern. Das können die winzigen Näpfchen sein, die ein einzelner Laserpuls erzeugt. Tiefere Näpfchen entstehen durch mehrere Laserpulse, die auf die gleiche Stelle treffen. Bei einigen Werkstückformen sorgen längliche Vertiefungen wie Taschen oder kurze Linien

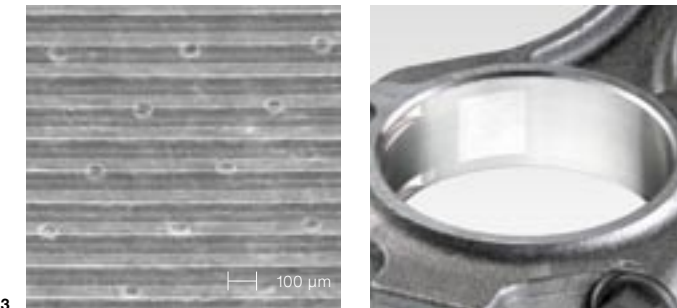


Laserstrukturieren: Ein kurzer Laserpuls mit hoher Pulsleistung verdampft das Material und erzeugt eine Vertiefung.



1 2

- 1 Blick durch das Rasterelektronenmikroskop: ein Puls, ein Näpfchen
- 2 Näpfchen an Näpfchen: Ausschnitt einer strukturierten Oberfläche
- 3 Diese Struktur erhöht die Reibung zwischen dem Pleuelauge und den Lagerschalen, die darin eingepresst werden.
- 4 Der helle Bereich an der Innenseite des Pleuelauges ist strukturiert.



3 4

für die gewünschten Reibeigenschaften. Um diese Vertiefungen herzustellen, setzt man die Näpfchen so dicht aneinander, dass sie sich überlappen.

Ganz ohne Schmelzebildung läuft der Arbeitsprozess meist nicht ab. Am Rand des Näpfchens oder der Tasche bildet sich ein Materialaufwurf: der Grat. Dieser Grat muss entfernt werden, wenn die Struktur Schmierstoffe aufnehmen und die Reibung verringern soll. Es gibt allerdings auch Anwendungen, bei denen die Reibung erhöht werden soll, um die Haftung zu verbessern. Dann wird der Grat gezielt erzeugt und es werden keine Schmierstoffe genutzt.

Vorteile und Grenzen | Strukturen in Oberflächen wurden lange ausschließlich durch mechanische und nasschemische Verfahren sowie durch Trockenätzen erzeugt.

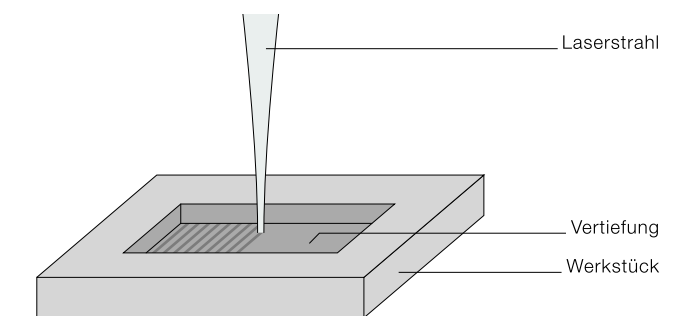
Laserstrukturieren bietet mehrere Vorteile: Der Laserstrahl arbeitet sehr präzise, berührungslos und kraftfrei. Er beeinflusst die Eigenschaften des Werkstücks nahezu nicht. Laserstrukturieren ist umweltfreundlicher als die ätzenden Verfahren, weil keine Chemikalien eingesetzt werden. Darüber hinaus lässt sich der Strukturierprozess vollständig automatisieren, etwa um hohe Stückzahlen zu bearbeiten.

Tribolo-was? Näpfchen, Taschen, Spiralen oder doch lieber Linien? Wie sich Strukturen auf die Reibeigenschaften von Oberflächen auswirken, ist heute noch weitgehend unerforscht. Mit diesem Thema beschäftigt sich die Tribologie (Tribo steht für Reibung). Im Blickpunkt stehen dabei Strukturen im Mikrometerbereich, die sich mit dem Laser erzeugen lassen.

An wirtschaftliche Grenzen stößt der Laser, wenn große Flächen strukturiert werden sollen und wenn Strukturen mit hohen Rauigkeiten erzeugt werden sollen. Dann steigt die Bearbeitungszeit und somit steigen die Herstellkosten pro Teil. Eine weitere Grenze: Strukturen mit Abmessungen unter 1 Mikrometer lassen sich mit dem Festkörperlaser aufgrund seiner Wellenlänge nicht herstellen.

Abtragen | Abtragen unterscheidet sich vom Strukturieren nur in folgender Hinsicht: Die Vertiefungen, die die einzelnen Pulse erzeugen, überlappen sich zu Linien und Linien zu Flächen. Schicht für Schicht trägt der Laser das Material ab, bis die Vertiefung die gewünschte Form und Tiefe hat. Beim Abtragen entstehen also größere Vertiefungen mit komplexerer Geometrie. Typische Tiefen reichen von einigen Mikrometern bis zu wenigen Millimetern.

Vorteile und Grenzen | Im Formen- und Werkzeugbau sind Erodieren und Fräsen die Alternativen zum Laserabtragen. Beide Verfahren sind dort seit Jahrzehnten etabliert.



Laserabtragen: Wenn sich die Pulse zu Linien und Linien zu Flächen überlappen, erzeugt der Laser eine dreidimensionale Vertiefung im Werkstück.