

Lasermikrobearbeitung – Prozesssicher in der Großserienfertigung

Peter Leipe

SITEC Industrietechnologie GmbH, Chemnitz, Deutschland

Als berührungsloses Werkzeug hat sich der Laser seit vielen Jahren in der Bearbeitung unterschiedlichster Materialien etabliert. Nicht nur, weil durch Lasertechnologien herkömmliche Fertigungsprozesse effizienter und ressourcenschonender gestaltet werden können, sondern auch, weil die Herstellung neuer Produkte erst möglich wurde. Insbesondere Kurzpuls- und Ultrakurzpuls laser erlauben die Mikrobearbeitung in den Verfahren Mikrobohren, Mikrostrukturieren und Mikroabtragen und die reproduzierbare Herstellung technischer Produkte, u.a. Membranen, Düsen, Matrizen oder medizinischer Instrumente. Werkstoffe und Legierungen, wie Edelmetalle, rostbeständige Chromstähle, Titan, Nitinol, aber auch Kunststoffe und Borosilikatglas lassen sich mit dem Laser bearbeiten. An verschiedenen Beispielen wird gezeigt, wie ultrakleine und ultragenau Geometrien prozesssicher mit Produktionsanlagen made by SITEC in Großserie gefertigt werden.

1. Produkte und Technologien bei SITEC

SITEC ist seit Jahrzehnten ein weltweiter Systemlieferant für automatisierte Produktionsanlagen und Partner in der Serienfertigung von Präzisionsbauteilen. Dem Einsatz innovativer Technologien widmet das Unternehmen seine ganze Aufmerksamkeit und entwickelt serienreife Lösungen zur Lasermaterialbearbeitung. Das Spektrum reicht vom Laserschweißen, Laserfeinschneiden und Laserhärten kleinster lokaler Flächen bis hin zum Mikrobohren, Mikrostrukturieren und Mikroabtragen im 3D-Bereich. Anwendungsorientiert setzt SITEC unterschiedliche Laserstrahlquellen wie CO₂-, Dioden-, Faser-, Scheiben- und Ultrakurzpuls laser ein. Letztere bieten völlig neue Möglichkeiten zur Ultrapräzisionsbearbeitung im Mikrometerbereich, auch für temperaturempfindliche Materialien.

In der Mikrobearbeitung kann das Unternehmen auf ein langjähriges Technologie-Know-How zurückgreifen und ist maßgeblich für die Qualifizierung des Laserprozesses verantwortlich.

2. Anforderungen an die Großserienfertigung

Um einen reibungslosen und effizienten Produktionsprozess in der industriellen Großserienfertigung sicherzustellen, müssen die Produktionsanlagen und -prozesse verschiedenen Anforderungen gerecht werden.

Dazu gehören kurze Taktzeiten, eine konsistente Qualität, effiziente und prozesssichere Fertigungsprozesse, der Einsatz von Automatisierungstechnologien und Robotik, skalierbare Produktionsanlagen für eine maximale Flexibilität hinsichtlich der Ausbringung, energieeffiziente Maschinen und Technologien sowie eine kontinuierliche Prozessoptimierung und zuverlässige Services.

3. Laser als flexibles Werkzeug in der automatisierten Fertigung

Aufgrund seiner Eigenschaften und Anwendungsvielfalt hat sich der Laser als flexibles Werkzeug zunehmend in der automatisierten Fertigung etabliert.

Insbesondere die Skalierbarkeit des Energieeintrags, die hohe und dosierbare Energiedichte, kurze Rüst- und Taktzeiten, dem Einsatz einer Laserquelle für unterschiedliche Prozesse und der ununterbrochene 24/7-Einsatz bieten höchste Effizienz. Darüber hinaus ermöglichen die hohe Präzision und Reinheit des Laserverfahrens die Entwicklung völlig neuer Produkte und ist in vielen Branchen zu Hause. All diese Eigenschaften machen den Laser in der automatisierten Fertigung zu einem vielseitigen Werkzeug und tragen zu einer effizienten und präzisen Produktion bei.

4. Bearbeitung von Glas zur Erzeugung funktionaler Geometrien

Zur Vermeidung von Spannungen oder Schädigungen durch Mikrorisse während der Glasbearbeitung ist der Laser gegenüber mechanischen Bearbeitungsverfahren äußerst effizient und brilliert mit einer hoher Oberflächengüte.

Glassubstrate werden u.a. als Trägerwerkstoffe in der Telekommunikationstechnik eingesetzt. In diesem Zusammenhang hat SITEC den Prozess zum Einbringen mehrerer hundert Langlöcher (0,5 mm breit) in ein 2,3 mm dickes Glassubstrat mittel Lasers entwickelt. Zur schnellen und effizienten Bearbeitung wurde ein grüner Nanosekundenlaser und Scanner exelliSCAN14 eingesetzt. Nach der Prozessvalidierung wurde die Produktion der Glassubstrate innerhalb der Fertigung auf Produktionsanlagen made by SITEC in Serie realisiert.



Abbildung 1: Laserschneiden von Langlöchern in Glas

Bei der Gestaltung der Geometrien zur Bearbeitung von Glas sind nahezu keine Grenzen gesetzt. So lassen sich beispielsweise auch pyramidenartige 3D-Geometrien präzise und mit hoher Oberflächengüte in Glassubstrate mittels Laser herstellen.

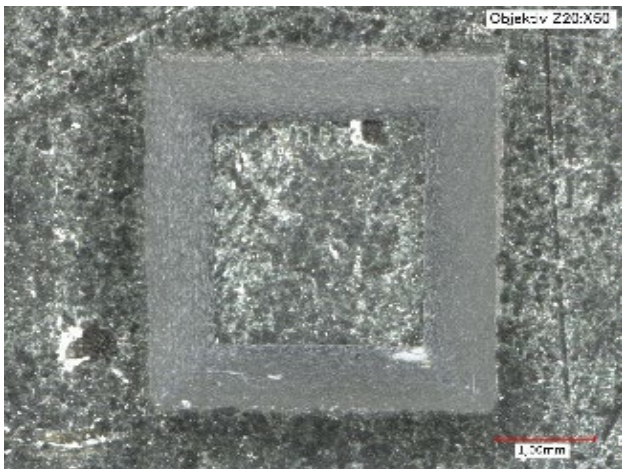


Abbildung 2: 3D-Geometrie in Glassubstrat

Insbesondere für die Medizin- und Labortechnik ist die effiziente Bearbeitung von Glassubstraten in Serie relevant. Durch schichtweises Laserabtragen wird eine dreidimensionale Strukturierung von Kanälen und Kavitäten möglich, um beispielsweise Flüssigkeiten zur Analyse zu führen.

5. Herstellung von 3D-Geometrien durch Laserabtragen

Wird die mikrometeregenaue Erzeugung von funktionsbestimmenden Geometrien gewünscht, bietet SITEC die Technologie zum Laserabtragen unterschiedlicher Materialien. Mithilfe des Verfahrens wird Material zur Funktionalisierung von Oberflächen oder zur 3D-Strukturierung bzw. Herstellung von 3D-Geometrien abgetragen.

Anwendung findet diese Technologie unter anderem zur Herstellung von Industrier Werkzeugen aus Hartmetall oder synthetischen Diamanten, wie spezielle Bohrer, Fräser und deren Spanleitgeometrien. Mit herkömmlichen Verfahren lassen sich diese Werkstoffe nur äußerst schlecht bearbeiten. Insbesondere im Bergbau und der Bauindustrie können Maschinenstillstände durch Werkzeugausfälle negative Auswirkungen auf die Produktivität haben. Äußerst lange Werkzeug-Standzeiten sind deshalb zwingend notwendig.

SITEC hat zur Herstellung optimierter Bohrkopfgeometrien mittels Laserabtragen hocheffiziente Produktionsanlagen geliefert. Dafür kam ein Nanosekundenlaser mit infraroter Wellenlänge zum Einsatz. Darüber hinaus wurde eine wechselweise Vermessung der Oberfläche mittels Kamerasystem während der 3D-Bearbeitung integriert, um den Abtrag durch die unterschiedliche Materialstruktur konstant zu realisieren.

6. Oberflächenfunktionalisierung durch Laserstrukturieren

Die Oberflächenfunktionalisierung spielt insbesondere in der Medizintechnik eine wichtige Rolle, um eine verbesserte Biokompatibilität und Haftung von Zellen und Geweben an beispielsweise Implantaten zu ermöglichen oder die Haftung von Zellen beim temporären Einsatz wie bei Knochenschrauben zu vermeiden. Dies kann durch das gezielte Einbringen von Mikro- und Nanostrukturen gefördert werden.

Zahnimplantate verfügen über eine komplexe 3D-Geometrie der Schraubenfläche, welche für ein verbessertes Anwachsverhalten strukturiert werden können. Dafür hat SITEC den Prozess auf einer hochpräzisen 5-Achs-Lasermikrobearbeitungsanlage des Unternehmens entwickelt. Auch hier kommt ein UKP-Laser mit parameterabhängiger Laserleistungsregelung sowie Scannertechnik zum Einsatz.

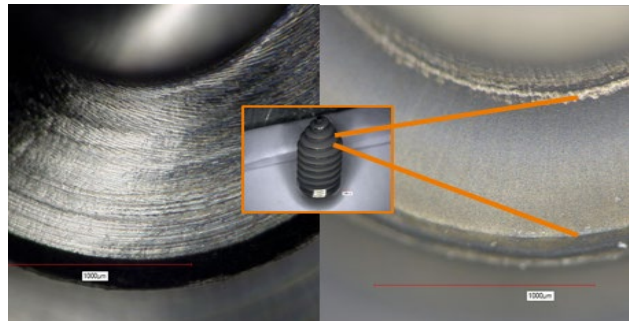


Abbildung 3: Oberflächenstrukturierung von Zahnimplantaten

6. Automatisierte Fertigung ultrakleiner Bohrungen in Membranen mittels Laser

6.1 Technologieentwicklung + Setup

Feinste und hochpräzise Bohrungen verschiedenster Formen können im Mikrometerbereich mit dem UKP-Laser erzeugt werden. Mikrobohrungen definieren und regulieren beispielsweise den Partikeldurchfluss in medizinischen Filtern. Präzision und Geometrie der Mikrobohrungen spielen unter anderem bei der Vernebelung von Medikamenten durch Inhalationsgeräte oder beim Einsatz medizinischer Membranen zur Regeneration komplexer Knochendefekte eine wesentliche Rolle.

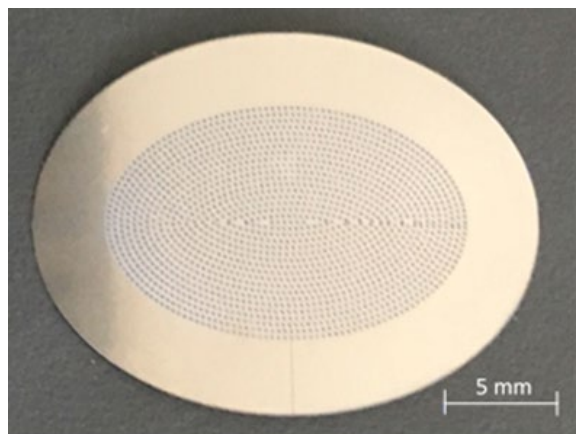


Abbildung 3: Membran mit Mikrobohrungen

Für die Herstellung von medizinischen Membranen wird typischerweise Titan Grade 1 in Materialdicken von 10-50 μm verwendet. Ziel ist es, Löcher ab 10 μm nach einem definierten Design in die Membran einzubringen.

Im Rahmen der Prozessentwicklung zur effizienten Herstellung von Membranen mit 5.000 Löchern und einem Lochdurchmesser von 40 μm mit einer Toleranz von $\pm 5 \mu\text{m}$ kam im ersten Schritt ein Femtosekundenlaser (Spirit 1030-100 SHG, exelliSCAN14 von Scanlab) zum Einsatz, sodass die Löcher durch Perkussionsbohren erzeugt wurden. Mehrere schnelle Laserimpulse erzeugen dabei tiefe und präzise Löcher mit geringerer Pulsenergie.

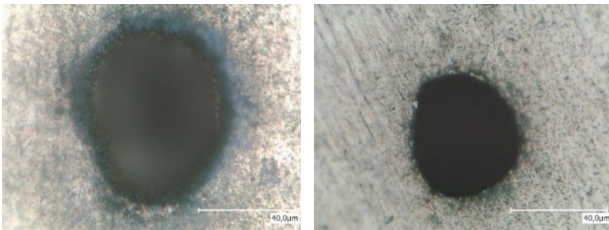


Abbildung 2: Schritt 1 - Strahleintritt links, Strahlaustritt rechts durch Perkussionsbohren mit Femtosekundenlaser

Im Ergebnis dieses Setups bildete sich jedoch die Strahlgeometrie im Lochdurchmesser ab und die Taktzeit von 5 min war zu lang, was den Anforderungen hinsichtlich der Lochqualität und Effizienz im Herstellprozess nicht genügte.

Im zweiten Schritt wurde deshalb das technische Setup komplett angepasst. Als Laser wurde ein TruPulse 5050 von Trumpf und der Scanner PregSys von Scanlab eingesetzt. Mittels Trepanierbohren wurden zwar hervorragend runde Löcher erzeugt, doch die Taktzeit war mit 5 min für den Zielpreis pro Membran weiterhin ineffizient.

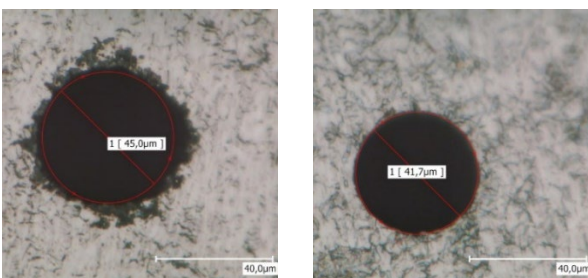


Abbildung 3: Schritt 2 - Strahleintritt links, Strahlaustritt rechts durch Trepanierbohren

Im dritten Schritt wurde der Lasers nochmals modifiziert. Zum Einsatz kam ein Nanosekundenlaser 5 ns grün 532 nm von Edgewave und wieder der Scanner exelliSCAN 14 von Scanlab. Die Ergebnisse bildeten nun das beste Verhältnis zwischen der Qualität der Bohrung und Taktzeit. Letztere beträgt nun 3 min für 5.000 Bohrungen.

Nach dem Einbringen der Mikrobohrungen wird das finale Design der Membran (Abbildung 1) mit dem gleichen Laser-Setup ebenfalls ausgeschnitten.

Die Prozessentwicklung zur effizienten Fertigung der Membranen war damit abgeschlossen.



Abbildung 4: Schritt 3 - Strahleintritt links, Strahlaustritt rechts durch Perkussionsbohren mittels Nanosekundenlaser

6.2 Gesamtprozess zur Serienfertigung der Membranen

Im Rahmen der SITEC Serienfertigung konnte nun das validierte Setup in die Laserbearbeitungsanlage der eigens entwickelten Baureihe LS integriert werden, um im industriellen Maßstab die Membran fertigen zu können.

Für den automatisierten und effizienten Fertigungsprozess unterschiedlicher Membrantypen entwickelte das Unternehmen im internen Vorrichtungsbau die entsprechenden Mehrfachvorrichtungen. Membranen unterschiedlicher Designs werden so hochflexibel mit einer Kapazität von 80.000 Teilen pro Jahr produziert, verpackt und in höchster Qualität geliefert (Abbildung 5).

Prozessablauf:

1. Folie von Rolle zwischen Vorrichtungunterteil und -oberteil klemmen
2. Folie manuell trennen
3. Vorrichtung auf Rollenbahn setzen und in Laseranlage positionieren und spannen
4. NC-Programm starten
5. Lasermikrobohren + Laserschneiden der Membran
6. Membran aus Vorrichtung entnehmen, prüfen und i.O.-Teile verpacken



Abbildung 5: Be- und Entladen der Laseranlage mittels Mehrfachvorrichtung zum Laserbohren der Membran

7. Zusammenfassung

Der Einsatz des Lasers mit seinen vielfältigen Verfahren zur Mikrobearbeitung ermöglicht heute die effiziente und reproduzierbare Herstellung von Präzisionsteilen in Großserie. Extreme Genauigkeiten, eine flexible

Prozessführung und die sehr hohe Verfügbarkeit gewährleisten eine exzellente Produktivität rund um die Uhr.

SITEC entwickelt und liefert Produktionssysteme zur Lasermikrobearbeitung mit unterschiedlichen Automatisierungsgraden oder integriert die Laserbearbeitung in laufende Fertigungsprozesse. Schlüsselfertige Komplettlösungen auf Basis modularer Anlagenkonzepte einschließlich der Integration von produktspezifischer Montage- und Prüftechnologien mit 100%iger Rückverfolgbarkeit gewährleisten höchste Flexibilität und Sicherheit.

Auch nach Inbetriebnahme garantiert das SITEC-Service-Team und Partner in Europa, Asien und Amerika einen schnellen und kompetenten Service vor Ort. Mit SITEC connACT bietet das Unternehmen für alle Produktionsanlagen ein digitales Datenökosystem mit Echtzeitschnittstelle zur kontinuierlichen Prozessvisualisierung, Expertenanalyse und weiteren Services. Mit der Plattformstrategie setzt das Unternehmen mit der N+P Informationssysteme GmbH neue Maßstäbe für die intelligente Produktion.

Darüber hinaus ist SITEC ein langjährig erfahrener Partner für die Technologie- und Produktentwicklung und fertigt im Kundenauftrag Prototypen sowie Klein- bis Großserien bis zu mehreren Millionen Stück pro Jahr in zertifizierter Qualität nach IATF 16949 für Zukunftsbranchen.

In enger Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie und Forschung entwickeln wir unsere technologischen Kompetenzen in der Lasermaterialbearbeitung kontinuierlich weiter.

Kontaktdaten

SITEC Industrietechnologie GmbH
Bornaer Straße 192
09114 Chemnitz

Ansprechpartner:
Dipl.-Ing. SFI Peter Leipe
Leiter Lasertechnologiezentrum
peter.leipe@sitec-technology.de