

# Vielseitig Entschichten mit dem Laser

Die Lasertechnik kann als zukunftsorientiertes Verfahren zum Entschichten unterschiedlichster Beschichtungsmaterialien genutzt werden. Dies ermöglicht unter anderem einen präzisen und vielseitigen Einsatz.

Funktionelle Schichten veredeln unzählige Bauteile. Hartstoffschichten erhöhen die Standzeiten von Werkzeugen. Korrosionsschutzschichten ermöglichen langlebige Konstruktionen auch unter anspruchsvollen Witterungsbedingungen. Allerdings können die Funktionsschichten für nachfolgende Fertigungsschritte auch hinderlich sein. Sollen beschichtete Bauteile beispielsweise durch Schweiß- oder

Klebeverfahren gefügt werden, kann das vorherige Entfernen der Funktionsschicht an der Fugestelle die Verbindungsfestigkeit und somit die Bauteilsicherheit erhöhen. Hochwertige hartstoffbeschichtete Werkzeuge werden nach dem Verschleiß zunehmend neu beschichtet. Auch in solchen Fällen ist das Entfernen noch vorhandener Schichten in kritischen Bereichen des Werkzeuges ratsam, um eine

bessere Zuverlässigkeit nach dem Wiederbeschichten zu gewährleisten.

## Der Laser als Alternative

Der Laserstrahl als berührungsloses und damit verschleißfreies Werkzeug bietet hier eine Alternative, die auch aufgrund der Möglichkeit zur Automatisierung ein hohes Maß an Prozesssicherheit mit sich bringt. In vielen Produktionsketten hat sich der Laser als Werkzeug bereits etabliert.

Im Bereich der Dünnschichtphotovoltaik werden durch abtragende Laserverfahren flächige Randzonen entschichtet sowie einzelne Zellbereiche präzise und schädigungsfrei elektrisch voneinander getrennt.

## Die Physik der Laserentschichtung

Der Laserstrahl ist ein energetisches Werkzeug, das heißt der Laserstrahl überträgt Energie in Form elektromagnetischer Strahlung vom Laser auf das Werkstück. Die Strahlungsenergie wird vom Werkstück absorbiert und dabei vorrangig in Wärme umgewandelt. Abhängig von zentralen Prozessgrößen wie der Strahlungsintensität (eingestrahlte Leistung je bestrahlter Fläche), Strahlungswellenlänge und Wechselwirkungszeit aber auch ab-



Getriebebauteile geschweißt (links) und Einzelteile nach dem Laserabtragen der grauen Phosphatschicht (rechts)

© IWS

hängig vom bestrahlten Werkstoff, können dabei unterschiedliche Effekte erzielt werden. Mit zunehmender Intensität des Laserstrahls und abnehmender Wechselwirkungszeit verschiebt sich der Prozess vom Erwärmen über das Schmelzen und Verdampfen bis hin zum Ionisieren des Materials, wodurch die oberen Schichten abgetragen werden.

Dabei kommen fast ausschließlich gepulste Laserstrahlquellen zum Einsatz. Die Pulsdauer stellt in diesem Fall die Wechselwirkungszeit dar und beeinflusst weiterhin die Einwirkung auf das zu entschichtende Substratmaterial. Durch die Verwendung extrem kurzer Laserpulse im Bereich von Femtosekunden kann eine thermische Beeinflussung des Grundmaterials weitgehend verhindert werden und ist somit selbst für sensible Werkstoffe geeignet.

Durch ein breites Spektrum an Laserstrahlquellen und Prozessparametern lässt sich der Entschichtungsprozess auf unterschiedliche Schicht- und Substratmaterial-Kombinationen abstimmen, um somit das gewünschte Entschichtungsresultat zu realisieren. Da sich Schicht und Substrat gewöhnlich in ihren thermischen und optischen Eigenschaften unterscheiden, kann in vielen Anwendungsfällen ein sich selbst begrenzender Bearbeitungsprozess realisiert werden. Das heißt,

dass der Schichtabtrag bei Erreichen des Substratmaterials stoppt, auch wenn der Laser weiter auf das Werkstück einstrahlt. Dies ist beispielsweise möglich, wenn das Substrat für die Laserstrahlung transparent oder hochreflektiv ist, während die zu entfernende Schicht die Strahlung stark absorbiert. Ist diese Selbstbegrenzung nicht realisierbar, können unterschiedliche Technologien zur Prozessüberwachung und -steuerung genutzt werden. Das vom Laser abgetragene Material kann gasförmig oder in Form feiner Partikel vorliegen. Mittels Absaug- und Filtertechnik werden die Abprodukte erfasst und der Entsorgung oder Wiederverwertung zugeführt.

### **In der Praxis**

Vorteile der Lasertechnik sind die feinfühligste Steuerbarkeit des Prozesses, Überwachungsmöglichkeiten sowie die gute Integrierbarkeit in automatisierte Fertigungssysteme. Auch die berührungslose und medienfreie Arbeitsweise spricht für das Verfahren. Insbesondere bei der Notwendigkeit einer lokal begrenzten Entschichtung kann sich der Laser von anderen Verfahren wie der nasschemischen Entschichtung abheben.

Dies gilt unter anderem für die Fügestellenvorbereitung vor dem Schweißen. Auf

Getriebebauteilen aus Stahl befinden sich einerseits Korrosionsschutzschichten, wie Wachse und Öle, aber auch phosphatisierte Oberflächen, welche zu einer Verbesserung der Gleit- und Einlaufeigenschaften der fertigen Baugruppen beitragen. Beim Verschweißen von Getriebekomponenten führen Phosphatschichten zu Schweißfehlern wie beispielsweise Heißrisse. Deshalb müssen zur Realisierung einer hochfesten Verschweißung zunächst die Phosphatschichten im Bereich der späteren Schweißnaht entfernt werden. Am Fraunhofer IWS wurden unter Verwendung eines Festkörperlasers, Differenzialkomponenten am Innenumfang von der Phosphatisierung befreit und anschließend mittels Laserstrahlschweißen gefügt. Das Entschichten konnte dabei als selbstbegrenzender Prozess realisiert werden und ermöglichte eine hochqualitative Verschweißung ohne Heißrisse.

Vergleichbare Aufgabenstellungen ergeben sich im Bereich der Schweißtechnik auch mit anderen Beschichtungen und Oberflächenzuständen. Beispielsweise ist es notwendig vorhandene Oxidschichten auf Aluminiumbauteilen vor dem Schweißprozess zu entfernen. Auch hier kann ein gepulster Festkörperlaser zum Entschichten eingesetzt werden.

Lackierte Bleche kommen in vielen Bereichen der Fertigung zum Einsatz. Soll



© Lange Uhren

Uhrwerk mit Laser-entschichteten Anzeigeelementen

nach dem Lackieren eine elektrische Kontaktierung oder Verbindung mittels Löten oder Kleben erfolgen, ist es notwendig, die Lackschicht in den betroffenen Bereichen vollständig zu entfernen. Bei dieser Kombination aus organischer Beschichtung und Metallsubstrat hat sich der CO<sub>2</sub>-Laser als geeignetes Werkzeug erwiesen, da er einen rückstandsfreien, selektiven Lackabtrag realisiert.

Ein Abtrag farbiger Schichten kann für dekorative Zwecke oder zur Produktmarkierung genutzt werden. Neben lackierten Flächen können auch eloxierte Oberflächen oder farbige Dünnschichtsysteme entschichtet werden. Zur dekorativen Gestaltung von Uhrenkomponenten werden zum Beispiel mittels Laser-Arc-Verfahren **werden** blaue Kohlenstoffschichten auf Goldoberflächen abgeschieden. Durch ein anschließendes Abtragen der Schicht in vorgegebenen Geometrien, werden lokal die darunter liegende Goldoberfläche freigelegt und kontrastreiche Verzierungen generiert. Hierbei wird unter anderem eine Mikrostrukturierungsanlage mit Excimer-Laser eingesetzt.

### Nasschemisches Entschichten hat Grenzen

Ein weiteres Anwendungsgebiet für das laserbasierte Entschichten sind Hartstoff-

schichten wie sie auf Zerspanungswerkzeugen verwendet werden. Insbesondere bei hochwertigen Werkzeugen lohnt es sich eher die verschlissenen Arbeitsmittel erneut zu beschichten, anstatt sie komplett neu zu kaufen. Probleme entstehen hierbei, wenn über vorhandene Restschichten neue Hartstoffschichten aufgebaut werden. Mit zunehmender Gesamtschichtdicke steigt die Gefahr von Schichtversagen und Abplatzen aufgrund wachsender innerer Spannungen.

Sicherheit bietet hier nur ein Entschichten der Teile vor dem Neubeschichten. Chemische Entschichtungsverfahren sind in diesem Bereich weit verbreitet, stoßen aber bei einigen Materialvarianten an Grenzen. Karbidische Werkzeugmaterialien können beim nasschemischen Entschichten angegriffen werden und infolgedessen an Belastbarkeit verlieren. In diesen Fällen oder wenn lediglich begrenzte Bereiche entschichtet werden müssen, bietet sich Laser als Alternative an.

Das Verfahren des Laserabtrags hat sich als ein Verfahren zum Entschichten unterschiedlichster Beschichtungsmaterialien etabliert. Der Laser kann faktisch jedes Material verdampfen und somit abtragen. Es ist zu erwarten, dass sich das Anwendungsfeld dieser Technologie in Zukunft noch deutlich vergrößern wird. Das Fraunhofer IWS steht potentiellen

Anwendern dabei als kompetenter Partner zur Verfügung. //



### Der Autor

#### Volker Franke

Gruppenleiter Mikromaterialbearbeiten,  
Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahl-  
technik IWS, Geschäftsfeld Mikrotechnik,  
Dresden, Tel. 0351 833913254,  
volker.franke@iws.fraunhofer.de,  
www.iws.fhg.de