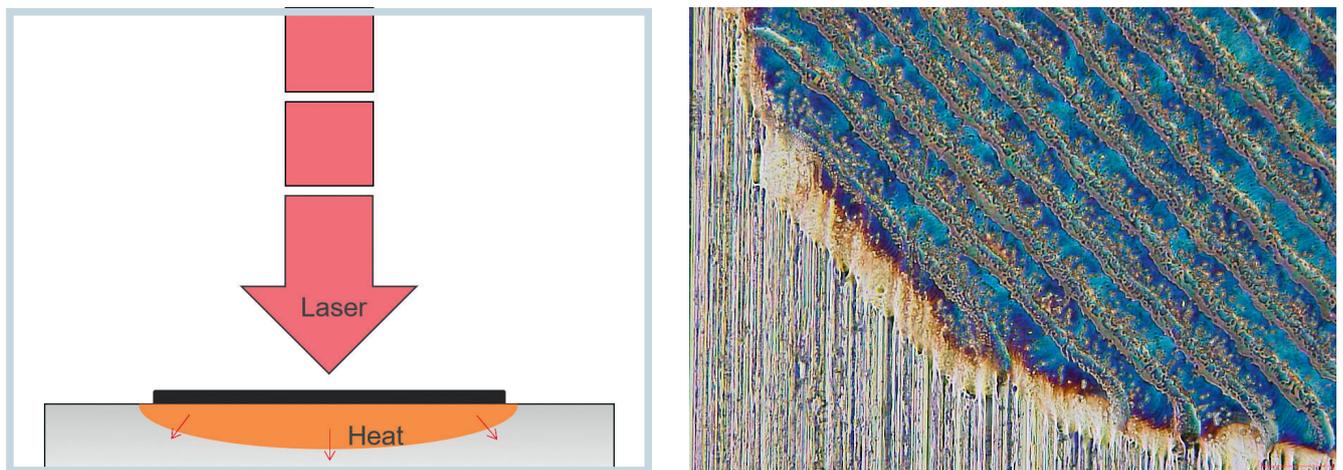


Lasermarkieren ■ Direktkennzeichnung ■ Alterungsbeständigkeit ■ Autoklavierbare Beschriftung

# Edelstahl dauerhaft beschriften mit Black Marking

Pikosekunden-Lasersysteme bieten eine schlüsselfertige Lösung für die dauerhafte, kontrastreiche Beschriftung von Edelstahl. Ideal geeignet für die Kennzeichnung von Medizinprodukten, haben sie keine negative Auswirkungen auf die Oberflächenpassivierung.

von Thorsten Ferbach



1 Nanosekundenlaser markieren Edelstahl durch einen thermischen Prozess, der eine Schicht aus dunklem Oxid erzeugt (© Coherent)

Es besteht zunehmend die Notwendigkeit, Geräte und Produkte aus Edelstahl mit Kennzeichen, Hinweismarken oder Logos zu versehen, die mehrere strenge Kriterien erfüllen müssen, die den Einsatz konventioneller Techniken wie Druck oder Gravur weitgehend ausschließen. Bei Medizinprodukten sind beispielsweise für den Mehrfachgebrauch bestimmte Geräte von Rechts wegen mit einer eindeutigen Produktkennzeichnung (Unique Device Identifier, UDI) auszustatten. Ein großer Nachteil einiger Markierverfahren aber ist, dass die Kennzeichnung nicht dauerhaft ist und bei wiederholter Sterilisation (Autoklavieren) verblasst. Eine Gravur hingegen

beeinträchtigt die Oberflächenpassivierung und erfordert eine chemische Wiederaufbereitung. Zudem hinterlässt das Gravieren eine Oberflächenstruktur, die Verunreinigungen leichter aufnimmt oder im Falle von Implantaten Irritationen hervorrufen kann. In nicht-medizinischen Einsatzbereichen können aufgedruckte Kennzeichnungen durch Versand, Handhabung oder Lagerung schwer lesbar werden oder auch gezielte Fälschung ermöglichen. Es gibt mehrere etablierte Verfahren für die Laserbeschriftung und zahlreiche Industrien nutzen diese Techniken seit Jahrzehnten. Je nach Material werden Kohlendioxid- bzw. CO<sub>2</sub>-Laser, diodengepumpte Festkörperlaser oder

Faserlaser auf breiter Basis eingesetzt. Die verschiedenen Laserbeschriftungstechniken bringen eine Veränderung innerhalb des Volumen des Materials, eine Oberflächenfarbänderung oder eine makroskopische Veränderung des Oberflächenreliefs oder der Struktur mit sich, die leicht erkennbar ist.

## Markieren von passiviertem Edelstahl mit Nanosekundenlasern

Laser mit Pulsbreiten im Nanosekundenbereich (ns) können verwendet werden, um permanente Markierungen auf Edelstahl zu erzeugen. Diese kontrastreichen Markierungen bieten eine kostengünstige Lösung für medizinische Einmalprodukte und Konsumgüter, die



2 Schlüsselfertige Systeme für das Black Marking sind in sich geschlossene Arbeitsplätze, einschließlich einer optionalen Roboterschnittstelle und Absaugsystem (© Coherent)

keiner wiederholten Reinigung ausgesetzt sind. Es gibt jedoch bestimmte Einschränkungen, die den Einsatz von ns-Lasermarkierungen ausschließen. Dies gilt insbesondere für wiederverwendbare Medizinprodukte. Diese Einschränkungen ergeben sich aus inhärenten Faktoren des Markierprozess und der Passivierung, die wiederum korrosionsbeständige Oberflächen auf Edelstahlprodukten erzeugt. In der Lasertechnologie ist eine Pulsbreite von zehn oder hundert Nanosekunden relativ lang. Darüber hinaus sind diese La-

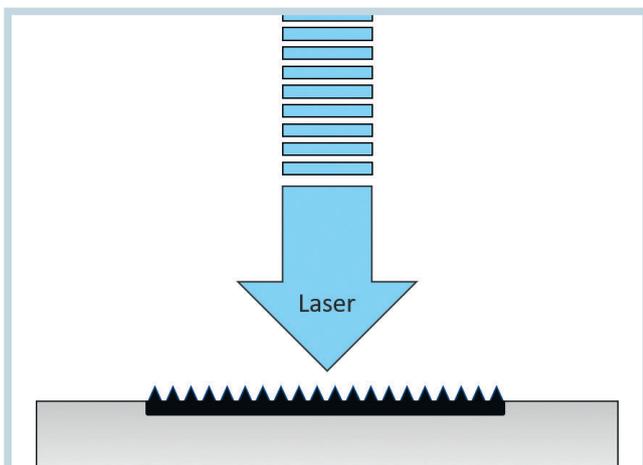
ser auf eine maximale Pulswiederholrate von 100 kHz beschränkt, so dass die für einen schnellen Durchsatz erforderliche hohe Durchschnittsleistung in eine hohe Pulsenergie übergeht. Infolgedessen ist die Wechselwirkung von Laser und Material in erster Linie photothermisch, wobei eine intensive Erwärmung zu einer lokalen Schmelzung führt und die Markierung durch eine chemische/strukturelle Umwandlung des Edelstahls entsteht (Bild 1). Diese Transformation beinhaltet die Diffusion des Chroms von der Oberflächenschicht

weg, die Oxidation von Chrom- und Eisenatomen, die unterschiedliche Oxide beider Metalle erzeugen, die Entmischung der Legierungskomponenten und Veränderungen in der Phasen-/Kornstruktur des rückverfestigten Metalls.

Während diese Art von chemischer/kompositorischer Kennzeichnung für einige rostfreie Anwendungen geeignet ist, kann sie aus verschiedenen Gründen nicht für UDIs auf wiederverwendbaren Medizinprodukten eingesetzt werden. Ein Hauptgrund ist, dass sie die Passivierung der Stahloberfläche stark beeinträchtigt, wie das Auftreten von starker Korrosion nach einem einzigen Prüfzyklus bestätigt. Insbesondere bei ästhetischen Anwendungen, wie dem Aufbringen von Markenlogos, ändert sich zum einen je nach Blickwinkel Farbe und Kontrast der Markierung.

### Black Marking mit Pikosekundenlasern (ps)

Dank eines relativ neuen Laserverfahrens, dem so genannten Black Marking, gehören diese Einschränkungen der Vergangenheit an. Diese Technik basiert auf dem Einsatz von Lasern, die Pulsbreiten im Bereich von 10 bis 20 Pikosekunden (ps) liefern, das heißt 10000 Mal kürzere als die für ns-Faserlaser typischen Pulsbreiten. Obwohl die Pulsenergie 100 Mal geringer sein kann als bei ns-Lasern, kann die Pulsspitzenleistung (Pulsenergie/Impulsbreite) 100 Mal höher sein. Die Kombination von hoher Spitzenleistung mit kurzer Pulsdauer führt zu einer sehr unterschiedlichen und subtileren Transformation der Metalloberfläche, wie in



3 Die kurzen Pulse eines Pikosekundenlasers erzeugen eine Oberflächenstruktur, die Licht einfängt und das darunterliegende Material unbeeinflusst lässt (© Coherent)



Bild 3 schematisch dargestellt. Ebenso wichtig ist, dass der in diesen Pikosekundenlasern verwendete Pulsmechanismus hohe Durchschnittsleistungen von 10 Watt und mehr erlaubt, die für einen kostengünstigen hohen Produktionsdurchsatz erforderlich sind, ohne jedoch die unerwünschten thermischen Effekte des ns-Lasers aufzuweisen.

### Vorteile Black Marking

Wenn der Laserstrahl eines Pikosekundenlasers auf die Stahloberfläche trifft, erzeugt er eine kontrastreiche schwarze Markierung. Diese ähnelt zwar oberflächlich der Markierung eines ns-Lasers, ist aber ganz anderer Art. Die kurze Pulsdauer minimiert den thermischen Eintrag und begrenzt die Flüssigphase auf die äußeren Atomschichten. Das Ergebnis ist die Bildung einer nanoskaligen Oberflächenstruktur, die als lichteinfangende Oberfläche dient. Damit einher geht eine minimierte Diffusion der Metallatome und eine begrenzte Entmischung sowie eine nur teilweise

Oxidation der Oberflächenchrom- und Eisenatome.

Während also ns-Laser eine Markierung aus chemisch transformiertem schwarzem Material erzeugen, erzeugt der ps-Laser eine Oberfläche, die schwarz erscheint, deren chemische Zusammensetzung und Legierungsverteilung jedoch kaum beeinflusst werden.

Das Black Marking von Edelmetallen bietet eine einzigartige Kombination von Vorteilen: Zum einen sind die Beschriftungen extrem dunkel und bieten einen sehr hohen Kontrast, der die Lesbarkeit für Mensch und Maschine optimiert. Ebenso wichtig ist, dass weder Farbe noch Kontrast durch Veränderungen der Betrachtungs- oder Beleuchtungswinkel beeinflusst werden, was die Lesbarkeit zusätzlich erhöht.

Für den Markt der wiederverwendbaren Medizinprodukte bietet das Black Marking zwei wichtige Vorteile: Erstens beeinträchtigt der Beschriftungsprozess eine zuvor passivierte Oberfläche nicht und zweitens führt eine auf die Markierung nachfolgende Passivierung in keiner Weise dazu, dass diese verblasst. Diese Widerstandsfähigkeit und Flexibilität, die Markierung in verschiedenen Prozessschritten durchführen zu können, maximiert den Wert des Verfahrens und senkt die Kosten.

### Lasersysteme und Produktionsintegration

Pikosekundenlaser haben sich in den letzten 15 Jahren bewährt – so befinden sich beispielsweise allein von dem Coherent PowerLine Rapid NX hunderte Laser im Feld. Die meisten Anwendungen benötigen heute aber viel mehr

4 Nach 50 Autoklavierzyklen bleibt die UDI-Markierung, die mit Black Marking erzeugt wurde, ohne signifikanten Einfluss auf die Lesbarkeit und ohne sichtbare Korrosion

(© Coherent)

als den reinen Laser. Coherent wird diesem Bedarf durch unterschiedliche Integrationsebenen gerecht. Die beiden beliebtesten Lösungen sind Laser-Subsysteme wie der PowerLine Rapid NX, bestehend aus Strahlquelle, Strahlführungsoptik und Scankopf sowie komplette Stand-Alone-Systeme inklusive Roboterautomatisierung.

Die schlüsselfertigen Systeme verfügen optional über eine Granit-Montageplattform für maximale Stabilität und Markierungsauflösung. Der Arbeitsbereich ist auf Flexibilität ausgelegt, um unterschiedliche Bauteilgrößen und -geometrien aufnehmen zu können. Bis zu drei lineare Bewegungsachsen arbeiten servo-gesteuert und können mit einer optionalen Drehachse für Rohre und andere rotationssymmetrische Teile kombiniert werden. Kundenspezifische Teilaufnahmen und Spannvorrichtungen sind ebenfalls verfügbar. Darüber hinaus beinhalten die schlüsselfertigen Systeme ein optionales Bildverarbeitungssystem, das eine automatisierte Vor- und/oder Nachkontrolle ermöglicht.

Die Steuerungssoftware und die externen Schnittstellen sind so konzipiert, dass sie die Integration in eine vernetzte Fabrik vereinfachen. Innerhalb der Automatisierungspyramide bietet das Laser-Framework I/O verschiedene Schnittstellen zu MES/ERP-Systemen, die sowohl standardisierte als auch proprietäre Schnittstellen unterstützen.

In hochgradig vernetzten Fertigungsprozessen müssen Anlagen oft auch horizontal mit anderen Systemen oder SPS-Steuerungen kommunizieren können. Über eine TwinCat-Paketkomponente, die alle gängigen Bustypen unterstützt, können unterschiedliche Feldbussysteme angebunden werden.

### Zusammenfassung

Es lässt sich sagen, dass die direkte Kennzeichnung auf Edelstahlunterlagen zunehmend gefragt ist, um beispielsweise den Vorschriften für Medizinprodukte gerecht zu werden, aber auch aus ästhetischen Gründen (etwa einem Markenlogo). Ein neuer Laserprozess – das Black Marking – erfüllt genau diese Marktanforderung und bietet eine dauerhafte Kennzeichnung, die ohne erneute Passivierung auskommt und auch nach Dutzenden von Autoklavenszyklen gut lesbar bleibt. ■

## INFORMATION & SERVICE

### HERSTELLER

**Coherent Munich GmbH & Co. KG**  
82205 Gilching  
Tel. +49 8105 3965 0  
[www.coherent.com](http://www.coherent.com)

### DER AUTOR

**Thorsten Ferbach** ist Business Development Manager bei Coherent in München.  
[thorsten.ferbach@coherent.com](mailto:thorsten.ferbach@coherent.com)