

Bearbeitung von Viton[®] (Fluorkautschuk) mit Digitaler Laser-Materialbearbeitungstechnologie

I. Einführung in Viton[®] und seine Eigenschaften

Viton[®] ist eine Gruppe von duroplastischen Fluorelastomeren, entwickelt von DuPont Performance Elastomers. Viton[®]-Harze bestehen aus zwei oder mehreren Fluorpolymeren. Insgesamt gibt es vier grundlegende Familien von Viton[®]:

- 1) Viton[®] A - Copolymer aus Hexafluorpropylen (HFP) und Vinylidenfluorid (VDF oder VF2)
- 2) Viton[®] B - Terpolymer von HFP, VF2 und Tetrafluorethylen (TFE)
- 3) Viton[®] F - Terpolymer von HFP, VF2 und TFE
- 4) Sonderqualitäten, einschließlich GLT, ETP, GFLT - umfasst in der Regel eine Kombination aus Ethylen, TFE und Perfluormethylvinylether (PMVE) für verbesserte chemische Beständigkeit

Viton[®] ist bekannt für seine Beständigkeit gegen erhöhte Temperaturen, Chemikalien, Luftoxidation und Sonneneinstrahlung. Aufgrund dieser Eigenschaften ist Viton[®] für anspruchsvolle Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt-, Automobil-, Chemie- und Hydraulikindustrie geeignet. Viton[®] gibt es als Platten, Rohre und Schnüre in der Farbe schwarz.

II. Viton[®] und DLMP™ Technologie

Die Materialeigenschaften von Viton[®], vor allem seine Wärme- und Oxidationsbeständigkeit, machen das Material äußerst kompatibel mit DLMP™ (Digital Laser Material Processing bzw. digitale Laser-Materialbearbeitungs)-Technologie. Der Einfluss dieser Eigenschaften auf die Ergebnisse der DLMP™ wird genauer in den folgenden Abschnitten besprochen.

Die Laserenergie bewirkt bei Viton[®] einen Materialabtrag und eine Materialmodifikation. Das folgende Diagramm zeigt die Auswirkungen und möglichen Bearbeitungsverfahren auf der Basis der einzigartigen Wechselwirkungen zwischen Laserenergie und Viton[®]. Das Material eignet sich fürs Laserschneiden, Lasergravieren und Lasermarkieren. Die Laserenergie kann das Material abtragen und somit schneiden, gravieren oder markieren oder die Eigenschaften der Oberfläche verändern, um eine sichtbare Markierung zu erzeugen. Jeder dieser Prozesse wird nachfolgend im jeweiligen Abschnitt beschrieben.

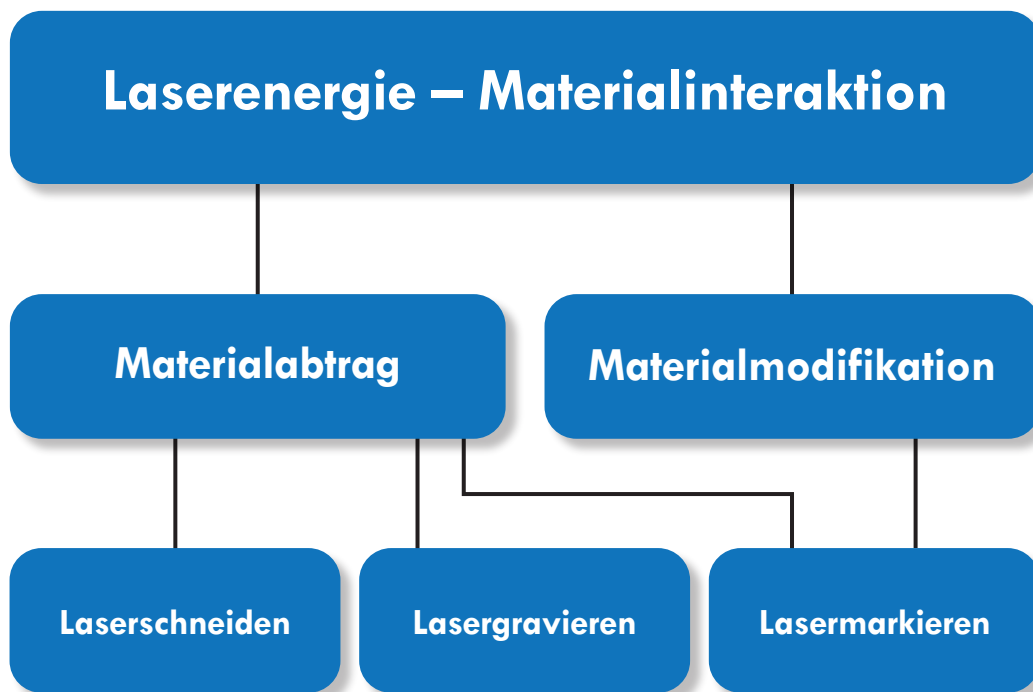


Bild 1: Die Ableitung der Laserprozesse aufgrund der Interaktionen zwischen Laserenergie und Material

Materialabtrag

Materialabtrag ist ein physikalischer Vorgang, bei dem Material entfernt wird. Das Material wird entweder vollständig von der oberen bis zu der unteren Fläche oder teilweise von der Oberseite des Materials bis zu einer bestimmten Tiefe entfernt.

Viton® ist ein ausgezeichneter Absorber der CO₂-Laserenergie (Wellenlänge = 10,6 µm). Wenn Viton® Laserenergie absorbiert, wandelt es schnell die Lichtenergie in Molekülschwingungen (Wärme). Bei ausreichender Wärme erfährt Viton® thermischen Abbau, wobei die Molekülbindungen an verschiedenen Stellen in seiner Molekularstruktur gebrochen werden. Wenn das Material sich direkt im Laserstrahlpfad befindet, wird es abgetragen, wodurch Dampf und ein feines schwarzes Pulver zurückbleiben. Laserabtrag von Viton® erfolgt primär mit CO₂-Lasern.

Das Material leicht außerhalb des Brennpunktes (Fokus) oder Laserpfades wird etwas Wärme ableiten, jedoch nicht genug, um einen vollständigen und gründlichen Abtrag durchzuführen. Dieser Bereich wird oft als Wärmeeinflusszone bezeichnet. Im Falle von Viton® ist praktisch keine Wärmeeinflusszone vorhanden, weil Viton® eine hohe Zersetzungstemperatur hat; die angrenzenden Flächen können der Wärme ohne Verformung standhalten. Wie in der Einführung zur Lasermaterialbearbeitung bereits erwähnt, können etwaige Wärmeeffekte durch die Auswahl einer geeigneten Leistung für eine bestimmte Stärke des Materials minimiert werden.

Laserschneiden

Das Laserschneiden ist die vollständige Entfernung und Abtrennung des Materials von der oberen Oberfläche bis der unteren Fläche entlang einer bestimmten Schnittbahn.

Aufgrund seiner ausgezeichneten Temperaturbeständigkeit kann Viton® mit einem hohen Grad an Genauigkeit geschnitten werden. Die Kanten, die das Laserschneiden bei Viton® hinterlässt, sind glatt und frei von Verfärbungen, wie sie manchmal bei thermischen Prozessen auftreten. Die Abbildung 2 zeigt Formen, per Laser aus Viton® geschnitten. Das Laserschneiden von Viton® hinterlässt ein feines, schwarzes Pulver, das leicht mit einer wässrigen Reinigungslösung gereinigt werden kann.



Bild 2: Lasergeschnittene Form aus Viton®
Materialstärke 3,18 mm

Lasergravieren

Die Lasergravur ist ein Verfahren, bei dem das Material von der oberen Oberfläche bis zu einer bestimmten Tiefe entfernt wird. Dies wird durch exakte Kontrolle der Lasermodulation möglich. Durch kontinuierliche Regelung der Laserleistung, kann Lasergravur für Oberflächenstrukturen, Fotografien und Informationen, wie Text oder Zahlen, verwendet werden. Bild 3 zeigt, wie mit kontrollierter Laserenergie das Material bis zu einer gewünschten Tiefe entfernt wird. Viton® kann ohne Verfärbungen oder Schmelzen graviert werden. Wie beim Schneiden, hinterlässt auch die Lasergravur bei Viton® ein feines, schwarzes Pulver, das mit einer wässrigen Reinigungslösung gereinigt werden kann.

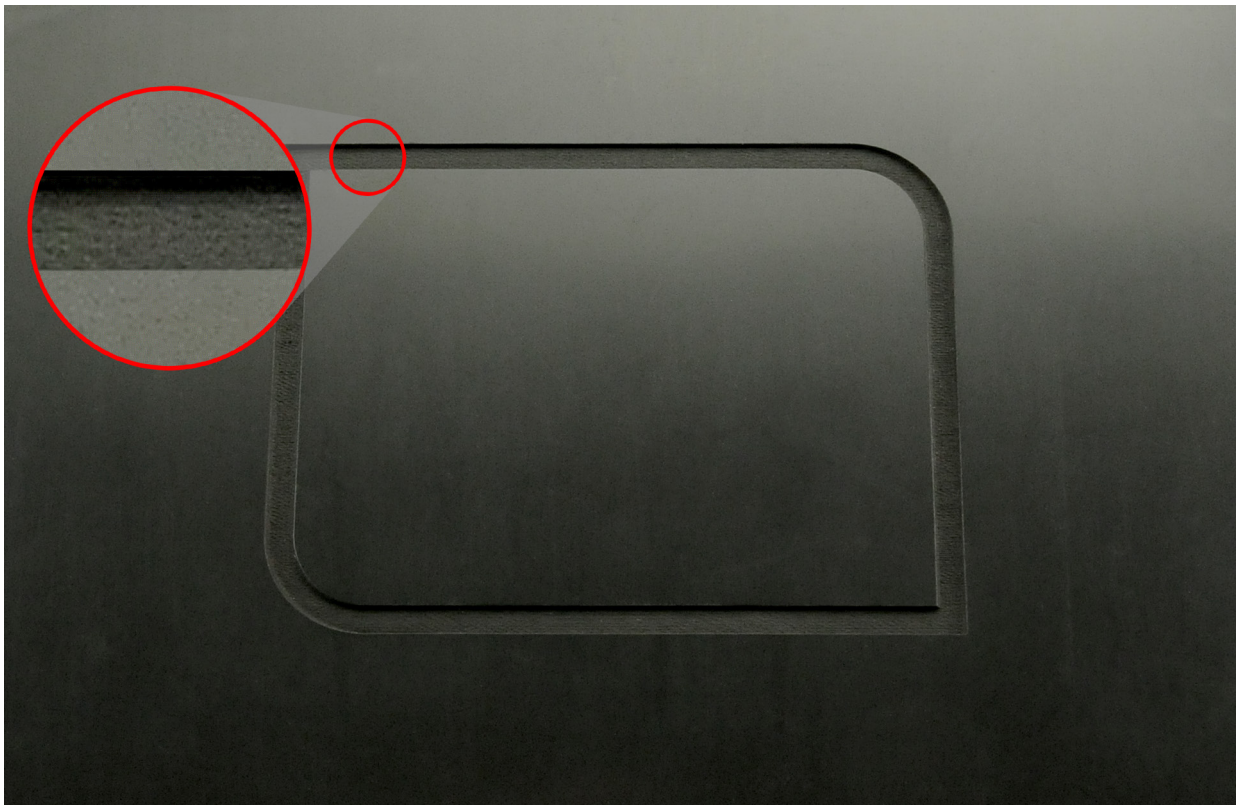


Bild 3: Ein lasergravierter Kanal in Viton®
Gravurtiefe 1,0 mm

Lasermarkieren (Tiefe)

Wenn Laserenergie zum Erstellen einer visuell und/oder maschinenlesbaren Identifikation oder Information auf einem Material verwendet wird, beispielsweise für einen Barcode, ein Datum, eine Chargen-, Serien- oder Teilenummer, wird dieses Verfahren Lasermarkieren mit Tiefe oder Lasertiefenmarkierung genannt, obwohl es sich im Grunde um eine Gravur des Materials handelt.

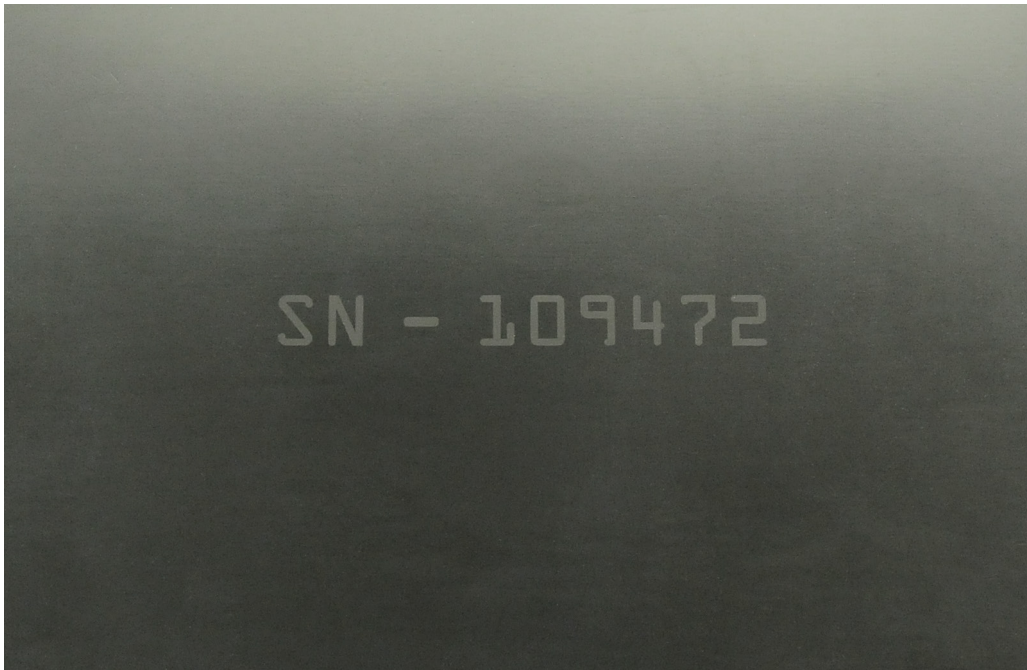


Bild 4: Seriennummer in Viton® (tiefenmarkiert)
Texthöhe 5,08 mm

Modifikation der Materialeigenschaften

Wie bereits erwähnt, sind die 10,6 µm-CO₂-Laser sehr nützlich zur Materialentfernung beim Schneiden und Gravieren. Allerdings sind CO₂-Laser unwirksam beim Schaffen von Kontrast. Faserlaser sind für diese Aufgabe besser geeignet. Viton® wird auch die Energie eines 1,06 µm-Faserlasers absorbieren und in Wärme umwandeln. Die auf die Oberfläche aufgebrachte Leistung kann genau gesteuert werden, um den Kontrast ohne Materialentfernung zu ermöglichen. Die daraus resultierende Markierung ist hellbraun. Dieser Prozess, der manchmal auch als Bleich- oder Schaumbildung bezeichnet wird, hinterlässt keine Rückstände oder Pulver.

Lasermarkieren (Oberfläche)

Viton® kann mit einem Faserlaser markiert werden, um Informationen auf das Material zu übertragen, z. B. Zahlen, Text, Barcodes und sogar Fotografien. Die Markierung ist permanent und kontrastreich - eine gute Alternative zu Tintendruckverfahren. Auch wenn die Markierung nicht besonders hell ist, ist dieses Verfahren ausreichend für die Erstellung von menschen- und maschinen-lesbaren Informationen.

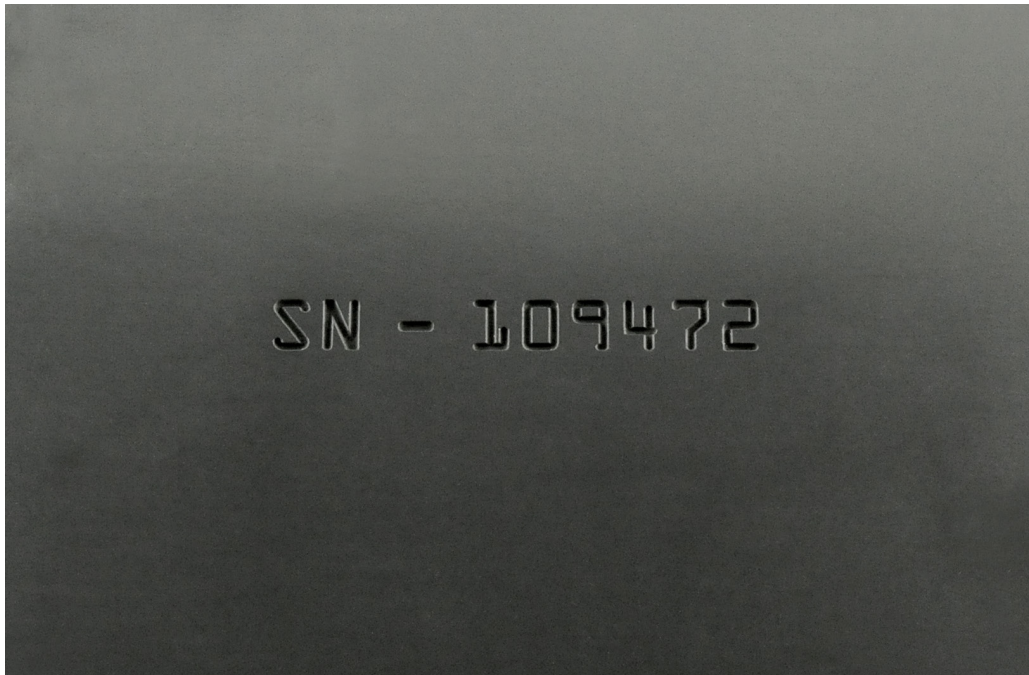


Bild 5: Seriennummer auf Viton®-Oberfläche markiert (mit Faserlaser)
Texthöhe 5,08 mm

Kombiniertes Verfahren

Mit Viton® können verschiedene Verfahren durchgeführt werden, ohne das Material verschieben oder neu befestigen zu müssen. Auf dem Bild unten sieht man, wie anhand kombinierter Verfahren ein Teil aus einer Viton®-Platte geschnitten wird, ein Kanal graviert sowie eine Seriennummer auf die Materialoberfläche markiert wird. Bei kombinierten Verfahren wird üblicherweise erst graviert und markiert, dann geschnitten.



Bild 6: Laserschnitt, -gravur sowie -markierung auf Viton®

Materialstärke beim Schneiden 3,18 mm

Gravurtiefe 1,0 mm

Texthöhe 5,08 mm

III. Umwelt, Gesundheit und Sicherheit

Laser-Materialinteraktionen erzeugen fast immer Gase und/oder Partikel. Aufgrund seiner komplexen Polymerchemie, erzeugt Laserbearbeitung von Viton® mit einem CO₂-Laser eine Vielzahl von fluorhaltigen Gasen. Insbesondere enthält dieses Carbonylfluorid und Fluorwasserstoff. Diese Gase und Partikel sollten nach draußen abgeleitet werden, in Übereinstimmung mit den gesetzlichen Vorschriften. Alternativ können die Absonderungen erst durch ein Filtersystem und dann nach draußen abgeleitet werden. Viton® ist beständig gegen hohe Temperaturen, kann aber exotherme Reaktionen hervorrufen, wenn ausreichend Laserenergie zugeführt wird. Deshalb sollte Laserbearbeitung von Viton® immer beaufsichtigt werden.

IV. Schlussfolgerung

Die DLMP™ wurde als eine tragfähige Lösung zur Bearbeitung von Viton® nachgewiesen. Durch die Wahl des richtigen Lasertyps und sorgfältige Steuerung des Laserstrahls, kann Viton® lasergeschnitten, -graviert und -markiert werden. Diese Verfahren können einzeln oder in Kombination miteinander angewendet werden. Die einzigartigen Fähigkeiten von DLMP™ kombiniert mit den Qualitäten des Viton® schaffen neue Möglichkeiten für Design und Produktion.