

---

# Lasergesinterte Kontaktierungen in Kohlebürsten

FH-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr.-Ing. Gernot Kucera

FH Campus Wien, Favoritenstraße 226, A-1100 Wien, AUSTRIA

---

## KURZFASSUNG/ABSTRACT:

Die Verbindung einer flexiblen Leitung mit dem Kohlegrundkörper von Kohlebürsten erfolgt durch Einstampfen des Kabels mit Metallpulver. Anstelle des Stampfvorgangs soll Metallpulver in Schichten dosiert und ähnlich dem Lasersinterprozess verdichtet werden, um eine Verbindung Kabel – Kohlegrundkörper zu realisieren. Ziel ist, die Eigenschaften des Gesamtsystems Kohlebürste zu verbessern.

Schlüsselwörter: Lasergesinterte Kontaktierung, Kohlebürste, Stampfkontakt

## 1 EINLEITUNG

Kohlebürsten für Elektromotoren dienen zur Stromübertragung beispielsweise in Universal- und Permanentmagnetmotoren. Als Gleitkontakte stellen sie die elektrische Verbindung zu den rotierenden Teilen des Motors her. Stand der Technik ist, eine oder mehrere meist aus Kupferlitzen hergestellte Leitungen im Kohlegrundkörper durch mechanisch verdichtetes Metallpulver in einer Bohrung zu befestigen. Die Verdichtung des Pulvers erfolgt durch Einstampfen, daher hat sich der Begriff Stampfkontakt durchgesetzt.

## 2 FORSCHUNGSFRAGE

Im Gegensatz zum herkömmlichen Fertigungsprozess wird die Eignung der Technologie des Lasersinterns bzw. des Laserschweißens mit Zusatzwerkstoffen untersucht. Empirische Untersuchungen sollen Aufschluss zum maximal möglichen Energieeintrag für den Aufschmelzprozess geben, ohne die in Verwendung stehenden Metallpulver zu verdampfen (Eisen [Fe], Kupfer [Cu] und versilbertes Kupfer [Cu-Ag]). Stampfpulver sind ausgeprägt dendritisch geformt. Durch ihre Verästelungen besitzen sie eine sehr große Oberfläche. Weitere Fragestellungen betreffen die Eigenschaften der Verbindung unterschiedlicher Materialien und die daraus ableitbaren Eigenschaften des Gesamtsystems Kohlebürste.

## 3 METHODE

Lasersintern und Laserschweißen haben sich in der Anwendung bereits durchgesetzt. Wegen unterschiedlicher chemischer und physikalischer Eigenschaften der verwendeten Materialien, bei denen zum Teil anisotropes Verhalten zu erwarten ist, werden Parameter durch Steigerung der eingetragenen Laserenergie schrittweise ermittelt. Dazu wird mit geringer Laserleistung intermittierend die Bestrahlung mehrmals wiederholt. Zusätzlich müssen aber auch die Eigenschaften der Verbindung auf ihre Brauchbarkeit untersucht werden, wie beispielsweise die Kontakteigenschaften einer derart hergestellten elektrischen Verbindung. Die angewendete Methode ist vergleichbar mit selektiven Laserschweißverfahren.

Es wurden zwei Versuchsreihen durchgeführt: (1) Pulveraufschmelzen auf Kohlegrundkörper und (2) das Verdichten von bereits gefüllten Bohrungen.

## 4 ERGEBNISSE

Die wichtigsten Laser Parameter: Laserquelle: Nd:Yag-Laser, gepulst, Wellenlänge 1064 nm, Scanneroptik, Pulsfrequenz: 200.000 Hz, Fokusbildungsdurchmesser: 0,08 mm.

#### 4.1 Versuchsreihe 1

Beim Aufschmelzen des geschütteten Pulvers auf die Kohlebürste wurde festgestellt, dass für alle drei Pulver keine Verbindung zwischen der Kohlebürste und dem aufgeschmolzenen Metall zustande kommt. Eine Kreisflächen mit einem Durchmesser 3,5 mm wurden mehrfach bestrahlt. Es stellt sich keinerlei Verbindung zwischen Schmelze bzw. dann erstarrtem Material und der geschliffenen Fläche einer Kohlebürste her. Diese Verbindung ist grundsätzlich auch beim Einstampfen nicht gegeben, allerdings entstehen durch die Krafteinwirkung auf die zylindrische Fläche der Bohrung Abdrücke der Metallpulverpartikel und damit ein Aufrauen der Oberfläche.

#### 4.2 Versuchsreihe 2

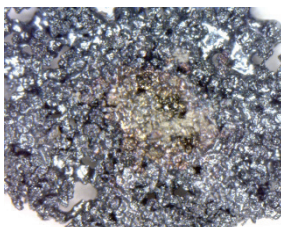
Bereits eingestampfte Kontakte werden durch ein Aufschmelzen der metallischen Oberfläche weiter verdichtet. Bei der Versuchsdurchführung wurde die Kupferlitze knapp über der Bürste abgeschnitten, um die Zugänglichkeit für den Laser zu gewährleisten.

Bei geeigneten Laserparametern konnte ein Aufschmelzen ohne Beeinträchtigung der Kohlebürste bzw. der Kupferlitze erreicht werden.

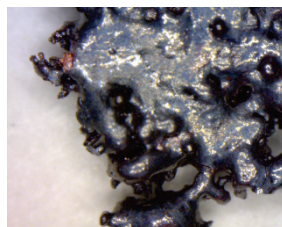
#### 4.3 Zusammenfassung

Für die Versuche zu den erzielbaren Schichtdicken beim Verdichten des Pulvers wurde das Pulver etwa 2 mm hoch aufgeschichtet. Ein Aufschmelzen einer 2 mm starken Schicht in einem Arbeitsgang ist realistisch, wenn sich das Pulver z.B. in einer Bohrung befindet. Bei der Frequenz 200 kHz sind grundsätzlich auch Pulsdauern in der Nähe von 5  $\mu$ s möglich, die volle Zeit kann jedoch nicht erreicht werden. Die Laserpulsdauer betrug in diesen Versuchen 2,5  $\mu$ s, die „restlichen“ 2,5  $\mu$ s sind Pausen- und Verfahrzeiten des Punktes.

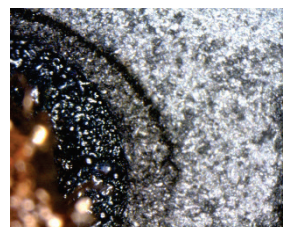
Die vom Lasersystem gemessene Bearbeitungszeit betrug inkl. Überlappung (50%) und aller Pausen rund 1.600 ms bei einer Kreisfläche mit dem Durchmesser 3,5mm. Im Gegensatz dazu liegt die erzielbare Einzel-Schichtstärke beim Stampfprozess bei ca. 0,5 mm [1], [2].



Fe-Pulver, Laser



Cu-Pulver, Laser



Stampfung [Cu],  
Laser



Stampfung [Cu]

### 5 AUSBLICK

Die Parameter für den Nd:Yag-Laser sollen auf weitere Laser, insbesondere auf Halbleiterlaser übertragen werden. In erster Linie interessiert der Energieeintrag und die erzielbare Materialdichte. Ein weiterer Schritt zur Untersuchung betrifft die Eigenschaften von „lasergesinterten“ Kontaktierungen und deren mechanische Eigenschaften. Zu untersuchen ist, ob durch das Aufschmelzen in Folge der Schrumpfung des Metalls beim darauf folgenden Erkalten zu einer Schwächung des Verbundes führt. Daher werden die weiteren interessierenden Parameter des Gesamtsystems Kohlebürste wie Leitfähigkeit und Festigkeit erst dann experimentell ermittelt und beurteilt werden, wenn die Verankerung der Schmelze in der Kohlebürste sicher gestellt worden ist. Dazu wird beim Herstellungsprozess unter anderem durch das so genannte „Kratzen“ mit einem Messer eine Spirale in die Bohrung eingeschnitten, mit dem Ziel, die Verankerung des Kontaktes zu verbessern. Derartige Proben werden vorbereitet und folgende Versuche sind als ein weiterer Iterationsschritt der Untersuchungen geplant.

## LITERATUR

- [1] Kucera, G.: „Die wesentlichen Prozessparameter bei der maschinellen Herstellung von Stampfkontakten für Kohlebürsten“, Dissertation, TU Wien, 2004
- [2] Kucera, G.: „Verbesserung der Eigenschaften von Stampfverbindungen in Kohlebürsten“, Fortschrittsberichte aus der Produktionstechnik, Shaker Verlag, ISBN 987-3-8440-1994-0, 2013