

Diamantbeschichtete Hartmetallaktivelemente zur Herstellung hocheffizienter Elektromotoren

Motivation

Die Effizienz elektrischer Maschinen spielt eine große Rolle in Bezug auf den weltweiten Energieverbrauch. Ausschlaggebend für die Effizienz eines Elektromotors sind vor allem die magnetischen Eigenschaften der aus gestapelten Elektroblechen bestehenden Rotoren und Statoren. Der Scherschneidvorgang zur Herstellung der Elektroblechpakete beeinflusst dabei die magnetischen Werkstoffeigenschaften aufgrund eingetragener Deformationen und daraus resultierender verbleibender Eigenspannungen in der Schereinflusszone negativ. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass geringer Verschleiß an den Schneidkanten der Schneidaktivelemente von Stanzwerkzeugen zu einer minimalen Beeinträchtigung der magnetischen Werkstoffeigenschaften. Zusätzlich ist die Verwendung von geringen Schneidspalten von unter 5 % der Blechdicke aus magnetischer Sicht vorteilhaft für die Herstellung eines effizienten Elektromotors. Geringe Schneidspalte fördern jedoch wiederum den Schneidkantenverschleiß. Dadurch ergibt sich ein Zielkonflikt zwischen einer wirtschaftlichen und einer hochqualitativen Fertigung elektromagnetischer Antriebskomponenten.



Abbildung 1: Rotorpaket aus gestapelten Elektroblechen

Lösungsansatz

Durch die Herstellung und Applikation von abrasionsbeständigen Diamantbeschichtungen soll die Standzeit der Aktivelemente erhöht werden und gleichzeitig der negative Einfluss auf die magnetischen Eigenschaften schergeschnittener Elektrobleche minimiert werden. Die Auswahl der Hartmetallsorte und die Abstimmung des Vorbehandlungs- und des Diamantbeschichtungsprozesses sind entscheidend für die Sta-

bilität und das Leistungspotential des Verbundsystems. Es werden daher verschiedene Hartmetallsorten mit unterschiedlichen Cobaltgehalten untersucht. Um die Vorteile der neuartigen Verschleißschutzschichten klassifizieren zu können, werden als Referenz zudem industriell etablierte Werkzeuggrundwerkstoff-Beschichtungs-Kombinationen untersucht. Für eine Quantifizierung des Verschleißes von unbeschichteten, konventionell beschichteten und diamantbeschichteten Hartmetallstempeln werden Dauerhubversuche durchgeführt und das Verschleißprofil der Stempel mittels Laserkonfokalmikroskop aufgezeichnet. Für eine Bewertung des Einflusses der verschiedenen Verschleißzustände auf die magnetischen Eigenschaften, werden Proben für die Ermittlung von Hysteresekurven mit scharfkantigen und verschlissenen Aktivelementen hergestellt.

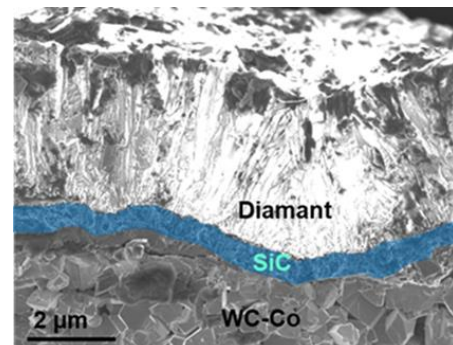


Abbildung 2: Diamantbeschichtung von Hartmetallen mit SiC-Zwischenschicht

Ergebnisse

Dauerhubversuche mit unbeschichteten Hartmetallstempeln zeigten, dass die chemische Zusammensetzung der WC-Co-Hartmetalle die Verschleißfestigkeit (siehe Abbildung 3) und die Eignung für die Verwendung bei der Herstellung großer Mengen von Elektrostahlblechen erheblich beeinflusst. Stempel aus dem Hartmetallwerkstoff EMT210 mit einem Kobaltbindergehalt von 10 % und mittleren Härtewerten zeigten die beste Leistung als Kombination aus Haltbarkeit und Verschleißfestigkeit innerhalb der betrachteten Werkstoffe. Hartmetalle mit höherer Härte versagten aufgrund ihrer geringeren Bruchzähigkeit frühzeitig. Im Gegensatz dazu konnten Stempel aus

Gefördert durch:

vergleichsweise weicheren Hartmetallen aufgrund ihrer hohen Bruchzähigkeit lange Zeit verwendet werden. Allerdings wiesen sie über die Lebensdauer einen höheren abrasiven Verschleiß auf. In Zukunft werden die Anwender einen Kompromiss zwischen hoher Härte, geringem Verschleiß und damit der Herstellung verlustarmer Rotoren und Statoren und der wirtschaftlichsten Herstellung hoher Stückzahlen durch den Einsatz weicherer Hartmetalle, die die Langlebigkeit der Werkzeuge gewährleisten, eingehen müssen.

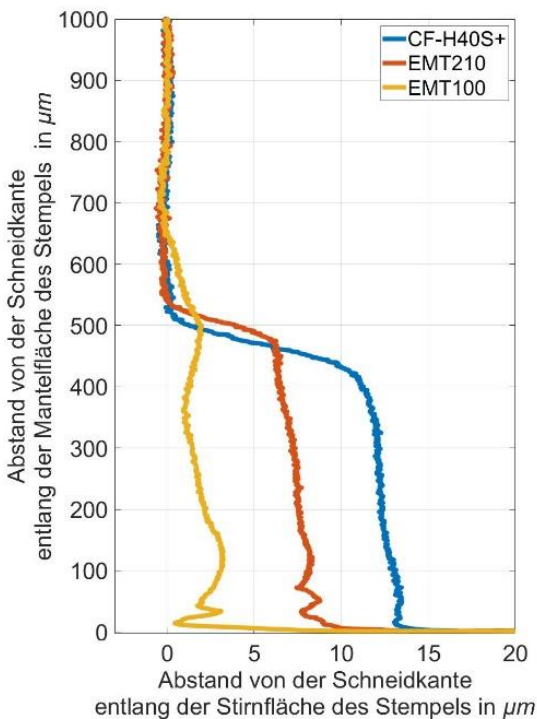


Abbildung 3: Vergleich der Verschleißprofile nach 1 Mio. Hieben beim Einsatz unterschiedlicher Hartmetalle

Für die Beschichtung von Hartmetallwerkzeugen mit CVD-Diamant liegen umfassende Versuchsergebnisse verschiedener Vorbehandlungen vor, die an insgesamt sechs verschiedenen Werkstoffen mit Cobaltbinderanteilen im Bereich von 6 % bis 12 % erprobt und evaluiert wurden. Neben der etablierten chemischen Ätzverfahren wurden als alternative Vorbehandlung sieben verschiedene Zwischenschichten betrachtet. Der große Probenumfang und die quantitative Evaluation der Belastbarkeit der unterschiedlichen Hartmetall-Diamantverbünde erlaubt eine materialspezifische Auswahl geeigneter Vorbehandlungen und Schichtvarianten. Im Vergleich zu den getesteten Stempeln mit industriellen Schichten zeigen die entwickelten CVD-Diamantschichten ein deutlich höheres

Potenzial zur Minderung des abrasiven Verschleißes. In einzelnen Versuche in denen die Diamantschicht bis zu 250 Tsd. Hieben stabil war, wurde kein nennenswerter Stempelverschleiß sondern im Wesentlichen nur ein Einglätten der Beschichtung (siehe Abbildung 4). Weiteren Forschungsbedarf gibt es jedoch bei Betrachtung der Stabilität des Beschichtungsprozesses sowie der beschichteten Stempel. Hier kam es in der Regel zu vorzeitigen Ausbrüchen der Schicht oder des Grundmaterials im Vergleich zur unbeschichteten Referenz.

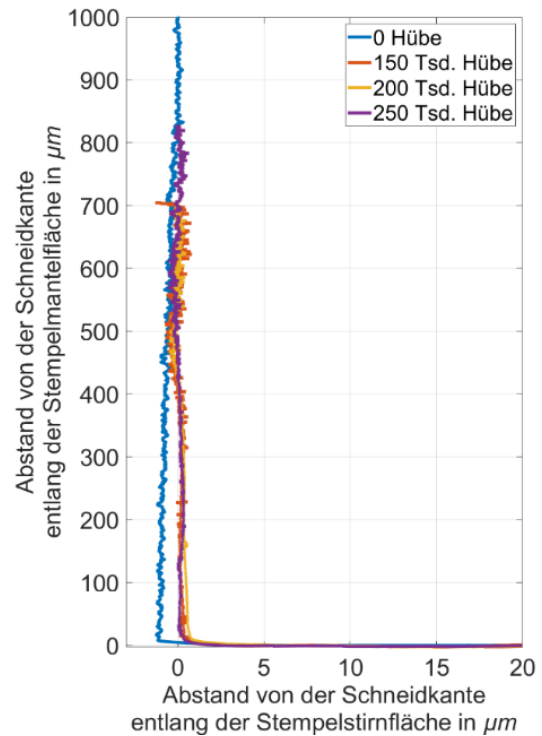


Abbildung 4: Verschleißentwicklung diamantbeschichteter Stempel aus EMT100 von 0 bis 250 Tsd. Hieben

Förderhinweis und Veröffentlichung

Die Ergebnisse dieser Arbeit wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens FOSTA P 1471 (IGF 21760 N) „Diamantbeschichtete Hartmetallaktivelemente zur Herstellung hocheffizienter Elektromotoren“ durchgeführt, das von der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) über die IGF Industrielle Gemeinschaftsforschung aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert wird.

Der Projektabschlussbericht beinhaltet umfassende Beschreibungen der Forschungsansätze, Arbeitsinhalte und Erkenntnisse und ist bei der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA) in Kürze erhältlich.