

Untersuchungen zur schweißtechnischen Verarbeitung von Silizium-basierten Hartstoffen zur Erhöhung der Verschleißbeständigkeit (AiF-Nr. 13138 BG)

Projektpartner:

Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren der TU Clausthal

Projektlaufzeit:

01. März 2002 bis 29. Februar 2004

Zielsetzung

Zielsetzung des Projektes war es, das metallurgische Verhalten von Siliziumkarbid bei der schweißtechnischen Verarbeitung mittels Auftragschweiß- und Auftragslötprozessen in verschiedenen Matrixwerkstoffen zu untersuchen und die Verschleißbeständigkeit von Nickellegierungen sowie von Aluminiumwerkstoffen durch ein Beschichten mit SiC-haltigen Zusatzwerkstoff zu erhöhen. Im Ergebnis dieser Untersuchungen sollten geeignete Beschichtungswerkstoffe bzw. Beschichtungswerkstoffsysteme entwickelt werden, die für verschiedene Substratwerkstoffe geeignet sind.

Als Schweißverfahren wurden das Plasma-Pulver-Verfahren, das auf Grund der hohen Energiedichte im Plasmastrahl eine konzentrierte Wärmeeinbringung mit geringer Aufmischung gewährleistet, und das MSG-Fülldrahtverfahren, das als kostengünstiges und unkompliziertes Beschichtungsverfahren vor allem unter Baustellenbedingungen vorteilhaft angewendet werden kann, eingesetzt.

Auf Grund der niedrigen Dichte (3,22 g/cm³) und hohen Härte (~3500 HV) von Siliziumkarbid bieten sich vor allem Leichtmetalle als Substratwerkstoffe an. Die niedrigen Herstellungskosten von SiC lassen außerdem einen Einsatz des Karbides in anderen Matrixwerkstoffen und für andere Substratwerkstoffe interessant erscheinen. Hier bieten sich vor allem selbstfließende (niedrigschmelzende) NiCrBSi- bzw. NiBSi-Matrixwerkstoffe an, die schon im breiten Umfang für Beschichtungen auf Stahlsubstraten angewendet werden.

Die schwierige schweißtechnische Verarbeitung von Siliziumkarbid (Zersetzung oberhalb 2700°C, kovalente Bindungsverhältnisse) wirkte bisher einer breiten Anwendung entgegen. Mit dieser Forschungsarbeit

werden Möglichkeiten aufgezeigt, die der Industrie neue, kostengünstige Beschichtungen und Anwendungsmöglichkeiten verschleißbeanspruchter Aluminiumbauteile liefern.

Ergebnisse

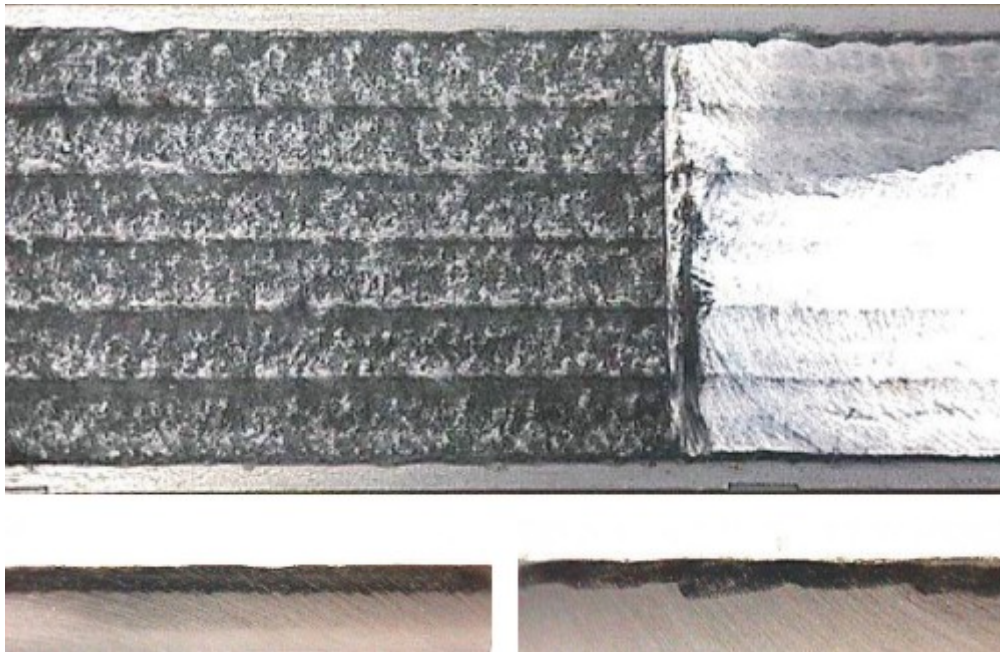
SiC-haltige Nickellegierungen

Sowohl mit dem Plasma-Pulver-Auftragschweißen als auch mit dem MSG-Fülldraht-Auftragschweißen wurden keine positiven Ergebnisse hinsichtlich einer Einbettung von Siliziumkarbid in verschiedene Nickelmatrixwerkstoffe erreicht, da sich das SiC zu Gunsten anderer Phasen in diesem Legierungssystem löst. Auch durch eine weitere Prozesstemperaturabsenkung und die Anwendung von minimalen Temperaturen, die sich im Schmelzbereich der Nickelwerkstoffe befanden (Autogenverfahren, Vakuumofenlöten), war es nicht möglich, Siliziumkarbid in diese Werkstoffe einzubetten.

SiC- haltige Aluminiumwerkstoffe

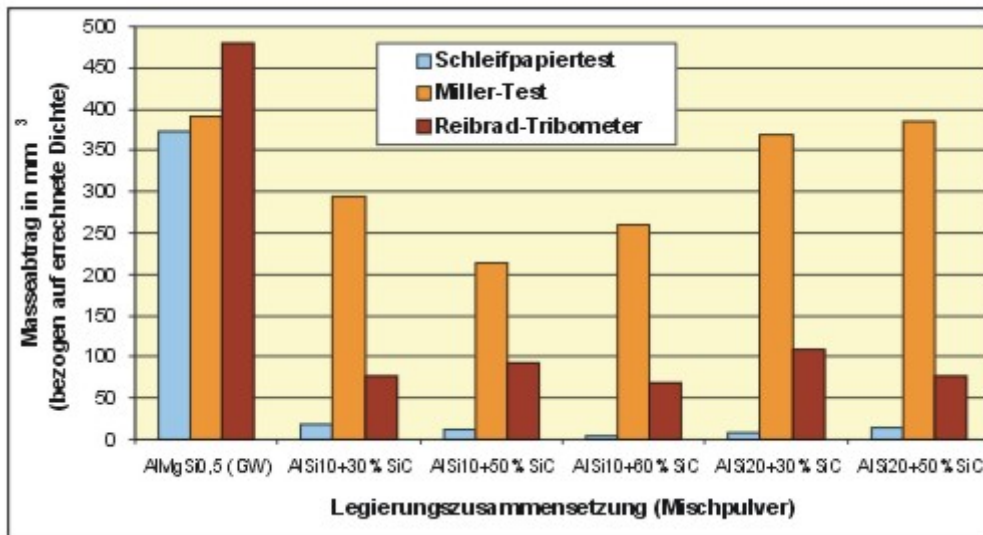
Beim Beschichten von Al-Werkstoffen ist das Plasma-Pulver-Auftragschweißverfahren mit der Wechselstromtechnik dem PPA-Gleichstromverfahren mit heliumhaltigen Arbeitsgasen vorzuziehen. Hierbei zeichnet sich das Wechselstromverfahren insbesondere durch kosten- und wirtschaftliche Vorteile sowie seiner Reproduzierbarkeit und Prozesssicherheit (durch eine vollständige Beseitigung der Oxidschicht werden u.a. Bindefehler vermieden) gegenüber der konventionellen PPA-Gleichstromtechnik aus. Das PPA-Wechselstromverfahren mit SiC-haltigen Al-Werkstoffen eignet sich insbesondere für partielle Flächenbeschichtungen in Wannenlage. Es wurden gute Beschichtungsqualitäten und reproduzierbare Beschichtungen erreicht.

Um qualitativ gute, reproduzierbare und verschleißbeständige Beschichtungen mit einem Minimum an Mikroporosität zu erreichen sowie Beschichtungsfehler auszuschließen, sind Siliziumkarbidanteil und -kornfraktion von entscheidender Bedeutung. So wurden beste Ergebnisse bei Flächenbeschichtungen mit Siliziumkarbidanteilen bis ca. 30 Masse-% und einer kleinen SiC-Kornfraktionen (90 - 53 μm) erzielt;



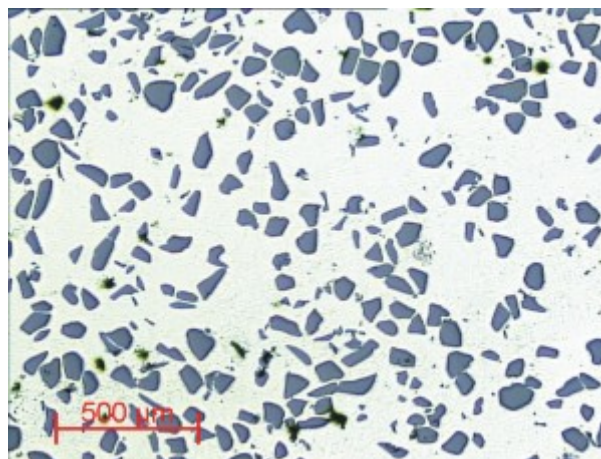
Flächenbeschichtung mit dem PPA-Wechselstromverfahren von $\text{AlSi10} + 30$ Masse-% SiC auf AlMgSi0,5 mit Nachbearbeitung (Fräsen); unten links: Längsschliff; unten rechts: Querschliff.

Mit zunehmendem Karbidanteil (> 30 Masse-%) wird der Beschichtungsprozess schwieriger, die Möglichkeit des Auftretens von Beschichtungsfehlern größer und die Raupengeometrie durch den sinkenden Al-Matrix-Anteil ungünstiger. Die Aufmischung nimmt mit steigendem Karbidgehalt durch die dadurch erforderliche größere Schweißstromstärke zu. Mit feinen SiC -Kornfraktionen werden verschleißbeständigere Beschichtungen mit besseren Eigenschaften als mit gröberen SiC -Kornfraktionen erzielt. Zusätzlich wirken sich kleine Kornfraktionen positiv auf die Verteilung der Karbide aus. Ein Zusatz von Si über 10 % Gesamtgehalt verbessert das verschleißverhalten zusätzlich. Höherfeste Matrixwerkstoffe wirken sich generell positiv auf die Verschleißbeständigkeit aus.



Ergebnisse der Verschleißprüfung

Die Karbide sind gut in die Metallmatrix eingebunden und relativ gleichmäßig verteilt. Bindefehler traten nicht auf.



Querschliff durch eine Beschichtung

Das eingesetzte SiC versprödet die Beschichtungen nicht. Festigkeitsuntersuchungen (3-Punkt-Biegeversuch) zeigen keinen Abfall der Biegebruchfestigkeit gegenüber dem Trägerwerkstoff.

Auch mit dem MSG-Auftragschweißverfahren sind bei der Verarbeitung von SiC-haltigen Aluminiumfülldrähten signifikante Verbesserungen der Verschleißbeständigkeit zu erzielen. Es lassen sich selbst große Beschichtungsflächen realisieren, da es durch den großen Kontaktrahabstand (ca. 18 mm) zum Substrat kaum zu Brennerschmutzungen kommt und nur sehr geringe Verschleißerscheinungen durch die relativ weichen Aluminiumfülldrähte

am Kontaktrohr sichtbar sind. Hinsichtlich der Legierungsauswahl ist man hierbei durch den maximalen Füllungsgrad eingeschränkt.

Danksagung

Das Forschungsvorhaben "Untersuchungen zur schweißtechnischen Verarbeitung von Silizium-basierten Hartstoffen zur Erhöhung der Verschleißbeständigkeit wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) gefördert und von der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e.V. des DVS unterstützt.

Für diese Förderung und Unterstützung sei gedankt.

—

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Andreas Gebert, Dipl.-Ing(FH). Danilo Wocilka

[drucken](#) || [pdf](#) || [zurück](#) || [Cewotec gGmbH](#)