



Energieeffiziente
Produkt- und
Prozessinnovationen in
der Produktionstechnik

Ein sächsischer
Spitzentechnologiecluster



WERKSTOFFE UND STRUKTUREN METALL-KERAMIK-VERBUNDE

Niederenergetische Verbindungsverfahren für Metall-Keramik-Verbunde

Aktivgelötete Metall-Keramik-Verbunde werden konventionell in Vakuumöfen hergestellt. Da Ofenlötprozesse durch hohe Verluste und niedrige Wirkungsgrade gekennzeichnet sind, wurde das Induktionslöten als eine energieeffizientere Alternative für das Aktivlöten von Metall und Keramik untersucht. Ein großer Vorteil der induktiven Erwärmung ist die direkte Erwärmung der Bauteile, die zu einem hohen Wirkungsgrad sowie stark verkürzten Prozesszeiten und damit zu einem deutlich reduzierten Energiebedarf führt. Zudem kann das Induktionslöten insbesondere bei seriellen Produktionsverfahren einfach in

den Fertigungsablauf integriert werden und stellt damit eine sehr interessante Alternative für konventionelle Ofenlötprozesse dar.

Die Untersuchungen zeigen, dass die Prozessführung beim induktiven Löten von entscheidender Bedeutung für die Qualität der Verbunde ist. Um eine Erwärmung und damit Benetzung nicht leitfähiger Keramiken zu erreichen, muss die Aufheizgeschwindigkeit während des Lötprozesses angepasst werden. Mit einer Aufheizrate von 150 K/min konnte bei den verwendeten Probengeometrien eine ausreichende Erwärmung über Wärmeleitung durch das Lot bzw. das Metall gewährleistet werden.

Die Gefügeuntersuchungen zeigen, dass für die Gefügeausbildung insbesondere die Haltezeit von entscheidender Bedeutung ist. Mit verkürzten Haltezeiten findet eine wesentlich geringere Diffusion statt und die Dicken der spröden Reaktionszonen können verringert werden. Da mittels Induktionslöten eine sehr präzise Prozesssteuerung möglich ist, kann die Ausbildung der Reaktionszonen entsprechend den Erfordernissen zwischen guter Benetzung und minimierter Sprödphasenbildung gezielt eingestellt werden.



Handlungsfeldleiter:

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Wielage
Tel.: 0371-531-36169
bernhard.wielage@mb.tu-chemnitz.de

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Susann Hausner
Tel.: 0371-531-37929
susann.hausner@mb.tu-chemnitz.de

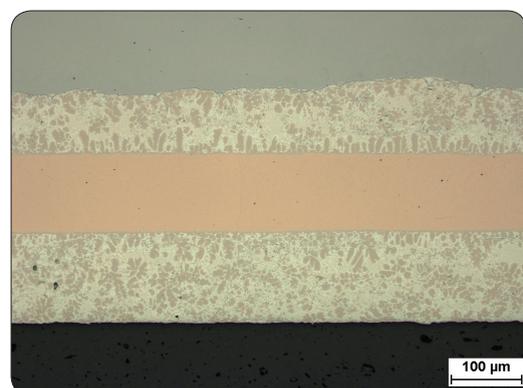
Dr.-Ing. Thomas Grund
Tel.: 0371-531-35390
thomas.grund@mb.tu-chemnitz.de

www.eniprod.eu



Europa fördert Sachsen.
EFRE
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

STAATSMINISTERIUM
FÜR WISSENSCHAFT
UND KUNST



Induktiv gelöteter Metall-Keramik-Verbund mit Cu-Zwischenschicht

WERKSTOFFE UND STRUKTUREN

METALL-KERAMIK-VERBUNDE

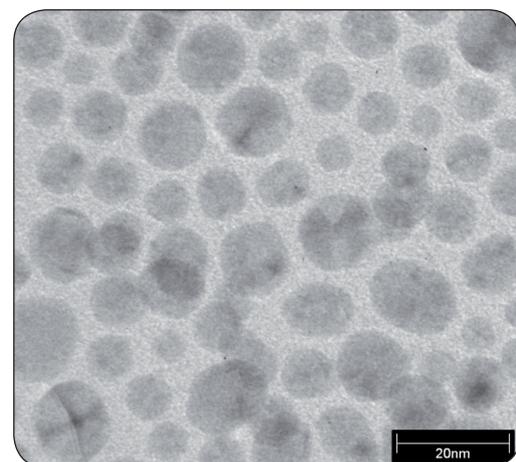
Die Festigkeitsuntersuchungen zeigen, dass bei Anpassung der Prozessparameter gleichwertige Festigkeitseigenschaften zur Ofenlötung erreicht werden können. Dabei müssen die Prozessparameter entsprechend der verwendeten Keramik angepasst werden. Bei der Verwendung von Aluminiumoxid ist der bei der Abkühlung induzierte Spannungszustand für das Festigkeitsverhalten entscheidend (konkaver Bruch in der Keramik), sodass die Abkühlgeschwindigkeit anzupassen ist. Bei der vorliegenden Probengeometrie konnten mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 15 K/min der Induktionslötung die Festigkeiten der Ofenlötungen erreicht werden. Bei der Verwendung

Ofenlötung erreicht werden. Bei der Verwendung von ZrO_2 ergibt sich bei der Induktionslötung ein weiterer Vorteil, da durch die verkürzten Prozesszeiten eine geringere Ausbildung des nichtstöchiometrisch gesättigten ZrO nach dem Lötprozess zu beobachten ist.

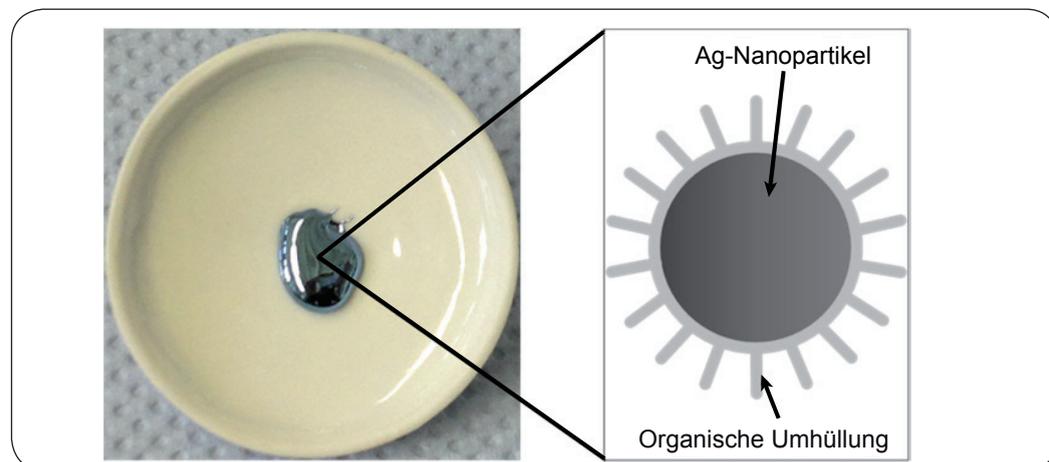
Weiterhin soll das Potenzial nanoskaliger Werkstoffe zum Fügen bei niedrigen Temperaturen untersucht werden. Nanopartikel weisen aufgrund ihres großen Oberflächen-zu-Volumen-Verhältnisses eine verringerte Schmelztemperatur als das entsprechende Massivmaterial auf. Dieser Effekt soll für das Fügen unterschiedlicher Werkstoffkombinationen ausgenutzt

Massivmaterial verhält, ist es möglich, hochfeste und temperaturbeständige Verbindungen bei sehr niedrigen Temperaturen herzustellen. Damit ergeben sich weitere Anwendungspotenziale wie bspw. das Fügen temperatursensibler Bauteile in der Elektrotechnik oder auch das Fügen von Mischverbindungen wie Aluminium und Stahl.

Die Nanopartikel werden hierbei in Form sogenannter nanopartikelhaltiger Suspensionen eingesetzt, in denen die Nanopartikel in einem Lösungsmittel suspendiert und zusätzlich durch eine organische Hülle umgeben sind, um Agglomerationen der Partikel zu vermeiden. Erste Untersuchungen mit diesen Suspensionen mit Silber-Nanopartikeln



TEM-Aufnahme der verwendeten Silber-Nanopartikel



Silber-Nanopaste mit schematischer Darstellung organisch umhüllter Nanopartikel

von Zirkonoxid als keramischen Grundwerkstoff ist hingegen die Benetzung für das Festigkeitsverhalten entscheidend (Grenzflächenbruch). Dementsprechend muss bei dieser Keramik die Haltezeit angepasst werden. Bei der vorliegenden Probengeometrie konnten mit einer Haltezeit von 7 min vergleichbare Festigkeiten zur

werden. Beim Fügen von Metall-Keramik-Verbunden kann durch die niedrigen Fügetemperaturen neben der Steigerung der Energieeffizienz zudem mit einer Verringerung des oftmals kritischen thermisch induzierten Eigenspannungszustandes gerechnet werden. Da sich nach dem Aufschmelzvorgang das Material wie das

zeigen, dass ein Schmelzen und Sintern bei Temperaturen von ca. 300 °C stattfindet und das entstehende Gefüge die thermischen Eigenschaften von massivem Silber mit einer Schmelztemperatur von 962 °C aufweist, sodass ein enormes Potenzial für Fügeprozesse gegeben ist.

Weitere Informationen:

Wielage, B.; Hoyer, I.; Hausner, S.: Induktives Löten von Metall mit Aluminiumoxid und Zirkonoxid. Schweißen und Schneiden 64 (2012) 11, S. 726-733