1 Forschungsvorhaben

Entwicklung einer Technologie zum Fügen bei niedrigen Temperaturen durch die kombinatorische Nutzung von Größeneffekten und exothermen Reaktionen

AiF Nr.: 15.233 B
Laufzeit: 01.06.2007 bis 30.11.2009

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. J. Wilden

Fachgebiet Füge- und Beschichtungstechnik

Technische Universität Berlin

2 Kurzfassung

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, eine Fügetechnologie unter kombinierter Nutzung von Größeneffekten und exothermen Reaktionen zum vollflächigen stoffschlüssigen Fügen zu entwickeln. Diese Untersuchungen stellen die Basis für ein schnelles, metallurgisches Fügen von Werkstoffen bzw. Werkstoffkombinationen bei „Raumtemperatur“ dar. Anwendungsbeispiel dafür ist u.a. das Verbinden von Einzelteilen aus verschiedenen Werkstoffen. Weiterhin können temperaturempfindliche Bauelemente aus Werkstoffen der Elektronikfertigung mit der neuartigen Technologie flächig stoffschlüssig zu Baugruppen verbunden werden. Mit den zu ermittelnden Erkenntnissen über die Fügemetallurgie und die mechanisch-technologischen Eigenschaftsprofile werden kmU in die Lage versetzt, die vorwettbewerblichen Ergebnisse der Technologie direkt an ihre Bedürfnisse anzupassen, da die notwendigen Grundlagen und Anwendungshinweise zum Abschluss des Forschungsvorhabens bereitstehen.

3 Stand des Forschungsprojektes

Im Rahmen der Untersuchungen galt es zunächst, die bereitgestellten Folien näher zu charakterisieren. Neben einer hochaufgelösten TEM-Analytik der Folien im unreagierten und im reagierten Zustand wurde der Verlauf der Reaktion mittels Hochgeschwindigkeits- und Thermographieaufnahmen untersucht. Bei den TEM-Analysen wurde festgestellt, dass die Folie im unreagierten Zustand die zu erwartende nanoskalige Multilayerstruktur aufweist. Diese Struktur erweist sich in der weiteren Vergrößerung als überwiegend amorph mit vereinzelt vorliegenden kristallinen Bereichen. Nach der Reaktion der Folie ist die Multilayerstruktur vollständig aufgelöst, es liegt jedoch weiterhin eine überwiegend amorphe Matrix mit vereinzelten kristallinen Bereichen vor.
In den Hochgeschwindigkeitsaufnahmen wurde eine Reaktionsgeschwindigkeit bei der gesputterten Folie mit 100 µm Gesamtstärke von 8 m/s bestimmt. Die Reaktionsgeschwindigkeit ist überdies abhängig von dem Aufbau und der Dicke der Multilayerstruktur, so dass sich bei der gewalzten Folie gleicher Gesamtdicke eine deutlich geringere Reaktionsgeschwindigkeit ergab.

Insbesondere für die weitere Betrachtung hinsichtlich Lotwerkstoffe und Energieeinkopplung ist eine Messung der beim Prozess vorliegenden Temperaturen notwendig. Die Thermographieaufnahmen erlauben eine erste qualitative Betrachtung des Temperatur-Zeit-Verlaufes (Abbildung 3).
In weitergehenden Untersuchungen wurde die Festigkeit der Fügeverbindung untersucht. Dabei wurden Scherzugversuche mit dem Werkstoff DC04 ZE 75/75 durchgeführt. Um gleichbleibende Randbedingungen zu gewährleisten wurde zum einen ein spezieller Probenhalter konstruiert, der eine exakte Positionierung der Bleche ermöglicht. Darüber hinaus wurde zum Aufbringen des Anpressdruckes und zur Zündung der Folien eine Widerstandsschweißmaschine eingesetzt. Die Analyse der Fügeverbindung belegt einen deutlichen Zusammenhang zwischen Festigkeit und Anpressdruck, wie er in Abbildung 4 dargestellt ist. Das Versagen erfolgt dabei im Bereich des Interfaces Nanofoil-Lotwerkstoff, sowie Lotwerkstoff-Grundwerkstoff.
Weitere Untersuchungen hinsichtlich der spanenden Bearbeitbarkeit der Fügezone ergaben keine wesentlichen Einschränkungen, so dass eine problemlose Bearbeitung möglich ist.

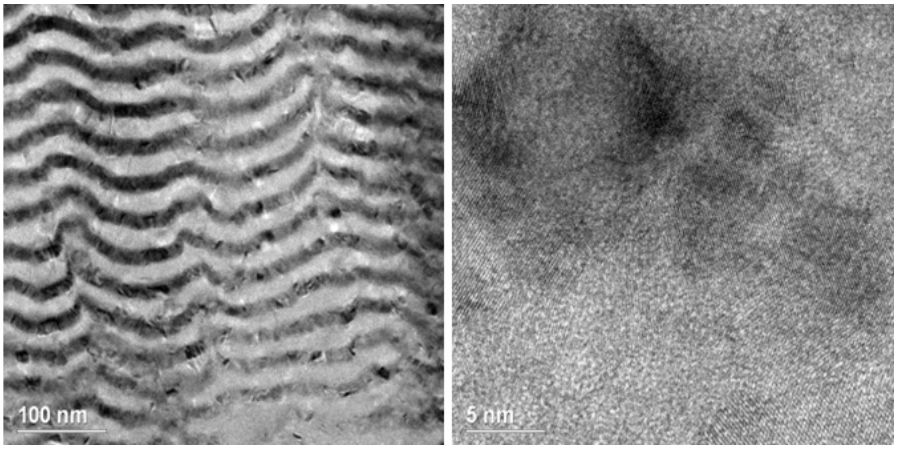

Abbildung 1: Multilayerstruktur der Nanofoil vor der Reaktion (rechts: hochaufgelöst).

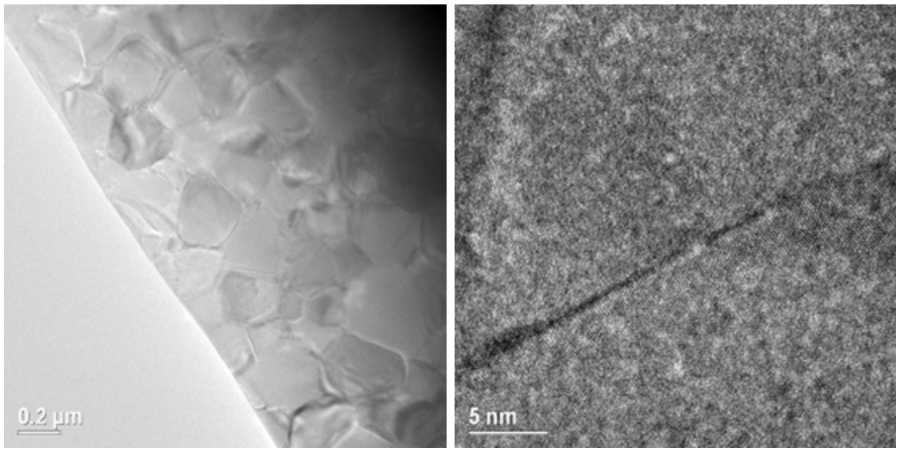

Abbildung 2: Struktur der Nanofoil nach der Reaktion (rechts: hochaufgelöst).

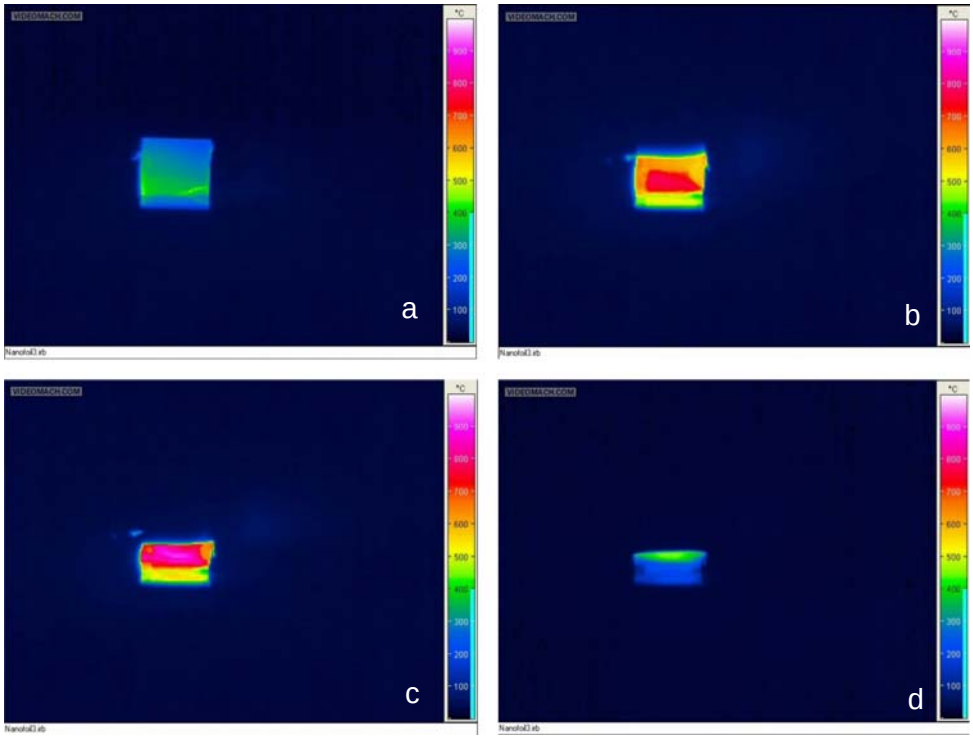

Abbildung 3: Abkühlung der Nanofoil (Bild a: unmittelbar nach Zündung, Bild b: nach 20 ms, Bild c: nach 40 ms, Bild d: nach 1 s)

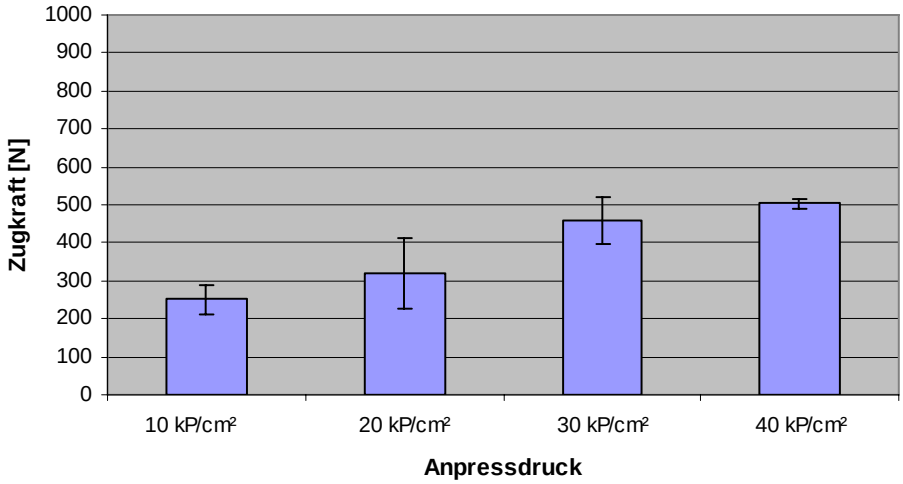

Abbildung 4: Maximale Zugkraft in Abhängigkeit vom Anpressdruck beim Fügen (Werkstoff: DC04 ZE 75/75)