Prof. Dr.-Ing. habil. H. Herold
Institut für Füge- und Strahltechnik
Otto-von-Guericke-Universität
Magdeburg

Prof. Dr.-Ing. V. Wesling
Institut für Schweißtechnik und
Trennende Fertigungsverfahren
Technische Universität Clausthal

Berichterstattung über ein laufendes Forschungsvorhaben

Thema: **Metallurgische Untersuchungen zur Entwicklung von Cu- und Ni-Basis-werkstoffen für den Plasma-Pulver-Lötprozess**

Forschungsvorhaben AIF-Nr.: 13.136B

Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2002 bis 30.01.04

Das Ziel des Forschungsvorhabens besteht in der Erarbeitung von metallurgischen Voraussetzungen für das Löten von oberflächenveredelten Feinblechen aus höherfesten Stahlwerkstoffen. Im Vordergrund steht hierbei die Entwicklung bzw. Evaluation von geeigneten Zusatzwerkstoffen, die in ihren Eigenschaftskennwerten denen der Grundwerkstoffe entsprechen. Für die Gewährleistung einer ausreichenden Festigkeit kommen hier sowohl Legierungen auf Cu-Basis als auch Legierungen auf Ni-Basis zum Einsatz. Die Untersuchungsergebnisse aus dem 1. Jahr der Projektbearbeitung bildeten die Entscheidungsgrundlage für die Festlegung des geeigneten Zusatzwerkstoffes und die weitere Optimierung der Eigenschaften der gelöteten Verbindungen.

Am 24. September 03 fand am Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren in Clausthal die dritte Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses (PBA) des o.g. Forschungsprojektes statt. Auf dieser Sitzung wurden eine Berichterstattung über die durchgeführten Untersuchungen gegeben und Festlegungen zur Auswertung der Untersuchungsergebnisse getroffen.

Versuchswerkstoffe

Die im Rahmen des Forschungsprojektes durchgeführten Untersuchungen fanden aufgrund der Festlegungen aus den Sitzungen des PBA an folgenden Materialien statt:
Grundwerkstoffe: DC 06, ZStE 420, ZStE 340+ZE, und DC 06+ZE (Blechdicke 1 mm)
Legierungssysteme auf Kupferbasis: CuSi3, CuAl8 und CuMn20Ni20
Legierungssysteme auf Nickelbasis: NiBSi, NiCrBSi, NiCrBSiP und NiMn24

Versuchsergebnisse, Nickelbasislote (IFST)

Bei den Lötversuchen mit den Legierungen NiCrBSiP und NiBSi1 hat sich gezeigt, dass der Lichtbogen bei den verwendeten Stromstärken sehr instabil war. Das äußerte sich darin, dass der Lichtbogen ständig versuchte, dem flüssigen Lot auszuweichen. Dies führte zu einer unregelmäßigen punktförmigen Nahtausbildung und einer Anschmelzung des Grundwerkstoffs. Akzeptable Lötergebnisse ließen sich nur beim Löten von Stumpfstößen (I-Naht) an den verzinkten Blechen erreichen. Aufgrund der auftretenden Prozessinstabilitäten sind die o.g. Pulversorten nur als „bedingt lötgeeignet“ einzustufen.

Die Lötversuche mit den Legierungen NiMn24 und NiBSi2 ergaben, dass im Lotgut direkt nach dem Lötprozess Risse entstehen, die immer quer zur Nahtrichtung verlaufen. Bei diesen Rissen handelt es sich offensichtlich um Kalt- bzw. Härterisse, die die Einsatzmöglichkeit der o.g. Pulversorten für das Löten von dynamisch belasteten und korrosionsbeanspruchten Bauteilen ausschließen.

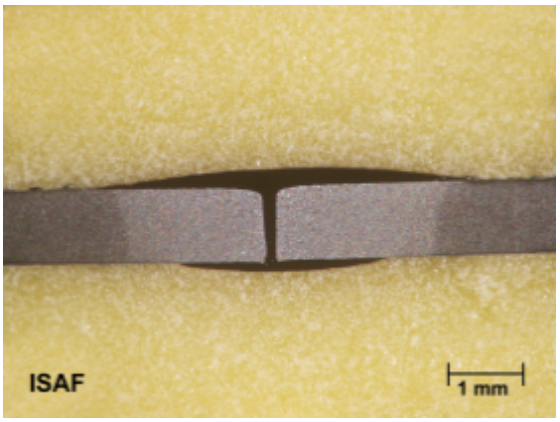
Die pulverförmige Nickelbasislegierung NiCrBSi zeigte allgemein eine gute Löteignung. Das Pulver rieselt gut und lässt sich stabil fördern. Durch die richtige Wahl der Lötparameter war es möglich, die Anschmelzung der Blechoberfläche durch den Plasmabogen zu minimieren, bzw. nahezu auszuschließen. In den Querschliffen sind auch unter lichtmikroskopischer Vergrößerung keine Unregelmäßigkeiten, wie Mikrorisse, Erosion (Anlösen) des Grundwerkstoffes oder Poren festgestellt worden. Die Lötverbindungen sind allgemein gut aufgebaut. Das Pulver zeigt relativ gute Fließeigenschaften. Im Zugversuch erreichten alle geprüften Proben hohe Werte an Dehngrenze und Zugfestigkeit, die mit denen des Grundwerkstoffes vergleichbar sind. Der Bruch aller Proben erfolgte stets im Grundwerkstoff. Zur Ermittlung der Korrosionsbeständigkeit wurden die Lötverbindungen durch die Salzsprühnebelprüfung nach DIN 50021 geprüft. Ersten Korrosionsangriffe wurden erst nach 84 Prüfstunden festgestellt, was erfahrungsgemäß als ein

gutes Ergebnis zu bewerten ist. Ort des Korrosionsangriffes war bei allen Proben die Wärmeeinflusszone. Ergänzend zur Salzsprühnebelprüfung wird zur Zeit an o.g. Verbindungen auch ein Klimawechseltest durchgeführt.

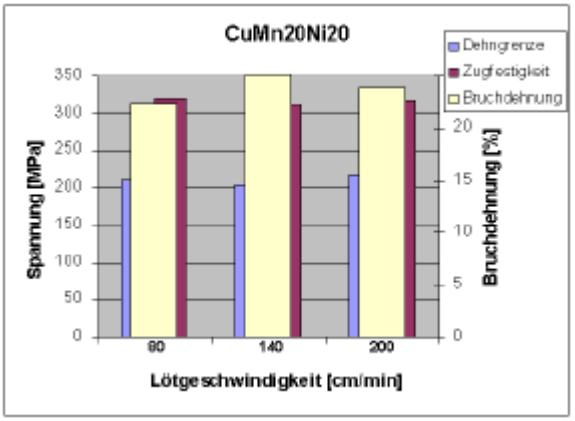
Zusammenfassend ist festzustellen, dass mit dem Legierungssystem NiCrBSi gute Eigenschaftskennwerte der Lötverbindungen erreicht worden sind. Die anstehenden Schwingfestigkeitsuntersuchungen werden weitere Aussagen über das Verhalten dieser Lötverbindungen unter wechselnde Belastung ermöglichen.

Versuchsergebnisse, Kupferbasislote (ISAF)

Die Untersuchungen wurden mit den 3 o.g. Kupferbasisloten durchgeführt. Dabei zeigte sich grundsätzlich bei allen Lotpulvern eine gute Förderbarkeit im Zufuhr- und Brennersystem, bei der gewählten Korngrößenverteilung im Bereich 63µm bis 212µm (beim größeren PT300 auch bis 250µm). Untersucht wurden vor allem Lötungen an Blechen der Qualität DC06, aber auch ZStE340. Hierbei konnte die Anschmelzung des Grundwerkstoffes sehr gering gehalten werden.



Lötung mit CuMn20Ni20 an ZStE340 +ZE

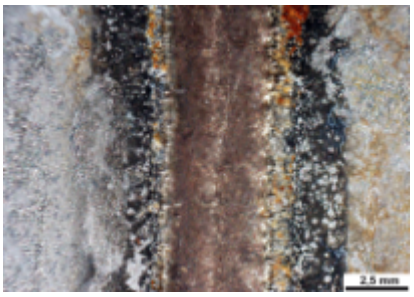


Zugproben CuMn20Ni20 an DC06

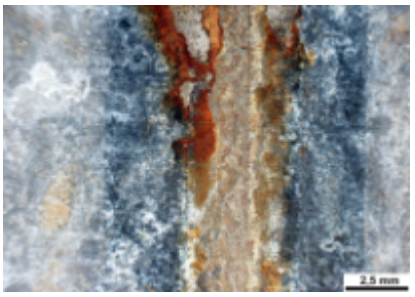
Mikrohärtemessungen an den Versuchslötungen ergaben bei allen Proben eine Wärmeeinflusszone von ca. 1,2 mm. Die konstatierten Härteschwankungen im Lotgut der einzelnen Zusatzwerkstoffe sind eine Folge der in den Lötnähten entstehenden Ausscheidungen.

Zugproben von Lötungen mit CuMn20Ni20 sowie mit CuAl8 an DC06 führten zu einem Versagen im Grundwerkstoff. Lötgeschwindigkeiten bis zu 200 cm/min konnten erreicht werden. Mit steigender Geschwindigkeit treten jedoch auch vermehrt Poren und Erstarrungsfehler auf. Spaltüberbrückungsuntersuchungen zeigen bis zu einer Spaltbreite von 0.6 mm sehr gute Ergebnisse, wobei bis zu 0.9 mm überbrückt werden können.

Da mit CuMn20Ni20-Pulver eine glättere Naht erzielt wird, liegt der Schwerpunkt der weiteren Untersuchungen auf diesem Legierungssystem.



Nahtoberseite nach Salzsprühnebelprüfung



Nahtunterseite nach Salzsprühnebelprüfung

Nach weiterer Optimierung der Parameter sind Untersuchungen des Korrosionsverhaltens begonnen worden. Obwohl der zinkfreie Bereich neben der Naht im allgemeinen weniger als 2 mm Breite aufweist, führte die Salzsprühnebelprüfung zu einer deutlichen Korrosion in der WEZ. Kondenswasserwechselklimatests werden zur Zeit in Magdeburg durchgeführt.

Da vergangene Untersuchungen an H-Proben sehr große Streuungen der Ergebnisse erwarten lassen, wurde auf der letzte PBA Sitzung am 22.09.03 in Clausthal beschlossen Schwingfestigkeitsuntersuchungen an mit I-Nähten gefügten Flachproben (BMW-Probe) durchzuführen.

Magdeburg – Clausthal, 16.10.2003