

## Argumente zum Beibehalt der Ausnahme 3 der ELV Fa. [REDACTED]

### Einschätzung der Ergebnisse des IGF Forschungsvorhabens 16867 N

Im Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen wurde vom 01.01.2011 bis 30.06.2013 ein IGF-Projekt zur „Entwicklung einer Hochleistungszerspanung für schwerzerspanbare bleifreie Kupferknet- und -gusslegierungen“<sup>[2]</sup> durchgeführt. Der sehr fundierte Bericht wurde „im Labormaßstab“ durchgeführt. Für eine angedachte Übertragung in die Serienfertigung zeigt sich, dass hier stark unterschiedliche Bedingungen betrachtet werden müssen.

Die Ergebnisse sind nur für CNC-Einspindeldrehautomaten übertragbar, bei [REDACTED] werden jedoch kurvengesteuerte Rundtakt-, Langdreh- und Kurzdrehautomaten eingesetzt ([REDACTED]-Maschinensysteme: Mikron, Winema, Eubama, Escomatic, Bechler, Traub, etc.). Auch der eingesetzte Maschinentyp der Firma Index ist nicht mit den bei [REDACTED] verwendeten Massenproduktionsanlagen vergleichbar. Daraus folgt, dass die Ergebnisse in beiden Fällen nicht auf die Serienfertigung von [REDACTED] übertragbar sind.

Dies ist folgendermaßen zu begründen:

Auf den bei [REDACTED] eingesetzten Massenproduktionsmaschinen können keine Wendepplatten eingesetzt werden, sondern nur Sonderwerkzeuge, z.B. Kronenbohrer mit aufgelöteten Hartmetallplatten, Kleinstbohrer, etc. Weiterhin ist bei den speziellen Sonder-/Formwerkzeugen das Einbringen von speziellen Spanleitstufen nicht möglich (Werkzeuggeometrie). Die Versuchsaufbauten wurden mit variablen Kombinationen aus Drehzahl und Vorschub durchgeführt, dieses ist bei kurvengesteuerten Maschinen so nicht möglich (erforderliche Drehzahlen können nicht erreicht werden, Vorschübe sind nur für den gesamten Prozess veränderbar). Der Schwerpunktbereich liegt bei [REDACTED] in der Verarbeitung von Werkstücken mit einem Rohdurchmesser von <4,5 mm. Im Forschungsprojekt wurden hingegen deutlich dickere Stangen mit einem Durchmesser von 40 mm eingesetzt und auf einen Werkstückdurchmesser von 16 mm gedreht ([2], 4 Versuchsaufbau und Messmethodik, S. 17).

### Ergebnisse zur Zerspanung

Alle bisher getesteten Ersatzwerkstoffe führten unter den gegebenen Serienbedingungen zu einer starken Fließ- und Wirrspanbildung. Dies ist besonders bei kleinen Materialdurchmessern ein Problem. Hier sind Bruchspäne auf Grund der kleinen Bearbeitungszeiträume zwingend erforderlich. Die für Kontakte erforderlichen Oberflächenrauigkeiten können mit den für die gewünschten Spanbruchformen empfohlenen Vorschüben nicht erreicht werden.

### Relaxation

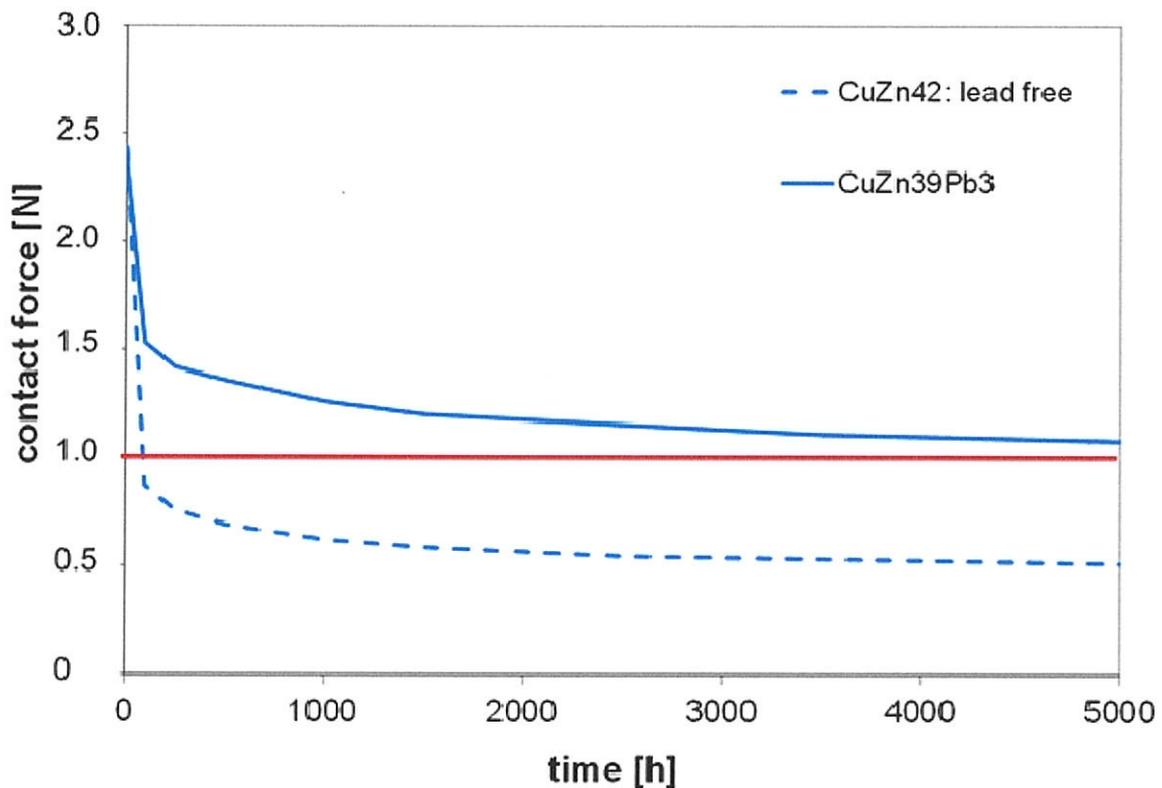
The high safety and reliability demanded of electronic assemblies requires low failure rates for the individual components and associated connection technology and transmission systems. In addition to time and fatigue strength the relaxation behavior of the material is particularly important for the spring contact.

Safe contact closure of a connector contact is guaranteed if the pressure  $\sigma = F_N/A$  in the contact point does not fall below the minimum design value so that foreign layers are safely penetrated under dry-friction conditions. The precious metal coating and geometry of the contact system are fixed variables, so that the time-dependent

variable on the contact pressure represents the normal force. Reliability is thus determined from the relaxation of the spring contact as a function of time.

Relaxation is the reduction of the state of stress under external load. The stress relaxation increases with increasing temperature. In a laboratory investigation, the test pieces are stored at various temperatures (IEC 60512-11-9, 02/2002) and the normal force of the spring contacts is measured by a contact force test machine over the duration of the storage period

The machined contacts of [REDACTED] are approved for temperatures up to 125 °C. Therefore the lead free material CuZn42 was tested at 125 °C (scheme 1). After 100 hours the normal force falls below the minimum design value for the relaxation. Thus, a safe contact closure is no longer assured and the contact material is not sufficient for our contacts.



Scheme 1: Relaxation for different contact materials at 125 °C.

### Crimpfähigkeit

Bei der Crimptechnik wird eine elektrische Leitung, bzw. Kabel, mit einem Kontaktelement verbunden. Dabei wird eine abisolierte Leitung in die hierzu vorgesehene Anschlussbohrung des Kontakts eingeschoben. Mit einer Crimpzange wird der Kontakt mit den Litzen der Leitung formschlüssig verbunden. Diese Verbindung muss eine hohe elektrische und mechanische Sicherheit über die gesamte Lebensdauer gewährleisten.

Für eine dauerhaft gute Verbindung sind im Crimpbereich keine Risse zulässig. Ein Riß erlaubt das Eindringen von korrosiven Stoffen, so dass die Verfügbarkeit der Verbindung eingeschränkt ist. Auch wirken sich Risse negativ auf die mechanischen Beanspruchungen der Verbindung aus. Die Litzenauszugskräfte erreichten nicht die geforderten Werte.

Für Crimpkontakte werden Werkstoffe benötigt, die eine nicht zu hohe Festigkeit aber eine hohe Dehnung besitzen um beim Crimpvorgang nicht zu reißen.

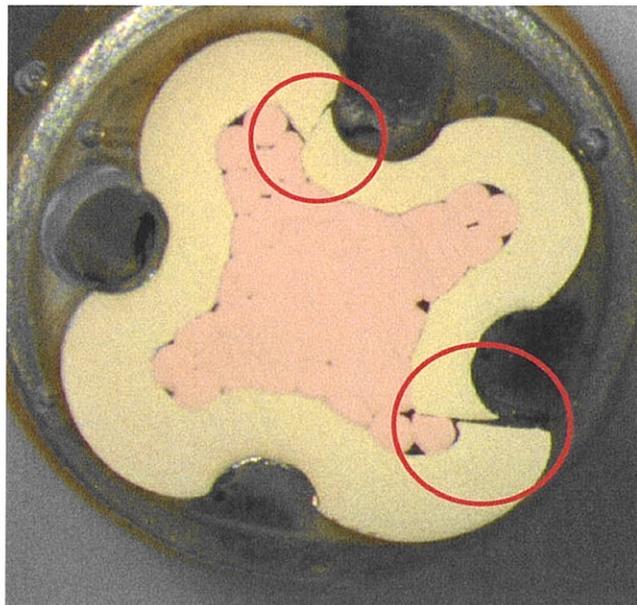
Die Verwendung von Crimpkontakten ist weit verbreitet; sie werden in vielen Anwendungsgebieten von elektrischen und elektronischen Verbindungen eingesetzt.

Die Crimptechnik kann nicht ersetzt werden (Eliminierung), weil:

- Erlaubt kompakte Bauformen
- Geeignet für mehrreihige Kontaktanordnungen
- Vibrationssicher
- Am Markt seit langem verwendete Anschlußtechnik

Tests:

- Es wurde der Werkstoff CuZn42 (CW510L) verwendet und damit ein Crimpkontakt in der durch die Anwendung vorgegebenen Geometrie hergestellt
- Beim anwendungsüblichen Crimpvorgang bildete sich ein durchgängiger Riß (Bild 2)



**Bild 2: Rißbildung beim Crimpen eines aus CuZn42 hergestellten Kontaktes.**

*Für die Litzenauszugskraft wurde für diesen Kontakt ein Wert von 254 N bestimmt. Dieser liegt unter der Marktanforderung von 310 N für ein  $2,5 \text{ mm}^2$  Kabel (EN 60352-2:2006/FprA1:2012).*

Zum Vergleich zeigte der Kontakt aus dem Standard-Werkstoff CuZn38Pb2 (CW608N) ein hervorragendes Crimpverhalten.

### **Verfügbarkeit**

■■■■■■ entwickelt keine Werkstoffe selbst. Es erfolgt jedoch eine enge Kommunikation mit den Werkstofflieferanten zu den benötigten Eigenschaften und den Erfahrungen, die mit den Werkstoffen gemacht wurden. Daraus ergibt sich, dass die Werkstoffe untersucht wurden, die durch die Lieferanten für die entsprechenden Anwendungen empfohlen wurden.

Als Ersatz für die Standard-Werkstoffe CuZn39Pb3 und CuZn38Pb3 wurde einhellig der Werkstoff CuZn42 empfohlen. Dieser wurde wie oben gezeigt auf die hauptsächlich benötigten Eigenschaften getestet.

Für verschiedene andere eingesetzte Werkstoffe wird zurzeit keine Alternative durch die Werkstoffhersteller angeboten. Beispiele sind:

- Neusilber (CuNi7Zn39Pb3Mn2)
- Dreh-Bronze (CuSn4Pb4Zn4)
- Hochtemperatur-Werkstoffe (z.B. CuNi1Pb1)
- Kupferberyllium (CuBe2Pb)