

Inhaltsverzeichnis

1 ZUSAMMENFASSUNG 1

2 ABSTRACT 3

3 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG 5

4 STAND DER TECHNIK UND WISSENSCHAFT 9

4.1 Grundlagen der Betriebsfestigkeit 9

4.2 Historie und allgemeine Beschreibung der Einpresstechnik..... 18

4.3 Belastungen der Einpressverbindung 20

4.3.1 Belastungen durch den Einpressprozess 20

4.3.2 Belastungen im Betrieb 21

4.4 Belastbarkeit der Einpressverbindung 30

5 KONZEPT FÜR DIE BETRIEBSFESTE AUSLEGUNG VON EINPRESSVERBINDUNGEN 33

6 CHARAKTERISIERUNG DER BASISWERKSTOFFE UND OBERFLÄCHEN.. 39

6.1 Charakterisierung des Pinbasismaterials 39

6.2 Charakterisierung des Leiterplattenmaterials 50

6.3 Charakterisierung der Oberflächenschichtsysteme..... 62

6.3.1 Metallographische Untersuchungen der Oberflächenschichtsysteme..... 62

6.3.2 Ermittlung des Reibwerts μ verschiedener Beschichtungen..... 67

7 EXPERIMENTELLE UND NUMERISCHE SIMULATIONEN AN MODELLKÖRPERN 73

7.1 Entwicklung experimenteller Messmethoden an Modellkörpern der Einpressverbindung 73

7.1.1 Entwicklung eines Modellkörpers der Einpressverbindung 73

7.1.2 Entwicklung eines Prüfstands mit geeigneter Messtechnik..... 74

7.1.3 Methodik zur Messung des Übergangswiderstands der Kontaktzone 79

7.2 Experimentelle Untersuchungen der Kontaktzone der Einpressverbindung..... 80

7.2.1 Metallographische Untersuchungen der Kontaktzone 80

7.2.2 Korrelation zwischen mechanischer Festigkeit und elektrischem Übergangswiderstand der Kontaktzone 88

7.2.3 Übergangswiderstandsverhalten bei zyklisch-mechanischer Belastung..... 91

7.2.4 Experimentelle Ermittlung der mechanischen Belastbarkeit der Kontaktzone..... 98

7.3 Entwicklung eines Beanspruchungsmodells der Kontaktzone 105

7.3.1 Modellbildung der Einpressverbindung 105

7.3.2 Beanspruchbarkeit der Kontaktzone..... 117

7.3.3 Berechnung der Belastbarkeit..... 121

8 DISKUSSION DER EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE MECHANISCHE BEANSPRUCHBARKEIT UND BELASTBARKEIT DER KONTAKTZONE 141

8.1 Systembedingte Einflussfaktoren 141

8.1.1 Einfluss der Zeitdauer und Temperatur nach dem Einpressprozess 141

8.1.2 Toleranzeinflüsse..... 147

8.2 Geometrische Einflussfaktoren..... 152

8.2.1 Einfluss der Pinfedergeometrie und des Bohrungsdurchmessers 152

8.2.2 Einfluss der Pinschaftgeometrie 155

8.3 Materialeinflüsse..... 157

8.3.1 Einflüsse der Basismaterialien..... 157

8.3.2 Einfluss der Oberflächenbeschichtungen 159

8.4 Zusammenfassung der Einflussfaktoren..... 161

9 EXPERIMENTELLE UND NUMERISCHE SIMULATIONEN DES PINSCHAFTS 165

10 ANWENDUNG UND VERIFIKATION DES BEMESSUNGSKONZEPTS 173

10.1 Anwendung des Bemessungsverfahren für die Einpressverbindung 173

10.2 Verifikation anhand eines Beispiels..... 175

11 AUSBLICK..... 181

11.1 Methode zur Messung der lokalen Belastungen..... 181

11.2 Berechnung der zulässigen Spannung in der Kontaktzone..... 184

11.3 Schwingfestigkeit des Pinschafts..... 185

11.4 Übertragbarkeit auf andere Kaltkontaktiertechnologien 186

11.5 Auslegung im Reibkorrosionsbereich 186

12 SCHLUSSFOLGERUNGEN 187

13 FORMELZEICHEN UND ABKÜRZUNGEN..... 191

14 LITERATUR..... 195

15 TABELLEN T1

16 BILDER..... B1-B5