

FAT 196

Bewertung lokaler
Berechnungskonzepte zur
Ermüdungsfestigkeit von
Punktschweißverbindungen

Key

**Bewertung lokaler Berechnungs-
konzepte zur Ermüdungsfestigkeit
von Punktschweißverbindungen**

Auftraggeber:
Forschungsvereinigung
Automobiltechnik e.V. (FAT)
Westendstraße 61
60325 Frankfurt am Main

Auftragnehmer:
TU Darmstadt Fachgebiet Werkstoffmechanik
Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit,
LBF, Darmstadt

Verfasser:
Tim Seeger, Steffen Greuling, Jutta Brüning,
Philipp Leis, Cetin Morris Sonsino
Dieter Radaj, DaimlerChrysler AG

© 2005

Postanschrift:
Postfach 17 05 63 - 60079 Frankfurt/M.
Telefon (069) 9 75 07 - 0
Internet: <http://www.vda.de>

**Vervielfältigungen, auch auszugsweise, nur
mit ausdrücklicher Genehmigung der FAT.**

Vorwort

In der vorliegenden Konzeptstudie wird der Stand der Technik der lokalen, werkstoffbasierten Berechnungskonzepte (Kerbdehnungs- und Rissfortschrittskonzept) zur Ermüdungsfestigkeit von Punktschweißverbindungen umfassend und tiefgründig dargestellt. Dabei wird deutlich, dass trotz umfangreicher Untersuchungen auf diesem Gebiet immer noch viele offenen Fragestellungen und Probleme existieren, die große Herausforderungen für die zukünftige Forschung darstellen, obwohl die Methoden heute schon in mancher kommerzieller Software als ingenieurmäßige Ansätze für die Berechnung von punktgeschweißten Bauteilen und Karosserien eingesetzt werden.

Die offenen Fragestellungen lassen sich im Wesentlichen in die Kategorien Beanspruchungen und Beanspruchbarkeit einteilen:

Die Geometrie am Rand eines Schweißpunktes ist rissartig und kann fertigungs- sowie belastungsbedingt (z.B. durch lokale Plastifizierung) stark schwanken. Da die lokalen elastischen Spannungen, die die Grundlage für jede Schwingfestigkeitsbewertung darstellen und rechnerisch ermittelt werden müssen, aufgrund der scharfen Kerbe am Rand eines Schweißpunktes extrem empfindlich sind gegenüber der Annahme der dortigen geometrischen Form, ist die Festlegung der Kerbform von höchster Bedeutung.

In der Konzeptstudie wurden bei der Untersuchung einer Scherzugprobe stellvertretend sowohl die Schlüssellochkerbe als auch die Parabelkerbe betrachtet (obwohl andere Kerbformen auch denkbar sind und vielfach in anderen Untersuchungen verwendet wurden wie z.B. eine halbkreisförmige Kerbe), wobei der gewählte Kerbradius von 0.05 mm früher schon von anderen Forschern in einem probenbasierten Kerbspannungskonzept erfolgreich auf unterschiedliche rissähnliche Verbindungsarten (Schweißpunkte, Schweißnähte) angewandt wurde und hier einen zusätzlichen Parameter in dem gesamten Konzept darstellt. Für die Verwendung der Schlüssellochkerbe spricht die Verfügbarkeit analytischer Lösungen für die lokalen elastischen Spannungen, während die Parabelkerbe oder die kreisförmige Kerbe der lokalen Geometrie eines Schweißpunktes viel näher kommt. Aufgrund der Eigenart der Schlüssellochkerbe, dass die nicht singuläre Eigenzugkraft am Linsenrand relativ hohe Kerbspannungen verursacht, ist jedoch davon auszugehen, dass hier eine größere Notwendigkeit zur Anpassung der Werkstoffparameter (z.B. Stützziffer oder Mikrostützwirkung) besteht als bei der Verwendung der Parabelkerbe (siehe hierzu die Ergebnisse der Untersuchung der Scherzugprobe).

Die Schweißlinsen sind relativ klein. Dies erschwert die Entnahme von Proben aus der Wärmeinflusszone (WEZ) erheblich. Das Gleeble-Verfahren stellt aus Kosten- und Genauigkeitsgründen auch keine praktikable Lösung dar. Hinzu kommt, dass das Materialgefüge am Schweißpunktrand sehr inhomogen ist, so dass man bislang bei der Wahl der zyklischen Kennwerte für Punktschweißverbindungen fast immer auf Annahmen angewiesen ist. Dies wird an der Fallstudie der flachen Scherzugprobe in Kapitel 9 deutlich.

Die meisten Forscher korrelieren aus den genannten Gründen die Werkstoffkennwerte in der WEZ mit den Werten des Grundbleches, gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Härteverteilung am Linsenrand. Diese Vorgehensweise wirft jedoch weitere Fragen auf, wenn man bedenkt, dass die Schwingfestigkeit der Punktschweißverbindungen für ein breites Spektrum von Stahlsorten nur in einem geringen Umfang von dem Grundmaterial abhängt, obwohl sich die zugehörigen zyklischen Kennwerte deutlich unterscheiden können. Gerade hier ist die Notwendigkeit der Anpassung der Materialkennwerte an die gewählte Kerbform (und gegebenenfalls auch den gewählten Kerbradius) deutlich, die den Aufbau eines rein werkstoffbasierten Berechnungskonzeptes erschwert. Bei der Interpretation der Schlussfolgerungen aus der Fallstudie der flachen Scherzugprobe in Kapitel 9 sind daher diese Fakten zu berücksichtigen.

Es soll erwähnt werden, dass neben den werkstoffbasierten, lokalen Berechnungskonzepten auch zahlreiche bauteil- oder probenbasierte, lokale Berechnungskonzepte existieren, die ihre Kennwerte in Form einer geeignet gewählten lokalen Beanspruchung und der Lastschwingspielzahl (die so genannten Masterwöhlerlinien) direkt aus den Wöhlerlinien geschweißter Proben gewinnen. Dort wird die Schwierigkeit der konsistenten Annahme zwischen der lokalen Geometrie und den entsprechenden Werkstoffkennwerten durch die direkte Verwendung der geschweißten Proben teilweise umgangen.

Die Konzeptstudie macht deutlich, dass beim werkstoffbasierten, lokalen Dehnungskonzept die Wahl einer geeigneten Kerbform mit dem entsprechenden Kerbradius sowie den dazugehörigen zyklischen Werkstoffkennwerten durch weitere Forschungsarbeiten geklärt werden muss. Für die industrielle Anwendung ist vielleicht ein pragmatischer Ansatz unter Verwendung einer möglichst nah an der Realität liegenden Kerbform (wie z.B. die Parabelkerbe oder die halbkreisförmige Kerbe) mit dem entsprechenden Kerbradius sowie eines noch festzulegenden, einheitlichen (Master-)Materialdatensatzes für die unmittelbare Zukunft zielführender, zumal das Problem der Ermittlung der lokalen Kerbspannung heutzutage in mancher kommerzieller Software durch die Verwendung der FE-Methode gelöst wird.

Die Studie wurde vom Fachgebiet Werkstoffmechanik der TU Darmstadt als Forschungsnehmer unter Mitwirkung der auf dem Deckblatt genannten Autoren und Institutionen durchgeführt. Eine Arbeitsgruppe des FAT-AK 25 (Fügetechnik), deren Mitglieder im Anhang namentlich genannt sind, hat die Arbeiten begleitet.

Frankfurt am Main, im Juli 2005

Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT)