

Schriftenreihe Stahlbau - RWTH Aachen

Heft 56

Jörg Stötzel

**Ermittlung von Materialermüdungsfestigkeitskurven
im Kurz-, Zeit- und Dauerfestigkeitsbereich
von einseitigen Schweißverbindungen
zweier Aluminiumlegierungen**

D 82 (Diss. RWTH Aachen)

Shaker Verlag
Aachen 2005

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2005

Copyright Shaker Verlag 2005

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-4408-5

ISSN 0722-1037

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

KURZFASSUNG

Im Eurocode 9 "Bemessung und Konstruktion von Aluminiumbauten" Teil 1-3 "Ermüdungsanfällige Tragwerke" ist der Ermüdungsnachweis nach dem Nennspannungskonzept für einige im Aluminiumbau häufig vorkommende Bauteile geregelt. Der Eurocode 9 Teil 1-3 regelt das Nennspannungskonzept für Lastwechselzahlen größer als 10^5 , nur für einige Kerbdetails gibt es Erweiterungen in den Bereich zwischen 10^3 und 10^5 Lastwechsel. Einseitig stumpfgeschweißte Verbindungen mit temporärer Badsicherung, ein Kerbdetail, welches im Brückengerätebau häufiger anzutreffen ist, werden jedoch nicht ausreichend abgedeckt. So kann man zum Beispiel für die verschiedenen, möglichen Nahtnachbehandlungen (Nähte belassen, Nähte wurzelseitig abgearbeitet und Nähte beidseitig abgearbeitet) im Eurocode 9 Teil 1-3 keine Kerbfalleinstufungen finden.

Zur Erweiterung der normativ geregelten Kerbfalltabellen um diese drei Kerbfälle, wurde für die Legierungen AlZn4,5Mg1 und AlMgSi0,5 ein Versuchsprogramm durchgeführt, mit dem auch Einflüsse aus Festigkeit (F22, F35 und F41), Auslagerungsart nach dem Schweißen (Warm- und Kaltauslagerung), Blechdicke (t) und Spannungsverhältnis (R) abgedeckt wurden. Durch die lineare Regression der Versuchsergebnisse wurden die Nennspannungswöhlerlinien ermittelt.

Anschließend sind die Versuchsergebnisse für gekerbte Proben mit Hilfe des Kerbspannungskonzeptes auf die Versuchsergebnisse für nicht gekerbte Proben transformiert worden. Dadurch war eine ausreichende Versuchspopulation für die Entwicklung einer Materialwöhlerlinie möglich. Mit dieser kann auch für andere stumpfgeschweißte Verbindungen die entsprechende Bauteilwöhlerlinie berechnet werden, ohne weitere umfangreiche und kostspielige Ermüdungsversuche durchzuführen.

Außerdem konnten die Bauteil- und Materialwöhlerlinien für den Kurzzeitfestigkeitsbereich erweitert werden, so dass der gesamte Lastwechselbereich (Kurz-, Zeit- und Dauerfestigkeitsbereich) rechnerisch erfasst werden kann. Dies ist besonders im Brückengerätebau von Bedeutung, da dort für die teilweise sehr hohen Belastungen nur geringe Lebensdauern gefordert werden.

Zur Verifizierung der ermittelten Materialwöhlerlinien im Kurz-, Zeit- und Dauerfestigkeitsbereich wurde das Bruchmechanikkonzept herangezogen. Durch Berücksichtigung der plastischen Grenzlast im Restligament kann damit ebenfalls der gesamte Lastwechselbereich erfasst werden. Durch die Kalibration der Anfangsriszlänge anhand der Kerbfälle und aufgrund der sehr guten Übereinstimmung mit den mit Hilfe des Nenn- und Kerbspannungskonzeptes berechneten Wöhlerlinien, konnten die entsprechenden Anfangsriszlängen ermittelt werden, mit denen bruchmechanische Nachweise möglich sind.

Die Ergebnisse der Arbeit liefern einen wirtschaftlichen Vorteil bei der Bemessung einer einseitig stumpfgeschweißten Aluminiumverbindung mit temporärer Badsicherung der Legierung AlZn4,5Mg1 sowie der Legierung AlMgSi0,5 auf Ermüdung. Dies wird besonders für die Entwicklung und Berechnung mobiler Brückengeräte von Bedeutung sein.

SUMMARY

EN 1999-Part 1-3 „Design of aluminium structures-structures susceptible to fatigue“ gives rules for the fatigue assessment using the nominal stress range concept with fatigue strengths represented by S - N -curves.

Such S - N -curves are specified for various common structural details with a validity range of $N > 10^5$; only for some details also the fatigue strengths in the range of 10^3 to 10^5 cycles are given.

For military bridging equipment fatigue requirements are mainly in the range of 10^3 to 10^5 cycles and the most important structural detail is the butt weld, welded from one side only with a temporary backing with full penetration and various forms of post weld treatment (without any or root ground or root and cap ground). These cases are not covered by EN 1999-Part 1-3.

In order to include these three detail-categories in EN 1999-1-3 a test programme has been set up with welded specimens made of the alloys AlZn4,5Mg1 and AlMgSi0,5 which permitted to investigate also the influences of strength (F22, F35 and F41), the post weld heat treatment, the plate thickness and the stress ratio R . The test results have been evaluated using a linear regression to obtain S - N -curves.

In a further step the test results for the notched specimen have been transformed into data without notch effects and separate notch factors using the notch-stress method. From these data material-oriented S - N -curves could be determined that allow to calculate the parameters of S - N -curves for butt weld connections with any structural detailing. In addition the material-oriented S - N -curves and the detail-oriented S - N -curves could be extended to the full range of cycles by the Stüssi-approach so that low cycle fatigue, high cycle fatigue and the endurance limit can be covered by a single presentation of the fatigue resistance curve.

To verify the material-oriented- S - N -curves in the low cycle, high cycle and endurance regions by the fracture mechanics approach, the crack-growth equations for $da/dN-\Delta K$ of Forman, Erdogan and Ratwani have been extended to include the yielding limit for the residual ligament. From calibration studies the initial crack sizes for the various notch cases could be determined and good agreements could be achieved between the S - N -curves obtained from the direct test-evaluation, the notch-stress concept and the fracture mechanics method.

In conclusion the results of the thesis open the door for the fatigue design of aluminium bridging equipments with more realistic data for fatigue strength and with methods that give more flexibility in verifying details not covered by EN 1999-1-3. The results of this new procedures are also more economic.