

Experimentelle Charakterisierung von strukturierten Blechen unter statischen und schwingenden Belastungen

KURZFASSUNG

Ein Entwicklungspotenzial auf dem Gebiet des Leichtbaus liegt in der Entwicklung von neuen Verarbeitungs- bzw. Nachbearbeitungsverfahren strukturierter Feibleche. Deren industrieller Einsatz ist bisher aufgrund fehlender zuverlässiger Information über ihr Verhalten unter zyklischer Belastung sehr stark eingeschränkt. Ein Aspekt, der dabei fast komplett unberücksichtigt bleibt, ist die Zulässigkeit des direkten Vergleiches eines strukturierten Feibleches mit einer glatten Referenzprobe aufgrund der unterschiedlichen Spannungszustände der beiden Blechtypen. In vielen Fällen fehlt außerdem eine Analyse darüber, wie effektiv die Fügeverbindung aus einem glatten und einem strukturierten Blech gegenüber der Referenzverbindung aus zwei glatten Blechen ist.

Die vorliegende Doktorarbeit hat das Ziel, geeignete Probengeometrien und Prüfprozeduren für wabenstrukturierten Feibleche sowie ihre Fügeverbindungen zu entwickeln, diese zu prüfen und zu charakterisieren und nachfolgend Grundsätze der Gestaltung von Bauteilen aus diesen Blechen zu erarbeiten.

Untersucht wurden wabenstrukturierte sowie glatte Feibleche aus Tiefziehstahl DC04 mit einer Dicke von 0,5mm. Es wurden mehrere Fügeverbindungen (punktgeschweißt, geklebt und punktschweißgeklebt) sowie einzelne Proben aus strukturierten Blechen auf ihre Schwingfestigkeit untersucht. Die Dauerschwingversuche wurden an einer Resonanzprüfmaschine mit einem Kraftverhältnis von $R=0,1$ durchgeführt.

Mithilfe adaptierter Einspannplatten wurde eine Prüfmethode zur Charakterisierung der wabenstrukturierten Bleche unter zyklischer Belastung entwickelt. Mit Hilfe der integralen Frequenzanalyse bzw. Steifigkeitsanalyse wurde die Frage der Stabilität der Wabenstruktur geklärt. Prinzipielle Unterschiede zwischen glatten und strukturierten Feiblechen bezüglich statischer und schwingender Zugbelastungen wurden erarbeitet, und spezifische Verfestigungs- bzw. Entfestigungseffekte bei glatten Blechen unter zyklischer Belastung gefunden. Zug/Scherzugfestigkeit, Verlauf von Steifigkeiten und Schwingfestigkeit von Probenkombinationen aus glatten und strukturierten Blechen sowie einzelnen strukturierten Blechen verschiedener Strukturorientierung wurden ermittelt. Die Schadensmechanismen solcher Verbindungen wurden mikroskopisch analysiert. Vorschläge zur Bauteilgestaltung aus wabenstrukturierten Blechen wurden erarbeitet und Anwendungsmöglichkeiten solcher Bauteile diskutiert. Die Ursachen für niedrige Dauerschwingfestigkeit von strukturierten Blechen und deren gefügten Verbindungen wurden herausgestellt und Verbesserungsvorschläge angebracht.

Experimental Characterization of Structured Sheet Metals under Static and Oscillating Loads

ABSTRACT

A development potential in the field of lightweight construction is the enhancement of processing or post-processing methods of structured thin sheets. The industrial use of honeycomb-structured sheet metals is very restricted because of the lack of knowledge about their mechanical behaviour, in particular under cyclic loading. An aspect almost completely ignored is the direct comparability of structured thin sheet metals with flat reference specimen due to the different states of stress in the two sheet types. In many cases, there is still a lack of information, how effective joints of flat and structured sheet metals compared to reference joints of two flat sheets are.

The aim of the present doctoral thesis is a development of specimen geometry and test procedure for mechanical testing, afterwards a characterization of honeycomb-structured thin sheets as well as their joints and subsequently working out principles for design of components made of these sheets.

Honeycomb-structured and flat thin sheets of deep-drawing steel DC04 with a thickness of 0.5mm were examined. The fatigue strength of several joints (spot-welded, adhesive-bonded and spot weld-bonded) of structured sheets as well as single sheet specimens was investigated. The fatigue tests were performed on a resonant testing machine with a force ratio of $R=0.1$.

Adapted clamping plates were developed for characterization of the honeycomb-structured sheet metals under cyclic loading. The stability of the honeycomb structure was analysed using the integral analysis of frequency and stiffness. Fundamental differences between flat and structured thin sheets under static and cyclic tensile loadings were found. Specific hardening and/or softening effects by smooth sheets under cyclic loading were observed. Tensile/shear strength, stiffness development and fatigue strength of specimen combinations of flat and structured sheets as well as single structured sheets with different structure orientations were determined. The damage mechanisms of such joints were analysed by means of microscopy. Proposals for design of components from honeycomb-structured sheets were worked out and application possibilities were discussed. The reasons for low fatigue limit of structured sheet metals and joints were analysed and suggestions for improvement were made.