



Doctoral Thesis

Beitrag zur Ermittlung von Eigenspannungen mit Ultraschall Anwendung auf Schweissnähte

Author(s):

Lüthi, Thomas

Publication Date:

1990

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000569032> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 9062

Beitrag zur Ermittlung von Eigenspannungen mit Ultraschall
Anwendung auf Schweissnähte

Abhandlung
zur Erlangung des Titels
Doktor der technischen Wissenschaften
der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

THOMAS LÜTHI
Dipl. Werkstoff-Ing. ETH
geboren am 25. September 1958
von Lauperswil BE

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. T.H. Erismann, Referent
Prof. Dr. M.A. Hirt, Korreferent
Prof. Dr. M.O. Speidel, Korreferent

The Erismann 23.2.1990

1990

Kurzfassung

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen in Festkörpern ist im wesentlichen abhängig von den elastischen Konstanten zweiter Ordnung und von der Dichte. Mechanische Last- oder Eigenspannungen beeinflussen die Schallgeschwindigkeit, wenn auch nur in einem sehr geringen Grad, ebenfalls. Dieser Zusammenhang lässt sich mit den hier definierten und von elastischen Konstanten dritter Ordnung hergeleiteten spannungsakustischen Parametern beschreiben.

Die entwickelten Verfahren zur Ermittlung von Eigenspannungen ermöglichen eine Aussage über einen pauschalen Wert über der Objektdicke. Sie sind somit, wie entsprechende Messungen bestätigen, am ehesten mit der Methode mit Dehnmess-Streifen vergleichbar.

Die Messmethode wie sie bei der herkömmlichen Ultraschallprüfung verwendet wird genügt für die Ermittlung von Eigenspannung wegen der erhöhten Genauigkeitsanforderungen nicht. In Bezug auf die Objektvorbereitung, den Eichprozess und die Messtechnik müssen daher entsprechende Anpassungen gefunden werden. Wegen des komplexen Gefügebau sind Messungen im unmittelbaren Bereich der Schweissnaht und der Wärmeeinflusszone nicht möglich.

Um genaue Resultate zu erhalten müssen die jeweiligen chargenspezifischen Konstanten bekannt sein. Der Messaufwand lässt sich aber reduzieren, wenn lediglich entsprechende Näherungswerte eingesetzt und qualitative Vergleiche gesucht werden. Aufgrund der komplexen Zusammenhänge muss aber die Wirkung derartiger Näherungen mit rechnerischen Modellen überprüft werden.

Gute Ergebnisse werden mit der akustischen Methode bei der Ermittlung der Eigenspannungen mit verschiedenen Verfahren geschweisster 500 x 500 x 140 mm grosser Platten aus Feinkornbaustahl StE 355 erzielt. Trotz wesentlichen Unterschieden in der Fugenform und der Anzahl Lagen können nur geringe Differenzen bei den resultierenden Eigenspannungen beobachtet werden. Um trotz des dreiachsigen Spannungszustandes nahe der Schweissnaht gültige Aussagen machen zu können, wird ein entsprechendes neues Auswertungsverfahren eingeführt.

Vergleichbare Untersuchungen an dünneren Walzblechen (400 x 300 x 30 mm) aus vergütetem Feinkornbaustahl StE 690, die mit verschiedenen Arbeitstemperaturen und Streckenenergien beidseitig UP-geschweisst worden waren, ergeben weniger überzeugende Resultate, weil die Angabe von pauschalen Werten in diesem Fall weniger aussagekräftig ist. Trotz der angehobenen Materialfestigkeit treten pauschal nur geringe Spannungen auf, deren Verlauf von den gewählten Schweissparametern geprägt wird: eine tiefere Streckenenergie führt zu markant höheren Eigenspannungen. Weil dieser Werkstoff eine Textur aufweist, kommen andere, ebenfalls neue Auswertungsverfahren zur Anwendung.

Stichworte: Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung, Ultraschall, elastische Konstanten, Eigenspannung, Schweissverbindung

Abstract

Contribution to the Determination of Residual Stresses using Ultrasonics

Application to Welds

The propagation velocity of elastic waves in solids is primarily dependent on the second order elastic constants and on the density. Mechanical and residual stresses also influence the sound velocity, although only to a very small extent. This relationship can be described using the stress-acoustic parameters defined here, which are derived from third order elastic constants.

The methods developed for measuring residual stresses lead to conclusions on the value averaged over the thickness of the object. Thus, as corresponding measurements confirm, the results are similar to those obtained with the strain-gauge method.

The measuring method commonly used in ultrasonic testing is not sufficient for the determination of residual stresses as the the accuracy requirement is increased. Concerning preparation of the object, calibration and measuring technique, the required modifications have to be developed. Because of the complex structure, measurements in the immediate region of the weld and the heat-affected zone are not possible.

To obtain accurate results the respective charge-specific constants must be known. The expense for measurements may be reduced if only the approximate values are used and if qualitative comparisons suffice. However, in view of the complex relationships, the consequences of such an approximation must be tested with mathematical models.

Good results are obtained with the acoustical method in the determination of the residual stresses of 500 x 500 x 140 mm plates of fine-grained steel StE 355 which were welded with different techniques. Despite essential differences in the shape of the weld and the number of weld layers, only small differences in the resulting residual stresses are observed. To be able to make valid statements in spite of the triaxial stress situation near the weld, a corresponding new calculation method is introduced.

Comperative studies with thinner sheets (400 x 300 x 30 mm) of tempered fine-grained steel StE 690 that had been welded with submerged arc from both sides at different pre-heat temperatures and heat fluxes show less convincing results since the data on the averaged values are less applicable in this case. In spite of the high material strength, only small stresses appear. Their distribution is influenced by the welding parameters chosen: a lower heat flux results in notably higher residual stresses. As this material is textured, other new calculation methods are employed.

keywords: nondestructive testing, ultrasonics, elastic constants, residual stress, weld