

## In-Situ-Spannungsanalyse mittels Röntgenbeugung zur Bestimmung der Fließortkurven

Alper Güner

Reihe Dortmunder Umformtechnik - Band 82

Shaker Verlag

ISBN: 978-3-8440-3414-1

Sprache: Englisch

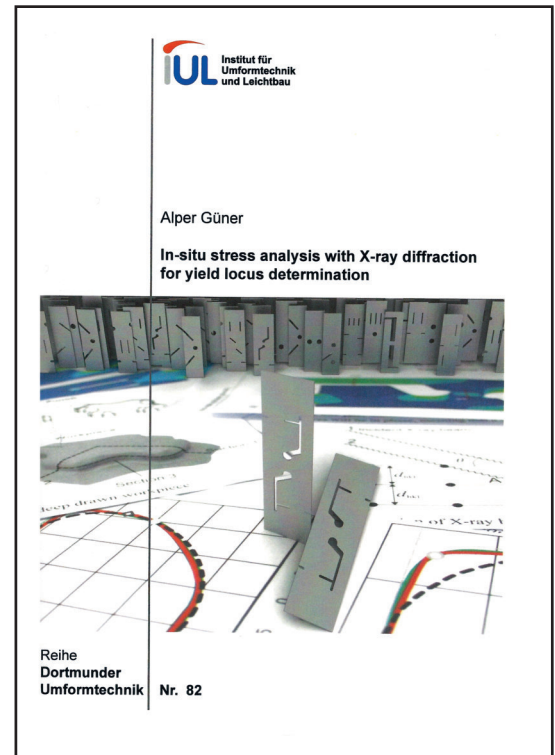
### Zusammenfassung

Inhomogene Deformationen, die durch Randeffekte in den Proben verursacht werden, stellen die Hauptproblematik im Bereich der Werkstoffcharakterisierung dar. Mit Ausnahme des einachsigen Zugversuches sind alle Versuche, wie z. B. der Plane-Strain- Zugversuch oder der Miyachi-Versuch, davon betroffen. Wegen der Inhomogenität kann der gewünschte ideale Verformungszustand nur in der Mitte der plastischen Zone erreicht werden. Das inhomogene Dehnungsfeld kann durch optische Dehnungsmessmethoden erfasst werden. Allerdings werden zur Berechnung der Fließspannungen global wirkende Kräfte und ein gemittelter Wert für die Querschnittsfläche verwendet. Daher ist die Inhomogenität eine Fehlerquelle bei der analytischen Bestimmung von Fließspannungen.

Um die durch inhomogene Deformationen verursachten Probleme zu lösen, wird die Röntgenbeugung eingeführt. Im Rahmen der hier vorgeschlagenen Strategie werden die Dehnungen auf der Probenoberfläche durch ein optisches Messsystem während der Prüfung erfasst. Gleichzeitig werden die Lastspannungen in der plastischen Zone mittels eines Röntgendiffraktometers gemessen, das zusätzlich in eine Universalprüfmaschine eingebaut wurde. Mit diesem Verfahren wird der Spannungsdehnungsverlauf eines Materialpunkts auf der Probe während des Versuchs ermittelt.

Eine röntgenografische Spannungsanalyse erfordert das Anhalten der Versuche. Dies ist für die Beugungsmessungen erforderlich. In dieser Zeit tritt aufgrund des viskoplastischen Werkstoffverhaltens eine Spannungsrelaxation auf. Das Relaxationsverhalten der analysierten Werkstoffe wurde anhand einachsiger Zugversuche mit Pausenintervallen charakterisiert. Es wurde festgestellt, dass die Spannungsrelaxation materialabhängig ist, die Spannungsabfälle jedoch unabhängig von der aktuellen Kaltverfestigung und Werkstofforientierung auftreten. Diese Information wurde verwendet, um die Spannungsabfälle mittels des Norton-Hoff-Materialmodells vorherzusagen. Auf diese Weise kann der Betrag der Spannungsrelaxation für verschiedene Spannung- und Dehnungszustände ausgeglichen werden.

Die vorgeschlagene Methode wurde verwendet, um die Fließortkurve der Werkstoffe AA5182 und DC06 zu erhalten. Hierbei wurde eine neuartige Probengeometrie genutzt, um mehrere Deformationszustände auf einer einzelnen Probe zu realisieren. Experimentelle und numerische Analysen eines komplexen Bauteils mit unterschiedlichen Fließbedingungen zeigen, dass die angereicherten Fließortdefinitionen mit genauen Plane-Strain-Zug- und Scherspannungen die numerischen Vorhersagen verbessern. Auf Grundlage dieses Wissens wurde die röntgenografische Spannungsanalyse bei einem Umformverfahren eingesetzt. Zu diesem Zweck wurden Vier-Punkt-Biegeversuche durchgeführt und an ausgewählten Zeitpunkten die Spannungen gemessen. Die Ergebnisse zeigen, dass In-situ-Spannungsmessungen bei Blechumformprozessen eingesetzt werden können, um das Wissen über Umformprozesse zu erweitern.



## In-situ stress analysis with X-ray diffraction for yield locus determination

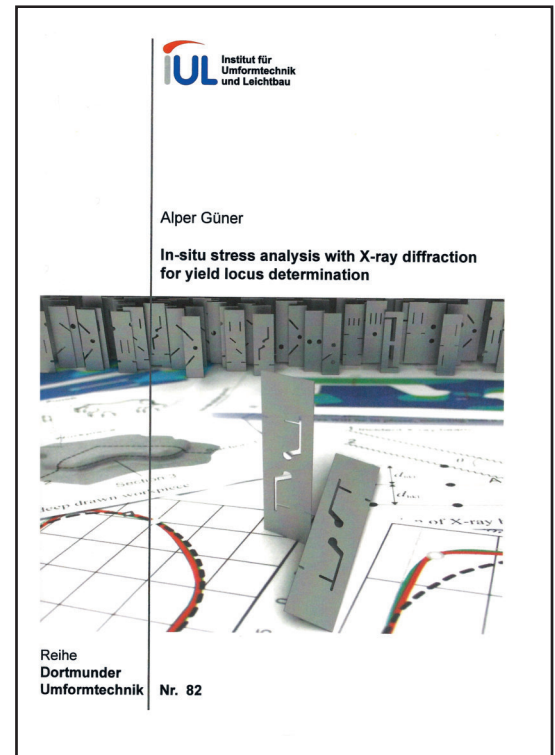
Alper Güner

Series: Dortmunder Umformtechnik - Volume 82

Shaker Verlag

ISBN: 978-3-8440-3414-1

Original language: English



### Abstract

One of the main problems in the field of sheet metal characterization is the inhomogeneous deformation fields caused by edge effects in the specimens. Except the uniaxial tension test, other tests like the plane strain tension test or the Miyauchi test suffer from this fact. For this reason, the desired ideal deformation state can only be achieved in the middle of the gauge area of the specimens. The inhomogeneous strain field in the gauge zone can be captured by optical strain measurement methods nowadays. However for the calculation of the yield stresses globally acting tool forces and a single averaged value for the instantaneous gauge area are used. Hence the inhomogeneity is an error source for the analytical determination of yield stresses.

X-ray diffraction method is introduced to solve the problem caused by inhomogeneous deformation fields in the sheet specimens. In the proposed strategy, the strains on the specimen surface are captured by an optical measurement system during testing. At the same time the loading stresses in the gauge zone are measured by means of an X-ray diffractometer installed on a standard universal testing machine. With this method the stress-strain history of a material point on the specimen can be obtained throughout the test.

X-ray stress analysis necessitates the holding of the tests. This time is needed for the diffraction measurements. In this period of time, the specimens undergo a stress relaxation due to visco-plastic material behavior which shows itself as time dependent stress drops. Stress relaxation characteristics of the analyzed materials were identified by performing uniaxial tension tests with pause intervals. It was found that the stress relaxation is material dependent but the amount of stress drops is independent of the current strain hardening level and material orientation. This information was used to predict the amount of stress drops by the help of the Norton-Hoff material model. By this way the amount of stress relaxation could be compensated for different deformation states.

The proposed method was applied to obtain the yield locus of the materials AA5182 and DC06 whereby a novel specimen geometry was utilized to realize multiple deformation states on a single specimen. Experimental and numerical analysis of a complex workpiece with different yield functions reveal that the enriched yield locus definition with accurate plane strain tension and shear stresses improve the numerical predictions. The knowledge regarding the sheet metal characterization was used to apply X-ray stress analysis technique to a metal forming process. For that purpose four-point-bending operation was performed and at selected deformation levels surface stresses were measured during the bending process. The results show that online stress measurement during sheet metal forming processes can be used to extend the knowledge about metal forming processes.