



Doctoral Thesis

Virtuelle und experimentelle Methoden zur Voraussage des Prozessfensters beim Feinschneiden

Author(s):

Wesner, Thomas

Publication Date:

2017

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010866486> →

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. 23949

**Virtuelle und experimentelle Methoden
zur Voraussage des Prozessfensters
beim Feinschneiden**

Abhandlung zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER WISSENSCHAFTEN

der

ETH ZÜRICH

(Dr. sc. ETH Zürich)

vorgelegt von

THOMAS WESNER

MSc ETH Masch.-Ing.

geboren am 10.05.1985

von Deutschland

angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Pavel Hora
Prof. Dr. Konrad Wegener

2017

Summary

Fine blanking enables the production of precise parts without further manufacturing steps. In combination with forming steps productivity is enhanced whereas the increasing requirements on assemblies due to lightweight design and costs reduction raise the complexity of parts. The producibility and quality is therefore more and more evaluated based on simulations before prototype and tooling manufacturing starts.

The process limits are determined with a particularly designed fine blanking tool and the experiments build a basis for verifying simulations. An internal force-displacement measurement system in the tool enables the verification of process simulations as well as the estimation of the elastic press deformation. By varying the part curvature the effect on die roll and crack initiation can be determined and leads to different stress and strain states, whose influence on crack formation is investigated. The force-displacement behavior and die roll is used to verify the hardening curve for high strains. Experimentally, a strong influence of the curvature on the amount of crack free blanking surface is shown.

The simulation of fine blanking including fracture models requires knowledge about hardening and crack initiation. High strains are reached in a short process time, which necessitate a strain rate and temperature dependent yield curve. The fracture behavior of 22MnB5 is determined by torsion tests partially superimposed with tension. Additionally, notched tensile specimens are examined. The specimens' designed geometry enables testing of a 4 mm thick cold rolled strip and it is shown, that the superposition of a tensile force during the torsion deformation reduces ductility significantly.

Ductile fracture models are fitted on the basis of torsion and tension tests for studying their predictive capabilities of crack formation. Prior to this, the history of the crack initiation distinguishing parameters plastic equivalent strain, stress triaxiality and Lode-Parameter is investigated in order to study their effects in fine blanking. Finally, in

Summary

In addition to the Johnson-Cook model, several ductile fracture models are analyzed and necessary correction factors are determined. The simulation results show that the model of Johnson-Cook with a process specific fracture value is able to predict the influences of part geometry, tool and process specific parameters. Therefore, it is suitable for the description of crack initiation in fine blanking.

Zusammenfassung

Feinschneiden ermöglicht die Herstellung hochpräziser Teile ohne nachfolgende Fertigungsschritte. In Kombination mit Umformoperationen ergibt sich eine produktive Fertigung qualitativ hochwertiger Bauteile, wobei steigende Anforderungen an Baugruppen aufgrund des Leichtbaus und der Kostenreduktion zu komplizierteren Teilen führen. Durch den Einsatz von Simulationsprogrammen kann deren Herstellbarkeit und Qualität bereits vor der Erstellung und Beschaffung von Prototypen und Betriebsmitteln überprüft werden.

Die Ermittlung der Grenzen des Prozessfensters erfolgt in der vorliegenden Arbeit mit Hilfe eines speziell entwickelten Feinschneidwerkzeugs wobei die experimentellen Versuche die Referenz für die Validierung der Prozesssimulation darstellen. Eine im Werkzeug integrierte Kraft-Weg-Messung ermöglicht sowohl den Abgleich der Messdaten mit der Simulation als auch die experimentelle Ermittlung der elastischen Verformung des Pressengestells. Die Geometrie des Versuchsteils bietet unterschiedliche Formelemente um den Einfluss der Krümmungsradien auf den Kanteneinzug und die Einrissbildung zu ermitteln. Außerdem führt die Variation der Bauteilgeometrie zu unterschiedlichen Spannungs- und Dehnungszuständen, deren Einfluss auf die Einrissbildung im Feinschneidprozess dadurch untersucht werden kann. Neben dem im Werkzeug gemessenen Kraft-Weg-Verlauf dient die Höhe des Kanteneinzugs der Verifikation der konstitutiven Werkstoffmodellierung für hohe Umformgrade. Experimentell ist in der vorliegenden Arbeit nachgewiesen, dass die Geometrie des Versuchsteiles einen signifikanten Einfluss auf die Einrissbildung zeigt. Zusätzlich zeigen die Ergebnisse der durchgeführten Versuche, dass die Bearbeitung der Schneidkante einen deutlichen Einfluss auf den Glattschnittanteil hat.

Die simulative Abbildung des Feinschneidens und des Glattschnitts der Schnittfläche erfordert sowohl die Kenntnis des Verfestigungs- als auch des Rissbildungsverhaltens. Hohe Umformgrade und Dehnraten

Zusammenfassung

sowie eine während des Schneidprozesses stark ansteigende Temperatur bedingen eine dehnraten- und temperaturabhängige Beschreibung des Fließverhaltens, welches für das Material 22MnB5 untersucht ist. Das Bruchverhalten des Materials kann auf Basis von Torsionsversuchen mit überlagerter Zugbeanspruchung und mittels Zugversuchen gekerbter Proben bestimmt werden. Mit Hilfe der entwickelten Probenform für die Torsionsversuche, deren Herstellung aus vier Millimeter dickem Kaltband möglich ist, zeigt sich ein deutlicher Abfall der Duktilität bei überlagerter Zugbeanspruchung.

Die ermittelten Zustände bei Eintritt des Bruchs der Torsions- und Zugproben können in mathematische Modelle überführt und deren Eignung zur Voraussage der Rissinitiierung im Feinschneidprozess überprüft werden. Vorrangig werden für das Verständnis des Feinschneidprozesses und der Bildung von Einrissen in der Schnittfläche die zeitliche Entwicklung der charakteristischen Kennwerte der Vergleichsdehnung, Spannungstriaxialität und des Lode-Parameters bis zur Bildung von Einrissen untersucht. Die Simulation des Feinschneidens auf Basis des Versuchswerkzeugs bildet die Grundlage für die Bestimmung signifikanter Kenngrößen. Abschließend sind neben dem Johnson-Cook Modell weitere ausgewählte Modelle hinsichtlich der Abbildung der Rissinitiierung untersucht und etwaig notwendige Korrekturfaktoren auf Basis der ermittelten Zustände an den Grenzen des Prozessfensters definiert. Es zeigt sich, dass nur das Johnson-Cook Modell mit einem prozessspezifischen Schädigungsgrenzwert die experimentell ermittelten Einflüsse der Bauteilgeometrie, werkzeug- und prozessspezifischen Parameter abbilden kann und sich dadurch für die Voraussage des Glattschnittanteils eignet.