



Doctoral Thesis

Adaptive process control strategy based on accurate modeling of a two-step micro bending process

Author(s):

Dallinger, Franz

Publication Date:

2016

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010633468> →

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 NO. 23259

Adaptive process control strategy based
on accurate modeling of a two-step micro
bending process

A thesis submitted to attain the degree of

DOCTOR OF SCIENCES of ETH Zurich

presented by
Franz Dallinger

Dipl.-Ing., University of Stuttgart
born on 27.04.1985
citizen of Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Pavel Hora, examiner
Prof. Dr. Ton van den Boogaard, co-examiner

Zurich, 2016

Abstract

The aim of the thesis is the development of accurate numerical models to allow for a virtual tryout of the process behavior, the mapping of the behavior with metamodels, the application of these models for control and the demonstration of the control strategy on adaptive processes. The investigated process is a two-step bending process, with an over bending and a subsequent reversed back bending.

For an accurate description of the bending process, the focus is set on the material description. A version of the recently developed HAH model is used for this purpose. Different hardening models have been compared and applied on the two-step bending process and the validation test. Finally, the validation of the bending shows in general a good agreement in the prediction of the bent angle. Sensitivity studies are conducted to investigate the influence of the chosen measured values and control parameter on the quality parameter to be able to evaluate if the process is controllable.

Knowing the process behavior, two control algorithms have been worked out. The models for the controller are based on simulation data or on measured data. The stability of the two approaches has been evaluated and the influence of noise on the measurement is determined by simulating different scenarios. The approaches have been implemented and demonstrated to improve the quality of the produced parts. Finally, the results on the demonstration line show that especially for longer term runs the quality of the parts can be improved by using process control. The target value is reached for all tests.

Kurzfassung

Das Ziel dieser Arbeit war eine möglichst exakte Prozessmodellierung, um das Prozessverhalten zu analysieren, dieses mit Metamodellen abzubilden und eine Regelungsstrategie abzuleiten, und letztendlich die Strategien im realen Prozess anzuwenden. Der untersuchte Prozess ist ein zweistufiger Biegeprozess, bestehend aus einem ersten Überbiegen und anschließenden Zurückbiegen.

Für eine möglichst genaue Abbildung des Biegeprozesses wurde der Schwerpunkt bei der Modellierung auf das Materialmodell gelegt. Dazu wurde das HAH Modell eingesetzt. Dieses wurde mit anderen Modellen verglichen und validiert und schließlich für die Simulation des Biegeprozesses verwendet. Die Validierung anhand eines V-Biegeprozess zeigte im Allgemeinen eine gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Experiment. Anschließend wurden Sensitivitätsstudien durchgeführt um den Einfluss der gewählten Mess- und Regelungsgrößen auf die Qualitätsgröße zu untersuchen, um letztendlich bewerten zu können, ob der Prozess beherrschbar ist.

Zwei Regelungsstrategien wurden erarbeitet, wobei die Ansätze entweder auf Simulations- oder Messdaten beruhen. Szenarien wurden simuliert, um die Stabilität und den Einfluss von Messrauschen bei der Winkelmessung zu untersuchen. Die Strategien wurden implementiert und am realen Prozess getestet. Die Resultate zeigen eine Verbesserung hinsichtlich der erreichten Genauigkeit beim Biegen, insbesondere bei länger andauernden Tests. In jedem Test wurde der Zielwinkel erreicht.