

Diss. ETH Nr. 10045

Ein Parametermodell zur schnellen und automatischen Bestimmung der Umformstufen beim Profilziehen

Abhandlung zur Erlangung des Titels
Doktor der Technischen Wissenschaften
der
Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

vorgelegt von
Daniel Fredy Keller
Dipl. Masch.-Ing. ETH
geboren am 9. 2. 1962
in Zürich

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. J. Reissner, Referent
Prof. F. Huber, Korreferent

1993



CatE

Zusammenfassung

Das Profilziehen ist ein wichtiges Fertigungsverfahren zur Herstellung von prismatischen Werkstücken, nicht nur wegen der erreichbaren hohen Festigkeit, Massgenauigkeit und Oberflächengüte, sondern auch, weil damit fast alle denkbaren Querschnittsformen aus verschiedenen metallischen Werkstoffen hergestellt werden können. Gerade für die Fertigung von Sonderprofilen mit komplexen Querschnitten, die nur in kleinen Losgrößen benötigt werden, spielt dabei die Arbeitsplanung eine enorm wichtige Rolle, wenn es darum geht, die Produktion möglichst wirtschaftlich zu gestalten.

Um dies zu erreichen, muss zuerst ein durchgehender Datenfluss sichergestellt werden, damit keine unnötige Mehrarbeit durch mehrfache Eingabe von Geometriedaten entsteht. Weiter soll die ganze Arbeitsplanung möglichst kontrolliert verlaufen, damit die erhaltenen Resultate auch reproduzierbar sind, da dies die wichtigste Voraussetzung für eine stetige qualitative Verbesserung ist.

Gerade bei der Planung von Umformstufen sind die Ergebnisse allerdings meistens von einzelnen Personen abhängig, daher subjektiv und in ihrer Qualität grossen Schwankungen unterworfen. Ein systematischer Ablauf für die gesamte Arbeit existiert nur selten, weshalb es auch äusserst schwierig ist, neues Personal für die Arbeitsvorbereitung einzusetzen, was noch zusätzlich erschwert wird durch die Vielzahl von Einflüssen, die zum Gelingen oder Missraten des Umformprozesses beitragen.

In der vorliegenden Arbeit werden theoretische Grundlagen erarbeitet und vorgestellt, die es erlauben, den Prozess der Ziehstufenermittlung systematisch durchzuführen. In der Folge wird auch eine praktische Implementation gezeigt, die, auf der systematisierten Arbeitsplanung basierend, die Ziehstufen vollautomatisch entwickelt. Sie ist als Basis für industrielle Anwendungen gedacht, in dem alle notwendigen Bestandteile für die systematische Umformstufenplanung enthalten sind, wobei sie noch durch firmenspezifische Daten sowie durch Wissen und Erfahrungen ergänzt werden kann.

Der systematisierte Planungsprozess basiert auf einem einfachen Parametermodell, das in der Lage ist, sowohl die Aufgabenstellung als auch die Lösung parametrisiert darzustellen. Die Ausgangslage wird durch eine allgemeingültige Geometrieerkennung aufgrund der CAD-Daten des Profilquerschnitts in die Parameterdarstellung überführt. Der Parameterdarstellung selber liegt ein Deformationsmodell zugrunde, das den Materialfluss in den Umformstufen durch eine Zuordnung von Fliesszonen zu Stromröhren darstellt. Da alle Deformationsmodelle erst aufgrund einer konkreten Umformstufe eine Berechnung des Materialflusses zulassen, verwenden wir ein Parametermodell, das alle Möglichkeiten enthält, den Materialfluss zu beeinflussen, und somit auch jede sinnvolle Lösung darstellen kann. Das explizite Aufstellen des Deformationsmodells und dessen Berechnung ist damit nicht notwendig.

Vielmehr muss im Gegenteil aus der Parameterdarstellung die Geometrie der Umformstufen ermittelt werden, wozu eine Abbildung verwendet wird, die der Umkehrung der Abbildung des Materialflusses entspricht. Dabei werden auch die Daten bestimmt, die notwendig sind, um die Ziehmatrizen so auszulegen, dass sich tatsächlich der Materialfluss

einstellt, der durch die Parameterdarstellung repräsentiert wurde.

Die Abschätzung des resultierenden Materialflusses mit Hilfe des Parametermodells stellt die Voraussetzung für die Optimierung des Prozesses dar. Als Optimierungskriterien werden Fertigungskriterien, die aus den Erfahrungen aufgrund bisheriger Umformstufen abgeleitet wurden, und Qualitätskriterien, die aus den Kenntnissen des Ziehprozesses resultieren eingesetzt.

Da im allgemeinen aber kein Gleichgewicht zwischen den Gleichungen und den Unbekannten erreicht werden kann, ist es auch nicht möglich, das nichtlineare System mit numerischen Methoden zu optimieren. Dennoch können einzelne Parameter so korrigiert werden, dass sich die Qualität der Lösung insgesamt verbessert. Mit Hilfe eines regelbasierten Ansatzes und einzeln zu gewichtender Qualitätskriterien, die die Sicherheit des Profilstabs gegen Biegung, Torsion und Verwölbung darstellen, ist es somit möglich, eine im Rahmen der vorgegebenen Toleranzen optimierte Lösung zu erhalten.

Diese Arbeit zeigt ein Vorgehen am Beispiel des Profilziehens, das aber keineswegs auf dieses Verfahren begrenzt sein muss. Vielmehr kann ein ähnliches System auch für andere Umformverfahren entwickelt werden, bei denen die Bestimmung des Materialflusses zu aufwendig für den täglichen Einsatz, eine zumindest gewichtete Optimierung der Stufen- und Werkzeugplanung aber notwendig ist.

Summary

Profile drawing is an important manufacturing procedure for the production of prismatic workpieces. This is not only on account of the high strength, dimensional tolerance and surface quality which can be achieved, but also because practically all conceivable cross-sections can be produced from various metallic materials. Production planning is of vital importance, particularly for the manufacture of special profiles with complex cross-sections, which are only required in small batches. This is especially the case when manufacturing should be organised as economically as possible.

In order to achieve this, a continuous data flow must first be ensured, so that there is no unnecessary extra work arising from repeated reading-in of geometry data. In addition, the entire production planning should proceed in a fashion which is as closely-regulated as possible, so that the results achieved are reproducible. This is the most important requirement for continuous quality improvement.

However, particularly in the planning of forming stages, the results are generally dependent on individuals, so that they are subjective and their quality is highly variable. There is seldom a systematic procedure for the entire process, so that it is extremely difficult to use new personnel for this type of production planning. Further difficulties arise as a result of the huge number of influencing factors which contribute to the success or failure of the forming process.

In the present paper, the theoretical basis will be worked out and presented. It permits the process of drawing stage determination to be carried out systematically. In addition, a practical case will be shown, based on systematic production planning, in which the drawing stages are developed fully-automatically. This case is considered as a basic system for industrial applications. It comprises all necessary components for the systematic planning of forming stages, but the system can still be complemented with company-specific data and by further knowledge and experience.

The systematic arrangement of the planning process is based on a simple parameter model, which is able to represent both the task and the solution in a parametric form. Based on the CAD data of the profile section, a generalised geometry recognition transforms the starting position into a parametric representation. The parameter representation itself is based on a deformation model which shows the material flow in the forming stages by an illustration of corresponding successive flow zones. Since all deformation models are only able to perform a calculation of the material flow on the basis of a definite forming stage, we take advantage of the parameter model, which includes all possibilities of influencing the material flow, and is thereby able to represent all meaningful solutions. There is therefore no need to explicitly set up and calculate the deformation model.

On the contrary, it is necessary to determine the geometry of the forming stages from the parametric representation. For this purpose, a figure is used which corresponds to the reverse of the illustration of the material flow. In this way, the data which are required to design the drawing dies are also determined in such way that the material flow which was represented by the parametric representation is actually achieved.

The parametric model is particularly interesting since it permits a direct estimation of the resulting material flow and hence of the deformation and its uniformity. Thus where it is possible to estimate the quality of a solution in this way, it must also be possible to optimise it. But since equilibrium between the equations and the unknowns cannot generally be achieved, it is also not possible to optimise the nonlinear system using numerical methods. Nevertheless, individual parameters can be corrected in such a way that the quality of the solution is improved overall. As a result, it is possible to obtain a solution, optimised within the framework of the prescribed tolerances, with the help of a rule-based function and individually weighted quality criteria. These represent the margin of safety of the profile bar with respect to bending, torsion and bowing.

This presentation deals with a procedure illustrated for the case of profile drawing. However, it must by no means be restricted to this process. On the contrary, a similar system can also be developed for other forming processes, for which the determination of the material flow is too costly for everyday use, but there is still a need for at least a weighted optimisation of the planning of stages and tooling.