

Diss. ETH Nr. 14369

**Einsatz hierarchischer parametrisierter
Konstruktionsmethodik zur Planung und
Optimierung von Karosserieblechteilen**

Abhandlung zur Erlangung des Titels
Doktor der Technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
JÖRG DANZBERG
Dipl.-Ing. Technische Universität Braunschweig
geboren am 26. Januar 1968
in Deutschland

angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. J. Reissner, Referent
Prof. Dr. M. Meier, Korreferent
Prof. Dr. P. Hora, Korreferent

2001

Kurzfassung

Die Formfindung von Werkzeugen für den Karosseriebau wird bisher nur unzureichend virtuell unterstützt. Unterstützung fehlt vor allem bei der prozeßspezifischen Erzeugung des freigeformten dreidimensionalen Wirkflächenmodells. Die Entwicklung eines solchen Konstruktionssystems ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Im Unterschied zu bestehenden CAD-Programmen wird die Konstruktion nicht mehr nach geometrischen, sondern nach umformtechnischen Features untergliedert. Die logischen Verknüpfungen werden durch den Aufbau eines assoziativ-parametrischen Systems realisiert. Dadurch wird eine vom Konstruktionsverlauf unabhängige Änderbarkeit aller geometrischen Features ermöglicht. Verknüpfte Elemente lassen sich sowohl in fortlaufender als auch rücklaufender Konstruktionsgeschichte optional anpassen. Die Freiformgeometrien sind funktionsorientiert parametrisiert, sie lassen sich beliebig aus der Struktur entfernen bzw. ersetzen. Die Kompatibilität der erzeugten Modelle innerhalb der CAX-Systemkette werden durch die interne Repräsentation der Kurven und Flächen in „NURBS“-Formulierung sichergestellt.

Wichtige Bausteine dieses modularen Systems sind die Netzstruktur der „Ankonstruktion“, deren Flächenberechnung, die Typisierung der dafür verwendeten Stützkurven sowie die Formfindung der Blechhalterfläche. Um eine faltenfreie Umformung der Platine zu gewährleisten, wird ein inkrementelles mathematisches Verfahren zur Berechnung von abwickelbaren Flächen entwickelt. Zur Evaluation der Geometrieentwürfe spielen neben umformtechnischen Prozeßgrenzen firmen- und bauteilspezifische Anforderungen vor allem an die Qualität des zu fertigenden Blechteils eine maßgebliche Rolle. Es wird eine Strategie vorgestellt, die Werkzeugkonstruktion mit minimalem Parametersatz zu beschreiben und innerhalb weniger Iterationszyklen und damit auch weniger FE-Simulationen zu optimieren.

Um die Konstruktionsunterstützung zu erweitern, werden zwei weitere zentrale umformtechnische Anwendungen untersucht und Lösungsansätze implementiert. Das Segmentieren von Werkzeugen ermöglicht die Herstellung von Bauteilen mit großen Ausschnitten. Das Reißen in den inneren Eckbereichen, wie z.B. den Türeinstiegen eines Seitenteils, ist hierbei ein typischer Versagensfall. Das „Aktive Hyromechanische Umformen“ stellt ein Alternativverfahren zur Herstellung von wenig gekrümmten Außenhautteilen der Karosserie dar. Die Faltenbildung ist aufgrund der komplizierten Zusammenhänge zwischen Werkzeuggeometrie, Werkzeugsteuerung und Drucksteuerung des Fluids nur schwer zu verhindern.

Die erwähnten Beiträge wurden im Rahmen des entwickelten CAD-Programms „MethoPlan“ umgesetzt. Die Wirksamkeit der vorgestellten Algorithmen wird an verschiedenen realen industriellen Anwendungen nachgewiesen. Der Konstruktionsaufwand konnte im Vergleich zu der Verwendung von Standard-CAD-Systemen um ca. 90% reduziert werden.

Abstract

Today's state of the art car body construction lacks virtual support for the development and optimisation of tool geometries for the stamping process. Most failing is that the design of the process oriented three-dimensional free form surface model is not supported. The development of such a design system is the subject of this thesis.

Different to existing CAD systems the construction is not represented geometrically but partitioned and represented making direct use of typical features of forming technology. The logical links are realized by building an associative parametric system. This allows changing all geometric features and parameters independent of the design sequence. The linked objects can be optimised both forward and backward through the design history. Free forms are described by function-oriented parameters. They can be replaced or removed from the structure without losing the associated design information. Compatibility and usability of the created models for the CAX system chain is supported by internally using a NURBS representation.

Important parts of this modular system are the arrangement of the pre-design curves including the computation of their surface, the type-wise classification of these curves, and design of the blank holder surface. To guarantee a forming process without wrinkling an incremental mathematical procedure is developed, which calculates a developable surface. In addition to the feasibility limits of the applied forming process and the technical specifications of a sheet formed part, evaluation of the geometric designs also includes quality aspects of the finished part. A strategy is presented, which allows the description of the tool design by a minimal set of parameters and which allows the optimisation to be performed within few computational increments and therefore less FE simulations.

To broaden the design support, two additional common forming applications are analysed and solving procedures implemented. Segmenting

of tools allows production of parts with big cut-outs, e.g. for doors in side parts. Cracks in the inner corner area are a typical problem in this kind of process. Active hydro-mechanical forming is an alternative process for less curved outer parts of car bodies. Wrinkling is difficult to avoid because of the complex interrelations between tool geometry, tool control and pressure control of the fluid.

All the features described above are implemented in the CAD system MethoPlan. The efficiency of MethoPlan is illustrated with industrial case studies, proving that design costs can be cut by approximately 90% in comparison to the designs predicted by conventional CAD systems.