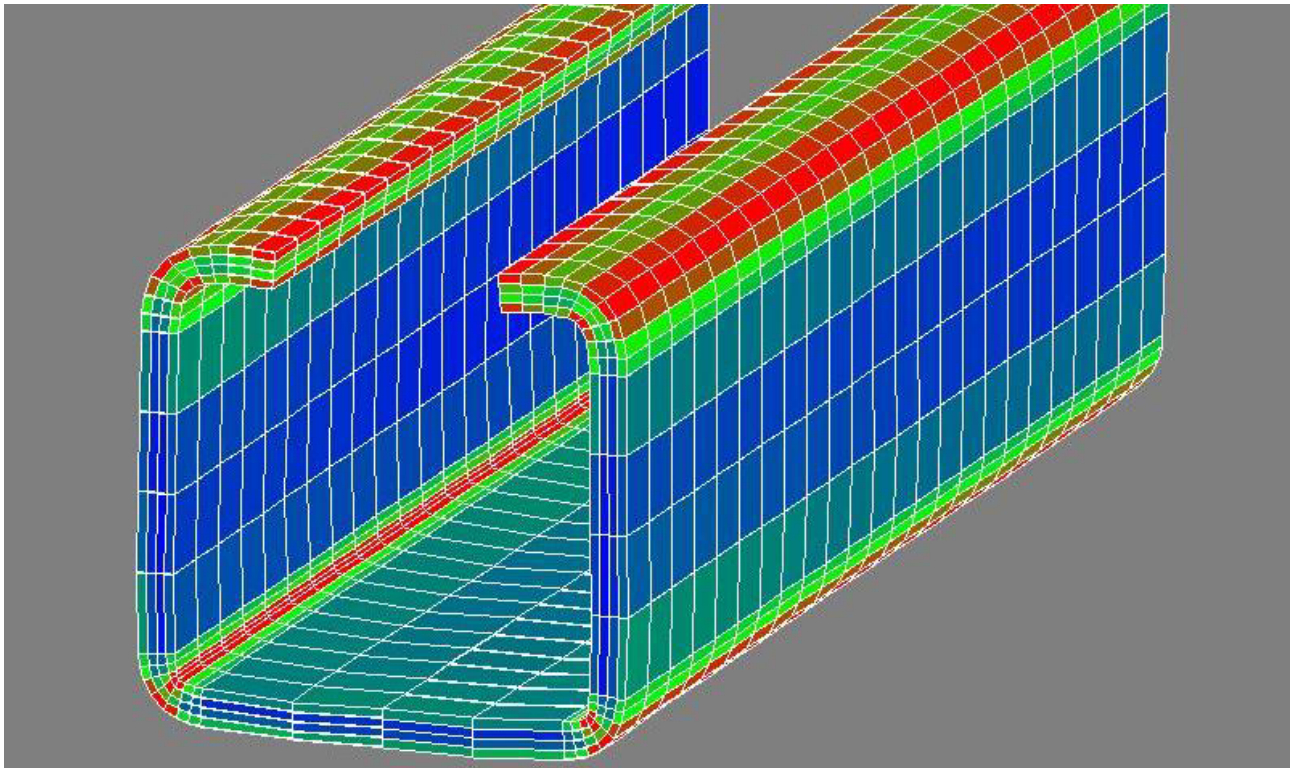




Qualitätssicherung bei der Profilrollen-Konstruktion

Dipl.-Ing. Roland Brandegger, UBEKO GmbH Iserlohn (aus: Blech Rohre Profile 50 (2003) 7, Bamberg, S. 66-69)

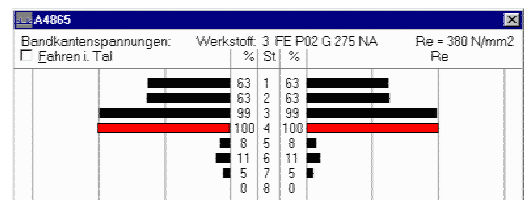
Um Rollensätze für Profiliermaschinen zu konstruieren, ist große Erfahrung und viel Fleißarbeit nötig. Bei der Fleißarbeit wie dem Berechnen und Zeichnen helfen heutzutage Softwaresysteme [1], so dass der Konstrukteur sich mehr auf seine eigentlichen Aufgaben wie das Entwerfen der Umformblume und der Rollenform konzentrieren kann. Die Erfahrung jedoch muss weiterhin in zeit- und kostenaufwendigen praktischen Versuchen gewonnen werden. Dabei hilft ein neues dreistufiges Konzept.

Walzprofilieren ist ein kontinuierliches Umformverfahren, bei dem das flache Band von einer Anzahl Walzgerüste schrittweise zum fertigen Profilquerschnitt verformt wird. Genau darin liegt auch das Problem: betrachtet man einzelne Punkte des Blechquerschnitts, so bewegen sich diese auf Raumkurven mit unterschiedlichen Kurvenlängen. Die Folge sind unterschiedliche Dehnungen und Spannungen im Material. Solange dies im elastischen Bereich geschieht, verschwinden die Dehnungen und Spannungen wieder, wenn das fertige Profil das letzte Walzgerüst verlassen hat und es entsteht die gewünschte Profilform. Problematisch wird es jedoch, wenn zwischen zwei Gerüsten die Streckgrenze des Materials überschritten wird. In diesem Fall entstehen bleibende Dehnungen und das örtlich "zuviel" an Material bewirkt unerwünschte Formabweichungen. Ist das Profil symmetrisch, beobachtet man häufig wellige Ränder. Bei unsymmetrischen Profilen kommt es oftmals zu Krümmungen oder Verdrehungen um die Längsachse. In allen Fällen ist zeit- und kostenintensive Nachbesserung der Rollenwerkzeuge erforderlich.

Stufe 1: Bandkantendeckung

Schon sehr früh suchte man nach Methoden, Spannungen und Dehnungen bereits in der Konstruktionsphase vorherzusagen. In einem ersten Ansatz wurde versucht, den geometrischen Verlauf der Bandkante als mathematische Funktion zu beschreiben und daraus Dehnung und Spannung abzuleiten [2]. Die Ergebnisse werden innerhalb des

Programms PROFIL in einem Balkendiagramm angezeigt. Dabei entspricht die Länge jedes Balkens der relativen Spannung bezogen auf die Streckgrenze zwischen zwei Umformgerüsten. Während der Optimierung der Profilblume

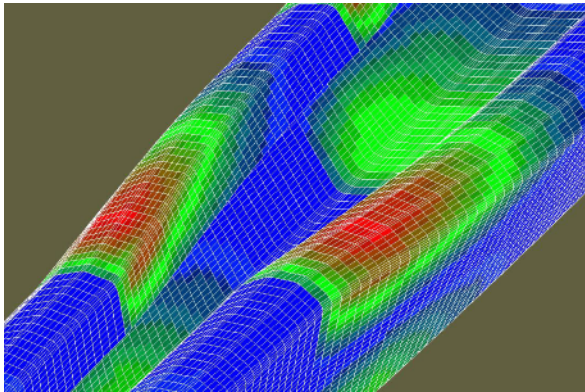


wird das Diagramm aktualisiert, so dass die Balkenlängen beim schrittweisen Verändern der Biegewinkel ständig beobachtet werden können. Die Methode ist seit langer Zeit bei den Konstrukteuren sehr beliebt, erlaubte sie doch erstmalig, die zu erwartenden Spannungen abzuschätzen und - wenn erforderlich - die Konstruktion gezielt abzuändern.

Stufe 2: Profil-Spannungs-Analyse

Anders arbeitet die Profil-Spannungs-Analyse (PSA): Die Oberfläche des Blechbands wird in kleine rechteckige Schalenelemente zerlegt. Die Elementgröße und damit die Genauigkeit der Berechnung kann vom Anwender frei gewählt werden, insbesondere können kritische Bereiche wie die Biegezononen feiner aufgelöst werden. Während des Durchlaufs durch die Profiliermaschine werden die Rechtecke zu allgemeinen Vierecken verformt. Aus der Änderung der Kantenlängen kann auf die voraussichtlichen Dehnungen und daraus auf die Spannungen geschlossen werden. Die auf die Streckgrenze des jeweiligen Materials bezogene Spannung wird in eine Farbe umgesetzt, die einer Farbskala zwischen blau (0%), grün (50%) und rot (100%) entnommen wird. Am dreidimensionalen Modell sind so kritische Bereiche an der roten Farbe der Schalenelemente erkennbar; mit Hilfe des Mauseisens kann man die Darstellung drehen, in die Zeichnung hineinzoomen und beliebige Ausschnitte anwählen. Bei PSA handelt es sich um ein in die Software PROFIL

integriertes Näherungsverfahren, das ohne FEM (Finite-Elemente-Methode) arbeitet und sehr schnell auf Knopfdruck auswertbare Ergebnisse liefert.

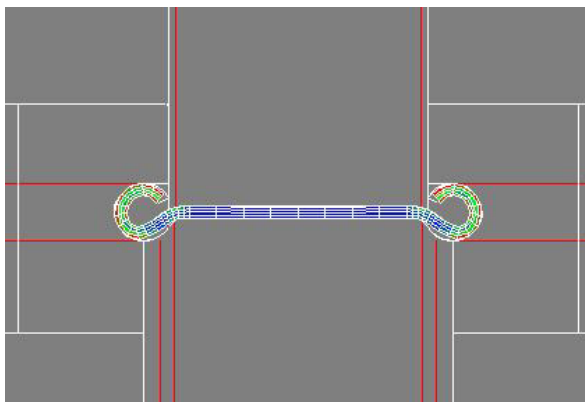


Gegenüber Stufe 1 (Bandkantendehnung) berechnet die Profil-Spannungs-Analyse die Längsspannungen nicht nur an der Bandkante, sondern im gesamten Profilquerschnitt. Das ist dann von Bedeutung, wenn die höchsten Spannungen nicht an der Bandkante auftreten, z.B. wenn umgefaltete Bandkanten hochgestellt werden.

Gegenüber Stufe 3 (FEM - Finite-Elemente-Methode) liefert die Profil-Spannungs-Analyse die Ergebnisse sehr schnell und kann daher während des Konstruktionsprozesses benutzt werden. Andererseits berechnet FEM mit wesentlich höherer Genauigkeit nicht nur alle Spannungen und Dehnungen, sondern auch die Profilform.

Stufe 3: Finite-Elemente-Methode

Die Finite-Elemente-Methode (FEM) bietet die Möglichkeit, durch die Simulation des Walzprofilierprozesses im Rechner sehr genaue Informationen über die Spannungsverhältnisse im Profil während des Durchlaufs durch die Maschine und nach Verlassen der Maschine sowie über die auftretenden Formabweichungen zu erhalten [3]. Dazu besitzt PROFIL eine Schnittstelle zum weit verbreiteten FEM-System ABAQUS/Explicit von ABAQUS Inc., Rhode Island USA.



Nachdem die Rollenkonturen festgelegt wurden, werden auf Knopfdruck die Input-Dateien für das FEM-System erzeugt, die das fertige Modell für die FEM-Simulation enthalten. Es wird das für das Blechbiegen optimale Schalenmodell benutzt; die Größe der Schalelemente kann vom Anwender je nach gewünschter Genauigkeit entweder generell oder individuell frei gewählt werden. Generell bedeutet: jeweils für flache oder gebogene Profilelemente getrennt lässt sich eine konstante Schalelementgröße festlegen. Individuell bedeutet: Für jedes Profilelement kann angegeben werden, in wieviele Schalelemente es zerlegt werden soll. Auf diese Weise können besonders interessierende Bereiche des Profilquerschnitts zwecks höherer Genauigkeit feiner aufgelöst werden. Die Materialeigenschaften werden durch Angabe der Fließkurve vorgegeben. Weiterhin lässt sich der Zeitschritt der Massenskalierung wählen, der wesentlich die Rechenzeit beeinflusst. Ein aus kleinster Elementkantenlänge und

Materialeigenschaften berechneter Eingabevorschlag hilft bei der Wahl.

Danach wird die FEM-Simulation gestartet. Dies sollte auf einem separaten leistungsfähigen Rechner erfolgen, da die Simulation je nach Komplexität des Profils und Anzahl Umformstufen zwischen einigen Stunden bis zu einigen Tagen dauern kann und dieser Vorgang nicht den Arbeitsplatz des Konstrukteurs blockieren sollte. Es wurde ein FEM-System gewählt, das explizit rechnet und damit das gerade bei dünnen Blechen häufig auftretende Beulen und Springen problemlos verarbeiten kann. Ein implizites Verfahren würde bei solchen Unstetigkeiten im Funktionsverlauf ohne besondere Maßnahmen abbrechen [4].

Als Ergebnis der Simulation erhält der Anwender zunächst die Profilform des fertigen Profils nach Verlassen des letzten Walzgerüsts (s. Titelbild). Diese Zeichnung lässt sich mit der Sollform vergleichen. Werden die zulässigen Toleranzen nicht eingehalten, können die einzelnen Zeitintervalle nacheinander durchgeschaltet und die Profilform innerhalb (s. Bild links unten) und zwischen den Walzgerüsten betrachtet werden. Farben geben Aufschluss darüber, an welchen Stellen innerhalb der Maschine zu hohe Spannungen aufgetreten und wo bleibende Dehnungen entstanden sind. Auf diese Weise ist es möglich, die Ursache für die Formabweichungen zu finden und den Rollensatz gezielt abzuändern.

Gegenüber Stufe 1 (Bandkantendehnung) und Stufe 2 (PSA - Profil-Spannungs-Analyse) liefert die Finite-Elemente-Simulation nicht nur äußerst präzise Informationen über Spannungen und Dehnungen, sondern kann auch die vom konstruierten Rollensatz erzeugte Profilform sehr genau voraussagen. Wegen der längeren Rechenzeit setzt man das Verfahren sinnvoll am Ende der Konstruktionsphase ein.

Zusammenfassung

Ziel des dreistufigen Konzepts zur Qualitätssicherung ist es, die bisher überwiegend auf Erfahrungswissen aufbauende Profilrollen-Konstruktion mehr zu systematisieren und dem Konstrukteur die Sicherheit zu geben, dass sein Rollensatz das gewünschte Profil mit den gewünschten Toleranzen produzieren kann. Alle 3 Stufen lassen sich in hervorragender Weise miteinander kombinieren, während Stufe 1 simultan bei der Konstruktion benutzt werden kann und grobe Näherungswerte lediglich an der Bandkante liefert, gibt Stufe 2 mehr Informationen und ist in kritischen Fällen auf Tastendruck aufrufbar. Stufe 3 schließlich gibt präzise Information, sollte aber wegen der erforderlichen Rechenzeit am Ende der Konstruktionsphase eingesetzt werden. Mit der erhöhten Sicherheit ist die Gefahr geringer, dass teure Rollensätze vergebens angefertigt werden oder aufwendig nachgebessert werden müssen.

Literatur:

- [1] Brandegger, R.: Effizientes und sicheres Konstruieren von Kaltwalzprofilen und Werkzeugen. MM Maschinenmarkt 104 (1998) 42, Würzburg, Seite 70-74.
- [2] Schmoeckel, D.; Damm, K.: Entwicklung und Erprobung einer Meßmethodik zur Kennwertermittlung beim Walzprofilieren für ein CAD-System. Projekt 150, Studiengesellschaft für Anwendungstechnik von Eisen und Stahl e.V., Düsseldorf 1989.
- [3] Schmoeckel, D.; Sitzmann, B.; Stricker, N.: Entwicklung und Erprobung eines Prozesssimulationsmodells zur verfahrensspezifischen CAD-Stufenfolgeplanung beim Walzprofilieren. Projekt 219, Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V. Düsseldorf, 1996.
- [4] Nagtegaal, J.C.; Taylor, L.M.: Comparison of Implicit and Explicit Finite Element Methods for Analysis of Sheet Forming Problems - Fundaments of calculation. Blech Rohre Profile 39 (1992) 4, Bamberg, S. 298-305.

UBECO GmbH

Baarstr. 121 • D-58636 Iserlohn • Germany
Tel.: +49-2371-97710 • FAX: +49-2371-45550
Internet: <http://www.ubeco.com> • E-Mail: info@ubeco.com