

✦ Simulation von Richtprozessen für Blechbänder

Biegerichten und Streckbiegerichten

Blechbänder mit Dicken im Bereich von wenigen Zehntel-Millimetern bis zu einigen Millimetern sind Halbzeuge mit vielfältigen Einsatzgebieten wie zum Beispiel der Fahrzeugindustrie oder dem Behälterbau.

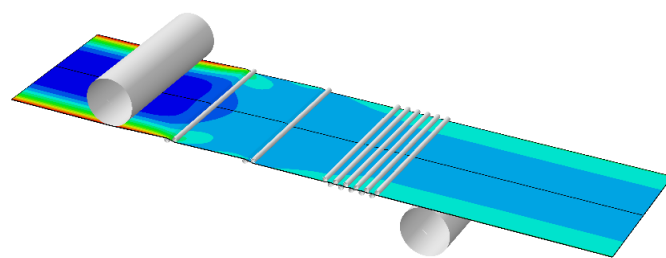
Für die Weiterverarbeitung müssen diese Blechbänder hohe Qualitätsanforderungen erfüllen. Gleichzeitig sind dünne Blechbänder anfällig auf Störungen, die während des Herstellungsprozesses eingebracht werden. Dazu zählen Eigenspannungsverteilungen, die zu einem Beulen des Bandes führen [Restwelligkeit] und Restkrümmungen in Längs- [Coil Set] bzw. Querrichtung [Cross Bow] verursachen können.

Daher müssen wellige und krümmungsbehaftete Blechbänder in Richtprozessen geglättet werden. Diese Richtprozesse basieren auf einer kontrollierten plastischen Streckung entweder des ganzen Querschnitts, z.B. beim Zugrecken, oder der Randfasern [beim Streckbiegerichten]. Die dabei stattfindenden plastischen Deformationsvorgänge sind sehr komplex und nur mit numerischen Methoden abzubilden. Die Methode der Finiten Elemente erlaubt die Untersuchung von Anlagen-Konfigurationen, für die ein Prototypen-Bau wegen der hohen Kosten für diese komplexen Anlagen unmöglich wäre.

Für die Simulation von Streckbiegericht-Anlagen hat CAE Simulation & Solutions einen eigenen Simulationsalgorithmus entwickelt, welcher den Materialtransport durch die Richtanlage abbilden kann, ohne das Finite-Elemente-Netz tatsächlich durch die Anlage bewegen zu müssen, siehe Abbildung 1. Damit können rasch

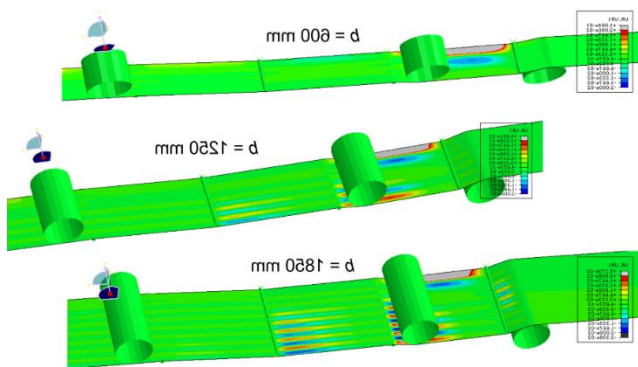
Vorhersagen darüber getroffen werden, welche Restwelligkeit und welche Restkrümmungen ein Band nach dem Durchlaufen der Anlage hat. Das Durchfahren von großen Streckgrad-Bereichen in einer einzigen Simulation ist kein Problem. Weiters können Netzfeinheiten verwendet werden, die Details wie ein hochwelliges Beulen des Bandes in der Richtanlage auflösen können.

Abbildung 1: Farbdarstellung der Längs-Membrankraft-Verteilung in einem dünnen Blechband beim Durchlaufen einer Streckbiegericht-Anlage. Am einlaufenden Band [links] ist eine Eigenspannungsverteilung zu erkennen, die einem mittenwelligen Band entspricht [Druckspannungen in der Bandmitte]. Die Spannungsverteilung nach dem Durchlaufen der zwei Richtrollen-Paare und einer Kassette mit elf Rollen ist deutlich ausgeglichener und entspricht damit einer reduzierten Restwelligkeit.



Da die Rechenzeiten für Einzelanalysen deutlich geringer sind als bei herkömmlichen Simulationen, bei denen das Finite-Elemente-Netz tatsächlich durch das Modell der Richtanlage gezogen wird, können detaillierte Parameterstudien durchgeführt werden. In Abbildung 2 wird zum Beispiel gezeigt, wie eine Erhöhung der Bandbreite zu einer höheren Beulneigung in der Anlage führt, da mit steigender Bandbreite Druckspannungen in Querrichtung vor den Richtrollen zunehmen.

Abbildung 2: Der von CAE Simulation & Solutions entwickelte Simulationsalgorithmus für Streckbiegericht-Prozesse erlaubt die Verwendung von feinen Netzen, die sogar ein hochwelliges Beulen des Bandes in der Richtanlage vorhersagen können. Dieses Beulen wird unter anderem von Querdruckspannungen ausgelöst, die mit steigender Bandbreite zunehmen, wie die drei Beispiele in dieser Abbildung demonstrieren.



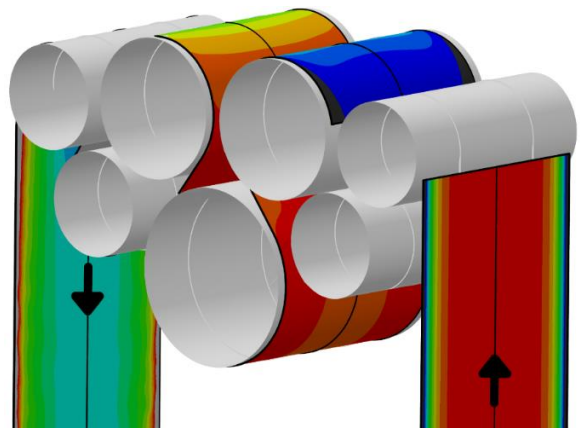
Zugrecken

Im Gegensatz zum Streckbiege-Richten ist das Zugrecken ein Verfahren, welches ein Plastizieren durch Aufbringen einer genügend hohen Membran-Zugspannung bewirkt. Dabei kommen relativ große Rollen zum Einsatz, und eine genaue Auflösung der lokalen Reibungsverhältnisse ist notwendig.

Da hier die Anforderungen an die Netzfeinheit geringer sind, können auch herkömmliche Durchzugssimulationen zum Einsatz gebracht werden, wobei auch hier durch eine geeignete Modellbildung die Effizienz gesteigert werden kann. Bei CAE Simulation & Solutions kommen problemspezifisch entwickelte eigene Preprozessoren zum Einsatz, die Durchzugs-Modelle automatisch so aufsetzen, dass nur der Bewertungsbereich mit Schalenelementen aufgelöst wird, und Abschnitte, die nur zum Durchzug dieses Bereiches dienen, mit einfacheren Elementen.

Abbildung 3 zeigt ein solches Zugreck-Simulationsmodell. Der voll ausmodellierte Bewertungsbereich wird hierbei beim Einlauf, beim Auslauf, sowie in einer mittleren Stellung abgebildet. Durch die Darstellung der Längsmembrankraft-Verteilungen in den jeweiligen Bandpositionen kann die Vergleichmäßigung der Längsspannung während des Durchlaufs durch die Anlage verdeutlicht werden. Die Spannungsdifferenz zwischen Bandmitte und Bandrand nimmt deutlich sichtbar ab.

Abbildung 3: Längsmembrankraft-Verteilungen in einem Finite-Elemente-Modell eines Zugreck-Richtprozesses. Der durchlaufende Elementstreifen ist hier in drei Positionen dargestellt: Rechts als einlaufendes Band, in einer mittigen Position und links als auslaufendes Band. Die farblich dargestellte Längskraft-Verteilung wird während des Durchlaufs vergleichmäßigt.



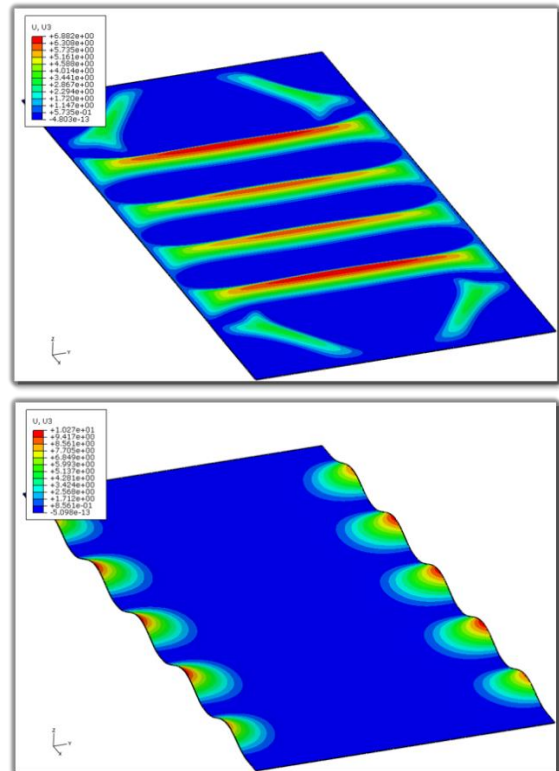
Messtischanalysen und Darstellung des Prozessergebnisses

Neben der Simulation des eigentlichen Richtprozesses kommt auch der simulationstechnischen Qualitätskontrolle des Endprodukts eine wichtige Rolle zu. Diese wird mit Messtisch-Analysen bewerkstelligt, in denen die resultierende Restspannungsverteilung aus der Richtanalyse auf ein ebenes Bandmodell übertragen wird, welches danach virtuell auf eine

horizontale, glatte Oberfläche, die den Messtisch repräsentiert, abgelegt wird. Das Band will eventuell vorliegende lokale Druckspannungen durch Ausbeulen abbauen, und arbeitet dabei tendenziell gegen den Einfluss der Schwerkraft, die das Band auf der Messtisch-Oberfläche flachdrücken will.

Welcher der beiden Effekte dominiert, lässt sich mit geeigneten Finite-Element-Simulationen vorhersagen, wie die beiden Beispiele in Abbildung 4 demonstrieren. Hierin wird links ein typisches mittenwelliges Band und rechts ein randwelliges Band nach dem Ablegen auf einem Messtisch gezeigt.

Abbildung 4: Druck-Eigenstressungen können zum lokalen Beulen eines abgelegten Bandes führen. Mit Messtisch-Analysen kann die Wellenlänge und die Beulenhöhe für ein Band mit einer gegebenen Eigenspannungs- und Restkrümmungs-Verteilung vorhergesagt werden. Die linke Abbildung zeigt die Vertikalverschiebungen eines typischen mittelwelligen Bandes und die rechte die eines randwelligen, auf einem virtuellen Messtisch abgelegten Bandes. Die Vertikaldeformationen sind zehnfach überzeichnet.



Eine Übertragung der Ergebnisse aus diesen Messtisch-Analysen in z.B. ein *Ray-Tracing*-Programm erlaubt zusätzlich zur Berechnung der Restwelligkeit [*I-Units*] eine Beurteilung des optischen Eindrucks, welchen das wellige Band auf dem Messtisch machen würde, siehe z.B.: das hochwellige Längsbeulmuster in Abbildung 5.

Abbildung 5: Eine geeignete Übertragung der Ergebnisse aus einer Messtisch-Analyse in ein Raytracing-Programm erlaubt eine Vorhersage des optischen Eindrucks, den ein gewelltes Band auf dem Messtisch machen wird. In diesem Beispiel wird ein hochwelliges Längsbeulmuster in der Bandmitte erkennbar gemacht.

