



Diplomand
Dozent
Projektpartner
Experte
Themengebiet

Von Burg Dominic
Prof. Baumann Ralf
Fatzer AG
Dipl. Ing. ETH Bucher Beat
Produktentwicklung & Mechatronik

Nichtlineare Finite-Elemente-Analyse zur Vorformung von Z-Drähten

Ausgangslage

Die Fatzer AG stellt in Romanshorn Drahtseile für Seilbahnen, Seilbau und Spezialanwendungen im Bergbau her. Eine spezielle Gruppe unter den hergestellten Seilen bilden die sogenannten vollverschlossenen Seile (Abb. 1). Diese werden im Wechselschlag mit mehreren Runddrahtlagen und einer oder mehreren Z-Drahtlagen produziert. Um zu verhindern, dass die Drähte im Seilverbund eine zu hohe Eigenspannung aufweisen, werden die Z-Drähte vor dem Verseilen zu einer Helix vorgeformt. Dies geschieht, indem die Drähte durch zwei Rollenpaare gezogen und dabei verdreht und gekrümmt werden. Die Rollenpaare können horizontal sowie vertikal zueinander verschoben und zudem um die Längsachse des Drahtes herum rotiert werden. Über diese drei Parameter kann die Form der Helix beeinflusst werden. Diese wird über die Länge einer Windung und den Durchmesser definiert. Da auch äussere Faktoren wie beispielsweise die Festigkeit des Drahtes die Verformung beeinflussen ist es schwierig, die gewünschte Helix Form mit der gewünschten Reproduzierbarkeit zu fertigen. Um das Zusammenspiel der verschiedenen Parameter besser zu verstehen, soll versucht werden die beschriebene Verformung mit einer FEM-Simulation abzubilden.

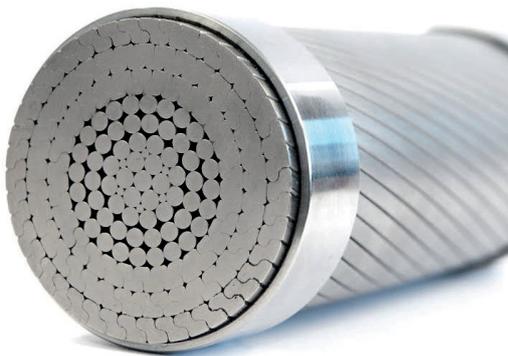


Abb. 1: Vollverschlossenes Spiralseil (Quelle: Fatzer AG)

Vorgehen

Es wird zur Simulation des Vorformungsprozesses ein nicht-lineares, statisch-mechanisches FEM-Modell erstellt. Durch die Idealisierung als quasi-statisches Problem werden dynamische Effekte vernachlässigt. Es kann dafür ein impliziter Solver verwendet werden, welcher sich für die genaue Berechnung der Spannungen und Verformungen insbesondere nach der Rückfederung besser eignet. Es zeigt sich, dass die Simulation des Prozesses sehr sensitiv auf verschiedene Parameter reagiert. Als besonders relevant erweist sich die Beschreibung der Materialeigenschaften, weshalb diese die höchste Aufmerksamkeit bekommt. Die Auswertung der

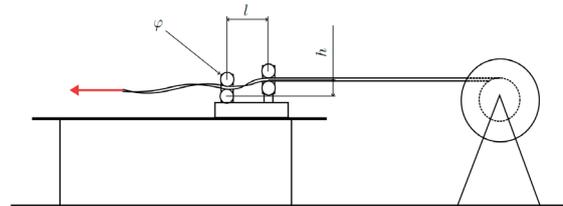


Abb. 2: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus

ersten Simulationsversuche zeigt, dass es während der Umformung im Draht im Wechsel zu Zug- und Druckspannungen kommt. Daher wird ein multilineares, kinematisches Verfestigungsmodell verwendet. Zur Definition der Materialkurve für die multilineare Verfestigung werden Zugversuche an den Z-Drähten durchgeführt. Zur Validierung der Simulation werden die Ergebnisse von acht Konfigurationen der Einstellparameter mit real vorgeformten Drähten verglichen. Diese Drähte werden auf einem Versuchsaufbau verformt, wodurch die Verformung isoliert vom Rest der Verseilung untersucht werden kann (Abb. 2).

Ergebnis

Es konnte gezeigt werden, dass es grundsätzlich möglich ist, die Vorformung der Z-Drähte mit einer FEM-Simulation abzubilden (Abb. 3). Die hohe Sensitivität des Prozesses erschwert eine genaue Validierung der Resultate. Die durchschnittliche Abweichung der Versuche bezogen auf die Simulation beträgt 11.9 % für die Länge und 6.1 % für den Durchmesser der Helix. Für einzelne Konfigurationen beträgt die Abweichung allerdings rund das Zweifache dieser Werte.

Aufgrund der Komplexität der Umformung der Z-Drähte mussten einige Vereinfachungen gemacht und Annahmen getroffen werden. So wurde beispielsweise der Initialzustand des Drahtes vereinfachend als mechanisch isotrop, unverformt und spannungsfrei betrachtet. Daraus ergeben sich interessante Fragestellungen für weitere Arbeiten. Mit den Erkenntnissen aus dieser Arbeit wurde dafür eine gute Grundlage geschaffen.

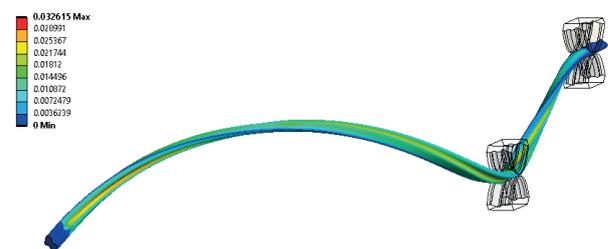


Abb. 3: FEM-Simulation der Vorformung