

ACCM

Austrian Center of Competence in Mechatronics

Programm: COMET – Competence Centers for Excellent Technologies

Programmlinie: K2-Zentren

Optimization/Control of Inelastic Constitutive Processes, 01/2013 – 12/2017, multi-firm

Effizienz- und Qualitätssteigerung in der Stahlerzeugung

Die Stahlerzeugung, eine sehr wettbewerbsintensive Industriesparte, stellt wegen der Globalisierung und aufgrund strenger ökologischer Auflagen hohe Ansprüche an Effizienz und Produktgüte. Das vorrangige Ziel dieses Projekts betrifft die Entwicklung neuer Regelungsstrategien beim Warmwalzen zur Ausschussreduktion und Sicherung einer hohen Bandqualität. Derzeit beinhaltet das Projekt eine speziell angepasste Finite-Elemente-Simulation, sowie neue, mittels der Simulation und Feldtest erprobte, Algorithmen zum Bandeinlauf. Damit konnte bei einer Referenzanlage der Ausschuss von 5.8 auf 3.9 Prozent gesenkt werden.

Der physikalische Prozess

Während des Fertigungsprozesses wird beim Warmwalzen ein Stahlband auf ca. 1000° C erhitzt und durch sechs bis acht aufeinanderfolgende Walzgerüste auf die gewünschte Dicke reduziert. Wegen nicht erfassbarer störender Einflüsse, wie etwa Unregelmäßigkeiten im Dicken- oder Temperaturprofil des einlaufenden Bandes, weicht der Bandlauf vom gewünschten ab, wodurch die Produktionsqualität gemindert oder die Anlage beschädigt werden kann. Die finanziellen Konsequenzen umfassen unbrauchbar geschädigte Bänder bzw. hohe Kosten durch Produktionsstillstand. Um dies zu verhindern, und gleichzeitig die Bandqualität zu steigern, ist die Stahlindustrie an der Erforschung und am Einsatz neuer Regelungsstrategien interessiert.

Zwei der bekanntesten störenden Effekte sind Säbel und Schi. Man spricht vom Säbel, wenn das Band eine seitliche Krümmung zeigt, aber im Gegensatz zum Schi in der Walzebene bleibt, siehe Abb. 1. Um dennoch einen mittigen Einlauf des Bandkopfes beim nächsten Walzspalt

zu gewährleisten wird die Walzkraftverteilung am vorherigen Gerüst geändert. Das Schwenken der Walzen wird hier durch eine asymmetrische Anstellung der hydraulischen Zylinder bewirkt, wodurch eine weitere Ausbreitung des Bandsäbels verhindert, bzw. der Bandkopf wieder in Richtung Straßenmitte gesteuert wird.

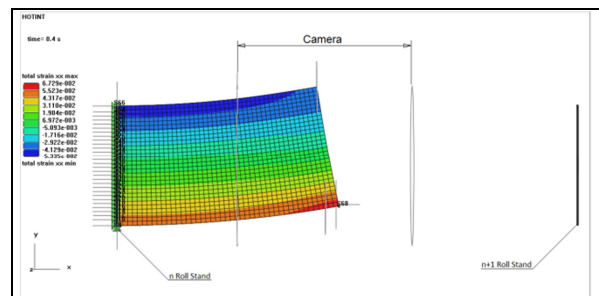


Abb. 1: Säbelbildung des Metallbandes

Eine der größten Komplikationen ist, dass das Schwenken das Bandprofil verändert und so Störungen für das Einfädeln in alle folgenden Gerüste erzeugt. Dadurch wird aus einem scheinbar einfachen Problem ein sehr komplexes.



FEM Simulationsmodell als Basis für Erprobung von Reglern

Während der letzten fünf Jahre wurden im Rahmen eines K2-Projektes vom LCM zusammen mit dem Industriepartner Primetals Technologies Germany und dem Institut für Regelungstechnik und Prozessautomatisierung der Johannes Kepler Universität Linz neue Regelungsstrategien zu diesem Thema entwickelt und erprobt. Theoretische Untersuchungen wurden durch umfangreiche Simulationsstudien basierend auf der Finiten Elemente Methode (FEM) abgesichert.

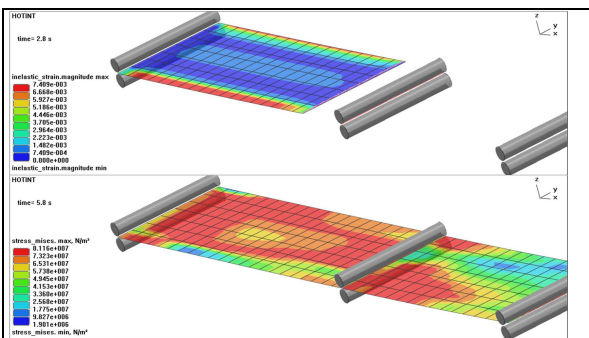


Abb. 2: Geregelte FEM-Simulation: Norm der plastischen Verzerrung (oben) und von Mises Spannung (unten).

Dies erlaubt autonom die Untersuchung der Walzstraße, sowie die Implementierung einfacher Regelungen. Für komplexe Algorithmen kommt die Methode der Co-Simulation mit MATLAB/Simulink zum Einsatz. Dadurch können auf sehr komfortable Weise Messdaten nicht nur in MATLAB/Simulink, sondern auch in das FEM Modell eingespeist werden. Die echtzeittauglichen Programme der Regelungsalgorithmen können mittels automatischer Codegenerierung für das Automatisierungsgerät angepasst generiert werden.



Die Wahl der Regelungsstrategie

Zum Zwecke der Reglersynthese wurde ein einfaches kinematisches Modell, bestehend aus gewöhnlichen Differentialgleichungen, entwickelt. Die Regelungen werden letztlich am komplexen FEM Modell erprobt.

Die Reglersynthese wird sowohl durch grundsätzliche technische Beschränkungen, als auch durch strategische Überlegungen erschwert. Zu ersteren gehören Beschränkungen des Schwenkwinkels und dessen Geschwindigkeit, aber auch die Breite der Straße. Für letzteres sind insbesondere sehr moderate Stelleingriffe günstig, um eine hohe Bandqualität zu garantieren. Aus Sicht der Regelungstechnik handelt es sich hier um ein Problem aus der Theorie optimaler Systeme mit Stell- und Zustandsgrößenbeschränkungen. Nach Vergleich verschiedener

Methoden hat sich die modellprädiktive Regelung (MPC) als am geeignetsten erwiesen.

Obwohl schon seit Jahren MPC erfolgreich in industriellen Problemen angewendet wird, so ist sie meist doch tendenziell für langsamere Prozesse im industriellen Einsatz, deren typische Zeitskalen im Bereich von Minuten oder sogar Stunden liegt. Im Vergleich dazu hat die Einlaufregelung nur ca. fünf Sekunden beim zweiten Gerüst und noch weniger bei den folgenden zur Verfügung. Alle 20 Millisekunden erzeugt die Kamera ein Bild, der Regler läuft mit der gleichen Taktrate. Diese zeitlichen Vorgaben stellen die wesentlichen Herausforderungen für die Implementierung dar. Hinzu kommen prinzipielle Messfehler, der beschränkte Kamerabereich, aber auch der kurzfristige Totalausfall der Messung durch Dampfbildung. Aus diesem Grund stellt auch der Einsatz von Schätzern, basierend auf dem zuvor erwähnten vereinfachten kinematischen Modell, einen wesentlichen Teil des Regelungskonzepts dar.



Wirkungen und Effekte

Der Erfolgsstatus kann wohl am besten anhand der Ausschussrate einer realen Anlage ausgedrückt werden. Es konnte bei kombinierter Anwendung der hier beschriebenen Einlaufregelung und einer seitens des Industriepartners neu entwickelten Steuerung der ursprüngliche Wert von 5,8 Prozent auf 3,9 Prozent reduziert werden. Zusätzlich konnte durch den Einsatz der modellprädiktiven Einlaufregelung die Bandqualität entscheidend verbessert werden.

Weitere Informationen zu COMET – Competence Centers for Excellent Technologies: www.ffg.at/comet

Diese Success Story wurde von der Konsortialführung/der Zentrumsleitung zur Verfügung gestellt und zur Veröffentlichung auf der FFG-Website freigegeben. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die FFG keine Haftung.

Kontakt und Informationen

K2-Zentrum, ACCM
Linz Center of Mechatronics GmbH
Altenberger Straße 69, A-4040 Linz
T +43 (0) 732 2468-6002
E office@lcm.at, www.lcm.at

Projektkoordination

Prof. Dr. Kurt Schlacher
Dr. Peter Gruber
Assoz.-Prof. Dr. Markus Schöberl
Dr. Manfred Nader

Projektpartner

Organisation	Land
Institut für Regelungstechnik und Prozessautomatisierung, Johannes Kepler Universität Linz	Österreich
Primetals Technologies Germany	Deutschland

Weitere Informationen zu COMET – Competence Centers for Excellent Technologies: www.ffg.at/comet

Diese Success Story wurde von der Konsortialführung/der Zentrumsleitung zur Verfügung gestellt und zur Veröffentlichung auf der FFG-Website freigegeben. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die FFG keine Haftung.