

Flachheits- und datenbasierte Vorsteuerungsstrategie zur Kompensation von Geschwindigkeitseinbrüchen bei Walzprozessen

Johannes Reinhard†, Klaus Löhe‡, Knut Graichen†

†Lehrstuhl für Regelungstechnik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen Nürnberg, Cauerstr. 7, D-91058 Erlangen, Tel: ++49 9131/85-27144, E-Mail: johannes.reinhard@fau.de

‡Primetals Technologies Germany GmbH, Bunsenstraße 43, D-91058 Erlangen, E-Mail: klaus.loeh@primetals.com

Eine zentrale Prozessgröße beim Walzen ist die Umfangsgeschwindigkeit der Walzen. Diese muss mit hoher Genauigkeit die gewünschte Geschwindigkeit einhalten und das Walzlastdrehmoment zur Verfügung stellen. Die Walzen werden über den Antriebsstrang, bestehend aus Spindeln und Getriebe, von elektrischen Antrieben betrieben und weißt oftmals mechanische Eigenschwingungen auf. Neben dem Führungsverhalten der Regelung, ist insbesondere das Störverhalten beim sogenannten Anstich kritisch: Dabei tritt ein erheblicher Lastwechsel auf, da das Walzgut in den Walzspalt eingeführt wird und die Walzen sprungartig stark belastet werden. Der resultierende Geschwindigkeitseinbruch der Walzen beim Anstich beeinflusst maßgeblich die Stabilität des Walzprozesses sowie die Qualität des Endprodukts.

In der Praxis reicht die Dynamik konventioneller Drehzahlregler aufgrund des oben erwähnten Antriebsstrangs nicht aus, um diesen Störungseinfluss wirksam zu kompensieren [1, 2]. Ein verbreiteter Lösungsansatz in der Praxis besteht darin, die Sollgeschwindigkeit der Antriebe vor dem Anstich zu erhöhen, um die Amplitude des Geschwindigkeitseinbruchs zu verringern. Dieser Ansatz zeigt bereits positive Effekte, erfolgt jedoch meist heuristisch und adressiert nicht die eigentliche Ursache der Störung. Infolgedessen treten weiterhin Schwingungen und Geschwindigkeitsabweichungen im Antriebsstrang auf, die vollständig vom Regler kompensiert werden müssen [1, 2].

Um den Geschwindigkeitseinbruch und die damit einhergehenden Störungen zu kompensieren, wird im Vortrag ein neuartiger Ansatz vorgestellt. Die Grundidee besteht darin, eine modellbasierte Vorsteuerungsstrategie zu entwickeln, die den Antriebsstrang und die Walzen so beschleunigt, dass das erzeugte Beschleunigungsmoment und die Zielgeschwindigkeit der Walzen zum Anstichzeitpunkt dem erwarteten Walzlastmoment entspricht. Das Vorsteuerungsdesign nutzt die differenzielle Flachheit der Antriebsstrangdynamik aus und erlaubt damit eine exakte Planung für die Systemzustände und Stellgrößen. Die Randbedingungen der geplanten Trajektorie, die einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität der Trajektorie haben, werden mittels eines modellbasierten Optimierungsproblems online ermittelt. Im Vortrag wird die Wirksamkeit des Verfahrens durch umfangreiche experimentelle Ergebnisse für ein Gerüst der Fertigstraße einer industriellen Warmbandwalzanlage nachgewiesen [3].

Der neue Ansatz zeigt im Vergleich zu den bisherigen Verfahren erhebliche Verbesserungen bei der Reduktion des Geschwindigkeitseinbruchs und der resultierenden Schwingungen im Antriebsstrang. Es bestehen jedoch zusätzliche Herausforderungen, da unterschiedliche Gerüsttypen, wie das Vorgerüst und mehrere Fertigerüste, sowie schwer modellierbare und teils unbekannte Prozessparameter die Wirksamkeit der Methode beeinflussen. Im Vortrag wird daher eine datengestützte Erweiterung des Ansatzes vorgestellt. Dabei erfolgt zunächst eine adaptive Parametrierung der Vorsteuerung, gefolgt von einer

Bayes'schen Optimierung zur Bestimmung optimaler Parameter während des Betriebs. Die Wirksamkeit des erweiterten Verfahrens wurde ebenfalls umfangreich experimentell validiert auf allen Walzgerüsten einer Warmbandwalzanlage [4].

Literatur

- [1] A. Scaglia and G. Melandri, "Impact speed drop compensation procedure for a new layout wire rod mill," in *Proceedings of the Annual Conference of the Industrial Electronics Society*, 2002, pp. 573–578.
- [2] M. Mahfouf, Y. Yang, M. A. Gama, and D. A. Linkens, "Roll speed and roll gap control with neural network compensation," *ISIJ International*, vol. 45, no. 6, pp. 841–850, 2005.
- [3] J. Reinhard, K. Löhe, N. Petrasch, S. Kallabis, and K. Graichen, "Dynamic compensation of the threading speed drop in rolling processes," *Journal of Process Control*, vol. 137, May 2024,
- [4] J. Reinhard, K. Löhe, S. Kallabis, and K. Graichen, "Dynamic Compensation of the Threading Speed Drop in Rolling Processes: Bayesian Optimization of the Roughing and Finishing Mill, " *Journal of Process Control* (eingereicht), Preprint verfügbar: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5281284