

Modellierung der Rauheitsübertragung beim Dressierwalzen von verzinkten Stahlbändern mittels Verteilungsdichten der Oberflächenhöhen

N. Fischer[†], A. Steinboeck[†]

[†]Christian Doppler Laboratory for Intelligent Process Control for High-Quality Steel Products, Automation and Control Institute (ACIN), TU Wien, Austria
e-mail: {fischer,steinboeck}@acin.tuwien.ac.at

Die Hauptziele des Dressierwalzens sind das Einstellen einer definierten Rauheit der Bandoberfläche sowie die Streckung und Verbesserung der Ebenheit des Metallbandes. Bei verzinkten Oberflächen von Stahlbändern ist der arithmetische Mittenrauwert R_a ein wesentliches Qualitätsmerkmal, das innerhalb enger Toleranzen liegen muss. Die Oberflächenrauheit beeinflusst maßgeblich die Haftung von Ölen und Beschichtungen sowie die Reibung in nachgelagerten Umformprozessen wie dem Tiefziehen. In einem Dressierwalzgerüst (Abb. 1a) wird die Walzkraft P über zwei Arbeitswalzen auf das Band aufgebracht, wobei zwei Stützwalzen der Durchbiegung der Arbeitswalzen entgegenwirken. Die Oberfläche der Arbeitswalzen ist definiert texturiert (z.B. durch funkenerosives Texturieren) und wird durch die verteilte Walzkraft in die weichere Zinkbeschichtung des Bandes eingeprägt (Abb. 1b). Die resultierende Oberflächentopografie hängt von der initialen Bandoberfläche, der Oberfläche der Arbeitswalze und dem Übertragungsverhalten zwischen diesen ab. Durch Verschleiß verändern die Arbeitswalzen ihre Oberflächeneigenschaften und müssen regelmäßig neu texturiert werden. Für die Regelung der Bandrauheit innerhalb enger Grenzen ist eine genaue Modellierung des Walzenverschleißes sowie des Rauheitsübertragungsverhaltens erforderlich.

Zur Quantifizierung der Rauheit werden aus dem Höhenprofil $z(y)$ aggregierte statistische Kenngrößen wie der arithmetische Mittenrauwert R_a ausgerechnet. Bestehende Modelle für Walzenverschleiß und Rauheitsübertragung verwenden entweder rechnerisch aufwendige Finite-Elemente-Methoden [1], die für Echtzeitanwendungen ungeeignet sind, oder einfacher implementierbare momentenbasierte Ansätze [2], die jedoch den Großteil der Oberflächeninformation verwerfen. Bestehenden Modelle können daher den betrachteten Rauheitsübertragungsprozess weder mit ausreichender Genauigkeit noch innerhalb der verfügbaren Rechenzeit abbilden.

In der vorliegenden Arbeit wird eine neue Modellierungsmethode der Rauheit von be-

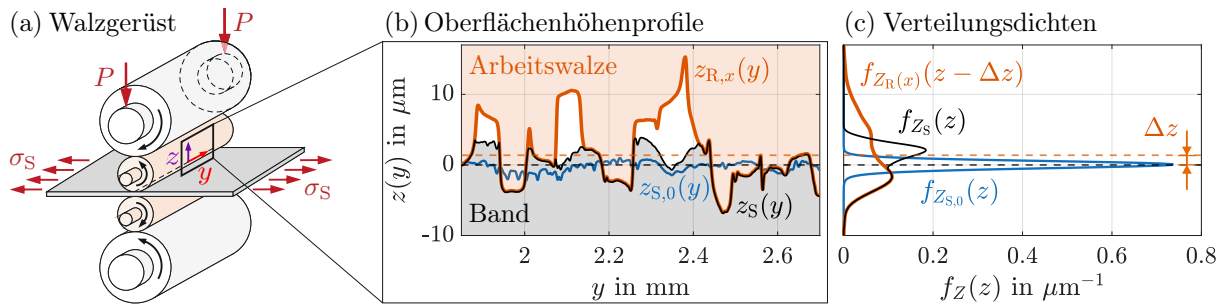


Abbildung 1: (a) Dressierwalzgerüst mit aufgebrachter Walzkraft P und Bandzug σ_S ; (b) beispielhafte Oberflächenhöhenprofile der verschlissenen Arbeitswalze $z_{R,x}$, des ungewalzten Bandes $z_{S,0}$ und des gewalzten Bandes z_S ; (c) zugehörige Verteilungsdichten und Abstand zwischen der mittleren Walzen- und Bandoberfläche Δz .

schichteten Stahlbändern vorgestellt, bei der die wesentlichen Oberflächeninformationen in Form von Verteilungsdichten der Oberflächenhöhen erhalten bleiben. Die Oberflächenhöhen von Walze und Band werden als Zufallsvariablen Z_R und Z_S modelliert. Das Walzenverschleißmodell wird als nichtlineare Transformation $Z_R(x) = g_1(Z_{R,0}, x)$ formuliert, welche unter Berücksichtigung der bisher gewalzten Länge x die anfängliche Oberflächenhöhe $Z_{R,0}$ der Arbeitswalze auf ihre aktuelle Oberflächenhöhe $Z_R(x)$ abbildet. Eine zweite nichtlineare Transformation $Z_S = g_2(Z_{S,0}, Z_R(x), \Delta z)$ bildet die initiale Oberflächenhöhe $Z_{S,0}$ des Bandes auf dessen Oberflächenhöhe Z_S nach dem Walzen ab. Die Zufallsvariable $Z_{S,0}$ wird von der bekannten Zinkauflagemenge beeinflusst. Die Transformation g_2 hängt von der aktuellen Walzenoberflächen $Z_R(x)$ sowie dem Abstand Δz zwischen Walze und Bandoberfläche ab (siehe Abb. 1b). Die resultierenden Zufallsvariablen $Z_R(x)$ und Z_S werden jeweils durch die Verteilungsdichten $f_{Z_R(x)}(z)$ und $f_{Z_S}(z)$ charakterisiert (siehe Abb. 1c für die in Abb. 1b dargestellten Höhenprofile). Für die Modellidentifikation und Validierung werden diese Verteilungsdichten mit Messwerten verglichen.

Walzenverschleißmodell: Zur Entwicklung des Walzenverschleißmodells wurde die Verteilungsdichte $f_{Z_R(x)}(z)$ der Oberflächenhöhe von Arbeitswalzen bei definierten gewalzten Längen x wiederholt gemessen. Es wurden zwei für die Entwicklung von $f_{Z_R(x)}(z)$ relevante Mechanismen identifiziert: (a) Abrieb der Walzenoberfläche infolge des periodischen Kontakts mit der Stützwalze und (b) Zinkanhaftung an der Walzenoberfläche. Es wurde ein Walzenverschleißmodell entwickelt, das beide Mechanismen berücksichtigt, die Entwicklung von $f_{Z_R(x)}(z)$ als Funktion von x vorhersagt und gute Übereinstimmung mit Messdaten zeigt (siehe [3]).

Rauheitsübertragungsmodell: Die Übertragung der Oberflächentopografie der Arbeitswalze auf die Bandoberfläche hängt wesentlich vom lokalen Spannungszustand im Band ab während dieses von den Arbeitswalzen zusammengedrückt wird. Dieser Spannungszustand hängt von der Walzkraft P , dem Bandzug σ_S , der Banddicke, der Dehngrenze des Bandmaterials sowie den Reibungsbedingungen zwischen Band- und Walzenoberfläche ab. Mit zunehmender Walzkraft P dringt die Walzenoberfläche tiefer in die Bandoberfläche ein, sodass der Abstand Δz abnimmt. Dabei führt die plastische Verformung des Bandes dazu, dass Zink innerhalb der Beschichtung in Bereiche ohne Kontakt mit der Arbeitswalze fließt und dort Aufwölbungen bildet. Die resultierende bimodale Verteilungsdichte ist als schwarze Linie in Abb. 1c dargestellt. Mit dieser detaillierten statistischen Erfassung des Rauheitsübertragungsverhaltens erweitert das vorgestellte Modell den aktuellen Stand der Technik.

Literatur

- [1] Wu, C.; Zhang, L.; Qu, P.; Li, S.; Jiang, Z.; Li, W.: Surface texture transfer in skin-pass rolling with the effect of roll surface wear, *Wear*, Jg. 476, 203764, 2021.
- [2] Schulte, C.; Li, X.; Abel, D.; Gerhard, H.: Model-based control of the strip roughness in cold rolling, *IFAC-PapersOnLine*, Jg. 54, S. 109–114, 2021.
- [3] Fischer, N.; Kugi, A.; Steinboeck, A.: Empirical roll wear model to predict changes of the roll surface height distribution in a temper rolling process, *IFAC-PapersOnLine*, Jg. 59, S. 48–53, 2025.