

Verbesserungen der Ebenheit von Grobblechen durch Ebenheitsvorhersage und Produktionsoptimierung

Improvements at heavy plate leveller by coupling a model to a flatness gauge

Laurent Bodini, Olaf Ehrich und Michael Krauhausen

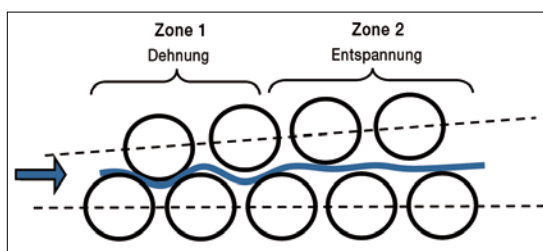
Das Profit Center Grobblech von ThyssenKrupp Steel modernisierte die Richtmaschine in der Scherenlinie des Quarto-Walzwerkes. Das Richtaggregat wurde mit einer Ebenheitsmessanlage und einem mathematischen Online-Modell ausgestattet, um die Qualität der Bleche nachhaltig zu sichern und die Nacharbeit so gering wie möglich zu halten. Das neue Richtmodell berechnet aus den Daten der Ebenheitsmessanlage die Vorgaben für den zweiten und dritten Stich. Vorgestellt werden die Grundlagen des Richtverfahrens, die Vorteile dieses Lösungsansatzes und die Auswirkungen auf Produktion und Bedienpersonal.

ThyssenKrupp Steel Heavy Plate Profit Centre decided to revamp its existing cold leveller. The main items of this revamp were the instrumentation of the main hydraulic cylinders, level 1 control of these cylinders, levelling Model Plane and a flatness gauge. ThyssenKrupp selected an on-line mathematical leveller model coupled to a flatness gauge in order to improve product quality, increase productivity and reduce rework. This article presents the principles of the levelling process, the advantages of this kind of solution and the impacts on production and operators.

Das Profit Center Grobblech von ThyssenKrupp Steel gehört zu den weltweit führenden Herstellern von vergüteten, hochfesten und verschleißfesten Grobblechen. Es produziert jährlich ca. 1 Mio. t Quarto- und Bandbleche von 4 bis 125 mm Dicke in Gewichten bis 14 t.

Verfahrensbedingt gibt es Ebenheitsabweichungen nach dem Walzprozess. Die häufigsten Ebenheitsfehler bei Blechen sind Randwellen, Mittenwellen, Welligkeit in den Viertelpositionen sowie positive oder negative Skibildung und Querwölbung. Sie lassen sich dabei zwei Gruppen zuordnen: abwickelbare und nichtabwickelbare Fehler. Die abwickelbaren Fehler können ohne starke Überstreckung durch leichtes Richten beseitigt werden. Man erkennt diese Fehler daran, dass beim Aufteilen des Bleches in Längsstreifen beliebiger Breite alle Blechstreifen exakt gleich lang sind. Zu den abwickelbaren Fehlern gehören beispielsweise Skibildung und Querwölbung.

Bei nichtabwickelbaren Fehlern muss ein Blech im Richtspalt stark überstreckt werden, damit sich ein einheitlicher Fließspannungszustand einstellen kann. Wird ein Blech mit nichtabwickelbaren Fehlern in schmale Streifen geschnitten, so sind die Streifen unterschiedlich lang. Beispiele hierfür sind Randwel-



1

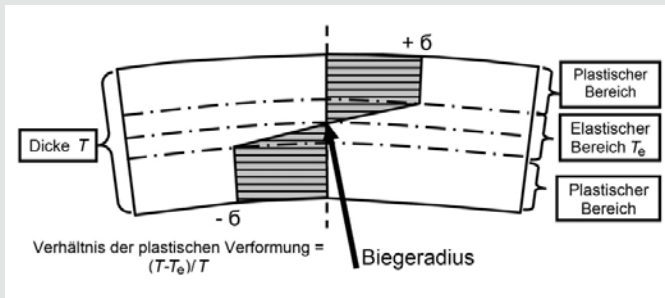
Zonen innerhalb der Richtmaschine

Two zones inside the leveller

len und Mittenwellen. Doch auch bei völlig ebenen Blechen kann es vorkommen, dass sich Bleche beim Zuschneiden verziehen. Dies ist meist auf innere Spannungen zurückzuführen, die im Anlieferungszustand

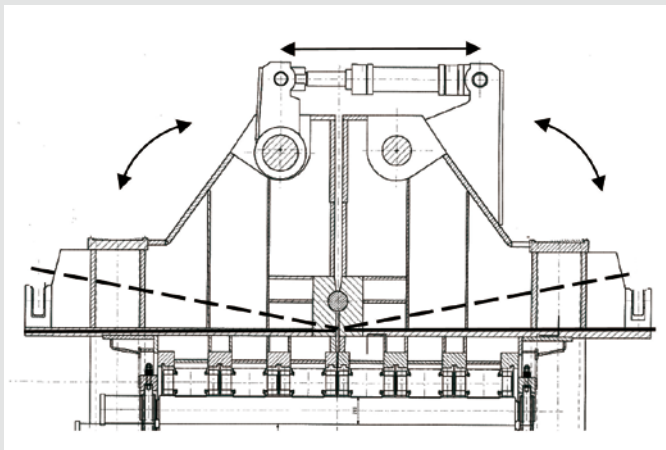
Aktualisierte Version eines Vortrags von der InSteelCon-Tagung im Rahmen der Metec 2007 am 11.–15. Juni 2007 in Düsseldorf.

Dr. **Laurent Bodini**, Automation Product Manager, Siemens VAI Metals Technologies SAS, Saint Chamond Cedex, Frankreich; Dipl.-Ing. **Olaf Ehrich**, Profit Center Grobblech, ThyssenKrupp Steel AG, Duisburg, Deutschland; **Michael Krauhausen**, NoKra Optische Prüftechnik und Automation GmbH, Baesweiler, Deutschland.



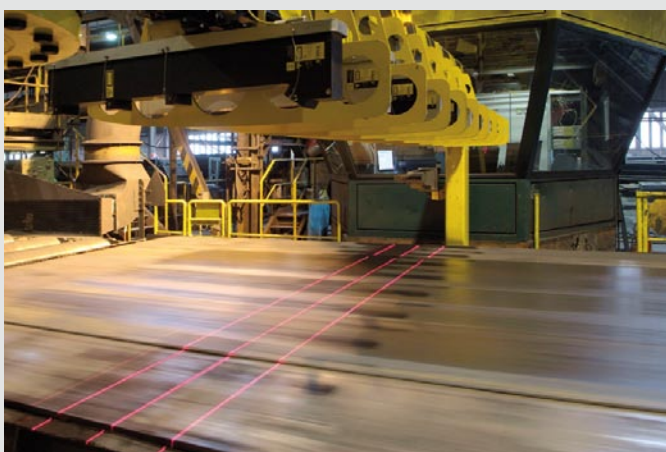
2

Innerhalb der Blechdicke
Inside the plate thickness



3

Biegen der Richtwalzen
Bending of the levelling rolls



4

Planheitsmessung per Laserstrahl nach der Richtmaschine in einem Grobblechwalzwerk unter Verwendung eines Messfeldes mit drei Laserlinien (zur Differenzierung zwischen der vertikalen Bewegung des Grobbleches auf dem Rollgang und den Ebenheitsfehlern des Grobbleches)

Flatness measurement with lasers downstream of the leveller in a heavy plate rolling mill, measuring field with three laser lines (to differentiate between the vertical movement of the heavy plate on the roller table and the flatness defects of the heavy plate)

nicht sofort erkennbar sind. In diesem Fall ist der Stahllieferant sehr daran interessiert, spannungsfreie Bleche zu liefern.

Richtprinzipien

Das Richten der Bleche erfolgt gewöhnlich sehr aufwendig auf einer Richtmaschine durch unterschiedliche Walzenstellungen sowohl in horizontaler als auch vertikaler Richtung. Ziel ist es, das Blech von allen abwickelbaren und nichtabwickelbaren Fehlern und inneren Spannungen zu befreien. Das Blech wird im Richtvorgang durch Anstellung der Richtwalzen wechselnden Biegerichtungen mit abnehmender Stärke ausgesetzt. Bei jedem Biegevorgang wechseln sich im Blech über die Blechdicke Zug- bzw. Druckspannungen an den Kontaktflächen zu den Richtwalzen ab. Ist das Richten nach den ersten Biegevorgängen effektiv genug (stärkere Biegungen in der Zone 1 in Bild 1), so sollten alle Streifen gleich lang und somit alle nichtabwickelbaren Fehler verschwunden sein. Allerdings erzeugen die starken Biegevorgänge auch wieder innere Spannungen. Diese neu entstehenden Fehler werden durch nachfolgende, abwechselnde Biegevorgänge mit abnehmender Stärke in der Richtzone (siehe Zone 2 in Bild 1) beseitigt.

Die neutrale Faser ist keiner Zug- bzw. Druckspannung beim Biegen ausgesetzt, ihre Länge wird also durch das Richten nicht plastisch verformt, Bild 2.

Beim Richten nimmt der Verformungsgrad von der Oberfläche zur neutralen Faser ab. Das Verhältnis der plastischen Verformung wird ermittelt aus den verformten Blechebenen (Schichten über die Blechdicke) zur Gesamtzahl aller Blechebenen. Je stärker der Biegeradius, desto höher ist das Verhältnis der plastischen Verformung und desto geringer sind die verbleibenden inneren Spannungen in der Blechmitte, Bild 3.

Ebenheitsmessanlage

Die Anforderungen an die Ebenheit von Grobblechen werden nach DIN EN 10 029 definiert. Der Walzwerksbetrieb muss dem Kunden gegenüber die Einhaltung der Norm nachweisen. Die mit der Ebenheitsmessanlage gewonnenen Daten dienen als Nachweis für die Einhaltung der Toleranzen und bilden die Basis für eine Automation des Richtprozesses.

Für den Messprozess wird die Blechoberfläche mit Lichtlinien beleuchtet. Kameras, die in einer von der Beleuchtungsrichtung verschiedenen Beobachtungsrichtung angeordnet sind, erfassen die entstehenden Beleuchtungsmuster. Aus der auf dem Kameradetektor gemessenen Lage und Form der Lichtlinien wird mithilfe der Triangulation die Topografie der Blechoberfläche ermittelt. ThyssenKrupp Steel hat sich bewusst für eine Messanlage auf der Basis des Laserlichtschnittverfahrens entschieden. Bei diesem

Verfahren werden mehrere Laserlichtschnittsensoren in der Ebenheitsmessanlage vor Ort automatisch mit einem in der Maschine integrierten Ebenheitsnormal abgeglichen. Auf diese Weise ist die Rückführbarkeit und Messmittelfähigkeit der Laserebenheitsmessanlage sichergestellt und kann einfach kalibriert werden, ohne dass der Produktionsbetrieb mit zusätzlichen Wartezeiten belastet wird. Die lange Lebensdauer der Laser und die Unabhängigkeit vom Umgebungslicht ist ein wichtiger Faktor für die Entscheidung für die Laserebenheitsmessanlage gewesen.

Bild 4 zeigt die im Prozess integrierte Lasermessanlage. An einem Balken, der komplett aus der Produktionslinie ausgeschwenkt werden kann, sind die Lasersensoren montiert. Die quer über das Blech laufenden Laserlinien sind in Blechrichtung um einige 10 cm versetzt. Die Messung aller Sensoren erfolgt synchron, sodass der momentane Bewegungszustand des Bleches eingefroren wird. Durch die gleichzeitige Messung der Blechoberfläche an drei Laserlinien wird zwischen Blecheigenbewegung und Ebenheitsabweichung unterschieden. Aus einer Vielzahl von Einzelmessungen am durchlaufenden Blech

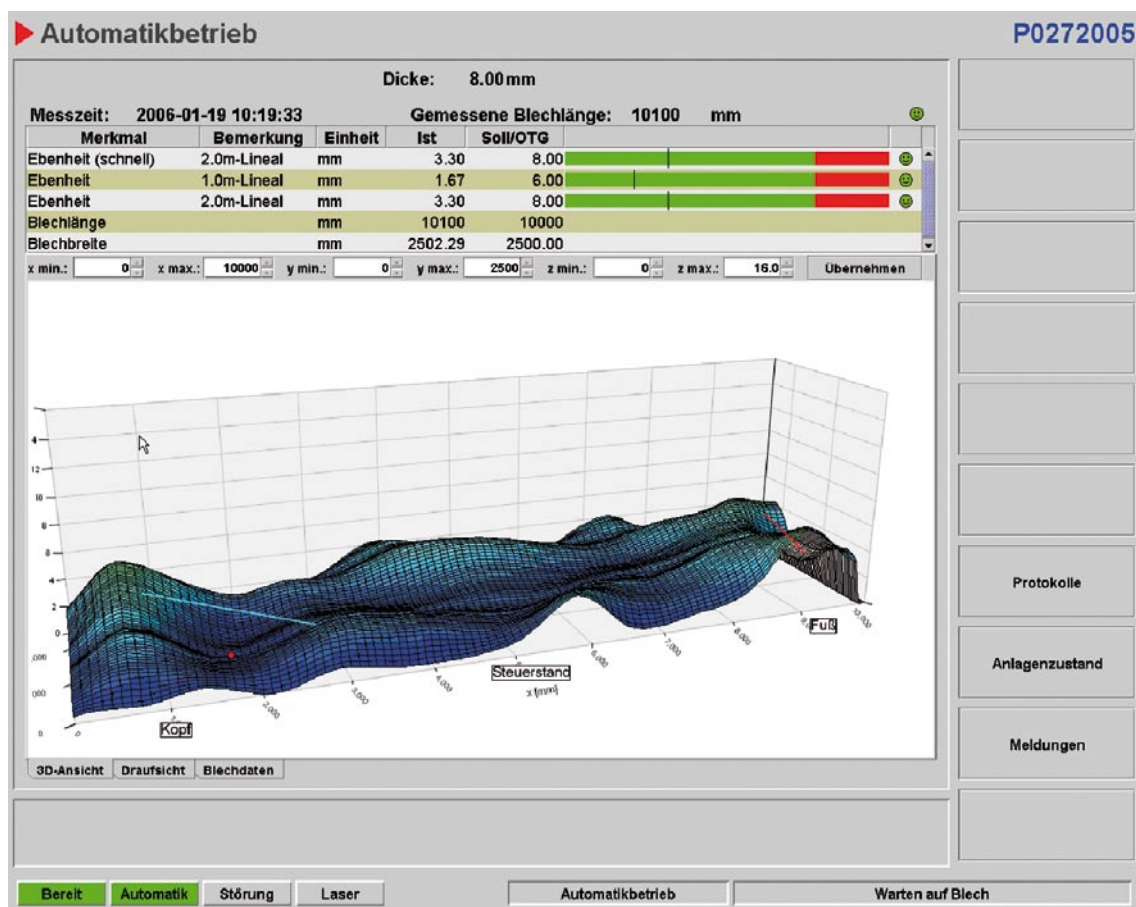
wird die Blechtopografie ermittelt. Durch die hohe Ortsauflösung kann gleichzeitig die Blechbreite und Blechlänge geprüft werden, Bilde 5 und 6.

Verknüpfung des Richtmodells mit der Planheitsmessanlage

Da sich die Ebenheitsmessanlage am Ausgang der Richtmaschine befindet, muss das Richtmodell die Bedienereingaben als voreingestellte Berechnung für den ersten Durchgang verwenden. Sobald die Ergebnisse des ersten Stiches vorliegen, verwendet das Modell die von der Ebenheitsmessanlage gelieferten Daten für die Berechnung der nächsten Stiche.

Aus den Daten der Blechtopografie, Dicke, Breite und der Streckgrenzenfestigkeit des zu richtenden Bleches berechnet das Modell die Länge mehrerer Streifen des Bleches. Anhand dieser Information und des Dickenquerprofils wählt das Modell das optimale Verhältnis der plastischen Verformung und die Walzenbiegung für die nachfolgenden zwei Stiche aus.

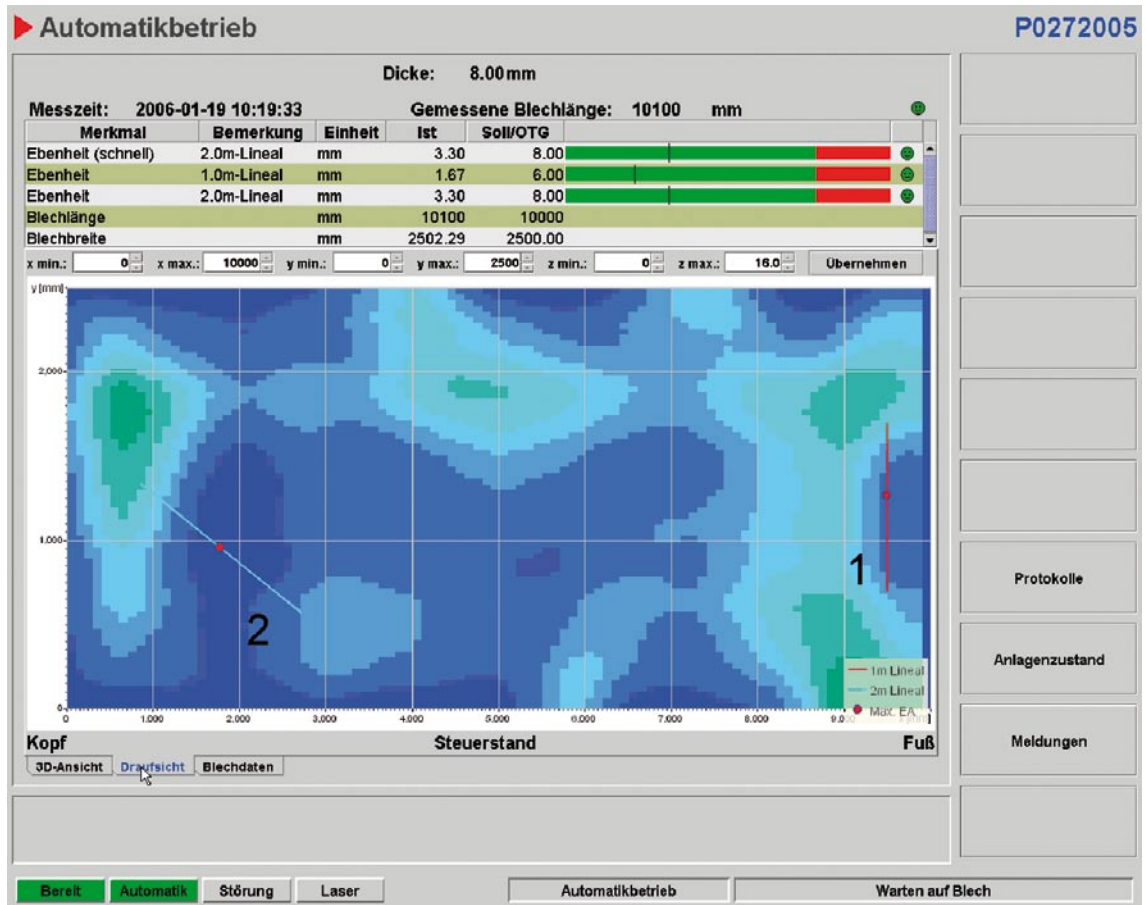
Die typische angestrebte plastische Verformung liegt bei etwa 60 bis 70 %. Das Verhältnis der plasti-



5

3-D-Sicht der Topographie eines vermessenen Grobbleches als Anzeige am Leitstand

3-D view of the topography of a measured heavy plate as displayed at the control stand



6

Draufsicht für die gleichen Daten wie in Bild 5. Farbige codierte Darstellung der Topographie des Bleches. Dies zeigt die Ergebnisse der Vermessung des Ebenheitsfehlers gemäß den Standards unter Verwendung von Richtlatten. 1: Länge der Richtlatte 1 m, 2: Länge der Richtlatte 2 m. Die numerischen Angaben werden oben auf dem Bildschirm angezeigt

Top view of the same data as figure 5. Color-coded presentation of the topography of the plate. The results of the assessment of the flatness defect conforming to standards using rulers is shown. 1: ruler length 1 m, 2: ruler length 2 m. Numerical values are displayed on the top of the screen

schen Verformung berücksichtigt das Gerüstmodul, die Blechgeometrie und den Ebenheitszustand vor dem Einlauf in die Richtmaschine.

Die Blechtopografie wird zusätzlich auf der Prozessleitebene (Level 2) zur automatischen Generierung von Produktionsprotokollen gespeichert.

Das Modell unterstützt die Bediener dabei, den Prozess und die Wirkung des Verhältnisses der plastischen Verformung zu verstehen. Dabei ist es wichtig, dass sie nicht nur eine gute Ebenheit des Bleches anstreben, sondern auch ein gutes Verhältnis der plastischen Verformung, um die inneren Spannungen zu verringern. Auf diese Weise lässt sich die Richtmaschine wesentlich effizienter einsetzen.

Erfahrungen und Ergebnisse

Das Profit Center Grobblech von ThyssenKrupp Steel rüstete die vorhandene Kaltrichtmaschine mit neuer Instrumentierung der Haupt hydraulik-

zylinder (einschließlich der Biegezyylinder), einer Level-1-Steuerung dieser Zylinder mit zugehörigem Richtmodell „Plane“ und einer Ebenheitsmessanlage aus. Das Kaltrichtmodell generiert anhand der Messdaten der Ebenheitsmessanlage automatisch die Richtspaltanstellung für den zweiten und dritten Richtstich.

Die Einstellung des optimalen Verhältnisses der plastischen Verformung sorgt dafür, dass keine inneren Spannungen im Material bestehen bleiben.

Vorhandene Ebenheitsfehler nach dem Richten werden erkannt, dokumentiert und führen zu einer Verbesserung der Blechperformance.

Das Modell und die Erläuterungen für die Bediener während der Inbetriebnahme haben das Verständnis des Richtprozesses und die Leistungsfähigkeit der Steuerleute verbessert.

laurent.bodini@siemens.com