

Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG

Herausgeber: Eisenbibliothek

Band: 79 (2007)

Artikel: Das Walzen heute und morgen am Beispiel der Langprodukte der Moos Stahl AG, Emmenbrücke

Autor: Krämer, Walter

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-378431>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

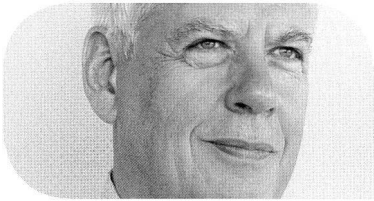
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 28.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Das Walzen heute und morgen am Beispiel der Langprodukte der von Moos Stahl AG, Emmenbrücke

Walter Krämer Emmenbrücke/Luzern

Dipl.-Ing., Studium der Eisenhüttenkunde an der Rheinisch-Westfälisch Technischen Hochschule Aachen. Anschliessend diverse Tätigkeiten in Walzwerken im In- und Ausland. Seit 1998 als Leiter Walzwerk Mitglied der Geschäftsleitung der von Moos Stahl AG, Emmenbrücke, Schweiz. Seit 1987 Mitglied des Unterausschusses für Walzdraht und Stabstahl im Walzwerksausschuss des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), ab 1999 als dessen Obmann.

Production of hot rolled products in the World
(Data source: Steel Statistical Yearbook 2005, IISI, Brussels, 2005)

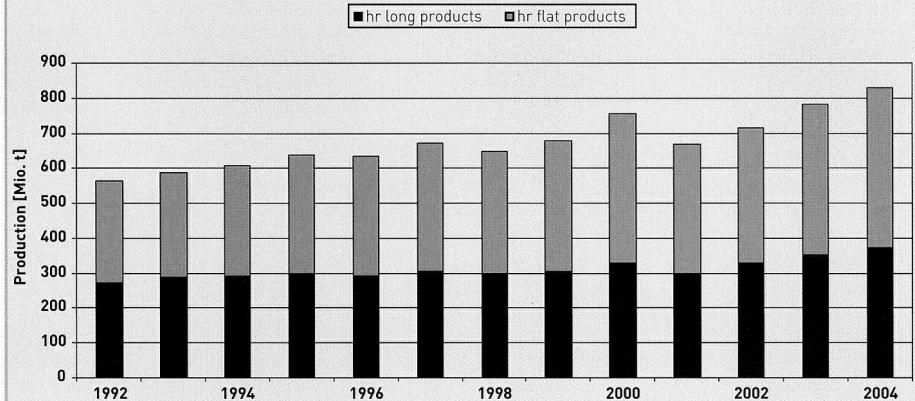


Bild 1: Produktionsverlauf von warmgewalzten Lang- und Flachprodukten.

Seit vielen Jahrhunderten ist der Werkstoff Stahl Grundlage für den hohen Fortschritt und die Verbesserung der Lebensqualität. Seit ebenso vielen Jahrhunderten überlebt der Werkstoff Stahl durch das Primat der ständigen Verbesserung. Auch wenn in den Ländern der westlichen Hemisphäre die Bedeutung des Werkstoffs Stahl von Zeit zu Zeit in Frage gestellt wird, hat sich sein Marktanteil aufgrund seiner vielfältigen Einsatzmöglichkeiten weltweit laufend vergrössert.

Im Jahr 2004 wurden rund 1 Mia. Tonnen an warmgewalzten Produkten erzeugt, wobei sich der Mengenanteil der Langprodukte bei 38 % bewegt. Walzdraht und Stabstahl stellen als die beiden grössten Gruppen im Langproduktbereich mengenmässig zusammen knapp 50 % der jährlichen Produktion. Nachfolgend werden zunächst die charakteristischen Merkmale wie Bauweise, Anlagen- und Abmessungsbereiche moderner Stab- und Drahtwalzwerke vorgestellt. Neben hoher Produktivität, einer Steigerung von Anlagen- sowie Programmflexibilität und einer Verbesserung der Masstoleranzen definiert sich der heutige Stand des Walzens im Stab- und Walzdrahtbereich auch an der Einführung des temperaturgeregelten Walzens. Für das «Walzen morgen» werden zukünftige Entwicklungsschienen und -möglichkeiten für die Langprodukte Stabstahl und Walzdraht vorgestellt.

For centuries steel has been the cornerstone of progress and has improved the general quality of life. And equally so, the material has survived for centuries due to the primacy of continuous improvement. Even though the importance of steel has not always been given due recognition in the Western hemisphere, its market share has grown steadily throughout the world thanks to a diverse range of applications.

In 2004 roughly one billion tons of hot-rolled products were fabricated, the proportion of long products being 38 %. In the long-product sector, wire rod and bar steel, the two largest groups in terms of quantity, together make up nearly 50 % of the annual production. In the following, such characteristic features as design, organization and dimensional ranges of modern-day bar rolling mills and wire rod mills are presented. Besides higher productivity, increased flexibility of equipment and programs, and improved dimensional tolerance, today's standard in the bar and wire rod sector is also defined by the introduction of temperature-controlled rolling. For the "rolling of tomorrow" new development trends and opportunities are presented for the long products: bar steel and wire rod.

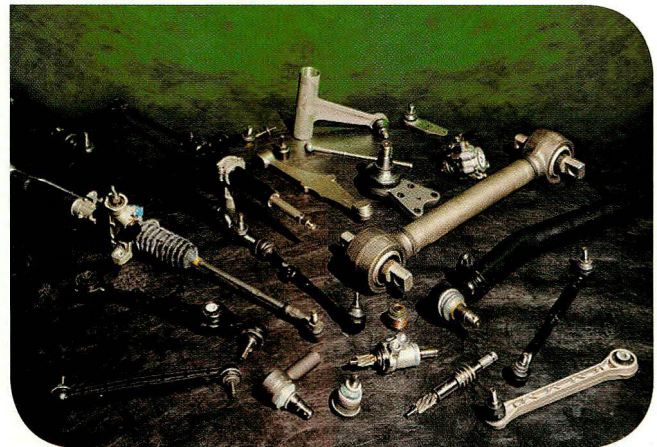
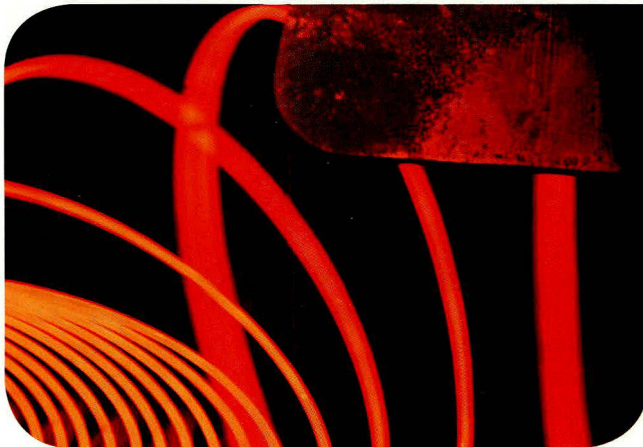


Bild 2: Anwendungen aus Draht- und Stabstahl (1).

Produktionsentwicklung und Anwendungsbeispiele von Draht und Stab

Das Produkt, das vom Stahlwerk angeliefert wird, ist für den Stahlverbraucher nicht verwendbar. Er hat Wünsche bezüglich Form und Abmessung sowie technologischer Eigenschaften, die dem gegossenen Stahl erst noch beigebracht werden müssen. Dazu sind weitere Stufen der Verarbeitung und Behandlung notwendig. Üblicherweise ist das Umformen der Folgeschritt in der Verarbeitungskette nach der Stahlerzeugung. Innerhalb des Umformens hat sich das Walzen zur mengenmässig wichtigsten Verarbeitungsstufe entwickelt.

Im Jahre 2004 wurden weltweit knapp 1 Mia. Tonnen an warmgewalzten Produkten erzeugt, die, hergestellt auf den unterschiedlichsten Anlagen, eine unglaubliche Vielfalt von Formen aufweisen. Von diesen Erzeugnissen werden rund 38 % den Langprodukten zugerechnet.¹ Die weltweite Entwicklung der beiden mengenmässig grössten warmgewalzten Erzeugungsgruppen «Lang» und «Flach» seit 1992 ist aus Bild 1 zu ersehen.

Als Langprodukte werden hauptsächlich Walzdraht und Stabstahl, Betonstahl und Formstahl wie Schienen, Schwellen, Spundbohlen sowie Träger- und U-Profile bezeichnet. Für das Walzen von Langprodukten werden aufgrund der sehr grossen Variationsbreite des Metergewichtes wie auch der Formenvielfalt unterschiedliche Walzstrassentypen eingesetzt. Die uns hier interessierenden Walzwerke fallen in die Kategorie der leichten Profilstrassen.²

Sie produzieren im Wesentlichen das Vormaterial für Stab- oder Drahtziehereien, Schmieden, Kaltumformer und Zerspaner, Ketten- und Federnhersteller oder Stähle für den Einsatz im Bergbau sowie für die vielfältigen Möglichkeiten der Drahtindustrie. Über die sogenannten Komponentenbauer und andere Weiterverarbeiter finden diese Stähle ihre Verwendung vor allem in der Elektro- und Maschinenindustrie, in der Bauindustrie und im Automobilbau.

In Bild 2 sieht man Anwendungsfälle wie Lenkungsteile, Kugelpfannen oder Achsbolzen, Bild 3 zeigt neben einer Pleuelstange eine Vielzahl von Verbindungselementen wie Schraubverbindungen oder Rad- und Achsschrauben.



Bild 3: Anwendungen aus Draht- und Stabstahl (2).

Betrachtete Langprodukte

Die zur Schmolz und Bickenbach AG gehörende von Moos Stahl AG befasst sich mit der Herstellung und Verarbeitung von Edelmetallen-, Automaten- und Spezialstählen. Seit 1842 wird am heutigen Standort in Emmenbrücke Stahl erschmolzen, gewalzt und verarbeitet. (Bild 4) Seit 1980 betreibt sie eine einadrige kombinierte Hochleistungsstrasse für Stabstahl und Draht mit einer derzeitigen Jahresproduktion von knapp 490 000 t. Das Abmessungsspektrum im Drahtbereich erstreckt sich von $\varnothing$ 5,5 mm bis $\varnothing$ 38 mm, im Stabstahlbereich von $\varnothing$ 16 mm bis $\varnothing$ 64 mm. Neben den Rund-Abmessungen werden auch Sechskant-Profile gewalzt.

In der Gruppe der Langprodukte haben sich in den letzten Jahren einige Verschiebungen zugunsten der leichten Profile ergeben. Wie Bild 5 zeigt, hat sich der Anteil von Walzdraht und Stabstahl auf fast 50 % erhöht.¹ Dies wird auch belegt mit der Anzahl der durchgeführten Modernisierungen und Neuerrichtungen in den letzten zehn Jahren. Neben Investitionen in den alten Industrienationen entstanden vor allem in den aufstrebenden Stahlnationen der östlichen Hemisphäre Neuanlagen modernsten Zuschnitts. Weltweit wurden seit 1994 etwa 30 Drahtstrassen, 26 Drahtwalzgerüste in kombinierten Stabstahlstrassen und 86 reine Stabstahlstrassen neu gebaut, modernisiert oder umfassend erneuert.³



Mehr als 400 Mitarbeiter – Produzent für Edelmetallen-, Automaten- und Spezialstähle im S+B Konzern – Approx. 490 000 t jährliche Produktion – 127,5 Produktionsstunden / Woche im Schnitt.

Bild 4: Firmengelände von Moos Stahl AG.

Merkmale moderner Stabstahl- und Drahtwalzwerke

Die Auslegung heutiger Walzdraht- und Stabstahlwalzwerke wird ganz wesentlich bestimmt durch die Materialeigenschaften der zu walzenden Werkstoffe. Sie bestimmen Layout und Zuschnitt des Equipments, beeinflussen Stichabnahme und Antriebsleistung. Die Temperaturführung während der Umformung und nach dem Walzprozess legt weitere Eckpunkte in der Anordnung und der Ausrüstung fest. Trotz erheblicher Unterschiede im bestimmenden Umformwiderstand gibt es für den Werkstoffbereich vom Bewehrungs- und Baustahl bis zu legierten Edelstählen normalerweise Walzstrassen, die für einen breiten Mix an Werkstoffen ausgelegt sind; spezialisierte Einzweckanlagen findet man seltener.⁴

Auf der Stabstahlseite herrscht fast ausschliesslich die einadrige Bauweise (Bild 6) vor, während im Drahtbereich zusätzlich 2-adrige, teilweise auch 3- und 4-adrige Anlagen üblich sind. Neben den artreinen Drahtwalz- oder Stabstahlstrassen findet man häufig auch kombinierte Walzstrassen, die über zwei oder auch drei Fertigproduktlinien verfügen, dabei arbeitet die Produktlinie «Walzdraht» heute etwa im Fertigrundbereich von $\varnothing$ 5,0 mm bis max. $\varnothing$ 25 mm, die Produktlinie «Stab in Coil» mit entsprechend ausgebildeten Garrett-Haspeln im Dimensionsbereich von etwa $\varnothing$ 14 bis max. 55 mm und die Produktlinie Stab zwischen $\varnothing$ 15 und $\varnothing$ 85 mm. Hier hat sich bei den Walzwerken für Bewehrungsstahl mit dem Slittverfahren eine Sonderentwicklung vollzogen. Im Abmessungsbereich $\varnothing$ 10 bis $\varnothing$ 22 mm werden die

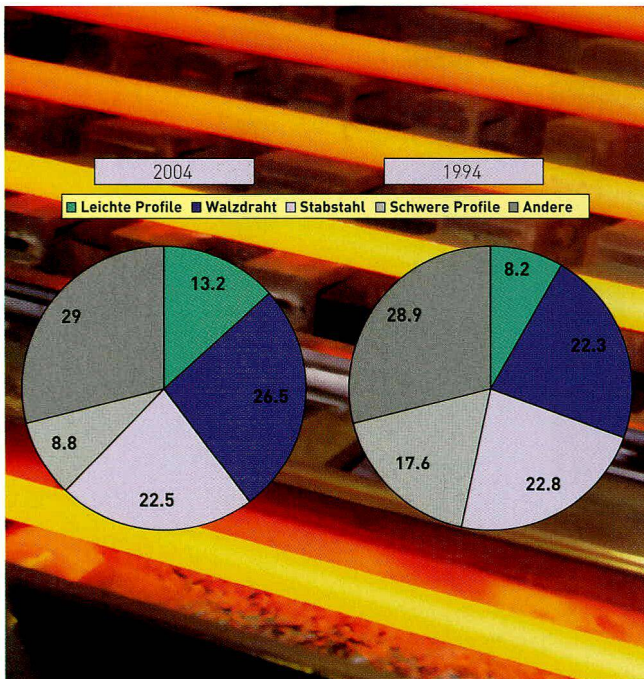
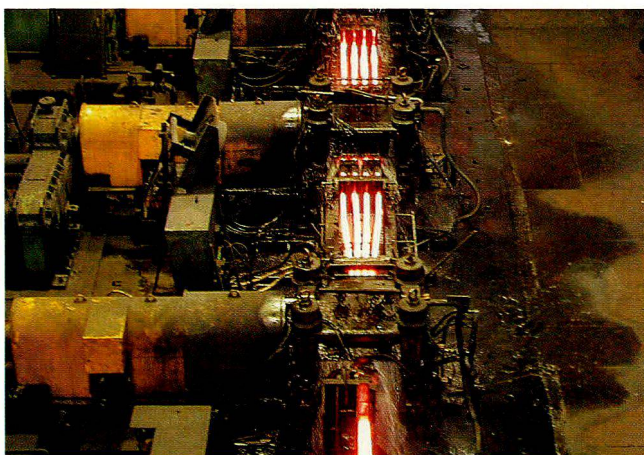


Bild 5: Proz. Zunahme von Stab und Draht im Langproduktebereich.

Walzstäbe zur Ausnützung der vorhandenen Ofenleistung mit einer entsprechend angepassten Kalibrierung über Dogbone und Slittpass einer speziellen Schneidarmatur zugeführt, die den Walzstab in zwei bis vier Teile der Länge nach auftrennt. Nach dem Slittvorgang werden die Teilstäbe in zwei weiteren Stichen auf mehrkalibrigen Duo-Walzen fertiggewalzt. [Bild 7]

Moderne Walzstrassen, die auch für das Walzen legierter Edelmetalle ausgelegt sind, zeichnen sich durch nachfolgende Merkmale aus:⁴

- Hohe Produktivität, weitgehende Automatisierung der Anlagen und Abläufe, Knüppeleinsatzquerschnitte im Bereich 130/130 mm bis über 200/200 mm.



Reine Stabstahlstrassen:	
Einadrig	Abmessungen: 16–85 mm gerade **
Kombistabstahlstrassen:	
Einadrig, 2 Fertigungslinien	Abmessungen: 16–85 mm gerade** 14–55 mm Bar in Coil**
Drahtstrassen:	
Ein- bis vieradrig	Abmessungen: 5–25 mm Drahringe
Kombinierte Draht-/Stabstahlstrassen:	
Einadrig, 3 Fertigungslinien	Abmessungen: 16–85 mm gerade** 14–55 mm Bar in Coil** 5–18 mm Drahringe

**sowie entsprechende Hexagons

Bild 6: Bauweise und Abmessungsbereiche.

- Hubbalkenofen als Aufheizaggregat mit Ober- und Unterbeheizung für eine Durchsatzleistung im Bereich von 100 bis 150 t/h, ausgebildet für eine entkohlungs- und zunderarme Erwärmung.
- Die Vorstrassen sind meist in kontinuierlicher Bauweise mit Duo-Gerüsten in H/V-Anordnung zum drallfreien Walzen ausgeführt, teilweise werden auch Reversierstrassen in Duo- oder Trio-Bauart verwendet.
- Der freie Auslauf zwischen Vor- und Zwischenstrasse kann als isolierter Warmhalterollgang ausgebildet sein. Oftmals wird eine induktive Nacherwärmung vorgesehen.
- Die Fertigstrassen verfügen über Sizing-Einheiten, die bei

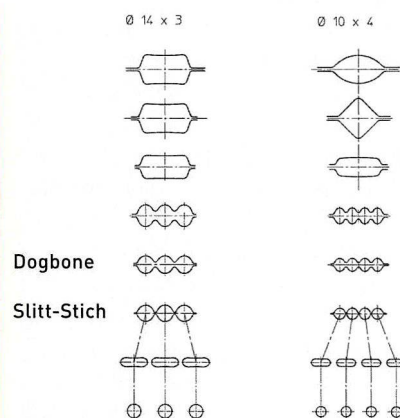


Bild 7: 4-fach-Slitten an der Stabstrasse der BSW.

Standard-Kalibrierung

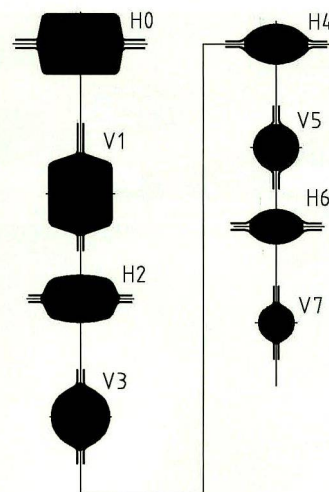
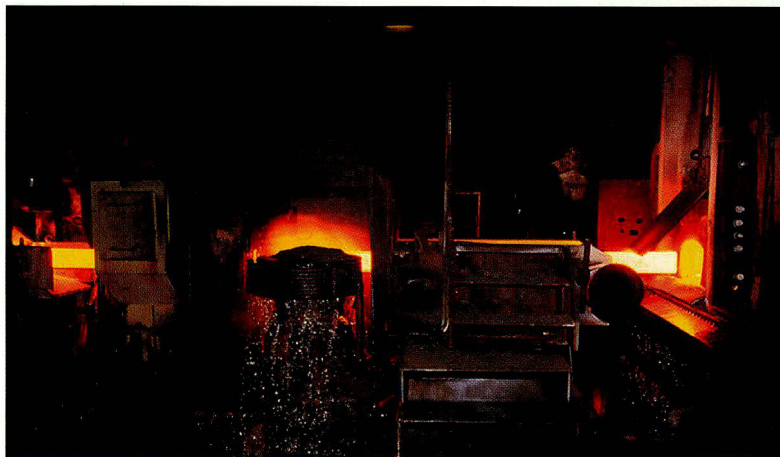


Bild 8: Standard-Kalibrierung moderner Stab/Drahtstrassen.

der Stabstahlwalzung das Fertigmass bestimmen, bei den kombinierten Walzstrassen im Drahtbereich den Leader pass für den Drahtwalzblock bilden.

- Als Standardkalibrierung hat sich bei den kontinuierlichen Walzstrassen die Oval-Rund-Kaliberfolge durchgesetzt. (Bild 8) Ein geringerer sowie gleichmässiger Kaliberverschleiss vermindert die Gefahr von Oberflächenverletzungen.
- Die Zwischenstrassen sind teils mit konventionellen Duo-Gerüsten in H/V-Anordnung, teils mit einkalibrigen Gerüsten in Cantileverbauart bestückt und mit Schnellwechseleinheiten versehen.
- Wasserkühlstrecken zur feinfühlgigen Temperaturführung und Luftausgleichsstrecken entlang der Walzlinie ermöglichen ein temperaturkontrolliertes Walzen.

Stabstahlwalzwerke für Qualitäts- und Edelstähle werden mit Walzgeschwindigkeiten von maximal 16 m/s betrieben. Dies lässt noch ein zielgerichtetes, oberflächenschonendes Abbremsen der auflaufenden Kühlbettlängen mittels natürlicher Reibung zu. Lediglich im Bewehrungsstahlbereich werden mit Hilfe von Bremsstreibern und speziellen Kühlbettablagevorrichtungen Stabgeschwindigkeiten bis zu 40 m/s realisiert.⁵

Beim Walzen auf den Haspel, also «Bar in Coil», sind bei entsprechend ausgebildeten Haspeln Walzgeschwindigkeiten bis zu 20 m/s erreichbar.

In den Drahtstrassen findet man zunehmend vor den No-Twist-Blöcken sogenannte Loops, die als grosse Materialumführungen dienen, um nach einem Abkühlvorgang das weitere Verformen des Drahtes bei genügend ausgeglichener Querschnittstemperatur sicherzustellen. Dies gilt nicht für reine Betonstahlstrassen sowie reine Walzstrassen für rost-, säure- und hitzebeständige Stähle.

In jüngster Zeit werden die neueren Drahtwalzblöcke aus Gründen einer besseren Temperaturführung sowie zur Erzielung engerer Toleranzen vermehrt in zwei Walzgruppen unterteilt, vorwiegend in die Konfigurationen 10+4 oder 8+4 Gerüste.

Drahtwalzwerke verfügen heute über Walzblöcke, die für Endwalzgeschwindigkeiten bis zu 150 m/s (> 500 km/h) ausgelegt sind. Dabei müssen Drehzahlen an Walzenwellen und Walzenscheiben in der Grössenordnung von 18000 U/min beherrscht werden. Üblicherweise wird aber im Geschwindigkeitsbereich von etwa 90 bis 100 m/s produziert, da bei höheren Walzgeschwindigkeiten aufgrund der immer heikler werdenden Drahtführungsproblematik der Produktivitätsvorteil durch zunehmende Störanfälligkeit mehr als kompensiert wird. Die zur Erzielung von Werkstoffeigenschaften einzuhaltenden Kühlstrategien sowie die Verformungseigenschaften legierter Stähle lassen die Endwalzgeschwindigkeiten noch weiter absinken. Drahtstrassen für legierte Edelstähle walzen mehrheitlich im Geschwindigkeitsbereich bis 60 m/s.

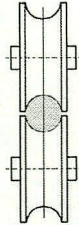
Heutiger Stand des Walzens von Stabstahl und Walzdraht

Allgemein

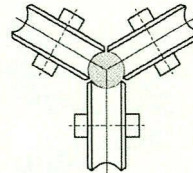
Die Sicherstellung von Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit ist zu allen Zeiten die Triebkraft von Fortschritt und Innovation gewesen. Höhere Produktivität, tiefere Herstellkosten, bessere Produktqualität und hohe Flexibilität gelten gerade auch bei zunehmender Globalisierung der Wirtschaft als Treibsatz für Existenzsicherung und Entwicklung. Die ständige Auseinandersetzung mit den Bedürfnissen und Forderungen des Marktes steht dabei im Vordergrund.

Präzisionswalzsysteme schematisch

a) 2-Walzen-Methode



b) 3-Walzen-Methode



c) 4-Walzen-Methode

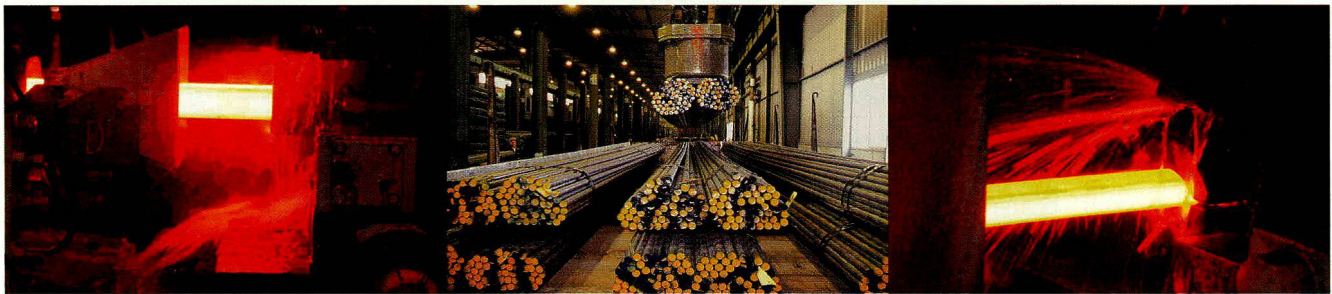
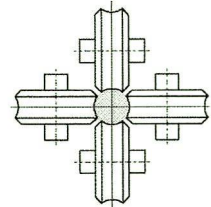


Bild 9: Walzmethoden für das Präzisionswalzen¹⁹.

Verbesserte und engere Abmessungstoleranzen mit Einschränkungen der Unrundheit über die Normvorgaben hinaus, höhere Anforderungen an die Durchmesserabstufung bei gleichzeitig steigenden Ansprüchen an die Programmflexibilität sowie die Erhöhung des Ausbringens und der Produktivität konnten in den letzten Jahren erfolgreich realisiert werden. Höhere Ansprüche an die Qualität der Erzeugnisse und der ständige Zwang verstärkter Ressourcenschonung liessen Lösungen entstehen, die beim Walzen gezielt die Verknüpfung thermischer und mechanischer Vorgänge einsetzen.

Beim Walzdraht spielt das Versandgewicht der gewalzten Ringe eine bedeutende Rolle, da es bei der Weiterverarbeitung einen entscheidenden Produktivitätsfaktor darstellt. Entsprechend stark ist der Druck vom Markt in Richtung steigender Coil-Gewichte zu verspüren.

Präzisionswalzwerke

Walzprodukte mit engsten Toleranzen, Zwischenabmessungen auch in kleinsten Losgrößen bringen dem Weiterverarbeiter wesentliche Vorteile. Für das Präzisionswalzen im Stabstahlbereich werden heute verschiedene Masswalz-Konzepte angeboten. Sie arbeiten sowohl mit der klassischen Duo-Walzenmethode als auch mit dem 3- oder 4-Walzen-System. (Bild 9) Im Wesentlichen handelt es sich um eine Gruppe von 2 bis 5 hintereinandergeschalteten Gerüsten in kompakter, dehnungsarmer Ausführung und hoher Steifigkeit, die zumeist als zusammenhängende Kompaktwalzblöcke mit Schnellwechseleinheiten konzipiert sind. Grundsätzlich existieren heute für die Produktion engtolerierter Stabstähle fünf verschiedene Walzmethoden⁶⁻⁸:

Bei der Vier-Walzen-Methode sind nachstehende Verfahren bekannt:

- einmal ein Verfahren, das aus zwei Gerüsten besteht, die, um 45° versetzt zueinander, jeweils mit 4 Walzen im Winkel von 90° arbeiten,
- zum anderen ein Verfahren, das aus einer 3-gerüstigen Walzgruppe besteht, wobei mit zwei klassischen Duo-Gerüsten in H/V-Anordnung gearbeitet wird, denen ein Vier-Walzen-Gerüst nachgeschaltet ist.

Eine weitere Walzmethode basiert auf der konventionellen Duo-Technik, wobei ein 3-gerüstiger Duowalzblock in H/V-Anordnung mit einer Oval-oval-rund-Kalibrierung und geringen Stich-Abnahmen arbeitet.

ASC Automatic Size Control

HPC: Hydraulic position control
AGC: Automatic gauge control
MD: Measuring device

MON: Monitor control
MTC: Minimum tension control

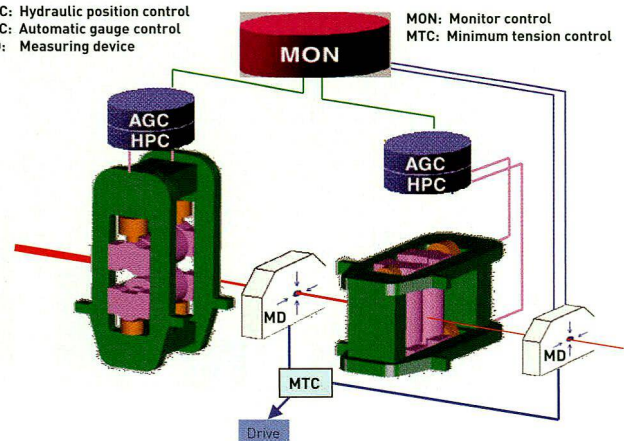


Bild 10: Regeltechnisches Masswalzsystem.

Bild 11: 3-Walzen
Reducing und Sizing
Block.



Das Masswalzen-System in Bild 10 besteht aus zwei mehrkalibrigen Duo-Gerüsten in vertikaler/horizontaler Anordnung. Das «Automatic Size Control»-System (ASC) ist ein regelungstechnisches Sizing-System und basiert auf einem Echtzeitregelsystem mit integrierten technologischen Modellen. Die Kalibrierung zeigt die klassische Abfolge oval-rund.

Das letzte Sizing-System besteht üblicherweise aus einem 4- oder 5-gerüstigen Walzblock in 3-Walzen-Ausführung, jeweils um 120° versetzt als kombinierte Reduzier- und Präzisionseinheit mit Abnahmen im Bereich von 6 bis 20 % pro Stich. Die Kaliber zeigen die Form eines Polygons mit stark abgerundeten Kanten. (Bild 11)

Diese Walzsysteme weisen je nach Verwendungsfall Verfahrensvor- und -nachteile auf. Die bei Drei- und Mehr-

walzsystemen vorliegenden geometrischen Verhältnisse eignen sich hervorragend für das «free-size»-Walzen, das die Herstellung eines extrem breiten Fertigabmessungsbereiches aus einem einzigen Kaliber nur durch die Anstellung der Walzscheiben erlaubt. Walzsysteme mit der klassischen Duo-Anordnung lassen auch ein Präzisionswalzen für Flach- und Quadratquerschnitte zu.

Von den aufgeführten Präzisionswalzsystemen hat sich die Dreiwälzentechnik weltweit durchgesetzt. Bis heute sind etwa 60 Walzstrassen mit diesem Blocktyp ausgerüstet. Auf Grund des Anlagendesigns mit Einzelantrieb der Walzscheiben, Fernanstellung von Walzspalt und Führungen sowie Gerüstschnellwechsel, der daraus folgenden Technologie wie dem «free-size»-Walzen und dem «One-Family-Rolling» hat dieses Walzsystem bei den betroffenen Walzstrassen

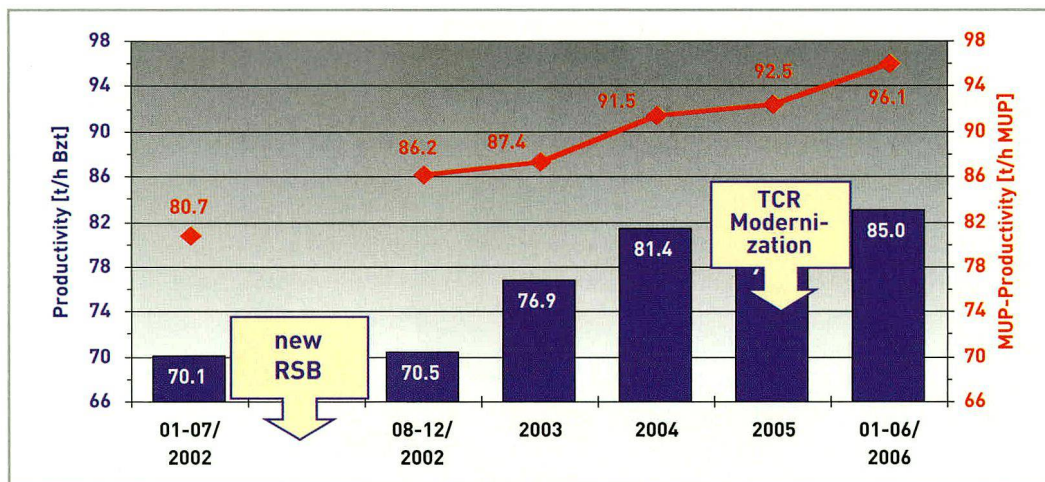


Bild 12: Vorteile des
Dreiwälzenverfahrens
(Beispiel von Moos Stahl).

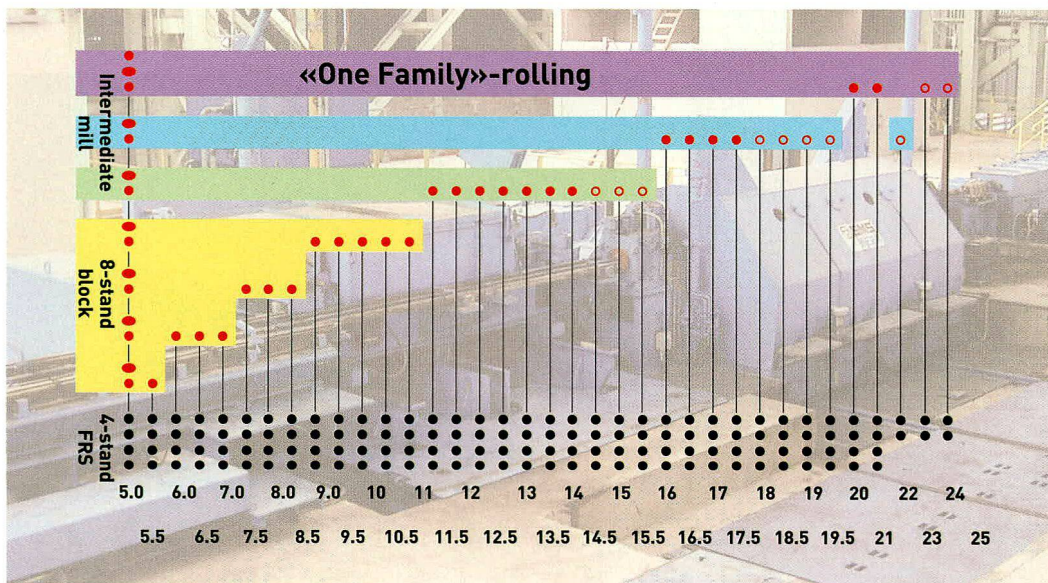


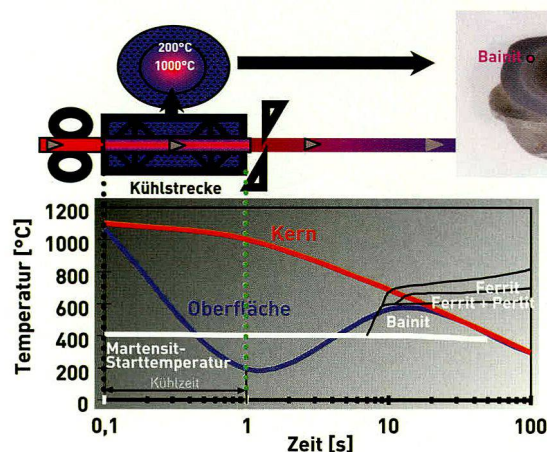
Bild 13: FRS® Flexible Reduction and Sizing System (Drahtbereich).

nicht nur zu einer hohen Programmflexibilität mit verbesserter Anlagenverfügbarkeit und höherem Materialausbringen geführt, sondern auch die Produktivität entscheidend verbessert.⁹ Wie in Bild 12 zu sehen, ist bei diesem Fall die Produktivität um über 20 % auf etwa 85 t/h angestiegen.¹⁰

Bei den Drahtwalzwerken vollzieht sich eine ähnliche Entwicklung. Ein überwiegend 4-gerüstiger Nachwalzblock mit um 90° versetzten Duo-Gerüsten ist der eigentlichen 8- oder 10-gerüstigen No Twist Mill nachgeschaltet. (Bild 13) Die angewandte Verformungstechnik entspricht beim Flexible Reduction and Sizing System (FRS) in etwa einer Kaliberfolge «oval-rund», bei der Reducing/Sizing Mill (RSM) einer Kalibrierung in der Abfolge «oval-falschrund-falschrund-rund» mit relativ geringen Stichabnahmen.¹⁰⁻¹¹

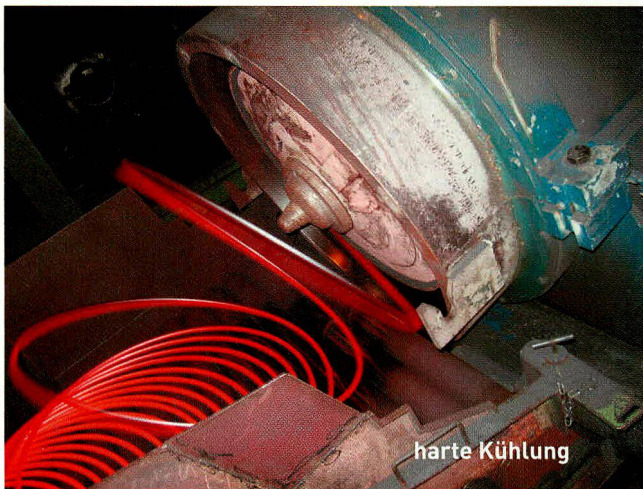
Die Vorteile liegen auch hier in der Möglichkeit, bei entsprechender Abnahme als Präzisionsanlage mit Toleranzen im Bereich unter $\pm 0,1$ mm zu arbeiten. Die Anwendung des «One Family Rolling» erhöht die Programmflexibilität und verbessert deutlich die Strassenverfügbarkeit. Da diese Walzblöcke in ihrer Festigkeit für minimale Anstichtemperaturen bis in den Bereich von 750 °C ausgelegt sind, ist es vorstellbar, zukünftig auch im kleinen Abmessungsbereich von 5,0 mm bis etwa 9,0 mm das thermomechanische Walzen zu nutzen. Dies ist bei den 8- bis 10-gerüstigen Fertigdrahtblöcken nicht möglich. Die hohen Stichzahlen in Verbindung mit den grossen Walzgeschwindigkeiten haben als Folge einer entsprechenden Materialverfestigung eine starke Aufheizwirkung, die den gewünschten technologischen Effekt aufhebt.

Schematische Darstellung Tempcore Prozess



- Wegfall von Legierungszusätzen
- Verringerung C, Mn, Si-Gehalte
- Flexible Einstellung der Kühlparameter
- Verbesserung Schweissbarkeit und Biegeverhalten

Bild 14: Randvergüten aus der Walzhitze.



Windungsleger zum Ausfächern des Drahtes auf dem Stelmore-Rollenband.

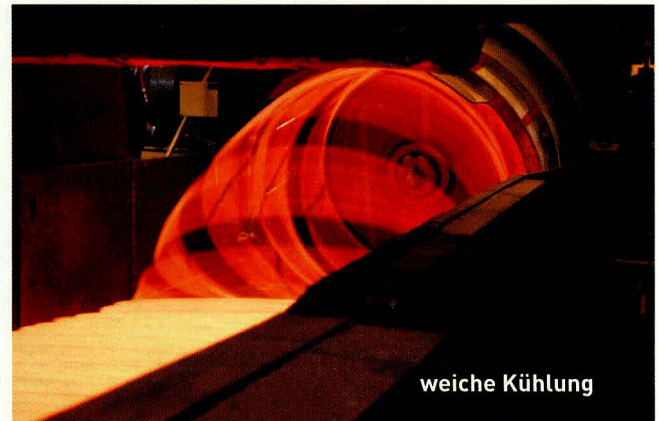


Bild 15: Stelmore-Prozess (Drahtstrasse).

Temperaturgeregeltes Walzen

Die heutigen hohen Qualitätsanforderungen an Warmwalzprodukte im Stabstahl- und Walzdrahtbereich setzen Gefügeausbildung und mechanische Eigenschaften voraus, die optimal auf den Einsatz des Walzgutes als Fertigprodukt oder auf dessen Weiterverarbeitung ausgerichtet sind. Die prozesstechnische Umsetzung dieser Anforderungen intensivierte das temperaturgeregelte Walzen.

Temperaturkontrollierte Walztechniken sowie gezielte Abkühltechniken nach dem Walzen haben sich bereits Mitte der 80er Jahre etabliert. Die wohl bekanntesten Verfahren sind einmal das Randvergüten aus der Walzhitze für Bewehrungsstahl (Tempcore) (Bild 14), wobei die benötigten Festigkeitseigenschaften durch Abschrecken der Randzone mit anschließendem Selbstanlassen aus der Kernwärme erzielt werden. Die damit erreichten wesentlichen Verbesserungen waren:

- Wegfall von Legierungszusätzen und eine Verbesserung der Schweissbarkeit.

Auf der Walzdrahtseite ist es das zweistufige Abkühlen des Drahtes nach dem Stelmore-Prinzip. Dieses Verfahren beinhaltet als Primärkühlung eine Intensivkühlung nach dem Drahtblock zur Erzielung der geforderten Legetemperatur sowie als Sekundärkühlung ein über etwa 80m langes Rollenkühlband, das den aufgefächerten Draht je nach Eigenschaftswunsch langsam, verzögert oder beschleunigt abkühlt. (Bild 15)

Die Möglichkeit, Struktur und Gefüge während der Warmumformung kontrolliert zu beeinflussen, hat zur Entwicklung der «Thermomechanischen Behandlung» (TMB)¹² geführt. (Bild 16) Unter diesem Begriff wird heute der gesamte Verfahrensbereich verstanden, der sich mit der gleichzeitigen Verknüpfung eines Umformvorgangs mit einer kontrollierten Wärmebehandlung befasst.

Damit unterscheidet man neben dem Hochtemperaturwalzen das Thermomechanische Behandeln, das wiederum weiter unterteilt wird in ein thermomechanisches Walzen im Bereich des metastabilen Austenits mit Walzendtemperaturen von 750–900 °C und in ein normalisierendes Walzen im Bereich des stabilen Austenits mit Walzendtemperaturen von 850 bis 1000 °C. Im (Bild 17) sind die Temperaturbereiche der verschiedenen Walzverfahren im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm schematisch dargestellt.

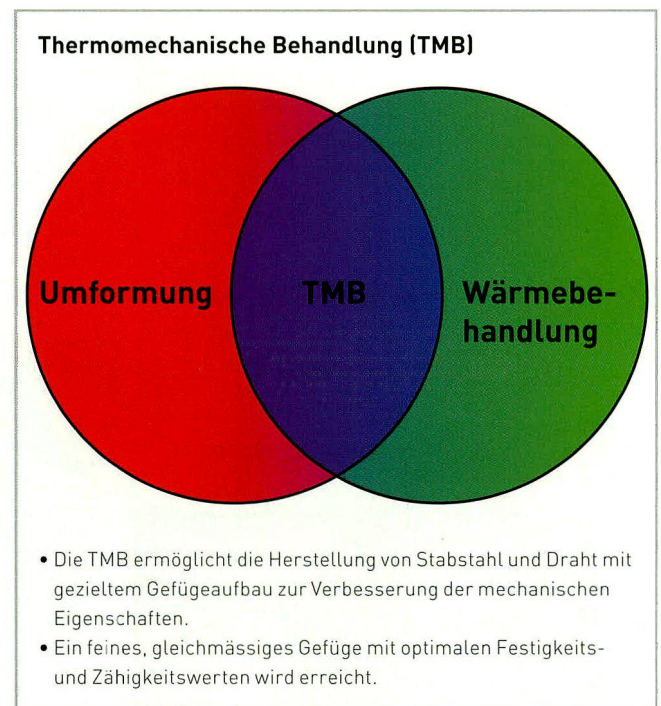


Bild 16: TMB-Walzverfahren.

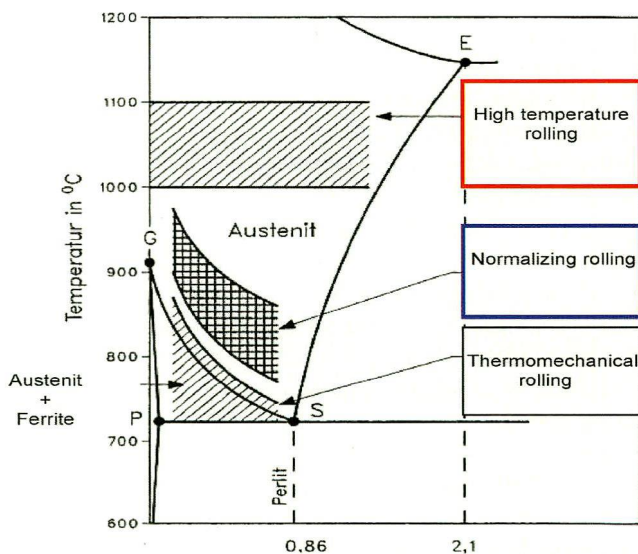
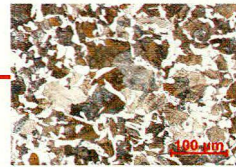
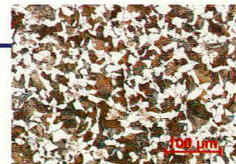


Bild 17: Hauptwalzverfahren des TMB.

Stahl C45



$\vartheta_{\text{end}} = 1020^\circ\text{C}$
 $P = 64\%$
 $F = 36\%$
 ASTM Nr. 5-6



$\vartheta_{\text{end}} = 900^\circ\text{C}$
 $P = 57\%$
 $F = 43\%$
 ASTM Nr. 7-8

Schematische Darstellung der Temperaturbereiche verschiedener Walzverfahren im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm (aus Stahl und Eisen 111 Nr. 4).

Zusammengefasst liegen die heute erzielbaren thermomechanischen Effekte im Wesentlichen:

1. In der Darstellung gleichmässiger oder verbesserter mechanisch-technologischer Eigenschaften
2. In der Einsparung von Legierungsmitteln
3. In der Verkürzung oder teilweisem Wegfall von nachträglichen Wärmebehandlungen

Dies führte bei bestehenden Walzanlagen zum Einbau von Zwischenkühlstrecken im Bereich der Mittelstrassen.

Abhängig von der Walzgeschwindigkeit und dem bestehenden Layout, in jedem Fall aber beim Walzen von dünneren, schnellaufenden Abmessungen muss die Walzstrasse mit einem Loop ausgerüstet werden, um die notwendige Stababkühlzeit für einen ausreichenden Temperatenausgleich über den Stabquerschnitt zu gewährleisten. Dies gilt vor allem auf der Walzdrahtseite, die aufgrund der vorliegenden Walzgeschwindigkeitsverhältnisse über Loopstrecken mit Längen von 80 bis 120 m verfügt. (Bild 18)

Viele Stahlwerkstoffe und -stoffgruppen sind aufgrund ihrer Metallurgie und den an sie gestellten Anforderungen weiterhin auf die aufwendigeren konventionellen Wärmebehandlungsverfahren angewiesen. Hier laufen Entwicklungen, durch In-line-Wärmebehandlungsanlagen die bisher notwendigen Produktionsschritte zu vermindern und das direkt nach dem Walzen vorhandene Energiepotential zu nutzen.¹³

Ressourcenschonung

Ein wesentlicher Teil der Herstellkosten beim Warmwalzen entfallen auf die Energiekosten. Sie setzen sich zusammen aus dem Energiebedarf für den Erwärmungsprozess der Knüppel oder Vorblöcke und dem Aufwand

Multi line Loop vor der No Twist Mill einer Drahtstrasse



Bild 18: Temperaturregeltes Walzen mit Loop, Loops in der 2-adrigen Drahtstrasse der Voest-Alpine Austria Draht GmbH.

für den eigentlichen Umformprozess inklusive der dazugehörigen Nebenanlagen. Dabei wird für das Aufheizen kalter Knüppel etwa das 4- bis 5-Fache an Energie pro Tonne aufgebracht, wie eine kontinuierlich arbeitende einadrige Hochleistungsstrasse beim Walzen verbraucht. Walzwerken für Bewehrungsstähle mit ihrer vergleichsweise einfachen Sortimentsstruktur gelang es früh, über den Einsatz von heissen Knüppeln direkt vom Strangguss in den Aufwärmofen deutliche Energieeinsparungen zu erreichen. Bei einer durchschnittlichen Knüppeltemperatur von etwa 800°C werden bis zu 80 % geringere spezifische Energieaufwendungen realisiert.¹⁴



Bild 19: Möglichkeiten der Energieeinsparung.

Die komplexen Strukturen der Qualitäts- und Edelstahlwerke lassen solche Verfahren bisher nicht zu. (Bild 19) Hier sind durch organisatorische Massnahmen, den Einsatz von Regenerativbrennern und Optimierungsrechnern im Aufwärmbereich nur marginale Einsparungen zu erzielen.

Das Walzen morgen

Beim heutigen Stand der Technik von Drahtstrassen ist eine wesentliche Erhöhung der Endwalzgeschwindigkeiten in absehbarer Zeit nicht zu erwarten, zumal die bestehenden Anlagengrenzen beim Drahtwalzen in vielen Anwendungsfällen gar nicht erreicht werden können. Im Stabstahlbereich sind noch gewisse Walzgeschwindigkeitserhöhungen denk-

bar, speziell im Bereich «Stab-in-Coil». Hier kann die Anwendung des Spooler-Prozesses für Abmessungen bis etwa $\varnothing 52$ mm warm und 32 mm stark gekühlt und Ringgewichte bis über 3t zu weiteren Produktivitätsfortschritten führen. Neben einer Leistungserhöhung im dickeren Dimensionsbereich bringt diese Technik auch durch das verwindungsfreie Aufwickeln mit einem Füllgrad von etwa 0,7 den Vorteil eines sehr kompakten formschönen Ringes.²¹ Dies lässt Vorteile im Handling und in der Transportlogistik erwarten. (Bild 20) Andererseits schliesst genau diese Kompaktheit ein nachträgliches Beizen des Ringes praktisch aus und beschränkt den Einsatz der Spoolertechnologie bisher auf den Bewehrungsstahlmarkt.

Aber auch morgen stehen in einer globalisierten Wirtschaft die Bemühungen um höhere Produktivität, tiefere Herstellkosten, bessere Produktqualität und Flexibilität im Vordergrund. Die dramatischen Veränderungen bei wichtigen Energieträgern wie Strom oder Gas und die Kostenexplosion im Legierungsbereich bilden einen weiteren zukünftigen Entwicklungsschwerpunkt mit dem vorrangigen Ziel der Minimierung des Energieeinsatzes entlang der Verarbeitungskette sowie der Substitution oder Einsparung entsprechender Legierungen. Die Verringerung der Schadstoffemission stellt eine zusätzliche Herausforderung dar.

Endloswalzen

Einen Fortschritt in Richtung Materialeinsparung durch verbessertes Ausbringen verspricht der Einsatz des «Endlos-Walzens». Darunter versteht man das kontinuierliche In-line-Zusammenschweissen von Knüppeln mittels einer entsprechend konstruierten und ausgelegten Abbrennstumpfschweissmaschine mit automatischem Entgraten der Schweißnaht. (Bild 21) Dieses Verfahren wird seit etwa fünf



Bild 20: Spooler-technologie.



Bild 21: Zusammen-
schweissen
von Knüppeln.

Jahren vor allem in Walzwerken für Bewehrungsstähle angewandt. Knüppel im Abmessungsbereich von $100 \times 100 \text{ mm}^2$ bis $200 \times 200 \text{ mm}^2$ sind handelbar und werden in einer Zykluszeit von etwa 15 bis 21 Sekunden verarbeitet.¹⁵ Durch den Wegfall von prozessbedingten Knüppelzwischenzeiten beim Walzen und durch die Verringerung von Störzeiten aus Anstichversagern erhöht sich die Produktivität. Das Materialausbringen verbessert sich allein durch die Tatsache, dass prozessbedingte Schopfschnitte am Knüppelanfang und -ende reduziert werden und auf der Stabseite der Anteil der entstehenden Unterlängen verfahrensbedingt zurückgeht. Auf Walzdrahtseite besteht die Möglichkeit, das Ringgewicht in einfacher Form wesentlich zu erhöhen oder den Kundenwünschen individuell anzupassen, ohne den Weg einer sehr kostenintensiven Vergrösserung der vorhandenen Knüppelgeometrie gehen zu müssen.

Der Qualitäts- und Edelstahlbereich mit seinen hohen qualitativen Anforderungen und Restriktionen zeigt bei der Anwendung dieses Verfahrens noch eine starke Zurückhaltung. Hier ist auf der Weiterverarbeitungs- und Endanwenderseite noch viel Überzeugungsarbeit notwendig. Der Anlagenhersteller gibt an, dass im Endprodukt die ausgewalzte Schweissnaht keine Unterschiede in der Mikrostruktur, der chemischen Zusammensetzung oder den mechanisch-physikalischen Eigenschaften zum Grundwerkstoff erkennen lässt, die den weiteren Bearbeitungsverlauf oder die Endanwendung beeinträchtigt.^{16/17}

Andere künftige Schwerpunkte beim Walzen von Stabstahl und Draht liegen absehbar auf der Schiene einer weiteren Vertiefung des temperaturgeregelten Walzens, einer stetigen Qualitätsverbesserung durch Erhöhung der Zuverlässigkeit in der Prozessführung, einer verbesserten und werkstoffgerechten Temperaturführung, verbunden

mit einer Erhöhung der Treffsicherheit der anzustrebenden Prozess- und Qualitätsparameter. Die Voraussetzung dazu ist die Entwicklung von integrierten Prozessmodellen und Simulationen, wie es bei den Flachprodukten heute zum grossen Teil bereits der Fall ist.

Die zweite grosse Schiene bei den betrachteten Langprodukten besteht in einer künftigen Kopplung des Walzprozesses an das Stranggiessen zur drastischen Senkung des Energieeinsatzes bis hin zu einer möglichen Verkürzung des Fertigungsprozesses. Auch hier ist der Flachwalzsektor in den letzten Jahren unter dem Sammelbegriff «Endabmessungsnahes Giessen/Dünnbrammentechnologie» weit vorausgeschritten.

Kopplung Giessen – Walzen

Einen ersten mutigen Schritt in Richtung Giess-Walzen von Langprodukten hat die Fa Danieli im August 2000 mit der Errichtung der ECR (Endless Casting Rolling)-Walzstrasse bei der ABS (Acciaierie Bertoli Safau) im Werk Luna bei Udine, Italien,¹⁸ getan. Das Werk wurde für eine Kapazität von 500 000 t/a Spezialstähle ausgelegt, vorwiegend in Form von Draht und Stab. (Bild 22)

Die Kopplung des Giessprozesses mit dem Walzvorgang erfolgt über einen 125 m langen Tunnelofen. Die Giessmaschine kann 1- oder 2-adrig betrieben werden und giesst einen Querschnitt von $200 \times 160 \text{ mm}^2$ ab. Im Rollenherdofen erfolgen der Temperatenausgleich und die Aufheizung des Vormaterials auf Walztemperatur. Er dient gleichzeitig als Materialpuffer für den Fall von auftretenden Störungen in der nachfolgenden Walzlinie. Die Walzstrasse selber ist eine einadrig kombinierte Hochleistungsstrasse für Walzdraht und Stab mit einer Kühlbettlinie, einer Drahtlinie sowie

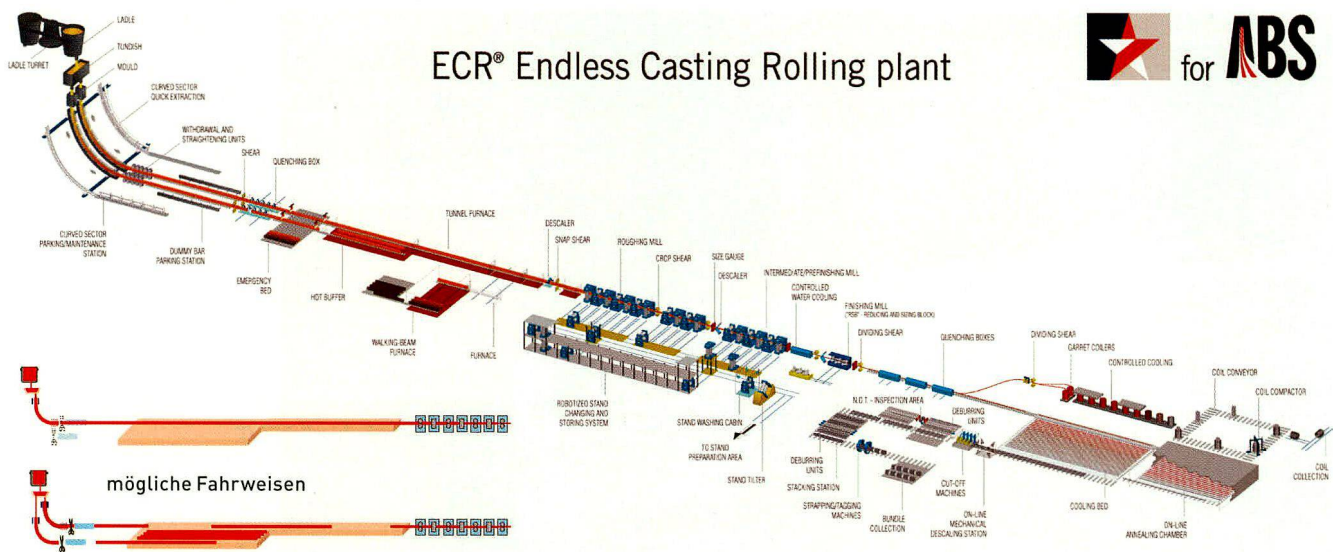


Bild 22: Kopplung Giessen – Walzen.

einer Linie zur Erzeugung von Stab in Coil. Die kontinuierliche Walzlinie verfügt über 17 Kompaktkassettengerüste in H/V-Anordnung mit Schnellwechseleinrichtungen und einem nachgeschalteten 5-gerüstigen Präzisionsblock in 3-Walzen-Technik. Neben der Möglichkeit, temperaturgeregelt zu walzen, sind auch nachgeschaltete Wärmebehandlungseinrichtungen vorhanden. Zwei Produktionsarten sind vorstellbar: zum einen die ununterbrochene Fahrweise über einen Gießstrang, zum andern die Fahrweise mit zwei Gießsträngen und einer entsprechenden Materialpufferung im Ofen.

Die noch zu lösende Herausforderung dieser gekoppelten Produktionsweise für den Produktbereich Qualitäts- und Edelstähle liegt in der Sicherstellung eines wirtschaftlichen Betriebs von Walzwerk und Stahlwerk. Die abmessungsgetriebene Fahrweise des Walzwerks mit seinen auftragsgebundenen Werkstoffkleingrößen von 5 bis 10 t muss mit der werkstoffgetriebenen Arbeitsweise des Stahlwerks, dessen Werkstoffmindestherzeugung von der Grösse des Schmelzaggregats (in der Regel 70 bis 150 t) abhängt, logistisch so abgestimmt werden, dass die heutigen Aufgaben der Knüppelzwischenlagerung weitgehend entfallen können.

Modellierung und Simulation von Prozessen/Walzprozessen

Die Erhöhung der Zuverlässigkeit in der Prozessführung, die verbesserte Treffsicherheit der anzustrebenden Parameter setzen eine genaue Kenntnis sowohl der Abläufe im Prozess als auch im jeweiligen Werkstoff voraus. Struktur- und Gefügeentwicklung ist während des Walzprozess nicht messbar und muss daher über messtechnisch zugängliche Prozessparameter erfasst, simuliert und mathematisch be-

rechnet werden. (Bild 23) Eine Vielzahl von Teilmodellen sind entwickelt worden, die sich mit der Erwärmung, dem Walzen und der Abkühlung beschäftigen.¹⁹

Produkteigenschaften vorauszuberechnen, Temperaturentwicklungen vorherzusagen oder die Testphase von Neuentwicklungen zu verkürzen, bleibt eine Zielvorgabe, an der zukünftig verstärkt gearbeitet wird.

Temperaturgeregeltes Walzen wird vor allem im Walzdrahtstrassenbereich weiterentwickelt werden. Hier ist diese Anwendung naturgemäss weitaus problematischer als in Stabstahlwalzwerken. Neben den Anpassungen der Anlagen an den erhöhten Kraft- und Arbeitsbedarf bei tieferen Walztemperaturen und den Bemühungen, dünne Dimensionen im Bereich 5,0 bis unter 9 mm thermomechanisch zu walzen, muss die Problematik des Legens von «kalten Drahtwindungen» sowie das anschliessende Sammeln dieser Windungen in der Bündeldekammer zur Bildung eines transport- und verkaufsfähigen Coils gelöst werden.

Abschlussbemerkungen

Umwälzende Ereignisse oder revolutionäre Fortschritte von heute auf morgen sind im Bereich der Langprodukte und speziell im Sektor Walzdraht und Stabstahl auch künftig nicht zu erwarten. Ihre Produkte unterliegen nicht den Modenzwängen oder Werbegags. Sie sind das Ergebnis stetiger Verbesserungen. Hier etablieren sich Erfolge überwiegend in kleinen Schritten und über längere Zeiträume. Eine immer wichtiger werdende Voraussetzung für künftige Entwicklungen stellen auch Fortschritte dar, die in Nachbardisziplinen erzielt werden. Fortschreitende Entwicklungen in den Disziplinen Mess-, Sensor- und Rechnerntechnik haben

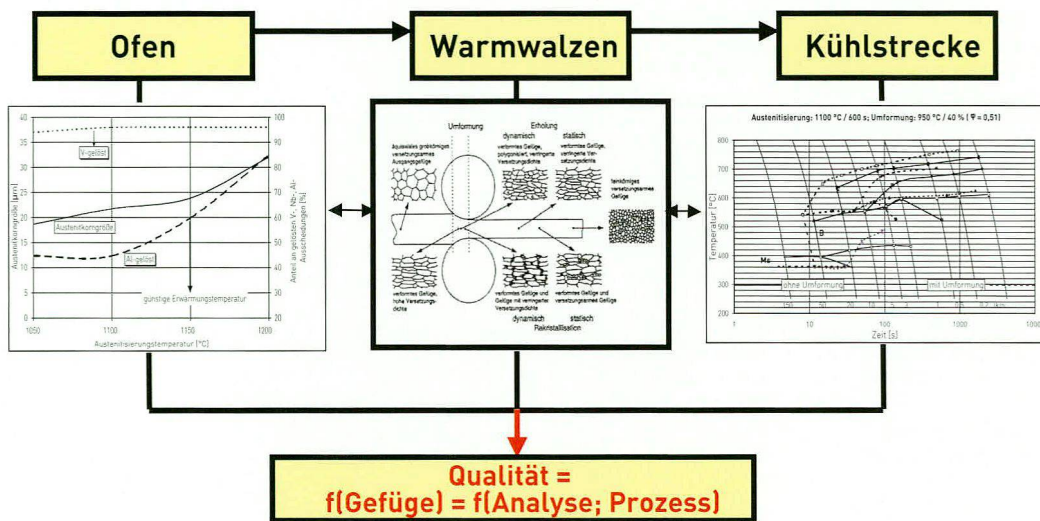


Bild 23: Modellierung und Simulation von Gefügeentwicklung.

nicht nur in der Vergangenheit den Automatisierungsgrad im Walzwerksbau entscheidend gefördert, sondern werden auch künftig durch eine weiter verbesserte Transparenz massgeblich die Entwicklung von Prozess- und Qualitätsverbesserungen beeinflussen.

Bei alldem muss man sich einer Tatsache immer bewusst sein. Der eigentliche Vorgang des «Walzens als Formgebung» hat sich bisher nicht geändert. Er wird wie vor einem halben Jahrtausend in gleicher Weise – «durch die Verformung des Werkstoffs Stahl mit Druck zwischen zwei oder mehreren sich drehenden Werkzeugen, den Walzen» – durchgeführt. Gewandelt hat sich und verändern wird sich weiterhin die «Technik des Walzens».

- ¹ Steel Statistical Year-book 2005; IISI, Brussels, 2005
- ² Graefe: «Bewertung der Wettbewerbsfähigkeit von Walzwerken», Stahl und Eisen 112 Nr. 7 (1992)
- ³ Datenbank Plantfacts, Stahlinstitut VDEh
- ⁴ W.J. Ammerling: «Innovative Technologies in the Field of Stainless Steel Rolling»; Vortrag auf der Sitzung des UA Walzdraht und Stabstahl des VDEh vom 28.10.2004
- ⁵ Svejkovski, Budde, Müller, Zieser: «Modern and economical rolling mills for long products»; SEAIISI TRAVELLING SEMINAR, Kuala Lumpur, Malaysia, August 4, 1999
- ⁶ H. Müller, O. Palzer: «Neue Sizing-Technologie für Stabstahl und Draht»; Stahl und Eisen 119 Nr. 3
- ⁷ Fabris, Hein, Moshamer, Palzenberger, Trjacher: «Advanced solutions for bar and wire rod mills»; Steel World 2001 Nr. 1
- ⁸ Hagihara, Yamamoto, Takeda, Hoshino: «Development of high performance steel bars using «4-roll rolling technology» and TMPC»; La Revue de Métallurgie-CIT, Juli/August 1999
- ⁹ Krämer, W.: «Inbetriebnahme und Ergebnisse des Kocksblock bei der von Moos Stahl AG»; Der Kalibreur Heft 67/2006
- ¹⁰ Burkhard, M.: «Die neuesten Entwicklungen Draht- und Stabstahlstrassen»; Vortrag auf der Sitzung des UA Walzdraht und Stabstahl des VDEh vom 01.07.2003
- ¹¹ Shore, M.: «The Application of Reducing Sizing Mill Technology in High Speed Rod Mills»; Vortrag auf der Sitzung des UA Walzdraht und Stabstahl des VDEh vom 05.07.2005
- ¹² Ehl, Mehren, Reitmann, Kruse, Oklitz: «Temperature-controlled rolling of long products – current state of the art»; MPT International 1/2006
- ¹³ Lestani, Lundberg: «Modern technologies for the production of superior quality stainless steel wire rod»; MPT International 5/2000
- ¹⁴ Hentschel, Wolter, Laviosa, Pastoino: «Effiziente Knüppelerwärmung für die Produktion von Bewehrungsstahl»; GASWÄRME International Nr. 8/2004
- ¹⁵ Lestani, Salvador: «State of the art of the EWR endless welding and rolling process for wire rod and bar mills»; MPT International 3/2001
- ¹⁶ Austen, Ogle, Hoog: «EBROS Endless Bar Rolling System», 2002, AISE, Pittsburgh, PA
- ¹⁷ Mukai, Fujioka, Matsuo, Fujii: «Billet Flash Welder for Endless Rolling», NKK TECHNICAL REVIEW No. 81(1999)
- ¹⁸ Danieli Morgards-hammer: «ECR® – The revolutionary endless casting rolling process» Danieli Firmenschrift
- ¹⁹ Kawalla, Lehnert: «Prozess-, Anlagen- und Produktentwicklung beim Walzen von Stabstahl und Draht», METALLURGIJA, 41 (2002) 3
- ²⁰ Nussbaum, Krämer, Bittner, Schnell: «Erfahrungen und Ergebnisse nach dreijährigem Betrieb eines 3-Walzen Reduzier- & Kalibrierblocks [RSB]», STEEL ROLLING 9th International Conference, 4th European Conference, Paris, June 2006
- ²¹ Nigris, Salvador: «Endless rolling of bars in spooled coils», MPT International 2/2006