

# Die Grobblechherstellung aus verfahrenstechnischer Sicht

Dr.-Ing. A. Streifelberger und Dipl.-Ing. V. Schwinn, Dillingen

## 1 Anforderungen an den Blechherstellungsprozess

- An ein Grobblech werden im allgemeinen folgende Anforderungen gestellt: Es muß
- die vorgegebenen Abmessungen haben und das in engen Toleranzen und mit guter Ebenheit (Bestelldicken können im Bereich von 5 bis 500 mm, die Breiten von etwa 1 bis 5 m gewählt werden),
  - die seitens der Konstrukteure geforderten Streckgrenzen- und Zugfestigkeitswerte aufweisen (Streckgrenzen von etwa 235 N/mm<sup>2</sup> bis über 1100 N/mm<sup>2</sup> können spezifiziert werden),
  - von Konstrukteuren benötigte hohe Zähigkeiten, und das häufig bei tiefen Temperaturen besitzen,
  - gute Verarbeitbarkeit (z. B. Umformbarkeit, Schweißseignung) aufweisen,
  - wenn gefordert, Resistenz gegen Korrosionsschädigung z. B. durch den von H<sub>2</sub>S-haltigem Gas (Saugergas) entstehenden Wasserstoffangriff oder eine bedingte Beständigkeit gegen atmosphärische Korrosion („Wetterfestigkeit“) besitzen.

Diese Eigenschaften sind zum Teil gegenläufig und wurden in extremer Kombination bezüglich Legierungs- und Prozeßtechnologie erst durch umfangreiche Entwicklungsarbeiten und Anlageninvestitionen realisierbar.

Der technologische Status der heutigen Grobblechproduktion soll im folgenden vorgestellt werden. Zur Herstellung der Bleche müssen Brammen oder Blöcke geeigneter Abmessung (Stranggußdicken bis 400 mm, Blockgußdicken bis 1000 mm) eingesetzt und eine Reihe gezielter Prozeßschritte definiert und reproduzierbar angewendet werden (Bild 1). Diese Schritte umfassen im wesentlichen das Erwärmen der Brammen auf Walztemperatur, das Walzen und Abkühlen, gegebenenfalls eine Wärmebehandlung, das Schneiden auf Fertigabmessung sowie begleitende Prüfschritte.

Für all diese Prozeßstufen muß der Grobblechhersteller über qualifiziertes Personal, leistungsfähige Anlagen und geeignete Steuer- und Regeleinrichtungen verfügen. Als Input müssen außerdem gezielte Vorgaben (Procedures, ...), basierend auf dem aktuellsten Know-how-Status, und beträchtliche Energiemengen (Heizgase, Antriebsstrom, ...) in das Walzwerk fließen; als

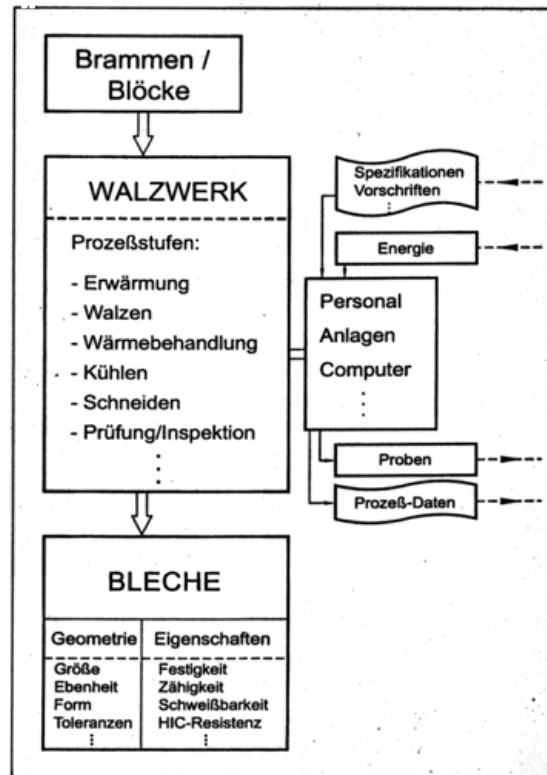


Bild 1: Schematische Darstellung des Input/Output in einem Walzwerk

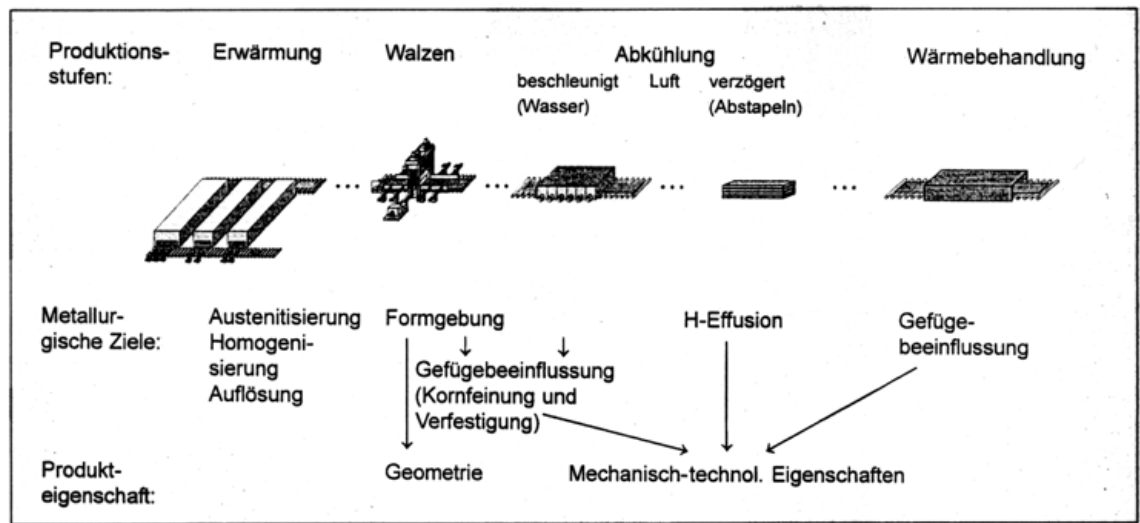
Output werden zusätzlich zu den Blechen umfassende Prozeßdaten zur Qualitätsüberwachung und Auswertung erfaßt sowie Proben-Coupons zur mechanisch-technologischen Prüfung im Abnahme-Prüflabor entnommen.

Zur Veranschaulichung der Abläufe und Mengen bleibt noch festzuhalten, daß zum Beispiel im Dillinger Grobblechwalzwerk pro Monat mehr als 25.000 Bleche aus etwa 9.000 Brammen /Blöcken produziert werden und daß jedes Blech auf Bestellung nach Kundenspezifikation gefertigt wird. Im folgenden sollen die dazu notwendigen Prozesse näher erläutert werden.

## 2 Die Prozeßschritte aus metallurgischer Sicht

Ausgehend von definierten Stahlzusammensetzungen müssen im Walzwerk in unterschiedlichen Prozeßstufen metallkundliche Mechanismen aktiviert werden, die eine Erfüllung der mechanisch-technologischen Eigenschaftsanfor-

Bild 2: Prozeßstufen im Walzwerk und deren metallurgische Ziele



derungen ermöglichen. In schematischer Form werden in **Bild 2** die metallurgisch relevanten Schritte vorgestellt, die nicht nur zur Formgebung (Geometrie) des Grobbleches, sondern auch zu seinen mechanisch-technologischen Eigenschaften durch Gefügebeeinflussung beitragen.

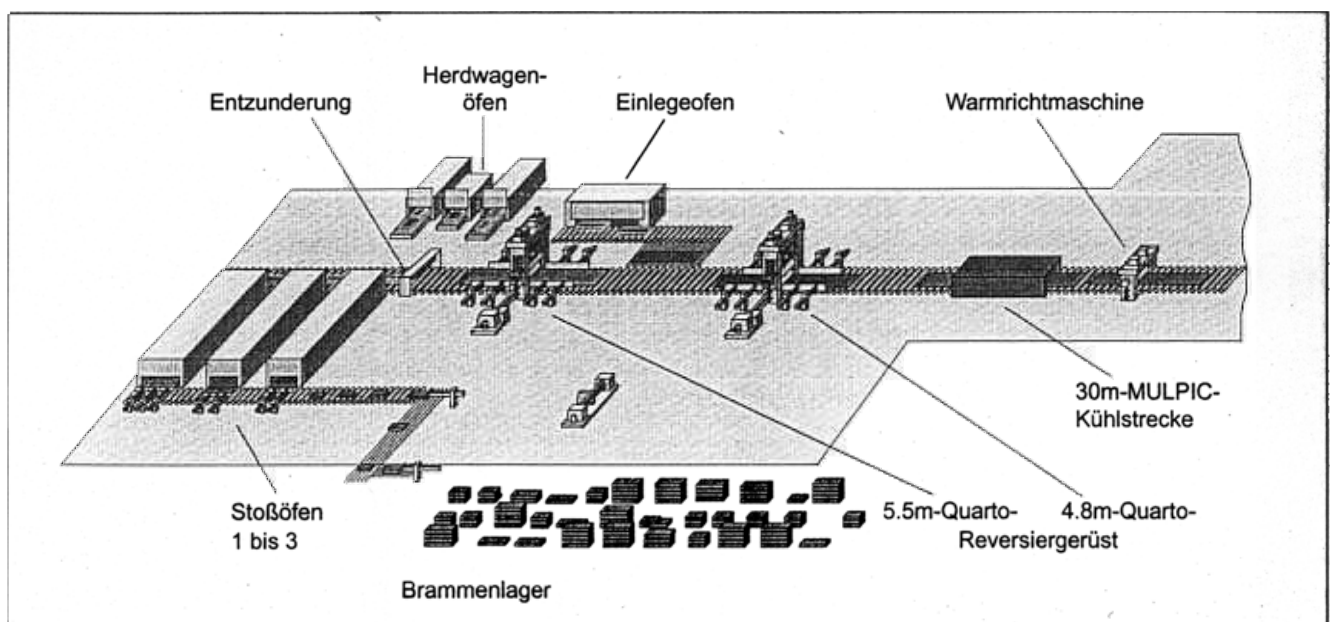
Während der Brammenerwärmung auf eine definierte Temperatur im Bereich 1050 - 1200 °C erfolgt die Austenitisierung mit Homogenisierung und Auflösung von Mikrolegierungselementen. Im Walzprozeß erfolgt je nach Wahl des Temperatur-Regimes eine gewisse Verfestigung und Kornfeinung des Gefüges, die bei der anschließenden Abkühlung durch Gefügewandlung und Ausscheidungsvorgänge je nach Abkühlgeschwindigkeit weiter verstärkt werden. Üblicherweise erfolgt im unteren Abkühlbereich ein Warmstapeln der Bleche zur

Sicherstellung der Wasserstoffeffusion. Durch Wärmebehandlungsschritte unterschiedlichster Art können definierte Gefügebeeinflussungen vorgenommen werden. Auf die entsprechenden Technologien wird in den nachfolgenden Kapiteln eingegangen.

### 3 Die Warmzone des Walzwerkes und das Walzen als formgebender Prozeß

In **Bild 3** werden die typischen Anlagen in der Warmzone im Layout des Dillinger Walzwerkes näher vorgestellt. Das geometrische Umwandeln der vom Stahlwerk kommenden Brammen zu Blechen erfolgt, nach dem Aufheizen in

Bild 3: Warmzone eines Walzwerkes



Stoß- und Herdwagenöfen, an zwei Quarto-Walzgerüsten, die zu den stärksten und modernsten der Welt gehören.

Ausgangspunkt des Materialflusses ist das Brammenlager, das direkt mit der Brammenadjustage des Stahlwerkes verbunden ist. Erwähnt werden soll die ausreichende Erwärmungskapazität durch Nutzen von 3 Stoßöfen mit 7 Reihen zur Brammenerwärmung und 3 Herdwagenöfen für Blöcke und Sonderprodukte. Vor dem Walzen erfolgt eine Hochdruckentzunderung. Das Kernstück der Warmzone sind 2 Quarto-Gerüste mit Prozeßrechner-Steuerung, an denen reversierend in Breitungs- und Längsstichen gewalzt wird. **Bild 4** beschreibt anlagentechnische Details, insbesondere die große Walzenballenlänge von 5,5 bzw. 4,8 m, was die Herstellung entsprechender Walztafelbreiten erlaubt. Durch die starken Antriebe (insbesondere am Vorgerüst durch den Drehstrom-Synchron-Motor) können metallurgisch vorteilhafte hohe Stichabnahmen bis zu 50 mm realisiert werden. Besondere Steuerungs- und Meßeinrichtungen zur Einhaltung enger Dickentoleranzen sind das AGC (Automatic Gauge Control) und die Dickenmeßanlage. Für die Ebenheitssteuerung stehen WORB (Work Roll Bending), BURB (Backup Roll Bending) und ein Prozeßmodell zur Stichplangestaltung zur Verfügung. Durch den Abstand von 105 m zwischen den 2 Gerüsten ist eine besondere Prozeßflexibilität gegeben. Alternativ zur Abkühlung des Walzgutes an Luft kann an der sogenannten MULPIC-Kühlanlage (Multi-Purpose-Interrupted Cooling) mit Wasser beschleunigt gekühlt werden. Diese 30 m lange Anlage kann als wichtiges „metallurgisches Werkzeug“ eingesetzt werden, was im nächsten Kapitel gezeigt wird. Am Ende der Warmzone kann an der Warmrichtmaschine mit bis zu 3000 t Kraft die Walztafel ebenheit sichergestellt werden.

Beim Standardwalzverfahren ohne spezifische Temperaturvorgaben, auch Normalwalzen genannt, wird das Walzen als reines Formgebungsverfahren eingesetzt. Die auf hohe Temperaturen aufgewärmte Bramme wird in einer Walzphase in die Blechform umgewandelt; die Abkühlung geschieht an Luft.

In besonderen Fällen, vor allem für Dickbleche, ist es von Bedeutung, die Möglichkeiten der starken Gerüste voll auszuschöpfen. Durch größtmögliche Stichabnahmen im sogenannten HS-Walzen (High Shape Factor Walzen) wird die Kernbeschaffenheit des Walzgutes verbessert. Wie **Bild 5** veranschaulicht, kann durch ein

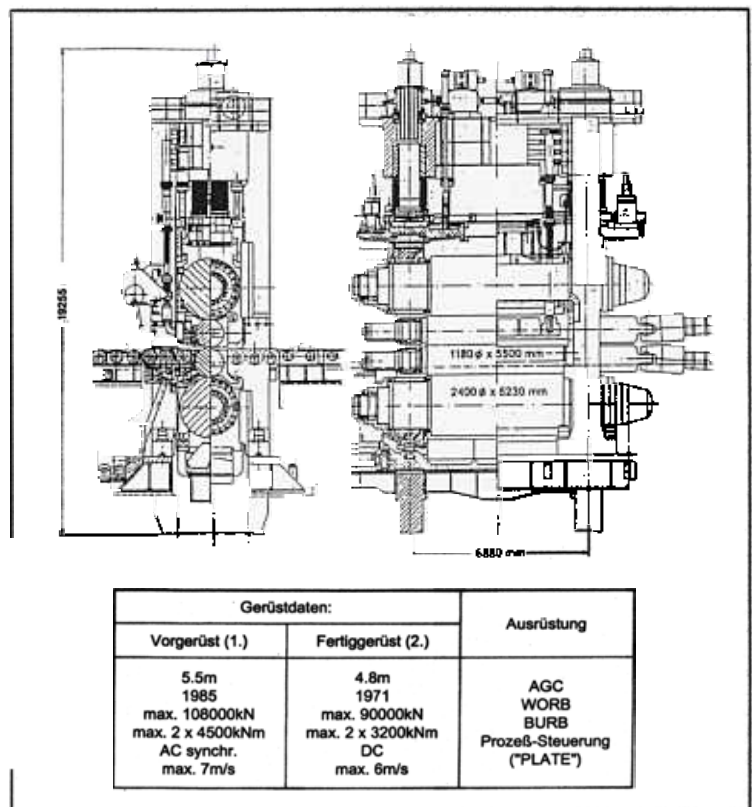


Bild 4: Leistungsfähige Reversiergerüste

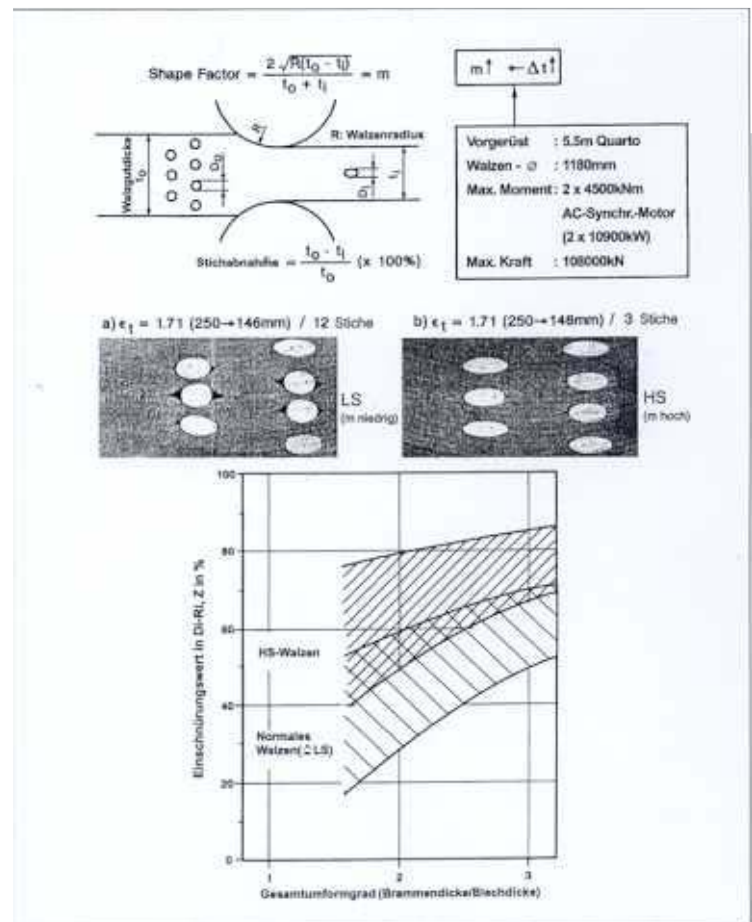
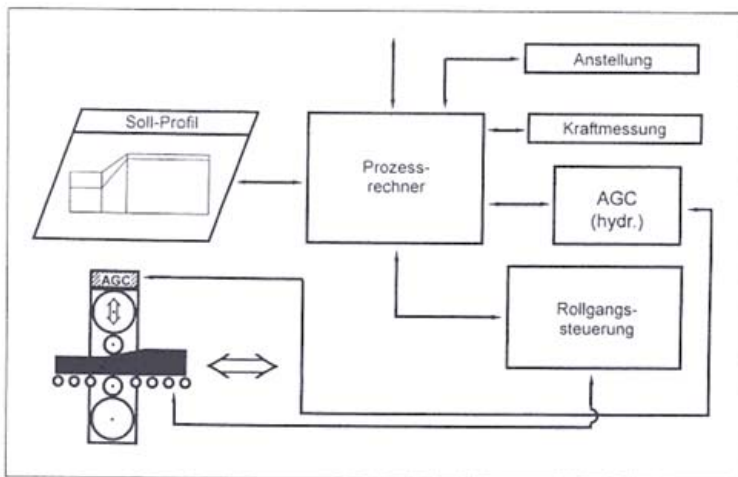
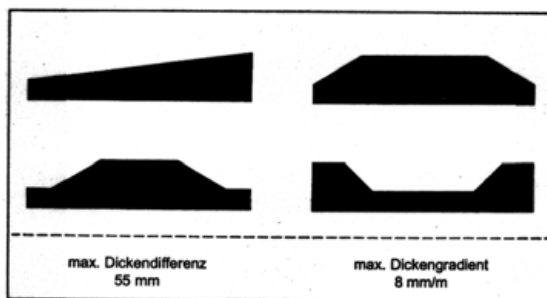


Bild 5: Einfluß des HS-Walzens auf die Verformung und Eigenschaften im Blechkern



**Bild 6a/b:**  
Längsprofil-  
bleche: Schema  
der Herstellung  
von LP-Blechen  
(oben);  
einige Profil-  
typen von LP-  
Blechen (rechts)



entsprechendes Experiment mit präparierten Brammen die Bedeutung hoher Stichabnahmen aufgezeigt werden. Im Fall des HS-Walzens wird auch der Kern des Walzgutes gut durchverformt und damit die Basis für gute Zähigkeitseigenschaften oder hohe Einschnürungswerte in Blechdickenrichtung gelegt.

Als Sondervariante bezüglich Formgebung soll an dieser Stelle noch das LP (Längsprofil)-Walzen angesprochen werden. Der schematischen Erklärung in Bild 6a folgend, wird die hydraulische Anstellungsregelung des AGC in diesem Fall nicht zur Gewährleistung einer konstanten Walzdicke, sondern zur Einstellung eines definierten Längsprofils (lieferbare Profile in Bild 6b) eingesetzt. Die Profilgebung wird den Belastungsfällen im Stahlbau unter Gewichtsoptimierung der Konstruktion gerecht.

## 4 Die Prozessvarianten zur Gefügebeeinflussung bzw. zur Einstellung des Lieferzustandes

Die oben angesprochenen Anlagen im Walzwerk und das metallurgische Know-how lassen nun je nach Bedarfsfall, sprich Spezifikation der Blecheigenschaften, den Einsatz maßgeschneiderter Prozessvarianten zu.

Im Bild 7 sind in einem Temperatur-Zeit-Schema die wichtigsten Varianten vergleichend zusammengestellt:

### 4.1 Klassische Verfahren: Walzen und Wärmebehandlung

Die erste Gruppe der Varianten baut auf dem oben beschriebenen Normalwalzen (ohne besondere Temperatursteuerung des Walzvorganges) auf:

#### Variante A

Ohne weitere Gefügebeeinflussung durch Glühen wird das Grobblech im Zustand „U“ (ungeglüht, as rolled) ausgeliefert.

Durch Wärmebehandeln (Kombination von Glühen bei bestimmten Temperaturen und Abkühlen) wird reproduzierbar ein Gefüge mit einer typischen Eigenschaftskombination erzielt, und zwar:

#### Variante B

Normalwalzen + Wärmebehandlung „Austenitisieren ( $>A_{c3}$ , ca. 900 °C) + Luftabkühlung“ = Normalisieren (Normalglühen)

Diese erfolgt in entsprechend dimensionierten Öfen im Durchlauf (z. B. Gleichschrittöfen) oder stationär (z. B. Einlegeöfen).

Ergebnis ist ein Gefüge aus überwiegend polygonalem Ferrit + Perlit. Der Lieferzustand wird mit „N“ abgekürzt. Höhere Streckgrenzen und Zugfestigkeiten können für normalisierte Stähle im wesentlichen nur über höhere Legierungsgehalte erreicht werden; dadurch sind diesem Verfahren hinsichtlich der möglichen Eigenschaftskombinationen der Grobbleche Grenzen gesetzt. Ein äquivalenter Zustand kann durch normalisierendes Walzen, d. h. ein Walzen mit einer Endumformung im Bereich der N-Glüh-temperaturen, eingestellt werden, der folglich auch mit „N“ bezeichnet wird. Stähle im Zustand N werden u. a. vor allem für den Kessel- und Druckbehälterbau eingesetzt.

#### Variante C

Normalwalzen + Wärmebehandlung „Austenitisieren ( $>A_{c3}$ ) + Wasserabschreckung“ = Quenchen (Quetten, Härten)

Dieser Prozess erfolgt in einer Kombination von Rollenherdöfen und Durchlaufquette oder stationär in einem Quett-Becken.

Ergebnis ist infolge der sehr hohen Abkühlgeschwindigkeit des Bleches ein hartes Gefüge aus überwiegend Martensit + Zwischenstufe. Der Lieferzustand wird mit Q abgekürzt.



Durch eine anschließende Anlaßglühung (z. B. in einem weiteren Rollenherdofen bei Temperaturen von etwa  $Ac1 - 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ca.  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) wird die Zähigkeit des Gefüges erhöht, indem die ursprünglich harten und spröden Martensitbereiche modifiziert werden. Es entsteht ein Vergütungsgefüge mit einer Kombination von noch relativ hoher Härte bzw. Streckgrenze und Festigkeit mit einer gezielt eingestellten Zähigkeit.

Q + A - Stähle finden vor allem bei besonders hohen Belastungs- und Verschleißanforderungen ihren Einsatz; als Beispiel seien Teleskopkranausleger bzw. Baggerschaufeln genannt.

## 4.2 Thermomechanische Behandlungsverfahren

Die Forderungen nach hohen Werten der Streckgrenze und Zugfestigkeit bei Großrohren (dünne Wandstärken, höhere Förderdrücke bei Erdgas, ...) kombiniert mit hohen Zähigkeiten bei tiefen Temperaturen und guter Schweiß-eignung haben zur Entwicklung des „Thermomechanischen Walzens“ geführt, dessen verschiedenste Formen heute unter dem Oberbegriff TM (bzw. TMCP = Thermo-Mechanical Controlled Process) zusammengefaßt werden können.

Der wesentliche Unterschied zu den bisher vorgestellten klassischen Verfahren besteht darin, daß das Walzen nicht nur als Formgebungsverfahren eingesetzt wird, sondern gezielt zur Einstellung der Eigenschaftskombination benutzt wird. Folglich kann das TM-Walzen definiert werden als ein Prozeß, der auf ein Gefüge mit feiner effektiver Korngröße zielt, eine günstige Kombination der Gebrauchseigenschaften ermöglicht, auf die Stahlzusammensetzung abgestimmt ist und eine nach Zeit und Temperatur gesteuerte Abfolge der folgenden Schritte darstellt:

- Brammenerwärmung: mit definierter Ziehtemperatur;
- Walzen: nach einem festgelegten Stichplan mit Fertigwalzen im nichtrekristallisierenden Austenit- oder  $(\alpha+\gamma)$ -Zweiphasengebiet;
- Kühlung: entweder an Luft oder im Stapel oder beschleunigt in der Kühlstrecke auf definierte Kühlendtemperatur;
- gegebenenfalls zusätzliche Wärmebehandlung (Anlassen).

Diese knappe Definition bedarf weiterer Erläuterungen. Wesentliche Effekte des TM-Walzens basieren auf der Wirkung einer Mikrolegierung, z. B. mit Niob (Nb), welches bereits in geringen Gehalten von 0,02 - 0,05 % seine

volle Wirkung entfaltet, und zwar:

- Niob verzögert bzw. unterdrückt die Rekristallisation des Austenits (Kornneubildung zwischen den einzelnen Walzstichen). Dadurch wird die Verformungswirkung vieler Stiche bei Temperaturen von etwa  $< 850\text{ }^{\circ}\text{C}$  akkumuliert, und damit die Bildung feinsten Körner bei der Umwandlung ermöglicht.
- Niob bildet im Prozeßablauf Karbonitridauscheidungen, die die Versetzungen im Atomgitter blockieren und somit zu Streckgrenzen- und Festigkeitssteigerungen führen.

Diese beiden Wirkungen des Nb können durch die Prozeßgestaltung dosiert werden und erlauben es, die Legierungselementgehalte und den C-Gehalt so stark abzusenken, daß hohe Zähigkeitswerte und gute Schweiß-eignung bei gleichen oder höheren Streckgrenzen- und Festigkeitswerten eingestellt werden können.

Durch eine entsprechende Anlagenausstattung im Walzwerk kann die richtige Mischung der Verfestigungsmechanismen herbeigeführt werden, um dem spezifizierten Eigenschaftsprofil durch „Gefügezüchtung“ am besten gerecht zu werden. Deswegen können nach Bild 7 einige grundsätzliche TM-Varianten unterschieden werden, wobei der Lieferzustand normgerecht mit „M“ abgekürzt wird.

### Varianten D und E

Für diese Varianten werden die angesprochenen Mechanismen in mehreren, z. B. voneinander in Temperaturlagen und Verformungsgraden sich unterscheidenden Walzphasen gesteuert. Hierbei kann die Endwalztemperatur noch im nichtrekristallisierenden  $\gamma$ -Gebiet (Austenit) liegen (D) oder bis hinunter in den  $\gamma \rightarrow \alpha$  (Ferrit) - Umwandlungsbereich gezogen werden (E). Hierdurch erreicht man eine festigkeits- und streckgrenzensteigernde „Kaltverformung“ beim Warmwalzen. Die Abkühlung des Bleches erfolgt in beiden Fällen an der Luft.

### Varianten F und G

In diesen Fällen geschieht das Walzen nach einem zu D oder E vergleichbarem Schema. Zur gezielten Einstellung modifizierter Gefüge vor allem für zunehmende Blechdicken oder zur Erhöhung von Streckgrenze, Zugfestigkeit, Zähigkeit und Sauer-gaseignung wird das Blech nach dem Walzen beschleunigt mit definierter Geschwindigkeit in der MULPIC-Anlage mit Wasser abgekühlt. Nach der Wahl des Abkühlverlaufes - entsprechend Bild 8 - können die Verfahren eingeordnet werden:

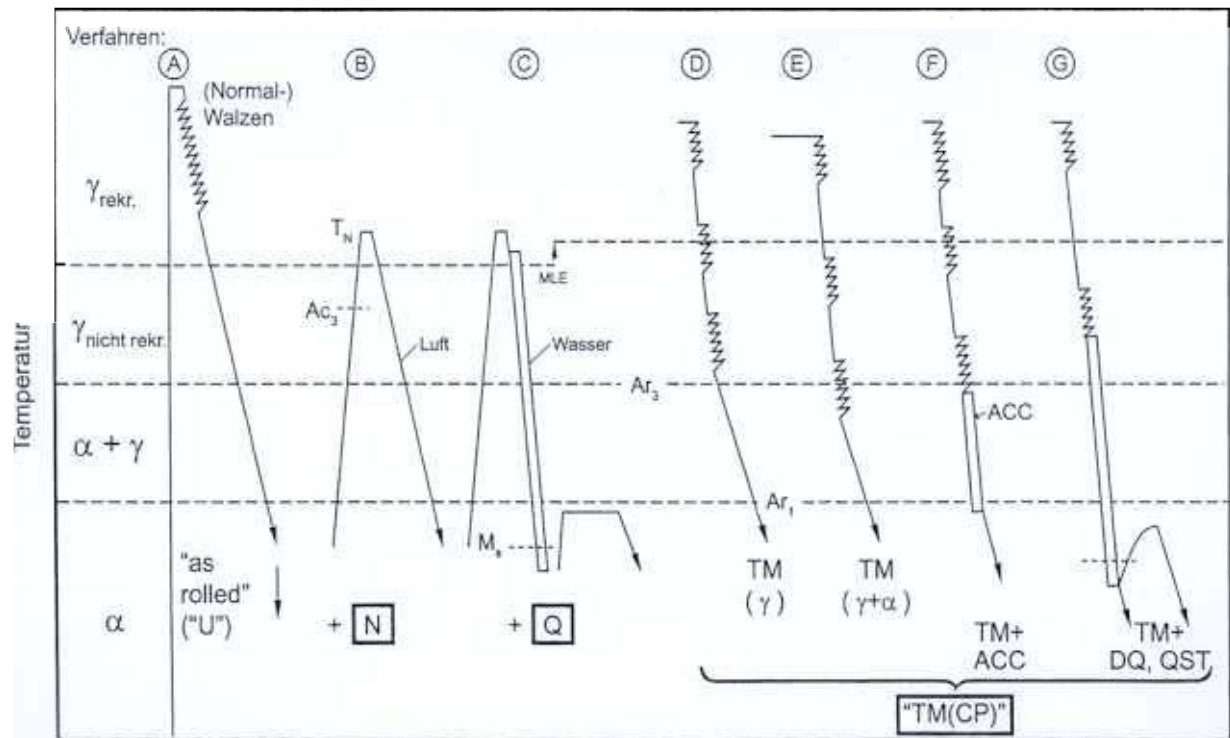


Bild 7: Temperatur-Zeit-Schema der angewandten Walz-, Kühl- und Wärmebehandlungsvarianten

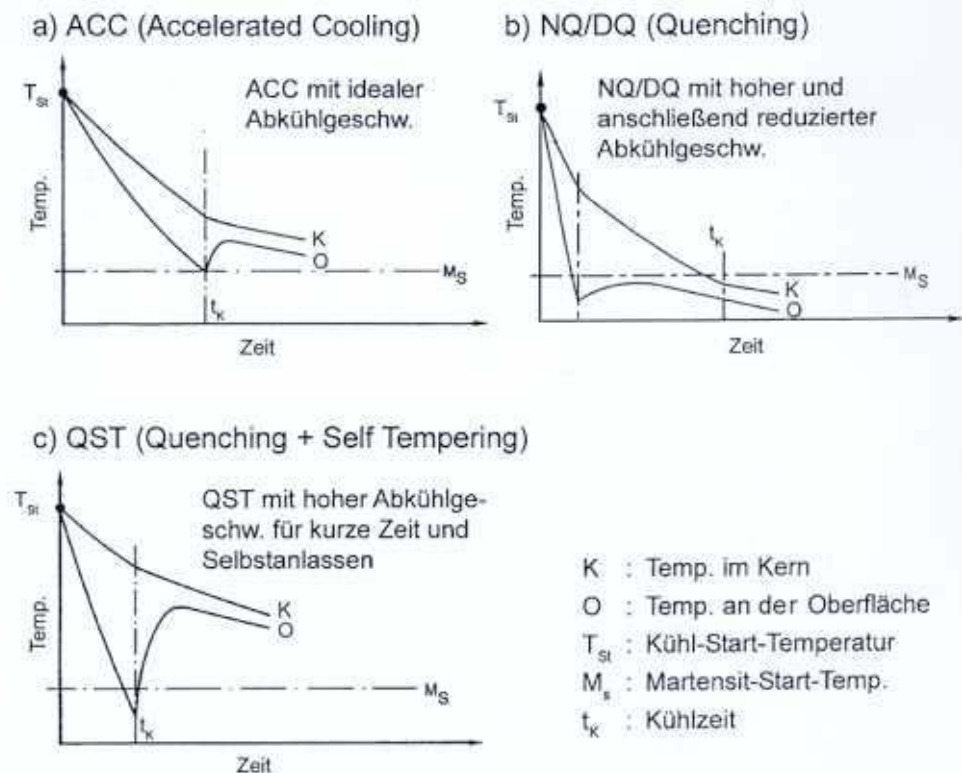


Bild 8: Bleichabkühlverläufe für unterschiedliche MULTIPIC-Verfahrensvarianten

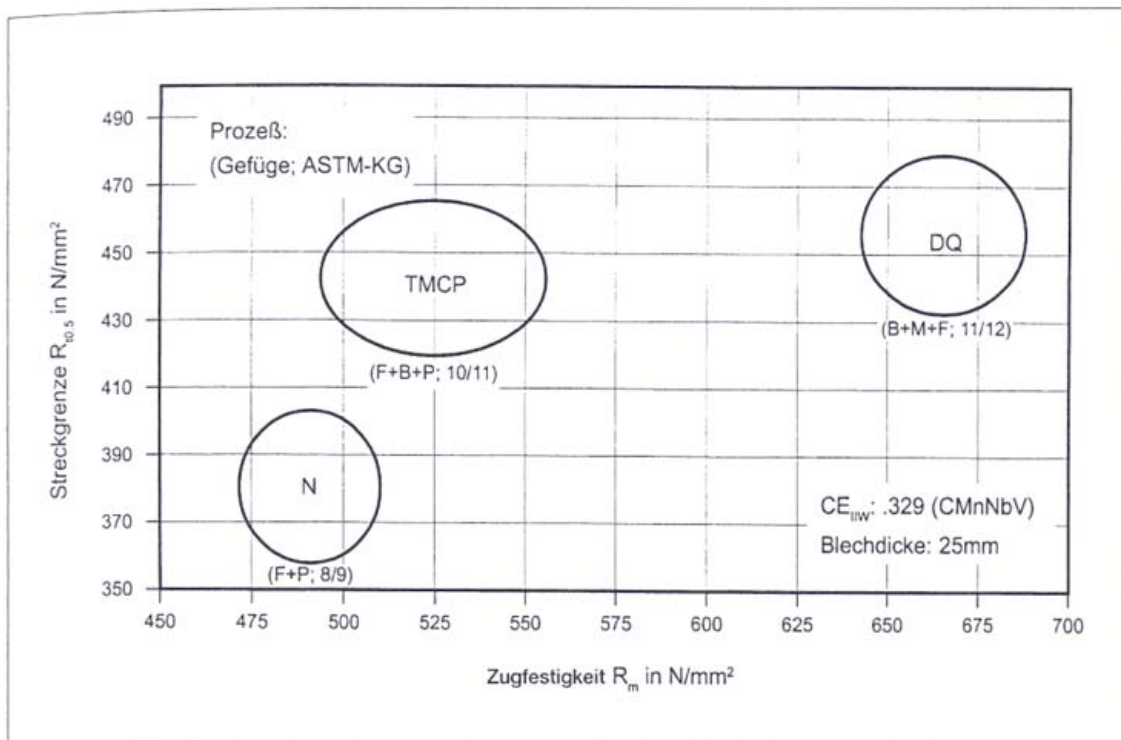


Bild 9: Vergleich der Festigkeitseigenschaften für unterschiedliche Verfahrensvarianten

#### Variante F

Im Fall von ACC (Accelerated Cooling) kommt eine Abkühlung nach Bild 8a zur Anwendung, die zur Einhaltung vorgegebener Endkühltemperaturen führt.

#### Variante G

Bei dieser Methode erfolgt eine schnellstmögliche Abkühlung der Oberfläche ähnlich der des konventionellen Quenchens (Variante C). Im Fall DQ (Direct Quenching) wird auch der Kern des Bleches durch fortgesetzte Kühlung unter die Martensit-Start-Temperatur gebracht (Bild 8b). Im Fall QST wird die noch vorhandene Kernwärme nach einer sehr kurzen Kühlzeit zu einem dosierten Selbstanlassen (Q+Self Tempering) verwendet (Bild 8c).

In welchem unterschiedlichen Maß durch TM-Walzen und beschleunigtes Abkühlen bis hin zum Direct Quenching bei einer gegebenen Stahlanalyse im Vergleich zum normalisierten Zustand Verfestigungsmechanismen ausgelöst werden, zeigt Bild 9. Für eine gegebene Blechdicke (25 mm) und eine mikrolegierte Stahlanalyse niedrigen C-Äquivalentes werden die über TM + ACC bzw. DQ gegenüber N-Glügen erreichbaren Steigerungen der Streckgrenze und Zugfestigkeit dargestellt.

Zur technologischen Realisierung der TMCP-Verfahren bedarf es der Festlegung aller

wichtigen Verfahrensparameter (Bild 10) und ihrer Umsetzung durch die Prozeßsteuerung. Die wesentlichen Stufen der TM-Verfahrenstechnik können im Anlagen-Layout der Warmzone des Dillinger Walzwerkes nachvollzogen werden (Bild 3):

- Brammenerwärmung in den Stoß- und Herdwagenöfen,
- Walzung an den Quarto-Reversiergerüsten,
- Kühlung an der MÜLPIC-Kühlstrecke.

Eine definierte und reproduzierbare Brammenerwärmung setzt eine gesteuerte Ofenfahrweise basierend auf physikalischen Modellen der Brammendurchwärmung voraus. Wesentlich für den Umformprozeß an den Quarto-Reversier-Gerüsten ist deren technische Ausrüstung und Leistungsfähigkeit. Besonders für TM-Stichpläne mit niedrigen Endwalztemperaturen sind hohe Walzkräfte erforderlich. Die Reproduzierbarkeit setzt eine schnelle und exakte Prozeßregelung, basierend auf einer möglichst genauen Messung von Walzguttemperatur, -dicke und Walzkraft, voraus. Für wirtschaftliche Durchsatzleistungen ist die Anwendung eines Tandem-Walzschemas mit mehreren Brammen gleichzeitig im Gerüstbereich erstrebenswert. Die Abkühlung des fertiggewalzten Bleches erfolgt an der Luft, auf dem Rollgang bzw. Kühlbett oder im Stapel sowie, wenn notwendig, beschleunigt in der Kühlstrecke.

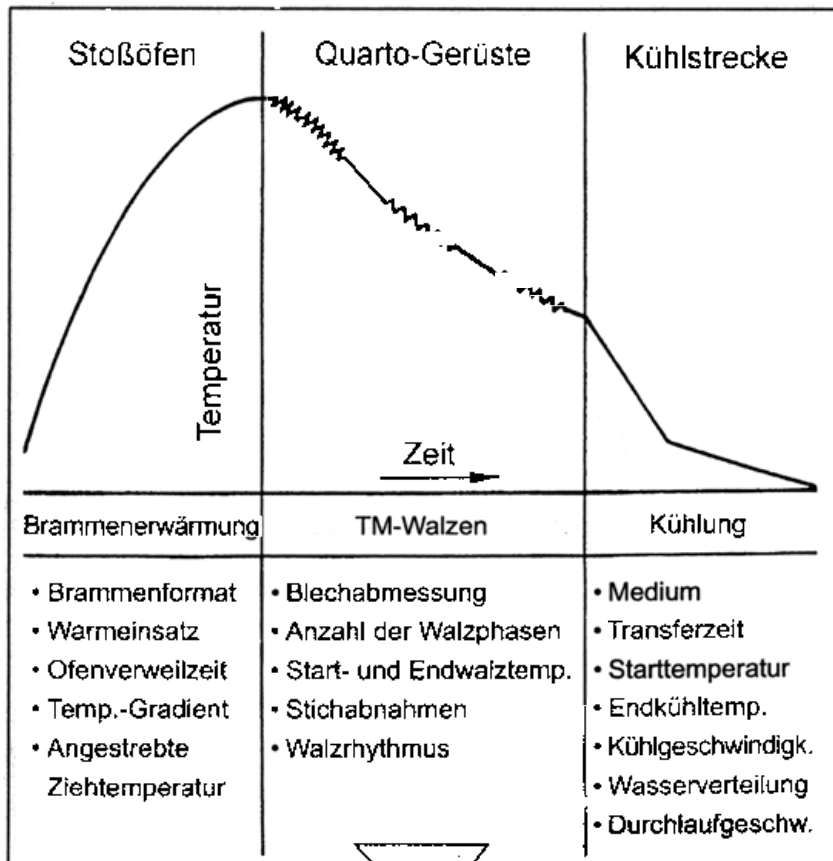


Bild 10: Definition des TM-Prozesses

| STICHPLAN      |       | 76 (M47776) |        |       |      |       |        |       |      |  |  |
|----------------|-------|-------------|--------|-------|------|-------|--------|-------|------|--|--|
| BRAMME GEWICHT |       | 20.4        | 300.   | 2170. |      | 1180. | 4000.  | 0.    |      |  |  |
| ANST           | DREHZ | DICKE       | EPS    | SHAPE | BOMB | KRAFT | MOMENT | STROM | T OB |  |  |
| 279.6          | 50.   | 280.0       | 6.667  | .362  | .21  | 2564  | 155    | 10197 | 1028 |  |  |
| 259.7          | 50.   | 280.0       | 7.143  | .388  | .30  | 2492  | 149    | 9776  | 1024 |  |  |
| 245.0          | 50.   | 248.3       | 4.503  | .316  | -.01 | 4254  | 202    | 13690 | 1016 |  |  |
| 232.0          | 50.   | 234.5       | 5.543  | .360  | .00  | 4427  | 223    | 15321 | 1015 |  |  |
| 216.0          | 50.   | 220.4       | 6.006  | .367  | .00  | 4364  | 220    | 15102 | 1016 |  |  |
| 204.0          | 50.   | 206.3       | 6.409  | .413  | -.00 | 4270  | 214    | 14637 | 1018 |  |  |
| 190.0          | 50.   | 192.2       | 6.847  | .442  | -.01 | 4178  | 209    | 14197 | 1019 |  |  |
| 176.0          | 50.   | 178.1       | 7.342  | .476  | -.02 | 4098  | 204    | 13835 | 1021 |  |  |
| 162.0          | 50.   | 164.0       | 7.911  | .515  | -.03 | 4034  | 201    | 13578 | 1023 |  |  |
| 148.0          | 50.   | 149.9       | 8.570  | .560  | -.04 | 3994  | 199    | 13443 | 1025 |  |  |
| 132.0          | 50.   | 134.3       | 10.419 | .652  | -.02 | 4270  | 226    | 15555 | 1028 |  |  |
| 122.0          | 50.   | 123.2       | 8.256  | .606  | -.06 | 3480  | 155    | 10158 | 1031 |  |  |
| 108.0          | 50.   | 110.0       | 10.734 | .731  | -.01 | 4037  | 198    | 13361 | 1026 |  |  |
| 100.0          | 50.   | 100.8       | 8.323  | .673  | -.07 | 3207  | 131    | 8439  | 1033 |  |  |
| 90.0           | 50.   | 92.7        | 8.058  | .691  | -.01 | 4563  | 174    | 11594 | 909  |  |  |
| 82.0           | 50.   | 85.3        | 8.021  | .719  | .05  | 4976  | 182    | 12160 | 911  |  |  |
| 75.0           | 50.   | 78.5        | 7.995  | .748  | .08  | 5110  | 179    | 11939 | 912  |  |  |
| 69.0           | 50.   | 72.3        | 7.799  | .769  | .09  | 5022  | 167    | 11030 | 913  |  |  |
| 68.0           | 50.   | 69.1        | 4.484  | .597  | -.01 | 3389  | 81     | 5052  | 914  |  |  |

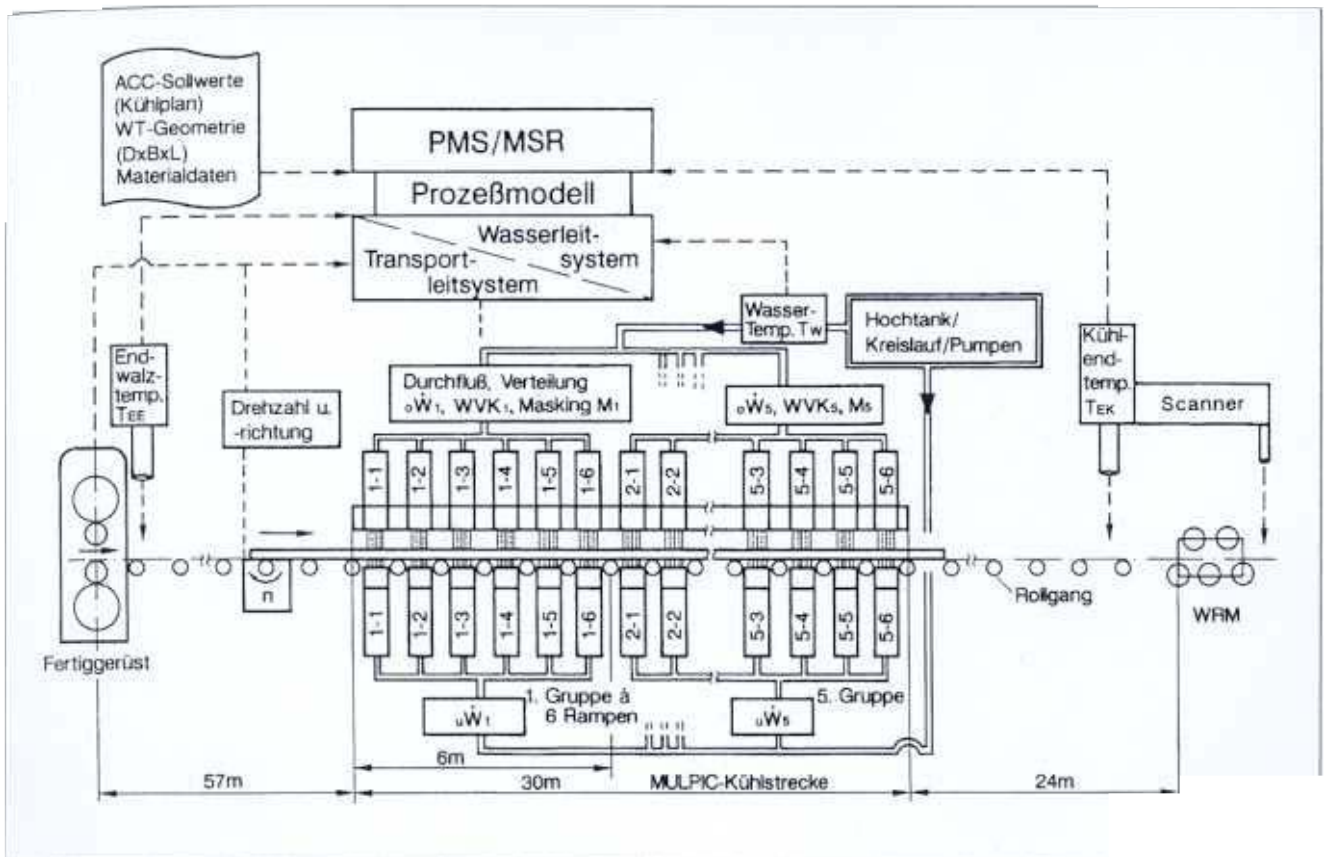
erklärt: Die rechnergestützte Prozeßregelung für den Kühlvorgang erfolgt über zwei gekoppelte Systeme: über das Transportleitsystem bezüglich der Walztafelfahrgeschwindigkeit auf den Rollgängen, entweder pendelnd in der Anlage oder kontinuierlich durchfahrend, und über das Wasserleitsystem bezüglich der Erzielung einer homogenen Wasserbeaufschlagung.

Die vorgestellten TM-Behandlungsvarianten werden nun seit mehr als 15 Jahren zur Herstellung von Grobblechen für Großrohre zum Öl- und Gastransport (Line-Pipe) und seit einigen Jahren im Schiffbau und im Stahlbau (Brücken, Offshore-Plattformen) in großen Tonnagen eingesetzt. Auf die werkstoffrelevanten Vorteile dieser Stähle wird in anderen Berichten eingegangen.

Allen vorgestellten Prozeßvarianten gemeinsam und für die neueren Varianten besonders zutreffend ist die Rolle der Prozeßregelung und Qualitätssicherung zur Einhaltung aller spezifizierten Anforderungen. In der Praxis ist zwar ein Toleranzbereich („Fenster“) der Eigenschaftswerte zugelassen. Diesen aber statistisch gesichert – also reproduzierbar – einzuhalten, verlangt auf alle Fälle eine gute Kenntnis der zugrunde liegenden metallkundlichen Zusammenhänge und die Einstellung aller Prozeßparameter mit definierter Standardabweichung sowohl bei der Stahlher-

Da an der Dillinger Kühlstrecke die beschleunigte Abkühlung unterschiedlichster Blechdicken (ca. 12 bis 120 mm) und das Direct Quenching in einer Anlage realisiert werden sollen, stand bei der Auswahl des Kühlsystems die hohe Flexibilität bezüglich der Abkühlintensität im Vordergrund. Das gewählte MUPIC-Kühlsystem in der konzipierten Ausbauf orm mit einem Hochdruckteil ist charakterisiert durch: Wasserkissenkühlung der Bleche aus einer Serie von über oder im Rollgang angebrachten Ober- und Unterrampen, eine hohe Variationsmöglichkeit der Wasserbeaufschlagung von 70 bis 2500 l/m<sup>2</sup> min, und damit eine in weiten Grenzen regelbare Kühlintensität. Das Regelschema der Anlage wird in Bild 11





stellung im Stahlwerk, d.h. Einhaltung der Sollanalyse, als auch im TM-Walzprozeß einschließlich Kühlung sowie Online-Überwachungs- und Freigabesysteme.

Einzelblech erfolgt durch Abtrennen des Rand-schrottes und Teilen der Walztafel in Quer- und/oder Längsrichtung, entweder an der Scherenlinie oder bei Dickblechen und hochlegierten Stählen

Bild 11: Regelschema der MULPIC-Kühlstrecke und ihre Einbindung im Bereich zwischen Fertigerüst und Wärmrichtmaschine

## 5 Weitere Prozeßschritte bis zum versandfertigen Blech

Nachdem am Blech die gewünschten Eigenschaften durch temperaturgesteuerte Walzprozesse oder Wärmebehandlungsschritte eingestellt sind, müssen - Bild 12 folgend - noch einige wichtige Prozeßschritte bzw. Stationen bis zum fertigen Blech durchlaufen werden. Für den Transport der Walztafeln bzw. Bleche im Werk stehen umfangreiche Transporteinrichtungen wie Rollgänge, Magnetkräne und Spezialtransporter zur Verfügung. Je nach Ebenheitsanforderung sind am warmen oder kalten Blech Richtvorgänge notwendig. Das Abstapeln der Bleche erfüllt eine doppelte Rolle, die der Wasserstoffeffusion und des Puffers vor der Adjustage. Die Walztafeln und Bleche müssen durch eindeutige Identifikationsnummern (Referenz-Nummern) ihrer Geschichte und Spezifikation zugeordnet werden können. Dazu werden sie gestempelt und farb-beschriftet. Die Umwandlung der Walztafel zum

- A) Walzen (Formgebung, ggf. TM-Effekte)
- B) Wärmebehandlung
- C) Weitere Produktionsschritte im Walzwerk:
  - Warm- und Kaltrichten (Ebenheit)
  - Wasserstoffeffusion
  - Schneiden - Scherenlinie
    - Brennschneiden
 (jedes Blech auf Bestellung produziert)
  - Markieren / Beschriften (Identität)
  - Prüfung am Blech
    - US-Prüfung
    - Oberflächenkontrolle
    - Abmessungskontrolle
  - Probenahme für zerstörende Werkstoffprüfung
  - Strahlen (+ Beschichten)
  - Spedition / Verladung / Versand mit LKW
    - Bahn
    - Schiff

Bild 12: Produktionsschritte im Walzwerk

durch Brennschneiden. Für die Qualitätsüberwachung erfolgen zerstörungsfreie Prüfungen, z. B. eine Ultraschall-Prüfung im Fluß oder Oberflächen- und Maßkontrollen sowie die Entnahme von Proben-Coupons für die zerstörende Werkstoffprüfung. Auf Bestellung kann das Blech gestrahlt und mit Primer konserviert werden. Der Versand zum Kunden erfolgt ab Werk per LKW, Bahn oder per Schiff.

### 6 Lieferprogramm

Charakteristisch für ein Grobblechwalzwerk ist das Lieferprogramm, das Einblick in die Prozeßvielfalt und -flexibilität gibt. Je nach Verfahren und den dazu notwendigen Anlagen sind den Abmessungen eines Grobbleches direkt oder indirekt über das Gewicht Grenzen gesetzt. Nicht eingegangen wird an dieser Stelle auf die Tatsache, daß dieser Vielfalt von Abmessungen eine Vielzahl von Stahlsorten überlagert ist, die in Normen, Regelwerken, Werkstoffblättern oder individuellen Kundenspezifikationen näher beschrieben werden.

### 7 Prozeßentwicklung als Basis für die Erfüllung moderner Spezifikationen

Der Herstellungsprozeß für Grobbleche beinhaltet vielfältige Kombinationsmöglichkeiten von Prozeßstufen. Aus deren Optimierung leitet sich ein weites Innovationspotential ab. Durch enge Kooperation mit der Verarbeiter- und Anwenderseite kann eine gezielte und ausgewogene Abstimmung von Kundenwünschen und Herstellermöglichkeiten erfolgen. Die an den Grobblechhersteller herangetragenen Kundenwünsche bezüglich Produkteigenschaften, insbesondere Abmessungen sowie Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften, können nur dann realisiert werden, wenn in wohlabgestimmter Weise durch gezielte Investitionen und systematische Entwicklungsarbeit die Basis für neue Prozeßvarianten gelegt wird.

### 8 Weiterführendes Informationsmaterial

Streißeberger, A.; Oswald, W.; Bauer, J.; Hanus, F.:  
Verfahren der TM-Behandlung mit beschleunigter Kühlung zur Herstellung von Grobblech aus Baustählen.  
Stahl und Eisen 111 (1991), Nr. 5, S. 65 – 73

Oswald, W.; Streißeberger, A.; Thul, R.; Nehrenberg, H.-J.; Kirsch, J.:  
Heavy plates with special process design to meet extreme customer requirements.  
Proceedings METEC Congr. 94,  
6th Int. Rolling Conf., Düsseldorf (1994),  
Vol. 2, S. 42 – 51

Schwinn, V.; Streißeberger, A.:  
DICREST-Stähle für Druckbehälter unter Sauer gasbedingungen.  
Stahl (1992), Nr. 4, S. 49 – 52

Dilg, C.; Kirsch, H.-J.; Streißeberger, A.; Bauer, J.:  
Accelerated cooling during plate production.  
Steel Techn. Int. (1992), pp. 211 – 217

Bergmann, B.; Bannenberg, N.; Streißeberger, A.; Bauer, J.:  
Advanced casting practices and TMCP technology applied to offshore plate and linepipe.  
The Houston Mat. Conf. (1993)

Streißeberger, A.; Hanus, F.; Schütz, W.; Hußo, R.:  
Erweiterte Nutzungsmöglichkeiten der thermomechanischen Behandlung von Grobblechen.  
Stahl und Eisen 117 (1997), Nr. 4, S. 49 – 57

Streißeberger, A.; Flüß, P.; Kolling, A.:  
Controlling Homogeneity and Reproducibility in the Production of Heavy Plates.  
Steel research (1998), No. 4+5, p. 2 – 12