

Einfluß des Walzendurchmessers und der Brammenbreite auf die Walzeigenschaften beim Walzen für die Breitenabnahme der Brammen

von

Jun-ichi KOKADO*, Natsuo HATTA* und Hirohiko TAKUDA*

(Eingegangen am 24. Januar 1985)

Inhaltsangabe

Der Einfluß des Walzendurchmessers und der Brammenbreite auf das Umformverhalten der Bramme und auf den Kraftbedarf beim Vertikal- und beim Horizontalwalzen wurde anhand der Aluminiumplatten experimentell untersucht. Um diese Ergebnisse auf das Warm-Vertikalwalzen der stranggegossenen Stahlbrammen zu erweitern, wurden die Walzeigenschaften nach dem starr-plastischen Finite-Elemente-Verfahren berechnet. Die experimentellen und rechnerischen Ergebnisse können wie folgt zusammengefaßt werden:

- 1) Mit der Vergrößerung des Vertikalwalzendurchmessers wird die Hundenknochendicke kleiner, und dadurch die Ausbreitungsgröße, die Walzkraft und das Walzmoment beim Horizontalwalzen kleiner.
- 2) Mit der Vergrößerung des Vertikalwalzendurchmessers wird die Vertikalwalzkraft und das Vertikalwalzmoment größer, dagegen wird die Walzleistung kleiner.
- 3) Mit der Vergrößerung der Brammenbreite nehmen die Hungenknochendicke, die Walzkraft und das Walzmoment beim Vertikalwalzen, ferner die Ausbreitungsgröße, die Walzkraft und das Walzmoment beim Horizontalwalzen zu.

1. Einleitung

Bis hierher wurde eine Reihe von den experimentellen und analytischen Untersuchungen über die Walzeigenschaften beim vertikal- und Horizontalwalzen der Brammen durchgeführt, und zahlreiche Fragen sind gelöst¹⁻⁴⁾. Aber der Einfluß des Walzendurchmessers und der Brammenbreite auf die Walzeigenschaften stellte eine ungelöste Frage dar. Unter Berücksichtigung dieser Situation wurde eine weitere Untersuchung über die Wirkung des Walzendurchmessers und der Brammenbreite auf die Walzkraft, das Walzmoment, die Walzleistung und das Umformverhalten beim Vertikalwalzen und beim nachfolgenden Horizontalwalzen durchgeführt.

* Institut für Bergbau- und Hüttenmaschinen

2. Versuchsmethode

Als Walzgut wurden die im Heizofen auf eine Temperatur von 500°C erwärmten Aluminiumplatten mit einer Dicke von 12 mm und mit verschiedenen Breiten von 36 mm bis 96 mm (Breiten-Dickenverhältnis ist 3~8) benutzt. Die Fließspannung des benutzten Werkstoffs bei dieser Temperatur kann nach den gemessenen Werten durch die folgende Gleichung dargestellt werden:

$$\sigma = 16 \cdot \epsilon^{0.085} \cdot \dot{\epsilon}^{0.17} \quad \text{in } N/mm^2$$

Als Vertikalwalze wurden Flach- und Kaliberwalzen mit einem konstanten Kaliberwinkel von 15° und mit vier verschiedenen Walzendurchmessern von 60 mm, 80 mm, 100 mm und 120 mm benutzt. Die Drehzahl der Walze war immer 15.2 r.p.m.. Beim Experiment zum Ermitteln des Walzendurchmessereinflusses wurden nur die Platten mit einer Breite von 84 mm, und beim Experiment zum Ermitteln des Brammenbreiteneinflusses wurde nur die Walze mit einem Durchmesser von 80 mm benutzt.

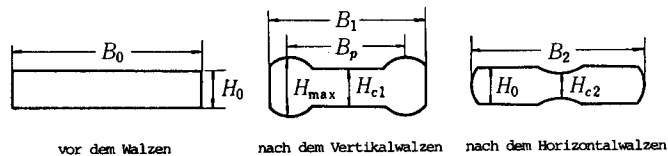


Bild 1 Querschnittform des Walzgutes vor und nach dem Walzen

Tafel 1 Bezeichnungen

B_0	: Anfangsbreite
H_0	: Anfangsdicke
B_1	: Breite nach dem Vertikalwalzen
B_p	: Gipfelbreite
H_{max}	: Hundeknochendicke
H_{c1}	: Zentrumsdicke nach dem Vertikalwalzen
B_2	: Breite nach dem Horizontalwalzen
H_{c2}	: Zentrumsdicke nach dem Horizontalwalzen
$B_0 - B_1$: Breitenabnahme ($= \Delta B$)
$(B_0 - B_1)/B_0$: Breitenabnahmenverhältnis
$B_2 - B_1$: Ausbreitungsgröße
H_{max}/H_0	: Dickenverhältnis des Hundeknochens
$(B_1 - B_p)/2$: Gipfelstelle
H_{c2}/H_0	: Zentrumsdickenverhältnis nach dem Horizontalwalzen

Als Horizontalwalze wurde meistens eine Flachwalze mit einem Durchmesser von 70 mm und mit einer Drehzahl von 45 r.p.m., und teilweise eine andere Flachwalze mit einem Durchmesser von 180 mm und mit einer Drehzahl von 10.5 r. p. m. benutzt. Das Walzgut wurde mit verschiedenen Breitenabnahmen zuerst einmal vertikal und dann bis zu seiner Anfangsdicke horizontal gewalzt.

Bei jedem Walzen wurden die Walzkraft, das Walzmoment und die Querschnittform des Walzgutes gemessen. Die in **Bild 1** und in **Tafel 1** definierten Bezeichnungen werden in dieser Arbeit gebraucht.

3. Versuchsergebnisse und Betrachtung

3. 1. Einfluß des Walzendurchmessers auf die Walzeigenschaften

Bild 2 (a) zeigt den Zusammenhang zwischen dem Vertikalwalzendurchmesser und der Vertikalwalzkraft für verschiedene Breitenabnahmen ΔB , und **Bild 2 (b)** den Zusammenhang zwischen dem Vertikalwalzendurchmesser und dem Vertikalwalzmoment. Die Walzkraft und das Walzmoment vergrößern sich fast proportional, besonders das Walzmoment stark, mit zunehmendem Walzendurchmesser. Aber wie das **Bild 3** zeigt, verkleinert sich die Walzenergie pro einheitliches Volumen des Walzgutes mit zunehmendem Walzendurchmesser.

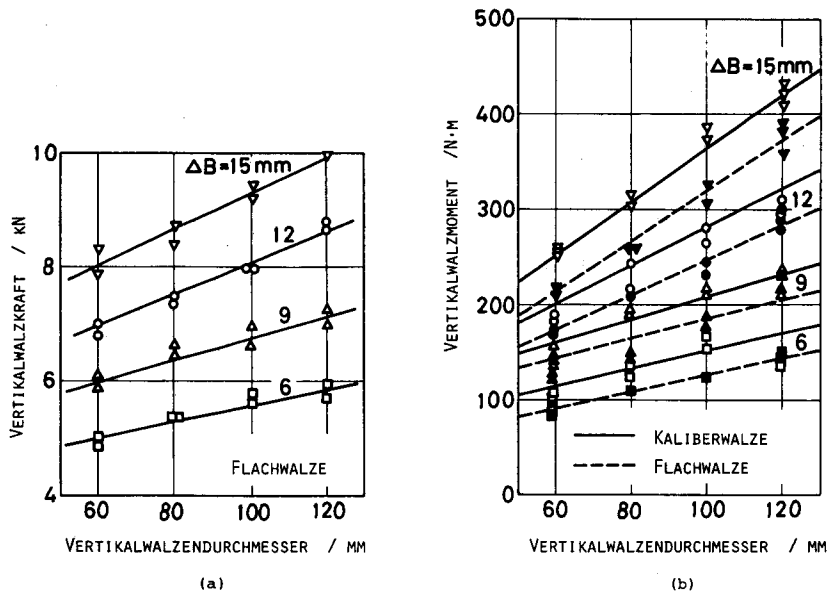


Bild 2 Zusammenhang zwischen dem Vertikalwalzendurchmesser und (a) der Vertikalwalzkraft, (b) dem Vertikalwalzmoment

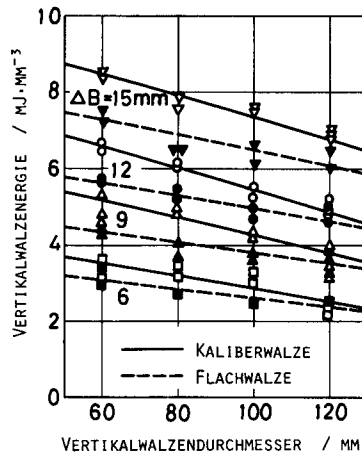


Bild 3 Zusammenhang zwischen dem Vertikalwalzendurchmesser und dem Vertikalwalzenenergie

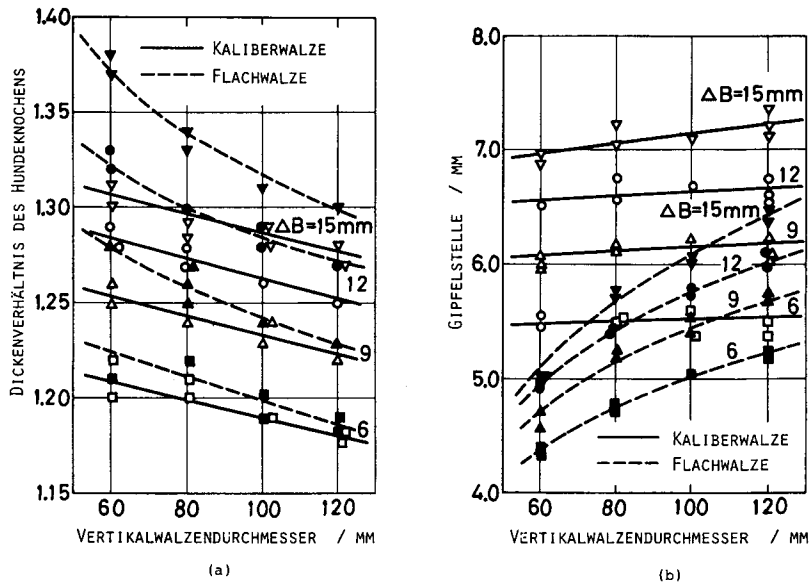


Bild 4 Einfluß des Vertikalwalzendurchmessers auf (a) das Hundeknochendickenverhältnis und (b) die Gipfelstelle

Bild 4 zeigt, wie sich die Hundeknochenform, nämlich ihr Dickenverhältnis (Bild (a)) und ihre Gipfelstelle (Bild (b)), mit dem Vertikalwalzendurchmesser verändert. Aus den beiden Bildern ist es sichtbar, daß die Formänderung des Walzgutes beim Vertikalwalzen mit abnehmendem Walzendurchmesser am Breitenende mehr lokalisiert wird. Mit anderen Worten erreicht die Verformungszone mit zunehmendem

Walzendurchmesser weiter in die Breitenmitte, und die Hundeknochenform wird sanfter. Der Einfluß des Walzendurchmessers auf die Hundeknochenform ist bei der Flachwalze größer als bei der Kaliberwalze. Dies geschieht daraus, daß die Kaliberwalze mit seiner Kaliberwand das sich mit abnehmendem Walzendurchmesser vergrößernde Dickenwachstum einschränkt. Infolgedessen wird die Einschränkungskraft der Kaliberwand mit abnehmendem Walzendurchmesser größer. Dies ist die Ursache dafür, daß sich die Walzenenergie bei der Kaliberwalze, wie Bild 3 zeigt, mit abnehmendem Walzendurchmesser deutlicher vergrößert als bei der Flachwalze. Mit zunehmendem Walzendurchmesser wird der Unterschied zwischen der durch das Vertikalwalzen mit der Flachwalze gebildeten Hundeknochenform und der mit der Kaliberwalze gebildeten Form kleiner, und der Vorteil der Kaliberwalze wird geringer. Dies bedeutet, daß der günstigste Kaliberwinkel auch von dem Walzendurchmesser abhängig ist.

Bild 5 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Vertikalwalzendurchmesser und der Ausbreitungsgröße beim Horizontalwalzen anhand der Flachwalze mit einem Durchmesser von 70mm für verschiedene Breitenabnahmen ΔB . Die Ausbreitungsgröße verkleinert sich mit zunehmendem Vertikalwalzendurchmesser, besonders bei der Flachwalze, weil der Einfluß des Walzendurchmessers auf die Hundeknochendicke bei der Flachwalze größer ist als bei der Kaliberwalze. Mit zunehmender Breitenabnahme wird die Ausbreitung größer, aber der Vergrößerungsgrad wird bei der Flachwalze kleiner. Bei der Kaliberwalze wird die Verände-

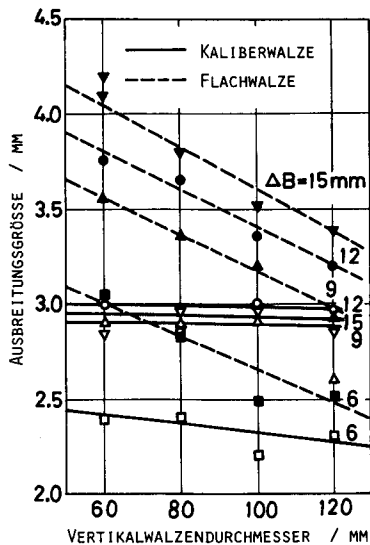


Bild 5 Zusammenhang zwischen dem Vertikalwalzendurchmesser und der Ausbreitungsgröße beim Horizontalwalzen

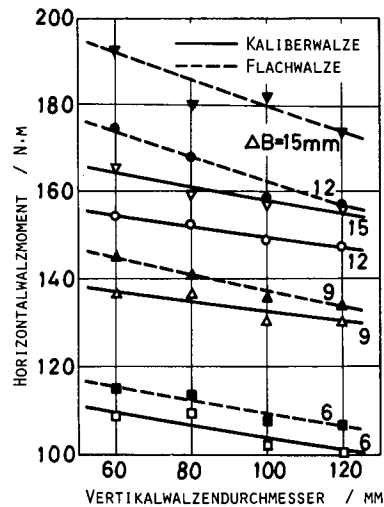


Bild 6 Zusammenhang zwischen dem Vertikalwalzendurchmesser und dem Horizontalwalzmoment

zung der Ausbreitungsgröße durch die Änderung des Vertikalwalzendurchmessers und gleichzeitig durch die Änderung der Breitenabnahme undeutlich, wenn die Breitenabnahme größer wird als 9 mm.

Bild 6 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Vertikalwalzendurchmesser und dem Walzmoment beim Horizontalwalzen anhand der Flachwalze mit einem Durchmesser von 70 mm. Mit zunehmendem Vertikalwalzendurchmesser verkleinert sich das Horizontalwalzmoment, besonders bei der Flachwalze. Daraus ist es klar geworden, daß mit zunehmendem Vertikalwalzendurchmesser die Leistung der Breitenabnahme besser und die erforderliche Gesamtwalzenergie kleiner wird.

Um den Einfluß des Horizontalwalzendurchmessers auf die Querschnittform des walzgutes nach dem Horizontalwalzen zu untersuchen, wurden die anhand der Flach- und Kaliberwalze mit einem Durchmesser von 60 mm und 120 mm vertikalgewalzten walzgüte durch zwei verschiedene Flachwalzen mit einem Durchmesser von 70 mm und 180 mm horizontalgewalzt. Die Ergebnisse sind in **Bild 7 (a) und (b)** gezeigt. Bild (a) zeigt den Zusammenhang zwischen der Breitenabnahme und der Ausbreitungsgröße. In diesem Bild spielt der Walzendurchmesser eine Rolle als Parameter. Obgleich der Einfluß des Horizontalwalzendurchmessers auf die Ausbreitungsgröße klein ist, wird die Ausbreitungsgröße mit zunehmendem Horizontalwalzendurchmesser etwas größer. Bild (b) zeigt den Zusammenhang zwischen der Breitenabnahme und dem Zentrumdickenverhältnis, wobei der Walzendurchmesser auch wieder als Parameter spielt. Die Zentrumdicke verkleinert sich mit Abnahme des Horizontalwalzendurchmessers und auch des Vertikalwalzendurchmessers.

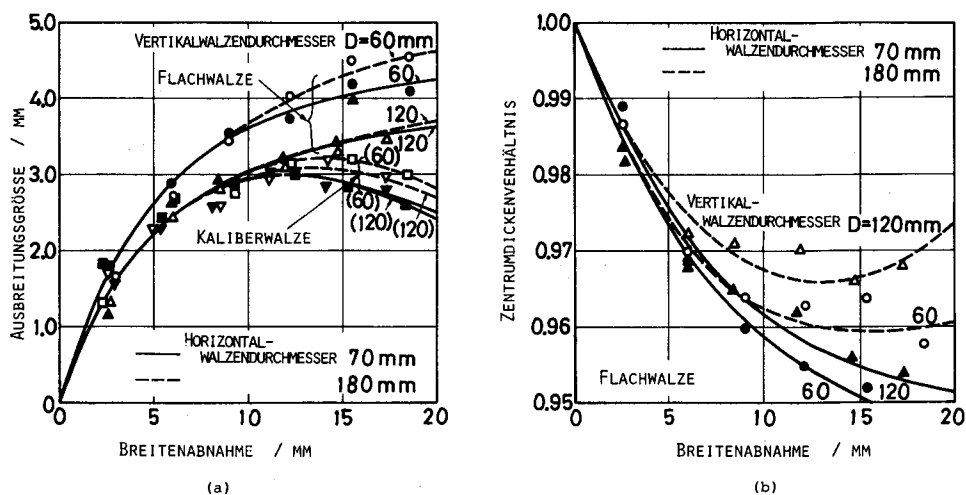


Bild 7 Einfluß des Horizontalwalzendurchmessers auf (a) die Ausbreitungsgröße und (b) das Zentrumdickenverhältnis

3.2. Einfluß der Brammenbreite auf die Walzeigenschaften

Bild 8 zeigt den Zusammenhang zwischen der Brammenbreite und der Grenze des Greifwinkels beim Vertikalwalzen. Die Grenze des Greifwinkels vergrößert sich mit zunehmender Brammenbreite. Dies hat eine Ähnlichkeit dazu, daß die Bramme beim früheren Walzen in der Vorstraße der Warmbreitbandstraße leichter gegriffen wird. Die Ursache ist nicht klar, aber kann darin liegen, daß der sogenannte "Peening Effect" mit zunehmender Brammenbreite größer wird.

Die Wirkung der Brammenbreite auf das Dickenverhältnis des Hundeknochens

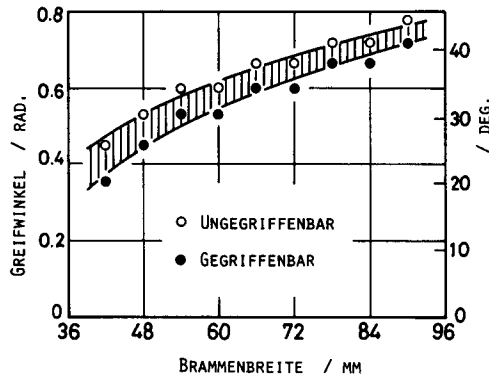


Bild 8 Zusammenhang zwischen der Brammenbreite und der Grenze des Greifwinkels beim Vertikalwalzen

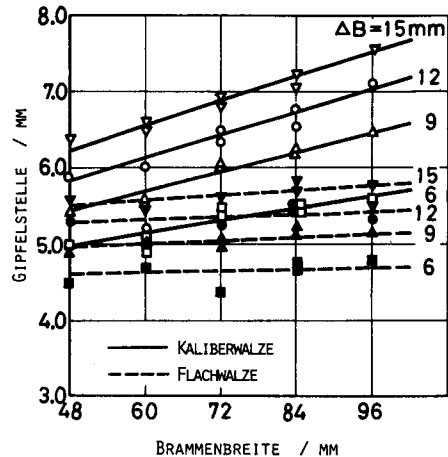
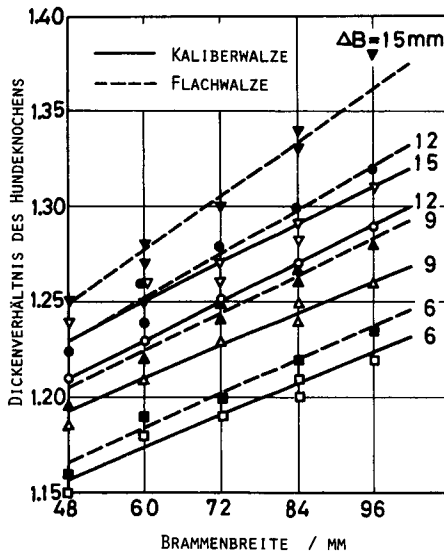


Bild 9 Zusammenhang zwischen der Brammenbreite und (a) dem Dickenverhältnis des Hundeknochens, (b) der Gipfelstelle

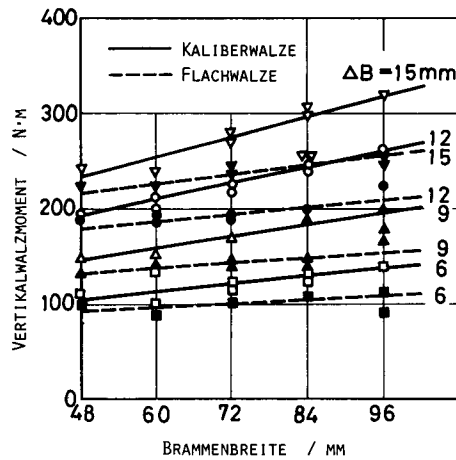


Bild 10 Zusammenhang zwischen der Brammenbreite und dem Vertikalwalzmoment

wird in **Bild 9 (a)** und die auf die Gipfelstelle in **Bild 9 (b)** gezeigt. Das Dickenverhältnis des Hundeknochens wird größer mit zunehmender Brammenbreite, besonders bei der Flachwalze. Bei der Flachwalze verändert sich die Gipfelstelle fast kaum mit der Änderung der Brammenbreite.

Bei der Kaliberwalze nähert sich dagegen die Gipfelstelle mit zunehmender Brammenbreite etwas der Breitenmitte. Dies bedeutet, daß sich die Formänderung am Breitenende mit zunehmender Brammenbreite vergrößert und bei der Flachwalze verhältnismäßig mehr lokalisiert wird als bei der Kaliberwalze, weil die Kaliberwalze das sich mit zunehmender Brammenbreite vergrößernde Dickenwachstum einschränkt. Der Unterschied zwischen der bei der Flachwalze gebildeten Hundeknochenform und der bei der Kaliberwalze gebildeten Form vermindert sich mit abnehmender Brammenbreite.

Bild 10 zeigt den Zusammenhang zwischen der Brammenbreite und dem Vertikalwalzmoment. Das Walzmoment nimmt schwach mit der Brammenbreite zu. Die Steigung ist größer bei der Kaliberwalze als bei der Flachwalze. Die Walzkraft zeigt eine ähnliche Tendenz.

Bild 11 (a) zeigt den Zusammenhang zwischen der Anfangsbrammenbreite und der Ausbreitungsgröße beim Horizontalwalzen, und **Bild 11 (b)** den Zusammenhang zwischen der Anfangsbrammenbreite und dem Horizontalwalzmoment. Weil sich die Hundeknochendicke mit zunehmender Anfangsbrammenbreite vergrößert, vergrößern sich beim Horizontalwalzen die Ausbreitungsgröße, das Walzmoment und auch die Walzkraft mit der Anfangsbrammenbreite. Diese Tendenz bei der Flachwalze stärker als bei der Kaliberwalze.

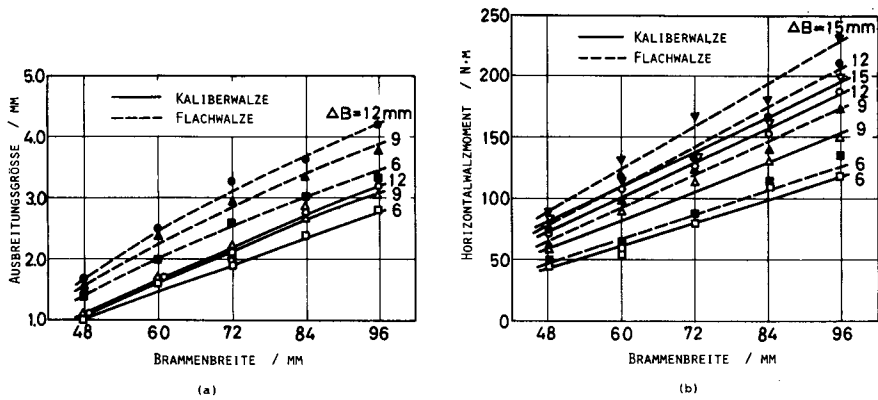


Bild 11 Zusammenhang zwischen der Anfangsbrammenbreite und (a) der Ausbreitungsgröße, (b) dem Walzmoment beim Horizontalwalzen

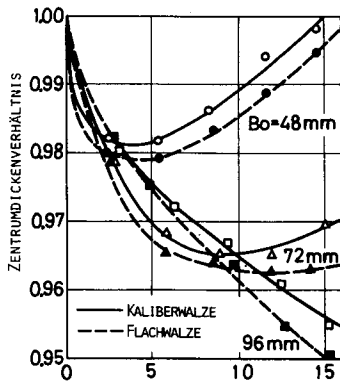


Bild 12 Einfluß der Brammenbreite auf das Zentrumsdickenverhältnis nach dem Horizontalwalzen

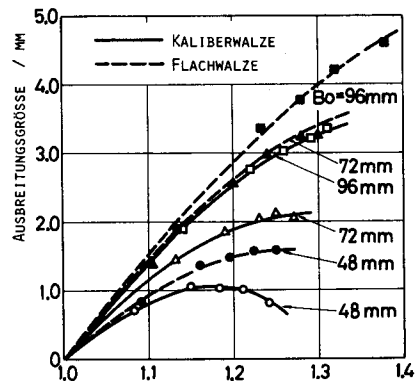


Bild 13 Zusammenhang zwischen dem Hundeknochendickenverhältnis und der Ausbreitungsgröße bei verschiedenen Brammenbreiten

Daraus wird es klar, daß mit zunehmender Brammenbreite die Leistung der Breitenabnahme sich verkleinert und die erforderliche Gesamtwalzenenergie sich vergrößert.

Bild 12 zeigt den Zusammenhang zwischen der Breitenabnahme und dem Zentrumsdickenverhältnis nach dem Horizontalwalzen bei drei verschiedenen Anfangsbrammenbreiten von 48 mm, 72 mm und 96 mm. Mit der Vergrößerung der Breitenabnahme vermindert sich das Zentrumsdickenverhältnis am Anfang stark, aber weil mit wachsender Breitenabnahme die Formänderung beim Vertikalwalzen weiter in

die Breitenmitte hinreicht, wird die Verminderungsrate des Zentrumdickenverhältnisses kleiner und endlich wendet sich das Zentrumdickenverhältnis zur Zunahme. Wenn die Brammenbreite klein wird, wird die Breitenabnahme klein, wobei das Zentrumdickenverhältnis den minimalen Wert zeigt.

Bild 13 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Hundeknochendickenverhältnis und der Ausbreitungsgröße bei drei verschiedenen Anfangsbrammenbreiten von 48 mm, 72 mm und 96 mm. Die Ausbreitungsgröße beim Horizontalwalzen vermehrt sich am Anfang mit zunehmendem Dickenverhältnis des Hundeknochens verhältnismäßig und dann wird ihre Zuwachsrate schwächer als proportional. Wenn das Dickenverhältnis des Hundeknochens gleichen Wert hat, wird die Ausbreitungsgröße mit zunehmender Anfangsbrammenbreite größer.

Bild 14 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Hundeknochendickenverhältnis und dem Horizontalwalzmoment bei drei verschiedenen Anfangsbrammenbreiten. Das Horizontalwalzmoment vergrößert sich fast proportional zum Dickenverhältnis des Hundeknochens. Wenn das Dickenverhältnis des Hundeknochens gleichen Wert hat, wird auch das Walzmoment mit zunehmender Anfangsbrammenbreite größer. Dies geschieht daraus, daß mit zunehmender Anfangsbrammenbreite die Dehnung des Berges des Hundeknochens in der Walzrichtung durch die Widerstandskraft des flachen Teils des hundeknochenförmigen Walzgutes eingeschränkt wird.

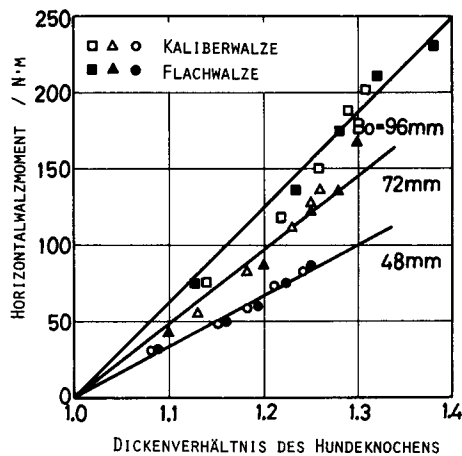


Bild 14 Zusammenhang zwischen dem Hundeknochendickenverhältnis und dem Horizontalwalzmoment bei verschiedenen Brammenbreiten

3. 3. Berechnung der Walzeigenschaften beim Vertikalwalzen der Stahlbrammen mit dem Finite-Elemente-Verfahren

Aus dem oben dargestellten Experiment anhand der Aluminiumplatten wurde es klar, wie der Einfluß des Walzendurchmessers und der Brammenbreite auf das Umformverhalten und auf den Kraftbedarf beim Vertikalwalzen ist. Um diese Ergebnisse auf das Warm-Vertikalwalzen der stranggegossenen Stahlbrammen zu erweitern und die Kenntnisse um den Neubau einer praktischen Anlage zu erwerben, werden die Walzeigenschaften nach dem starr-plastischen Finite-Elemente-Verfahren berechnet, dessen Gültigkeit schon festgestellt ist.^{1,2)}

Als Walzgut wird Stahl mit 0.1% C und mit einer Temperatur von 1100°C angenommen. Die Fließspannung dieses Werkstoffs wird nach S. Shida⁵⁾ durch die folgende Gleichung beschrieben:

$$\sigma = 98,2 \left\{ 1,3 \left(\frac{\epsilon}{0,2} \right)^{0,403} - 0,3 \left(\frac{\epsilon}{0,2} \right) \right\} \left(\frac{\dot{\epsilon}}{10} \right)^{0,128} \quad (\text{in } N/mm^2).$$

Als Ausgangspunkt der Berechnung wird eine Bramme mit einer Breite von 1900 mm und einer Dicke von 280 mm gewählt. Die Flach- und Kaliberwalzen haben

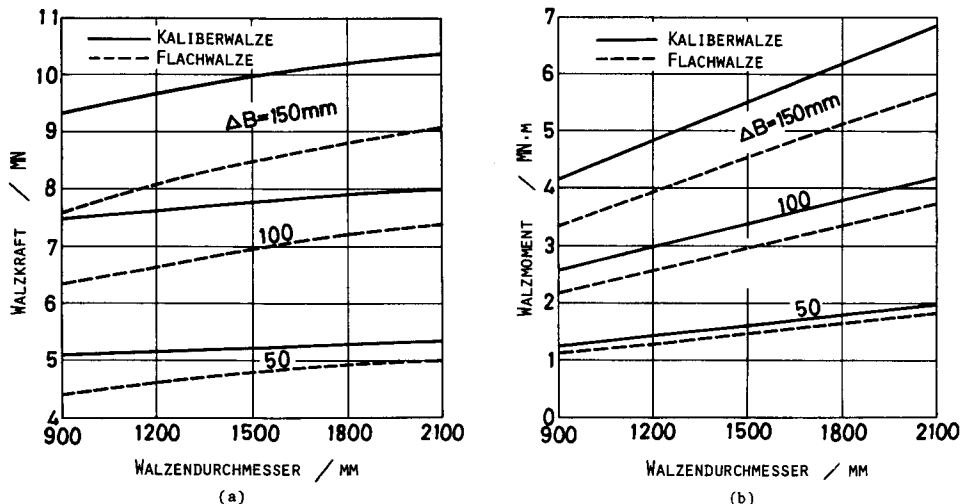


Bild 15 Rechnerische Ergebnisse über den Zusammenhang zwischen dem Walzendurchmesser und (a) der Walzkraft, (b) dem Walzmoment beim Vertikalwalzen der Stahlbrammen

jeweils einen Durchmesser von 1200 mm und einen Kaliberwinkel von 15°. Die Drehgeschwindigkeit der Walze ist 1 m/s, und es gibt keinen Längszug. Um den Einfluß des Walzendurchmessers zu untersuchen, wird er (bei Flach- und Kaliberwalze) zwischen 900 mm und 2100 mm variiert. Die rechnerischen Ergebnisse

sind in Bild 15 bis 18 gezeigt. **Bild 15 (a) und (b)** zeigen die Wirkung des Walzendurchmessers auf die Walzkraft und das Walzmoment. Die Walzkraft und das Walzmoment vergrößern sich mit zunehmendem Walzendurchmesser, und zwar die Walzkraft verhältnismäßig schwach und das Walzmoment stark. Diese Tendenz ist gleich mit den in Bild 2 (a) und (b) gezeigten Ergebnissen.

Dagegen zeigt **Bild 16**, daß sich die Walzleistung mit zunehmendem Walzendurchmesser vermindert und daß die Verminderungsrate auch kleiner wird. Aus den beiden Bildern von 15 und 16 erklärt sich, daß die Zunahme des Walzendurchmessers zu einer nachteilhaften Vergrößerung der Anlage und zu einer vorteilhaften Verkleinerung des Energieverbrauches führt. Der günstigste Walzendurchmesser sollte aber nicht nur von diesen Tatsachen, sondern auch aus dem Gesichtspunkt der Baukosten, der Lebensdauer der Walze, der Größe der dort behandelten Brammen usw. entschieden werden.

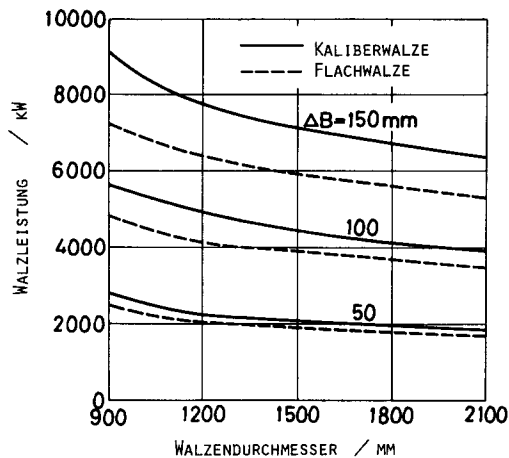


Bild 16 Rechnerische Ergebnisse über den Zusammenhang zwischen dem Walzendurchmesser und der Walzleistung beim Vertikalwalzen der Stahlbrammen

Bild 17 (a), (b) und (c) zeigen die Verteilung der Spannungen in Breiten, Walz- und Dickenrichtung des Walzgutes, σ_x , σ_y und σ_z , während des Vertikalwalzens in Kaliberwalzen je mit einem Durchmesser von 900 mm, 1500 mm und 2100 mm. Es zeigt sich, daß mit der Vergrößerung des Walzendurchmessers die Werte von Spannungen an der Brammenseite abnehmen und daß sich der Abstand zwischen Linien gleicher Spannung vergrößert. Das bedeutet, daß die Reibungskraft zwischen Walze und Walzgut mit der Vergrößerung des Walzendurchmessers abnimmt, so daß die Lebensdauer der Walze verlängert wird. Auch die Zugspannung von σ_y in der Breitenmitte verringert sich etwas mit zunehmendem Walzendurchmesser.

Bild 18 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Walzendurchmesser und dem

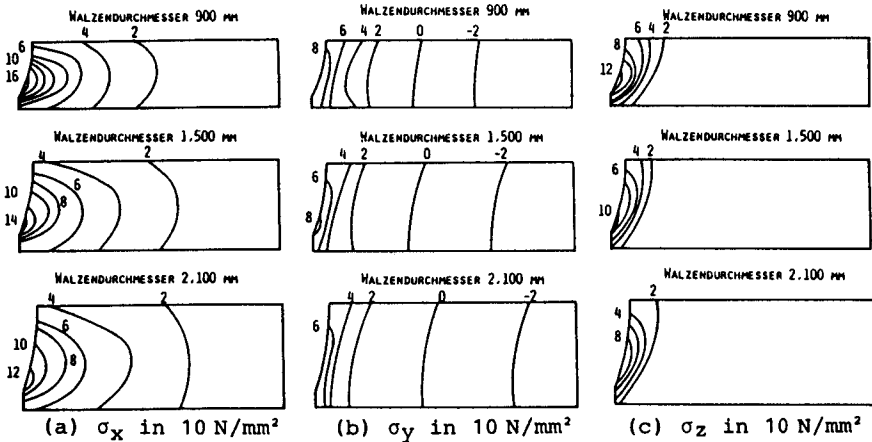


Bild 17 Rechnerische Ergebnisse über den Einfluß des Walzendurchmessers auf die Spannungsverteilung in Stahlbrammen während des Vertikalwalzens mit der Kaliberwalze (Breitenabnahme ist 100 mm)

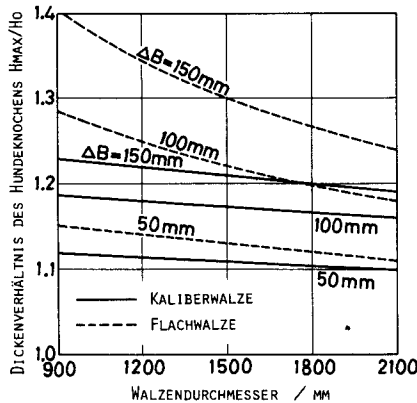


Bild 18 Rechnerische Ergebnisse über den Zusammenhang zwischen dem Walzendurchmesser und dem Dickenverhältnis des Hundeknochens

Dickenverhältnis des Hundeknochens. Diese vermindert sich mit zunehmendem Walzendurchmesser, und zwar bei der Flachwalze stärker als bei der Kalibertalze.

Um den Einfluß der Brammenbreite auf die Walzeigenschaften zu untersuchen, wird die Brammenbreite von 900 mm bis 2100 mm variiert. Die rechnerischen Ergebnisse sind in Bild 19 und 20 gezeigt, und zwar zeigt **Bild 19 (a)** die Werte über die Walzkraft, **Bild 19 (b)** die über das Walzmoment und **Bild 20** die über das Dickenverhältnis des Hundeknochens. Diese Ergebnisse stimmen mit den schon dargestellten experimentellen Ergebnissen qualitativ gut überein, so wird hier die Erklärung jedes Bildes ausgelassen.

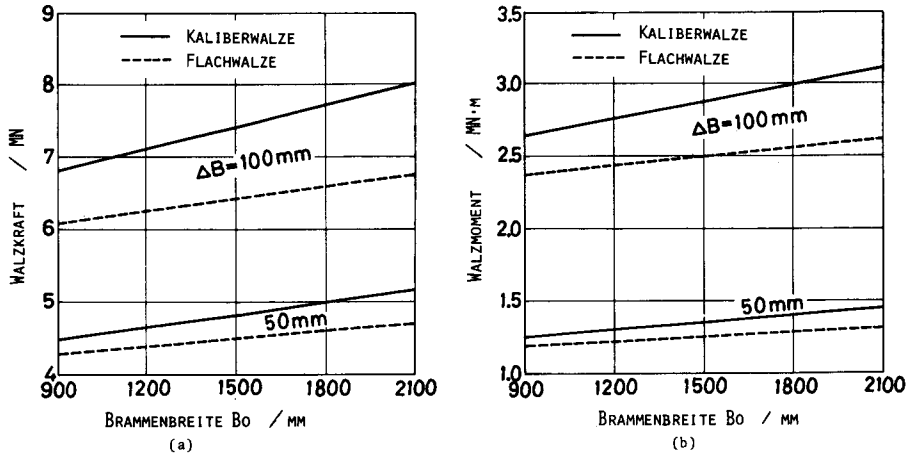


Bild 19 Rechnerische Ergebnisse über den Zusammenhang zwischen der Brammenbreite und (a) der Walzkraft, (b) dem Walzmoment beim Vertikalwalzen der Stahlbrammen

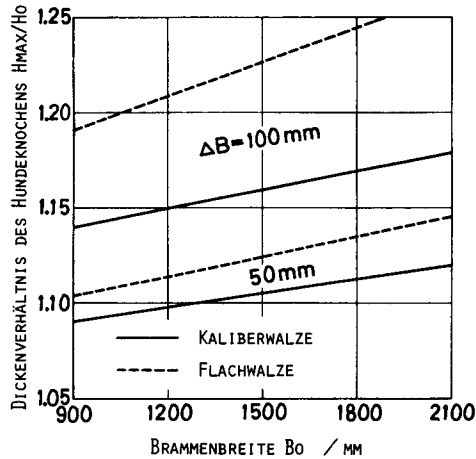


Bild 20 Rechnerische Ergebnisse über den Zusammenhang zwischen der Brammenbreite und dem Dickenverhältnis des Hundeknochens

4. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde es experimentell und rechnerisch untersucht, wie der Walzendurchmesser und die Brammenbreite auf das Umformverhalten und auf den Kraftbedarf beim Walzen für die Breitenabnahme der Brammen einwirken.

Die experimentellen und rechnerischen Ergebnisse können wie folgt zusammengefaßt werden:

- 1) Mit der Vergrößerung des Vertikalwalzendurchmessers nehmen die Walzkraft und das Walzmoment beim Vertikalwalzen zu, dagegen nimmt die Walzleistung

ab.

- 2) Mit der Vergrößerung des Vertikalwalzendurchmessers nimmt die Hundeknochendicke ab, und dadurch werden die Ausbreitungsgröße und der Kraftbedarf beim nachfolgenden Horizontalwalzen kleiner.
- 3) Mit der Vergrößerung des Vertikalwalzendurchmessers nimmt der Wert der Spannungen an der Brammenseite ab. Dies bedeutet, daß die Lebensdauer der Walze verlängert wird.

Es ist eine schwierige Frage, wie groß der Walzendurchmesser beim Vertikalwalzen sein soll. Mit der Vergrößerung des Walzendurchmessers nehmen die Baukosten zu, dagegen nimmt der Energieverbrauch ab. Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen und auch der Betriebserfahrungen dürfte der günstigste Walzendurchmesser etwa 1500 mm bei der Kaliberwalze und etwas mehr bei der Flachwalze sein.

- 4) Mit der Vergrößerung der Brammenbreite vergrößert sich die Grenze des Greifwinkels beim Vertikalwalzen.
- 5) Mit der Vergrößerung der Brammenbreite nehmen die Hundeknochendicke, die Walzkraft und das Walzmoment beim Vertikalwalzen, ferner die Ausbreitungsgröße, die Walzkraft und das Walzmoment beim nachfolgenden Horizontalwalzen zu.

Schrifttum

- 1) Takuda, H.; Mori, K.; Hatta, N.; Kokado, J.: J. Japan Soc. Technol. Plasticity 23 (1982) Nr. 262, S. 1103/08.
- 2) Takuda, H.; Mori, K.; Hatta, N.; Kokado, J.: J. Japan Soc. Technol. Plasticity 24 (1983) Nr. 264, S. 39/46.
- 3) Kokado, J.; Hatta, N.; Takuda, H.: Memoirs of the Fac. of Eng., Kyoto Univ., Vol. XLVII, Part 2, (1985), S. 114/29.
- 4) Kokado, J.; Hatta, N.; Takuda, H.; Kawanami, T.; Watanabe, K.; Ichikawa, S.: Memoirs of the Fac. of Eng., Kyoto Univ., Vol. XLVII, Part 2, (1985), S. 130/141.
- 5) Shida, S.: J. Japan Soc. Technol. Plasticity 10 (1969) Nr. 103, S. 610/17.