

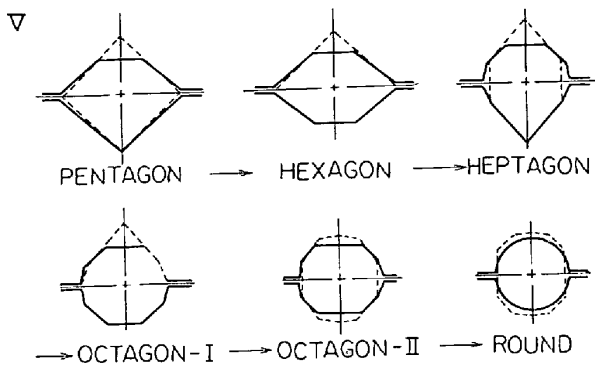


図4 孔型，パススケジュール[V]

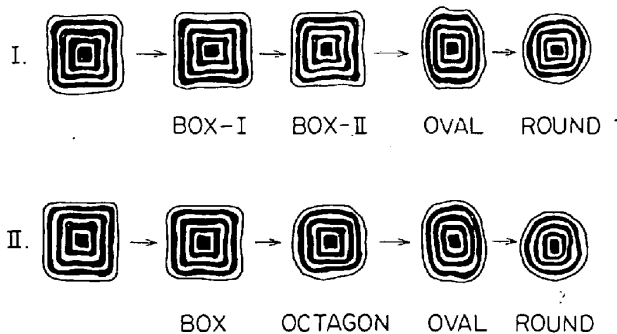


図5 圧延後の断面メタルフロー[I], [II]

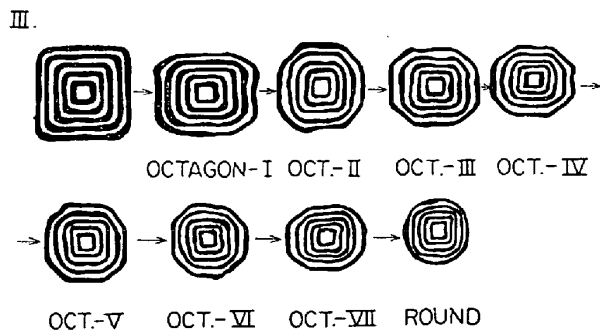


図6 圧延後の断面メタルフロー[III]

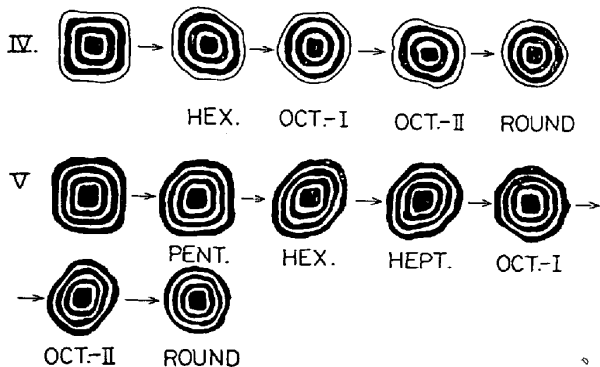


図7 圧延後の断面メタルフロー[IV], [V]

(V) Pentagon(5角)→Hexagon→Heptagon→Oct.
→Oct.→Round(図4-V)

3. 結果

各系列における素材および圧延後の材料のメタルフローをスケッチしたものを図5～図7に示す。[II]の系列は、Box 孔型を Octagon 孔型に変えた場合である。

が、[I]系列に比べていく分コア部に丸味ができるが大差なし。(図5-III)

[III]系列は Octagon 孔型によるパス法であるが、メタルフローの一樣化への効果はあまり著しくない。(図6-II)

[IV]系列は、[I],[II],[III]とちがい材料の edge を強く圧下する形式の孔型系列で Hexagon 孔型を用いたのが特徴でありこの系列は、コアのコーナーを丸くしてメタルフローの一樣化に効果が大きい。(図7-IV)しかし、この系列は圧延中、材料が倒れるという問題がある。そこでこの倒れの防止を考慮し、かつ材料の edge を強く圧下する形式として考えたのが(V)系列である。この系列の特徴は前述の問題をなくするために、Pentagon 孔型、Heptagon 孔型を用いたところにある。[IV]系列同様メタルフローの一樣化に大きな効果を与え、材料の倒れなどの問題もなくなった。(図7-V)

4. まとめ

以上の諸結果より、実用的には問題があるが、メタルフローを一樣とし、コアの露出、表面疵発生を防止するためには考え方として材料の edge の圧下を大きくする孔型を用いるとよいと思われ、圧延中の材料の倒れをも防ぐには、[V]系列のごとき孔型が効果があると思われる。

講演：孔型圧延における圧力分布*

阪大工 齊藤好弘

[質問] 早大理工 木村 貢

1. 受圧ピン突出度合と接触角の差違の問題

圧延材幅方向圧力分布を求めているので再現性のある圧力分布を真の圧力分布とみなすことは妥当であると思うが、ある程度ロール面よりピンを突出した場合とひつこめた場合とでは、厚さの厚いこのような圧延においてピンの接触時間(接触弧の長さ)に差違は生じなかつたのか。

2. 低圧延速度が圧力におよぼす影響の問題

圧延速度が 23cm/min という低速で圧延実験をおこなっているが、このような低圧延速度が圧延圧力分布にいかなる影響をおよぼすのかどのように考えるか。

3. 圧力分布と実測圧延荷重との一致性的問題 (Box 圧延) 圧延実測圧力分布と理論計算圧力分布とは一致しているが、実測圧力分布が幅方向に一定に分布している場合はよいが、われわれの板圧延圧力分布の形状比(wm/hm, wm/ld)分類から考えると (Box 圧延に適用するには難点があると思うが) 幅方向には板中心で高、板端で低い凸形の幅方向圧力分布と考えられるが、実測圧力分布の幅方向積分値(実測圧力分布の面積積分値と材料幅との積)、すなわち圧力分布から求めた圧延荷重と実測した圧延荷重との違いはどんなものだったのか。

4. 質問3に関連して、 $\mu=0.27$ の妥当性的問題 (Box 圧延) 質問3に関連したことであるが、 $\mu=0.27$ と仮定した場合の圧力分布の理論値と実測値との一致性を見出しているが、実測圧延荷重から推定した材料幅平均圧力分布(分布の接触弧にそつた形は変化しないと

* 鉄と鋼, 55 (1969) 3, S 345~348

仮定して) に対応する摩擦係数の値が正しいのではない。

5. 幅方向変形分布が peening 効果におよぼす影響因子の問題。図4において著者らが指摘されているような現象、すなわち幅方向変形分布が peening 効果にいかなる作用でもつて影響をおよぼすのであるか、その影響因子などについての著者らのご考察をお聞せいただきたい。

【回答】

1. ピン突出量の圧力分布に及ぼす影響を調べるために、それぞれの孔型圧延において、受圧ピンの長さを数段階変化させて圧力分布を測定した。その場合、被圧延材の表面に残された圧痕の深さより求めたピン突出量は $-30\mu \sim +160\mu$ の間をカバーしていたが、ピン突出量が $0 \sim 40\mu$ 程度では、ピン突出の影響はほとんど現われなかった。しかし、ピン突出量が 40μ を越えると、圧力分布には入口に、ピーニングピークとは別に小さなピークが現われ、出口では、圧力分布はわずかに尾を引くようになった。そして全体として、接触長はピン突出量の増加と共に長くなるが、その増加は、突出量最大の場合 (160μ) の接触長の約 10% 程度であつた。

2. 圧延速度を低速にしたのは、高速にした場合、(1)棒材のガイドが困難になる、(2)受圧ピンが咬み込み前に遠心力によつて突出し、そのまま咬み込めば事故になるなどの装置上の不都合もあつたが、それ以外に、受圧ヘッドの校正曲線を求める際、ピンをロールに埋め込んだ状態で、その上から静的な段階荷重をかける方法をとつたため、校正曲線に及ぼす荷重速度の影響が不明であつたので、圧延の際その影響を除くために、低速で圧延する必要があつたからである。圧延速度が変われば材料の変形抵抗および接触摩擦係数の速度依存性によつて、圧力分布の形状と平均圧延圧力は変化するであろうが、Al, Cu などの面心立方金属の室温における変形抵抗の速度依存性は小さく、しかも摩擦係数の速度依存性は平均圧延圧力を低下させるのに対し、変形抵抗のそれは逆に上昇させるので、両者は互に相殺し、全体として平均圧延圧力の速度依存性は非常に小さいと考えられる。

3. Box 圧延の場合、Al, Cu, Pb の焼鈍材に対して、幅方向にピンの位置をずらして圧力分布を測定したが、系統的な変化は見られなかった。これは圧延前の素材の幅を、Box pass にびつたり一致するようにしたため、幅方向の流れすなわち幅広がりやが抑制されて、幅方向に変形が均一化されたためと考えられる。そこで幅方向の圧力分布を一樣として圧力分布の積分値を求め、実測圧下力と比較したところ、そのずれは高々 10% 程度であつた。

4. $\mu = 0.27$ は咬み込み条件から求めた値である。質問3で述べたとおり、幅方向の圧力の変化が少ないのでこの値で計算した圧力分布が実測圧力分布と比較的に一致したのだと思う。

5. 孔型圧延では、一般に投影接触長 l および圧下率 r が変化するが、この l および r の分布が peening 効果に無視できない影響を及ぼしているように見える。まず l の分布の影響を角ダイヤ圧延について説明する。 l の長い中央部は最初にロールと接触し、徐々に接触範囲が

幅方向に広がってゆく。したがつて、接触の初期には、ポンチの押込みと類似の効果によつて、接触部の変形がその両側にある未接触部 (弾性域) によつて拘束されるので、接触部の圧力はその分だけ上昇することになる。逆に両端に近い部分は、中央部の既接触部によつて間接的な圧縮力を受け、変形が促進されるので、その分だけ圧力は低下する。

次に r の分布の影響は次のように説明できる。 r が大きい部分では、物質の連続性を維持するために、幅広がりとともに前後方への押し出し (先進または後進) が大きくなければならないが、入口および出口で、変形域は一体の弾性域と連続しているため、前後方への押し出しが拘束され、圧延方向の圧力を発生する。それに対し、 r の小さい所では、その反作用としてそれに釣り合うような張力を発生するその結果、降伏条件によつて、 r の大きい所の圧延圧力は上昇し、 r の小さい所の圧延圧力は低下する。

一般に l の分布と r の分布は類似しているから、これらの加算的な効果によつて、peening 効果が著しい影響を受けるように見えるのであると考えられる。

【コメント】

圧延応力分布に関する理論的考察

富士中研 柳本左門

この討論講演は、理論的にあまり追求されていないところの板幅方向の圧力分布を中心に進めたものである。

圧下力のパレル方向の分布に影響する因子を大別すると

(i) 幾何学的因子および圧延条件に依存する因子。

(ii) 圧延機の剛性に関する因子。

(iii) その他、材料の履歴や応力およびひずみの後幅速度などに関する因子、ほかなどが考えられる。(i)に関連しては、材料幅と接触弧長の比、圧延前材料形状の影響、張力 (前、後方張力)、潤滑の状態およびロールの摩耗などの影響を現在までに研究されている範囲でふれた。また(ii)の因子として、work roll 径と back up roll 径の比、back up roll パレル長さとその径との比、back up roll 径と板幅の比などを大きな影響因子として取り上げ、これらの因子が変化すると圧下力のパレル方向の分布もかわりうることを論じた。(iii)に関する因子についてはあまり研究もみられないのでここでは割愛し、最後に筆者の解析を中心に理論的に予測される圧延圧力の板幅方向の分布について解説した。

以下具体例についてそれを解説する。

ZELIKOV¹⁾は、圧延材料の幅/接触弧長の値 (b/l) を考え、

(a) $b/l < 1$ が成立するときには板幅の中心で圧力が最大になり、板の端部に急激に降下し、(b) $b/l < (1 \sim 4)$ の間では、板の中心部に圧力の平坦部をわずに残すが板の端部で降下する傾向にかわりなく、(c) $b/l \geq 4$ では明らかに圧力は板の端部にその最大値をもつことを示した。しかしながら、このような限界はロールと材料間の潤滑状態によつても左右されるもので²⁾、摩擦係数をも定量的に把えくして議論しなければならない。また、張力の影響も検討されたが²⁾、張力は幅方向に分布する肉厚変化の影響も同時にうけるので³⁾、この因子の定量的な影響の把握はむずかしい問題である。一方、ロールの

摩耗やその初期形状なども重要なものであるが、摩耗プロフィールを与えて圧力分布を検討したものに TONG ほか⁹⁾の研究がある。この研究はロールの曲げ変形および接触変形を近似的に導入して進められたものであるが、摩耗プロフィールの存在により圧下力はバレル方向に著しく変化することを示しているのである。

次に、圧延機の剛性による影響をみると、これについては work roll と back up roll の間の接触変形を与える基礎研究が三次元的に進められていないので、かなりの不備はまぬかれない。しかしながら、定性的には理論⁵⁾および実験^{6)~8)}によつてかなり、その影響が判明してきている。

たとえば Фрейзензо ほか⁵⁾はヴァリエーション法により、work roll および back up roll の変位、圧力のバレル方向の分布を余弦関数で近似的におきかえられるものとして、圧力のバレル方向の分布を、work roll 径/バレル長、板幅/バレル長およびロール中心からの測定距離 x をバレル長で割った値などによつて表現した。この理論によつても圧延機系の寸法によつて、圧下力はバレル方向にその傾向を変化することが示されるのである。また梁の理論に接触理論を導入した考え方で戸沢ほか⁹⁾の考察があるが、圧力分布はメタルフローおよび圧延機系などの寸法、肉厚の不均一などの多くの因子によつて複雑に変化するものである。

筆者は有限幅の板圧延に適用できる解を示したが、理論的にも ZELIKOV¹⁾の暗示した傾向は正しいようである¹⁰⁾。しかしながら、板幅の端部付近で圧力が最大となる傾向は理論では正確な説明はできない。また、筆者は幅広がりや束縛した場合についても近似的な解を示したが¹¹⁾束縛によつて圧力はかなり上昇し、ロール側面からの付加的なせん断応力の影響は無視できないように思われた。

文 献

- 1) A. I. ZELIKOV: "Principle & Theory of Rolling", Trans. No. BISI 4820, 1966-8
- 2) M. VATEV: Stahl u. Eisen, 86(1966)12, p. 710
- 3) A. TROOST et al.: Arch. Eisenhüttenw., 37 (1966)12, p. 935
- 4) K. N. TONG et al.: Iron Steel Engr., (1963)7, p. 113
- 5) М. Е. Фрейзензон et al.: ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ, 1967-3, p. 91
- 6) В. П. Поляхун et al.: ibid, (1967)5, p. 83
- 7) В. П. Поляхун et al.: ibid, (1967)4, p. 79
- 8) В. П. Поляхун et al.: ibid, (1962)9, p. 143; (1962)11, p. 106
- 9) 戸沢, ほか
- 10) 柳本, 機械学会論文集, 27-178(昭36-6), p. 800
- 11) 柳本, 同上, 32-238(昭41-6), p. 1014

講演：孔型圧延の圧延荷重*

八幡技研 中 島 浩 衛

【コメント】

菱形孔型の圧延荷重について

住金小倉 緒方俊治

1. 緒 言

孔型圧延の圧延荷重については、種々の実験式がありまた、最近それらの比較検討や孔型の応力分布についての理論的解明や実験などが行なわれ、われわれ現場にいる者にとつて大いに興味あるところである。

当所にある分塊鋼片連続圧延機の菱形孔型において圧延荷重の実測を行なつたので、従来われわれがよく用いていた実験式と実測値とを比較した結果を報告する。

2. 圧延荷重の測定方法および圧延条件

(1) 測定方法

V スタンドのメタルチョックと圧下スクリュウの間にロードセルを入れて測定した。

(2) 圧延条件

表 1 に示す。

3. 圧延荷重式

(1) ALEXANDER GELEJI の式

$$P = km \cdot A$$

$$km = kf(1 + C\mu^v\sqrt{4})$$

$$Kf = f(t; \text{Tensile Strength (冷間)}) \quad t = \text{温度 } ^\circ\text{C}$$

$$C = f(ld/hm)$$

$$\mu = 0.94 - 0.0005t - 0.56v \quad v = \text{速度 } m/s$$

(2) 一般式

$$P = km \cdot A \cdot Q$$

4. 平均変形抵抗

次の 3 種を使用した。

(1) GELEJI の実験データ

(2) 井上一岡本 (住友金属 vol 12, No 1 Jan. 1960)

(3) BISRA

5. 投影接触面積

次の 3 種を比較した。

(1) Siebel 法

(2) Trinks 法

(3) Parapola としての近似式

6. 補正係数および変形速度

Sims の式を使用した。

7. 実測荷重と算定荷重について

グラフ 1 に示す。

(1) BISRA は算定値のほうが高目に出た。

(2) GELEJI の式によるものはパラツキが大きい。

(3) 一般式で、投影接触面積を Trinks 法により、平均変形抵抗に井上一岡本を使用したものは比較的よく合っている。

8. 平均変形抵抗について

(1) GELEJI によると、冷間における tensile strength の函数となつているため、その取り方に問題がある。取り方を適正にすれば簡便なので、現場的である。

(2) 井上一岡本の値では、SCM, SUP において実測と差を生じたが、その他はよく合っている。

* 鉄と鋼, 55 (1969) 3, S 349~352