



UDC 621.771.012

板材の大压下圧延

鈴木 弘*

High Reduction Rolling of Strip Sheet and Plate

Hiromu SUZUKI

1. ま え が き

圧延の作業条件を計画するときには、現存の圧延機の構造と性能との許す範囲内で、作業目的を満足する最適圧延計画を求めるのが、従来の圧延技術者の常識であった。日常の圧延作業の企画の際ばかりではなく、新圧延機の設備投資の時でさえも、圧延機の形式構造について既存の概念の殻を破つて新しい構造と性能に進むのは難しく、現存のもの小改良にとどまるのが普通であった。

しかし、最近の日本では、大形の圧延機についてさえも、既存のものに必ずしも制約されないで、圧延作業の要求に応じて最適の形式・構造・特性を極限まで追求する姿勢が強くなつて来ている。圧延作業内容を主として、圧延機を従とする考え方が強く表れたのは、大きな意識変革である。筆者は、この姿勢をとることの必要性を従来から機会あるごとに主張し、また中形の圧延機の計画を任された機会に、新しい構想の特別高精度の圧延機を実現したが¹⁾²⁾、最近では大形圧延機もこの考え方の範囲内に入つて来たのはよろこばしい。

圧延機の特長をも含めて、圧延作業の理論的取り扱いが進歩したので、圧延機の具備すべき性能を、明確にまた確信を以て要求できるようになつたが、ちょうどその頃に、国内で近代製鉄所が相次いで建設され、高性能の圧延機が競つて新設され、しかも生産規模の拡大によつて、少品種の専用圧延の性格が強まつたことが、新しい発想の開花の機会を提供したのであろう。

さらに、その後日本を急襲した省エネルギーと省資源との嵐によつて、圧延作業の周囲条件が大幅に変化したので、新しい価値判断の下で、圧延機の機能を極限まで追求する傾向は一層加速されている。

大压下圧延、すなわち、1パス当たりの压下率を従来の常識的数値から大幅に増大する課題も、このような圧延技術の進歩の大きな流れの一部として理解される。大压下圧延技術の対称を板材に限定する理由は全くない

が、本文では板材圧延を対称として述べる。現在実現の意欲が最も強い分野であるからである。

2. 大压下圧延の利点

パス当たりの压下率が大きいほど、素材から製品に至るまでの断面減少を実現するために必要なパス回数が少なく、生産性が高い。したがつて大压下は当然従来からも圧延の技術課題のひとつであった。しかし、圧延機の構造・性能、圧延作業の安定性、作業の難易、製品の品質・形状など、各種の制約があつて、1パスの压下には限度があり、圧延品質ごとに、標準的な压下率が定着していた。

前記の圧延作業の極限指向の技術の流れが始まつたことと、圧延作業及び圧延機の各種の進歩とにより、常識的な水準を越えて大きな压下を採用しようとする段階に入つた。

まず最初に、大压下圧延の利点を概観し、次に大压下圧延採用の技術的問題点を列挙して、最後に大压下圧延の実施に際して、これらの問題点を解決するための対策の方向を簡単に考察する。

2.1 パス回数の減少

パス当たりの压下率を増大することによるパス回数の減少は、予想以上に大きい。板厚を1/10に压下するために必要なパス回数は、各パス20%压下では11パスであるが、40%ではわずか5パスで達成される。もし大压下圧延をタンデムミルに採用可能であれば、スタンド数を大幅に減らすことができ(図1)、設備費、作業員数の大幅節減が実現される。また、厚板圧延機の場合は粗材から製品までのパス回数が多いので、大压下圧延が採用できれば、パス回数の減少数もまた大きい。

2.2 生産性(単位時間生産量)の増大

厚板の熱間圧延や、レバースミルによる薄板の冷間圧延のような単スタンド圧延機による繰り返し圧延では、

昭和55年9月12日受付 (Received Sept. 12, 1980) (依頼解説)

* 鈴木研究室 工博 (Suzuki Laboratory, 3-13-12 Roppongi Minato-ku 106)

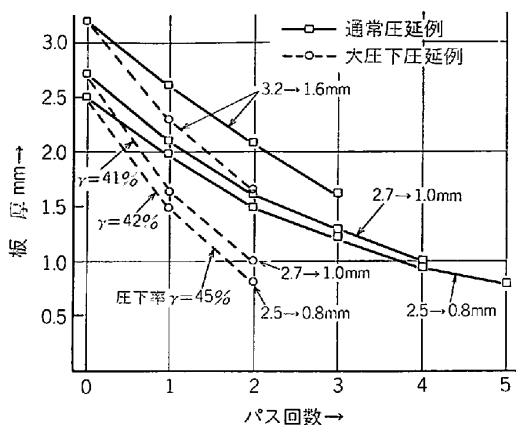


図1 コールド・ストリップミルの大圧下圧延実験例 (日立評論)

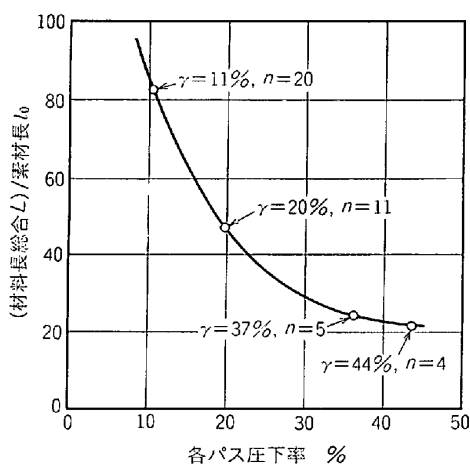


図2 全パス後の材料長の総和 (全圧下率90%として)

$$S = l_0 \frac{(1-\gamma)^{-1} \{1 - (1-\gamma)^{-n}\}}{1 - (1-\gamma)^{-1}}$$

l_0 = 素材長, γ = 圧下率 (全パス一定)
 n = パス回数

パス当たりの圧下率を増すことにより、パス回数が減少すれば、圧延累計時間が減るから、生産性が向上することはいうまでもないが、その程度は一般に想像される以上に大きい。

具体的な生産性向上率は、圧延機の特性と圧延作業内容によつて異なり、平均的な数字で表現するのは適当でないので、図2に素材圧延の第1パスから最終パスまでの、各パス後の材料長の総和を示した。素材板厚と最終板厚との比 10 : 1 の場合につき、各パス均一圧下率として計算値を例示してある。

各パス圧下率が減少すれば、パス後の材料長の累計は急速に増加することがわかり、圧延時間の増大が急激に進むことも容易に理解できる。実際作業では、各パスごとに減速・停止・逆転起動・加速などの作業のために、圧延ロス時間があるから、全作業時間はパス回数の増加に応じてさらに増加する。

したがつて、圧下率の増大によつてパス回数を減らすことが可能な場合には、積極的に導入するのが望ましい。

2.3 圧延中の材料の放熱量の減少

前記のように、圧下率を増大してパス回数が減少すれば、圧延累計時間が減少するから、熱間圧延では材料の放熱による温度低下を若干防止できる。この効果を実際作業では2種類に利用できる。すなわち、仕上げ温度の低下を起こさず、材料加熱温度 (炉出し温度) を低くして、加熱エネルギーの節減をはかる場合と、炉出し温度は等しくしておき、圧延終了温度を高めて、製品の温度条件・板クラウン・エッジドロップなどの改善をはかる場合と、2様の活用が考えられる。

2種類とも省エネルギーのための手法として活用できる。これと類似の技術として、ホットストリップミルの圧延において、仕上げ後段スタンドまで比較的厚い肉厚のまま進めて、後段スタンドに至つて大圧下を行う技術が考えられる。肉厚を薄くする時期がおそいため放熱が抑制されるので、仕上がり温度が高くなる。逆に、仕上がり温度を一定値に維持するための材料加熱温度を低下できる (図3)³⁾

2.4 熱間圧延仕上げ板厚の切り上げ

コールドタンデムミルに大圧下圧延を導入できれば、冷間圧延の素材板厚すなわち熱間圧延の仕上がり板厚を厚くすることができる。それに伴つて下記の大きな利点が生じる。

2.4.1 熱延仕上げ板厚増による酸洗の生産性向上及び省コスト

冷延製品の生産重量を一定とすれば、熱延仕上がり板厚増に反比例して熱延コイルの長さが減少する。酸洗すべき表面積は長さに比例するから、定速度の連続酸洗ラインの処理量は、当然の結果として、ほぼ板厚増大に比例して増大し、生産性が向上する⁴⁾。しかも、酸洗の他の酸洗に必要な消耗材料の使用量は、増大しない

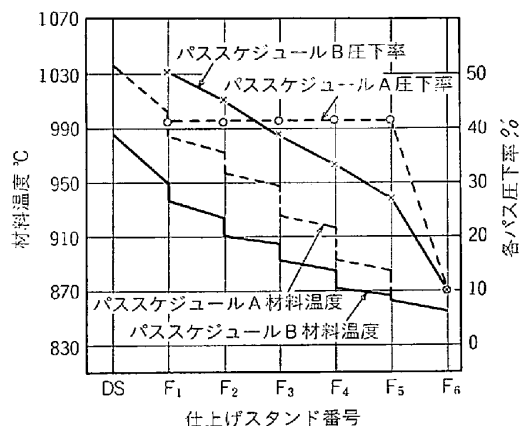


図3 ホットストリップミルの材料温度に及ぼすパススケジュールの影響 (八田・小門) 素材圧延仕上がり板厚 25 mm → 仕上げ板厚 1.6 mm.

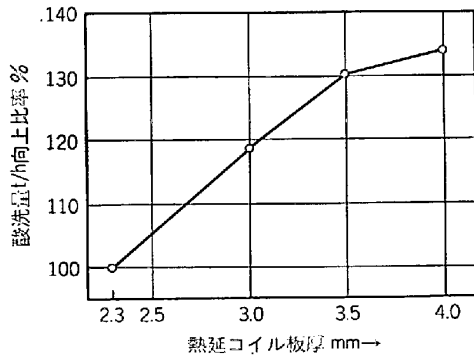


図 4 熱延板厚増大による酸性量 (t/h) の向上比率 (板厚 2.3 mm に対する比率, 今井, 他)

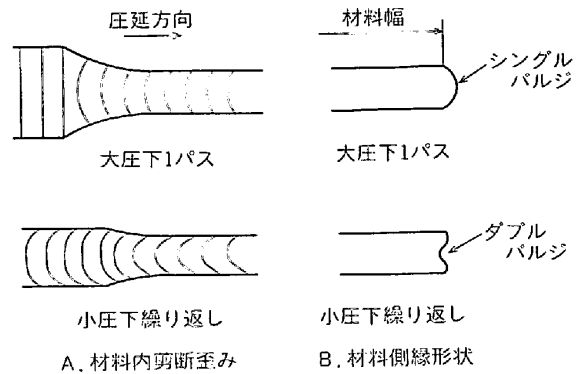


図 5 大圧下による圧延変形の改善

ずである。もし酸洗い鋼材量を増さなければ、消耗材料の使用量は、熱延仕上がり板厚に反比例して減少する。

2.4.2 熱間圧延から冷間圧延への移行による省エネルギー

コールドタンデムミルに大圧下圧延を導入すれば、スラブから冷延仕上げまでの全板厚圧下量の中の一部は、熱間圧延から冷間圧延に移されることとなる。省エネルギーの観点からは、冷間圧延は熱間圧延よりも本来有利なので、圧下量の一部でも熱延から冷延への移行を果たせば、省エネルギー効果をあげられる。

鉄鋼に限らず、金属材料は一般に昇温により変形抵抗が低下するので、熱間圧延は冷間圧延に較べて消費エネルギーが少ないと考えがちであるが、これは加熱エネルギーの大きさを見落としたための誤解である。

きわめておおまかな検討でもこの事情は理解できるので、以下に概略の数字を示す。鋼材 1 t を常温から 1200°C に加熱するに必要なエネルギーは 160 kWh である。ただし加熱効率 は 100%、相変化の潜熱は無視した概略値である。次に鋼材 1 t を板厚 300 mm → 3 mm へ 1/100 に圧下するに要する理想的な変形エネルギーは、熱間圧延で 24 kWh、冷間圧延で 80 kWh 程度である。ただし、圧延機の機械的効率、材料の変形効率ともに 100% と仮定し、軟鋼の平均的変形抵抗値を用いて算定した理想値である。

この数値によれば、熱間圧延は加熱と圧延の合計で 184 kWh となり、冷間圧延の 80 kWh の 2 倍を超える。実際作業では、各種の効率と関連機器類の動力とにより、上記の数字はそれぞれ 2 倍以上になる可能性があるが、冷延優位の順位は変わらない。

2.5 圧延変形の改善

圧下率の大きさにより、材料の変形の分布に差が生じ定性的には大圧下の方が有利であるが、その差は数値的には大きくないから、特にその差を重視する場合のみに利点として評価される。

2.5.1 剪断歪みの不均一分布

圧延板材には表層部に材料の先進による剪断歪みが生

じる。この剪断歪みは、一回の大圧下よりも、小圧下繰り返しの累積値の方が大きい。加工硬化や残留応力の原因となり得る。また変形効率悪化につながる。(図 5 A)

2.5.2 側縁の形状

小圧下の繰り返し圧延では、側縁部がダブルバルジになる場合が多い。そのようなケースでも大圧下圧延ではシングルバルジになる。(図 5 B)。ダブルバルジはその後の圧延で重なりになり、歩どまり低下につながる。

3. 大圧下圧延の問題点

前記のように大圧下圧延を採用すれば各種の利点が期待できるが、製品量が最大であり、また代表的圧延材である板材の仕上げ段階では、きわ立つて大きな圧下量を採用する動きが最近まで全くなかった。これは大圧下圧延採用の障害となる下記の問題点があるからである。

大圧下圧延の試行で最初に問題となるのは、材料のロールへの咬み込みの能否である。また薄板の冷間圧延では、咬み込みは問題ないとしても、板の形状が製品としては不十分な程にはなはだしく悪化することもよく知られている。さらに、圧下力と圧延トルクとの増大に圧延機が応えられるか否かも、容易に想像される問題である。この外にもロール間隙での圧延潤滑もまた圧下量と関連して検討しなければならない。

3.1 圧下量の増大による咬み込み角の増大

分塊圧延など材料肉厚の厚い場合には、咬み込み角度が限界値を超えて咬み込み不能となることが少なくないので、限界咬み込み角については古くから検討されている。その近似理論では、周知のように限界咬み込み角度 θ は次式で求められる。

$$\tan \theta \leq \mu \text{ あるいは } \theta \leq \tan^{-1} \mu$$

また、その数値は図 6 B で示した。

板材がロール間隙に咬み込まれて後には、限界咬み込み条件となるのは、中立点が出口に一致したときであつて、接触弧の全長にわたつて、ロールが材料を圧延方向に送るよう摩擦力が働く。

$$\int_0^{\theta_0} (\mu p \cos \theta - p \sin \theta) b R d\theta = 0$$

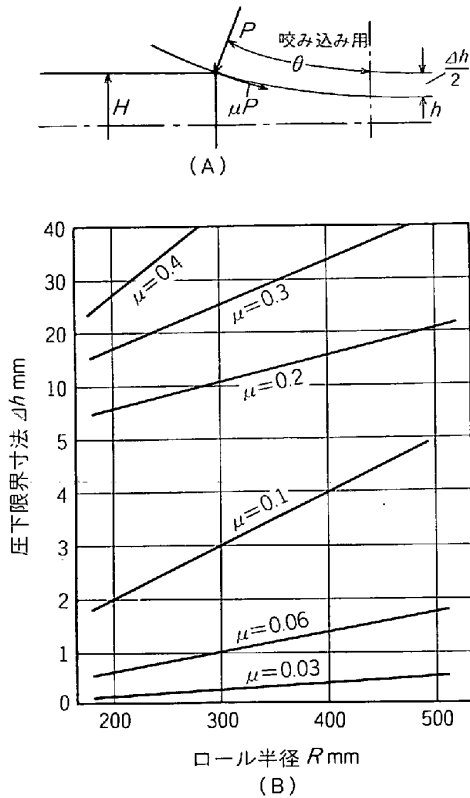


図6 材料先端の限界咬み込み角

を解くことにより、限界咬み込み角は

$$\tan(\theta_0/2) \leq \mu \text{ あるいは } \theta_0 \leq 2 \tan^{-1} \mu$$

となり、咬み込み時に較べれば限界咬み込み角は2倍となり、咬み込みが困難な場合でも一度材料がロール間隙を通りさえすれば、以後は咬み込み時の2倍の咬み込み角に耐える。このことは現場の経験と一致する。なおこの場合の限界圧下寸法は図6のはば2倍に増大する。

薄板の高速冷間圧延時の摩擦係数は0.03~0.06程度と考えられているので、図6に示される限界圧下寸法は、実際作業において十分余裕のある数字とはいえない。また熱間圧延の摩擦係数は0.3~0.4程度と考えられているから、図6の限界圧下寸法は、スラブからの初期の厚肉材の圧下では、実際に起こり得る条件内にある。

予想されるとおり、咬み込み条件は大圧下圧延採用時の最初に解決すべき問題である。

3.2 圧下量の増大による圧下力の増大

板材の単位幅当たりの圧下力は一般に次式の形で表され、材料の変形抵抗 k 、圧下量 Δh 、ロールの偏平した形の曲率半径 R' 、と圧下力関数 Φ とで表される。

$$P = k \sqrt{R' \cdot \Delta h} \cdot \Phi(R \cdot \Delta h \cdot \mu \dots)$$

ただし、

$$R' = R(1 + C_0 P / \Delta h)$$

$$C_0 = 8(1 - m^2) / (\pi E)$$

で表され、偏平曲率半径 R' は、ロールの半径 R 、ロール材料のヤング率 E 及びポアソン比 m 、圧延荷重 P 、

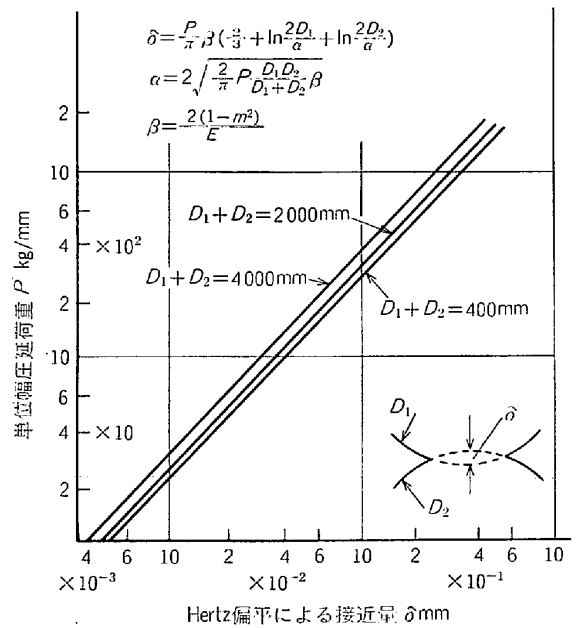


図7 Work roll と Back up roll との偏平接近量と単位幅当たり圧延荷重との関係(梶原)

圧下量 Δh できまる。また圧下力関数 Φ は、 $R \cdot \Delta h \cdot \mu$ の外前後方張力の影響を受ける。また Φ の関数形を求めて多くの研究があり、数種の関数が一般に使用されていることは周知であるから、ここでは詳細は割愛する。

Δh が増すと、 R' と Φ との両者とも増大し、 P の増大率は意外に大きい。式の数では $P \propto (\Delta h)^{1/2}$ であるが、おそらく $P \propto (\Delta h)$ に近いであろう。

3.3 圧下率の増大による圧延トルクの増大

圧延トルク T は圧延荷重に比例するとして、下記の式が一般に用いられている。

$$T = aP$$

a はトルクアームと呼ばれる量であつて、接触弧長 $l = \sqrt{R' \cdot \Delta h}$ 、摩擦係数 μ 、前後方張力などの関数である。圧下率の増大→圧延荷重の増大→偏平半径の増大→トルクアームの増大と順次影響するので、圧下率を増すと、トルク T は圧下力 P の増大率を上廻つてさらに増大する。

したがつて、大圧下圧延の採用に際しては、圧延トルク対策は重要な条件となる。

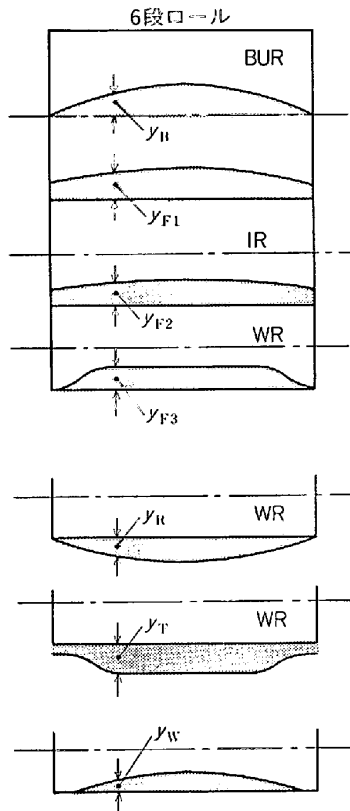
3.4 圧下力の増大によるロール偏平量の増大

ワークロールとバックアップロールとの接触部の偏平変形による接近量は、HERTZ の理論により求められる。(図7)。ロール径の影響は小さく、単位幅当たりの荷重にはほぼ比例する。また通常のタンデムミルでは、ワークロールとバックアップロールとのロール径の和は2000mm程度、単位幅当たりの圧延荷重800~1200kg/mmであるから、ロール接近量は200~300μmであることがわかる。

ワークロールは材料に接する部分でも同様の原理にも

板クラウンに影響する因子

1. y_B : BURのたわみ(曲げ・剪断) 200~300 μ m
2. y_{F1} : BURとIR間の接触偏平歪み 200~300 μ m
3. y_{F2} : IRとWR間の接触偏平歪み 200~300 μ m
4. y_{F3} : WRと材料間のWR接触偏平歪み 100~150 μ m
5. y_R : ロールクラウン
6. y_T : 熱クラウン 200~300 μ m
7. y_W : ロールの摩擦



材料のクラウン = $y_B + y_{F1} + y_{F2} + y_{F3} + y_R + y_T + y_W$

図 8 板クラウンに影響する因子 (6段圧延機として図示, 4段圧延機の場合は中間ロールIRを除く)

とづく接触偏平を起こして、材料への接近量はおよそ 100~150 μ m であろう。

圧下量が増すと、圧延荷重が増えて、ワークロールの両側での偏平変形が増えるが、バックアップロールとの接触変形が過大だと、スポーリングによるロールの損傷が起こる危険が増す。また材料に接する偏平が大きいほど圧延板のエッジドロップが増す。圧下率の増大を実施しようとする際には、この2問題に十分な配慮をあらかじめ払わねばならない。

3.5 圧下率の増大による板クラウンおよび板形状の変化

板クラウンに影響する諸因子を図8に示す。圧延による板クラウンの変化は板形状に影響するから、板形状もまたこれらの因子の影響を、しかもクラウンの変化以上に鋭敏にうける。なお、板形状には前後方張力も影響するが、ここでは圧下率の影響を論じるのが目的であるから、張力については触れない。

これらの諸因子の中、ロールクラウン y_R 以外はほとんど圧下率の影響を受けて変化する。しかし、それぞれ影響の量が異なり、またその時間的変化も差がある。しかし、圧下率の増大により中高クラウンとなり、形状では耳波が増大する。大圧下を採用すれば、その程度は激

しく、適正な対策をおこなえば、強度の形状不良を生じて絞り込み、圧延不可能となるであろう。

3.6 圧下率の増大による潤滑条件の悪化

3.6.1 平均圧延圧力の増大にもとづくロール間隙内の潤滑条件悪化

冷間圧延のロール間隙における潤滑は、接触面積の大部分では油膜潤滑が成立し、残りの面積では境界潤滑となっているが、大圧下の採用により平均圧延圧力が高くなると、油膜潤滑条件が成立しなくなり境界潤滑に移行する部分が生じる。油膜潤滑部分の摩擦係数は 0.01 以下、境界潤滑部分のそれは 0.1~0.2 と考えられるので、わずかの面積でも境界潤滑に移行すれば、平均の摩擦係数は増大する。

また潤滑油の粘性は圧力により高くなる特性があるから、大圧下により平均圧延圧力が増大すれば、油膜潤滑部分に在る油の粘性は増し、その部分の摩擦係数が増大する効果もある。この両現象は避けられないので、大圧下ではロール間隙内の潤滑条件は悪化の方向に在るのは確かであろう。

3.6.2 咬み込み角の増大によるロール間隙への導入油量の減少

ロール間隙入口で導入される潤滑油の油膜厚さ t_w は流体力学で推論され、また実験でも検証されていて、下記のような特性がある。

$$t_w \propto \rho (V_R + V_M) / (\alpha \cdot p)$$

すなわち、潤滑油の粘度 ρ 、ロール速度 V_R と材料の入口速度 V_M との和、の両者に比例し、咬み込み角度 α とロール間隙入口の圧延圧力 p とに反比例する。

大圧下を採用すれば咬み込み角度 α が増大するので、導入油膜は薄くなる。その結果油膜潤滑の領域が減つて、その部分が境界潤滑に変わる可能性があるので、平均の潤滑条件が悪化する。

3.6.3 材料新生面の発生率の増大による潤滑条件悪化

圧延などの塑性加工では、材料は塑性変形によつて表面積が増大し、したがつて新生結晶面が出現する。ロール間隙内に導入されている限定された油量で新生面の潤滑をまかなうので、圧下率が増え新生面発生率が増大すれば、それに応じて油量の不足率が高まり、油膜潤滑領域が減る。当然潤滑条件の平均値は低下する。

3.6.4 圧下率の増大による圧延発熱量の増大

圧下率が増大すれば、材料の変形仕事は当然増大する。また摩擦については、前記のように各種の事情から平均の摩擦係数が悪化すること、平均圧延圧力が高くなること、接触面積が増大すること、などの悪条件が重なるので、摩擦仕事も顕著に増大する。

当然の結果として、ロール間隙における圧延発熱量は増大する。ロールクラウンを増量しても、ロール・圧延材料両者の温度上昇は避けられない。ヒートクラッ

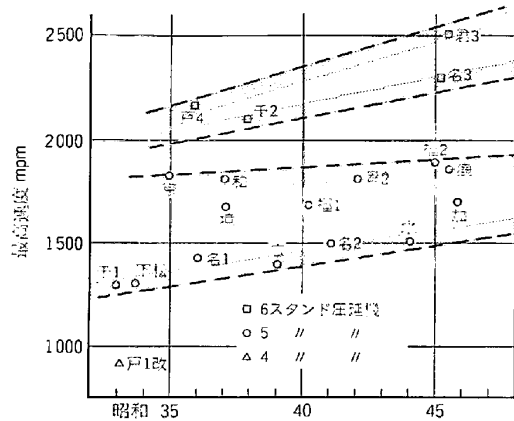


図 9 日本のコールドタンデムミルの最高速度と建設時期

チの発生、油焼の着色などが予想されるので、その対策検討の必要があろう。

図 9 に日本のコールドタンデムミルの最高速度の分布を示す。新しいものほど速い傾向が見られるのは技術の進歩を反映しているが、スタンド数により明確にレベルに差があるのは 1 スタンド当たりの発生熱量、いかえれば圧延エネルギー量に限度があるので、速度を上げるためにはスタンド数を増して圧下を分割する必要のあることを示している。

大圧下を採用しさえすればスタンド数を減らせると短絡して考えることへの警鐘である。

4. 大圧下圧延技術導入のための対策

大圧下圧延には種々の利点があることと、その反面導入には制約もまた少なくないことを明らかにした。主要な問題点は a) 先端の咬み込み、b) 圧下力の増大に伴う機械的強度の問題、c) 圧下力の増大による材料形状の悪化、d) 圧延トルクの増大、e) 潤滑条件の悪化、の 5 点である。これらの問題点を克服するための対策の方向を次に述べる。

4.1 咬み込み対策

可能性のある方法を次に列挙する。

1) 圧延ロールの入側に材料の押し込み装置を設ける。材料の先端の板通しのみを目的とするものとしては、板を上下からはさんで押し込む油圧装置、あるいは複数の小径ピンチロールが考えられる。圧延中も常時押し込むものとしては高速ピンチロールということになる。いずれも座屈を起こすので冷間タンデムミルの後段には適用困難である。

2) 粗度の高いロールを用いて摩擦を増大する。製品に要求される表面条件によつては採用できぬ場合もありうる。またロールの表面粗度が圧延中しだいに低下する可能性がある。

3) 摩擦係数の大きい潤滑油の採用。限界咬み込み角度は増大して、圧延荷重は増大しない相反する両性能が

ワークロール径	300 mm φ	
ワークロール周速	45m/m	
圧延機剛性	110T/mm	
潤滑条件	板 ロール	パーム油+茶灯油散布 茶灯油散布
使用材料	原板厚 幅質	4.0 mm 500 mm 硬質ぶりき板素材
実験条件	圧減量押し込み力	1.0~2.0 mm 1~10T

力押し込み実験条件

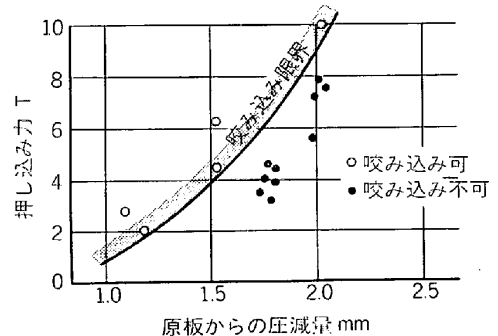


図10 押し込み力による咬み込み限界向上の実験結果(井上, 他)

要求される。困難ではあるが、ロール間隙の入口と内部とでは圧力と温度との両条件に差がある点を利用すれば可能性はあろう。

4) ロール間隙を開いて通板してから圧下して圧延する。咬み込み角を 2 倍にする効果はあるが、先端の歩どまりが低下する。作業性にも問題がある。

5) 熱延コイルを圧延前に溶接してつないで、完全連続圧延(福山方式)する。先端の通板の必要がないので咬み込み角が 2 倍に向上する。

6) 入側の後方張力は弱く、出口側の前方張力を強くする。咬み込み終了後の圧延安定化には有効であるが、先端の咬み込みには役立たない。

上記の 6 点は冷間圧延には適用可能であるが、熱間圧延には 1) 2) 案以外は不適當であろう。また、2) 3) 案は圧延荷重を増すマイナスがあり、4) 5) 6) 案はすべての場合に採用可能というわけではない。最も広く採用できるのは 1) 案であつて、これは咬み込み角度を大きくする効果は確実であつて、しかも他にマイナス条件は少ないので、実際作業ではまず検討すべき案である。実験結果を示す⁹⁾。(図 10)

4.2 圧下力増大への対策

大圧下の採用ともなう圧下力の増大の影響は、上記のように、ロール及び圧延機の強度の問題と、材料の形状の悪化と両者に現れるので、対策はこの両面について

考えねばならない。

対策は大きく2方向に分かれる。第1の方向は、圧下力の増大に耐えるようにロール径を大きくし、それに応じて圧延機全体を増強する方向であり、第2の方向は圧下力の増大を極力抑制するよう、ロール径を小さくし、それに伴って生じる諸問題への対応を併せて導入する方向である。

4.2.1 大圧下対策としての大径ロール採用

両端自由支持の梁としてのロールの強度は直径の3乗に比例し、たわみは直径の4乗に反比例する。したがって大圧下の採用でかりに圧延荷重が1.5倍になったとしても、ロール径は14.5%増大すればよい。またそれだけロール径を大きくすれば、中央部のたわみはかえって13%減少する。したがって形状はむしろ改善の方向にある。ロール径が大きくなれば咬み込み対策も容易になる。

ロール軸受やハウジングなどは圧延荷重の増大率に応じて強度設計を行う必要があるが、可能性は十分ある。圧延機が多少大形になるための、機械としての価額の上昇をどの程度におさえるかが問題点であろう。

大径ロール採用による圧延トルクの増大率よりも伝達可能トルクの増大率の方がはるかに大きいので、ロールの強度は問題はないが、電動機の大形化の価額が問題となる。

4.2.2 大圧下対策としての小径ワークロールの採用

圧延機本体、電動機及び駆動装置などの大形化を避ける最有力な対策が小径ロールの採用である。きわめておおまかにいえば、圧下量 dh が a 倍になればロール径を $1/a$ 倍にすることにより圧下力はほぼ一定値に保たれる。したがって、大圧下による圧下力の増大を防ぐためには、小径ロールの採用が有力な対策となる。

前記のようにロールの曲げ剛性は径の3乗に比例するから、ロール径を $2/3$ にすれば剛性は30%に低下し、たわみは約5倍になり、圧下力を一定に保てたとしても板のクラウンと形状の悪化は避けられない。また咬み込み条件も悪くなる。また、極端に細くすれば水平曲がりも発生する。しかし、エッジドロップは圧延荷重に比例するので、この場合には増大しない。この点は大径ロールの場合にまさる。

したがって、圧延機の大形化を避けて小径ロールを採用するとすれば、咬み込み補助装置と強力な形状制御機能とは不可欠の条件である。

5. ま と め

板材圧延への大圧下導入の利点と、問題点とを明らかにし、問題点解決のための対策を簡単に述べた。大圧下技術は、パス当たりの圧下率を数値的に増大する技術であつて、定性的に全く新奇な方式を導入するわけではない。

したがって、利点も問題点も数値をあげて定量的に検討すべきものである。対策もまた定量的に検討評価しなければならない。しかし本稿では定性的に、しかもきわめておおまかに述べたにすぎない。

さらにまた、単スタンドの問題としての特性しか述べてないが、大圧下導入のメリットが最も顕著に発揮される場合はタンデムミルである。しかもタンデムミルでは、各スタンドに異なる役割を分担させたり、たがいに相補的効果を発揮させたり、することによつて、大圧下圧延のメリットは生かし、逆に欠点はカバーできる可能性がある。したがって、大圧下圧延の導入対策というよりも、大圧下圧延技術の全容をかたとすれば、大圧下を組み入れたタンデムミルの全システムを対称として論じるのが本すじである。

今回は紙面の制約から、大圧下圧延の利点と問題点の要点の解説以外に多くを述べる余裕がないので、他の機会に大圧下圧延技術の実現案をタンデムミルまでも含めてくわしく述べたい。

文 献

- 1) 鈴木 弘: 生産研究, 11 (1959) 11
- 2) 鈴木 弘: 古河電工時報, (1965, 6月) 38
- 3) 八田夏夫, 小門純一: 塑性と加工, 21 (1980, 1月) 228
- 4) 今井一郎, 浅村 峻, 沢井繁之, 北島聡幸, 井上直温, 蔵田喜輝: 昭和 55 年度塑性加工春季講演会論文集, (1980, 5月)
- 5) 井上直温, 蔵田喜輝, 西 英俊, 吉浦明信, 伊達幸次郎: 同上