

圧延加工技術の高速化

加藤 健三*

1. はじめに

金属工業とくに鉄鋼業における圧延加工技術の高速化の進歩はめざましいものがあり、10年ほど以前と比較してみると、ホットストリップミルで最高出口速度が915m/min→1,630m/min, コールドストリップミルで2,170m/min→2,500m/min, 線材圧延機で1,800m/min→3,600m/minと大きく変化している。これら代表的な圧延加工技術の歴史と問題点および研究状況について考えてみることも、現在の鉄鋼技術が世界一流にランクされる事実とも関連して有意義なことであろう。

2. 圧延高速化の進歩

2.1 ホットストリップミル

タンデム式ホットストリップミルの成功は米国のColumbia Steel Co. (後にARMCOに合併)のButler工場の5スタンド圧延機が1926年に動いたことであり、それ以前は圧延速度がおそいためストリップの温度が低下して板厚が均一に仕上がらなかった。その当時の出口速度は430 m/minであったが、Butlerでの成功により世界各国に連続式ホットストリップミルが多数建設されるようになった。出口速度の年代毎の変化は図1のようであるが、1969年以後は1,400m/minを超えるに至った。

これらホットストリップミルの高速化を可能にらしめた基本技術は、第1はスラブの大型化、第2はロール軸受や圧延機剛性の増加、第3は板厚の自動制御(AGC)と圧下装置の高応答性の進歩、第4は板幅方向の形状制御、第5は熱間圧延潤滑の開発であり、最近の問題として第6は連続鋳造されたスラブを直接にホットストリップミルに入れる直送圧延がある。今後と

も連続鋳造技術との直結化を如何に進めて行くかという問題がスラブの幅変更技術、ロールの耐摩性向上、板厚および板幅さらに板形状の制御技術の進歩と関連して研究開発が行なわれ、高速化の傾向も一段と進むものと思われる。

2.2 コールドストリップミル

1926年にButler工場に4スタンドのコールドストリップミルが建設され、出口速度は、70 m/minであった。当時はリバース式の方が300 m/minと逆に高速であったが、これは直流電動機の出現によって1スタンド駆動が便利になったため、多スタンドの連続化がおくれたことによる。その後、直流電動機の世界速度制御技術が進歩し、ロール軸受および圧延潤滑の進歩により高速化が進んだ。図2に示すように1950年頃より2,000m/minを超えるものが出現し、わが国でも1960年に入ってから順次、進歩し、2,500 m/minの設備が建設された。

以上は鉄鋼関係であるが、アルミ用冷間圧延機でも1,000～1,500m/minの時代となり、2,500m/minのタンデムミルが建設されている。

これらコールドストリップミルの第1の問題点は電動機で、1950年には磁気増幅器、1965年にはシリコン制御整流器SCRが使用されるようになり高速化が進んだ。第2には油膜軸受およびローラ軸受の進歩、第3には板厚の自動制御、とくに、完全連続ミルの出現、第4には圧延潤滑、とくにエマルジョン潤滑やミルククリーン方式の進歩、第5には幅方向の形状制御についての各種形状測定装置の開発および新6段式圧延機の開発などにより高速化も進んだ。しかし、コールドストリップミルの進歩は板厚精度の向上に大きな努力がはらわれたことを忘れてはならず、今後もその傾向はつづくものと思われる。

*加藤健三 (Kenzo KATO), 大阪大学, 工学部, 金属材料工学科, 教授, 工学博士, 金属塑性加工学

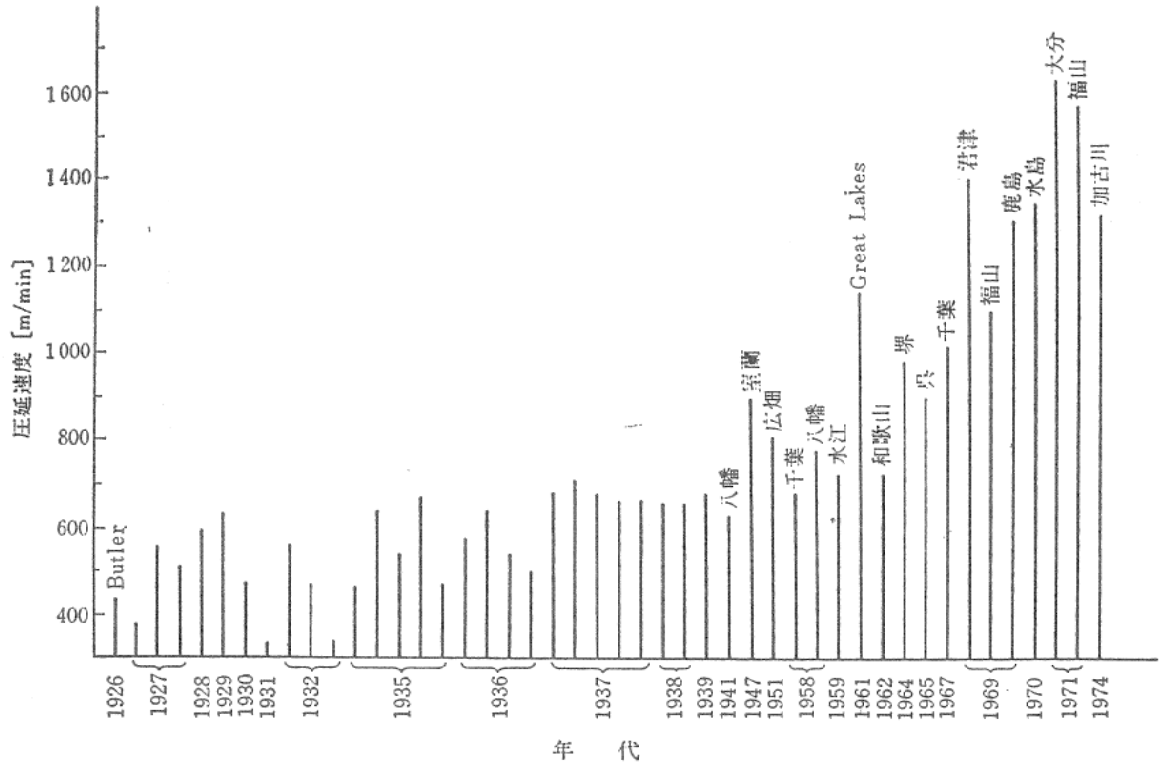


図1 ホットストリップミルの高速化

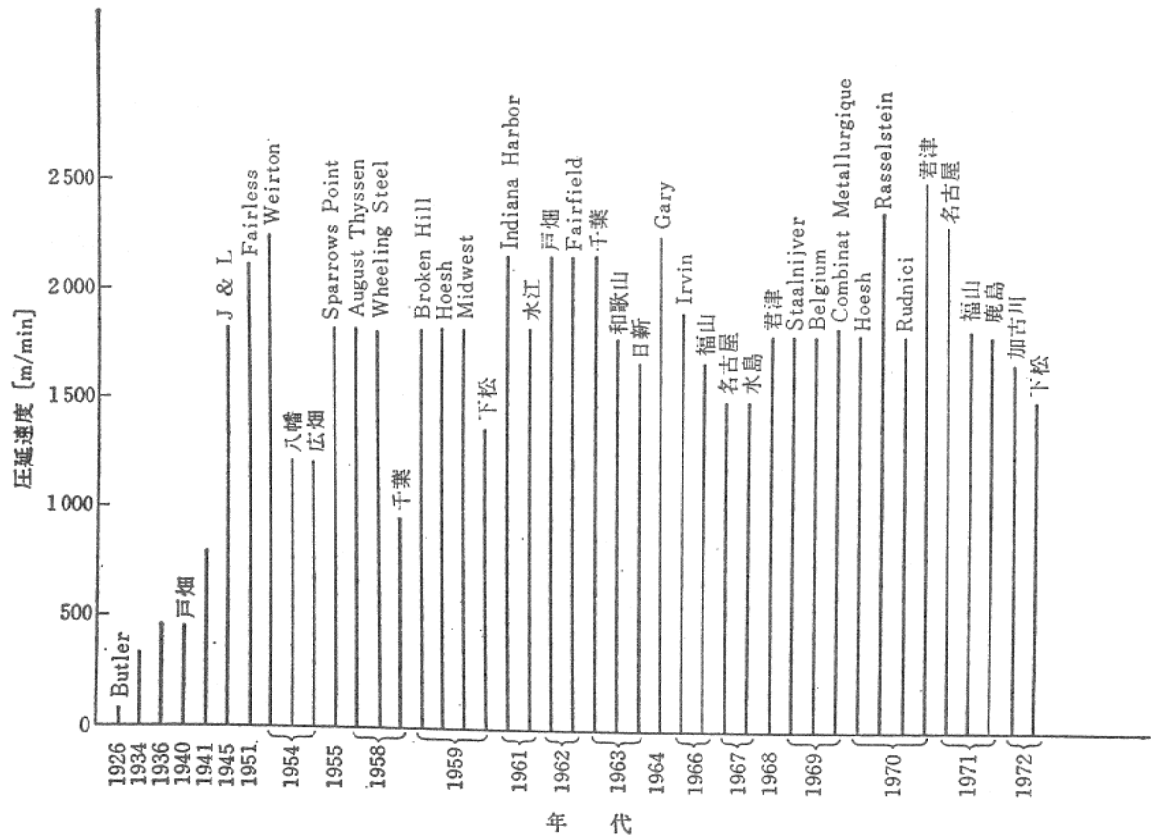


図2 コールドストリップミルの高速化

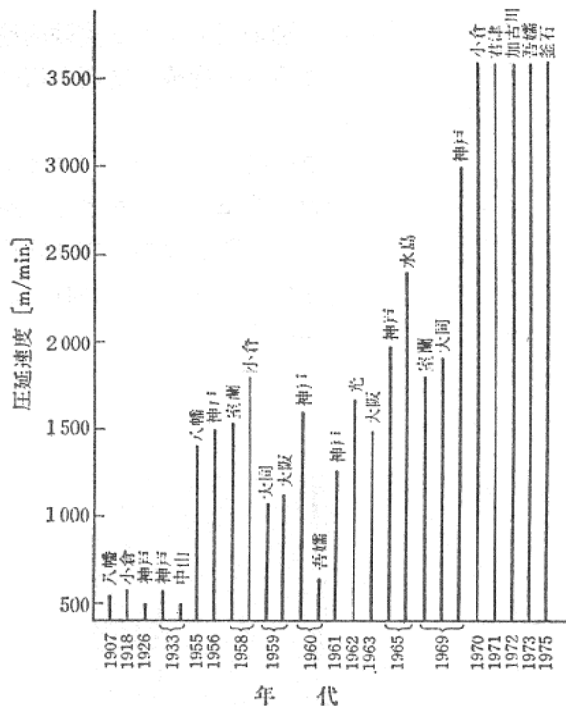


図3 線材圧延機の高速度化

2.3 線材圧延機

1817年のベルジャン式から始まり、ベッカー式、ベッドストーン式、モルガン式、ガレット式、半連続式を経て現在の全連続式に達し、さらにノーツストのブロックミルの出現によって、3,000m/minを越えるに至り、最近では6,000m/minという超高速ミルが出現しつつある。図3はその高速化を示しており、ブロックミルにおける超硬ロールの進歩、ロール孔型設計理論の発展、自動計測および自動制御の進歩により線材圧延機の高速度化はますます発展するものと思われる。

3. 高速試験圧延機による研究

当研究室においては圧延機の高速度化にともなう問題点に注目し、図4に示す高速試験圧延機を設計製作し、冷間圧延および熱間圧延に関する実験的研究を進めている。

圧延機の仕様は、ロール直径530mmの2段式圧延機で、ロール回転を250~1,700rpmに変化することにより、ロール周速を416~2,830m/minに変えることができる。駆動方式はツインドライブ方式で上下ロールそれぞれモーターに直結しているため、上下ロール周速を一致させるためには電磁式デジタル回転計を取付けている。

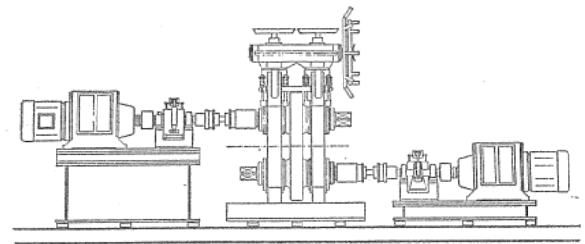


図4 高速試験圧延機

3.1 冷間高速圧延に関する研究

冷間高速圧延における問題点は高速回転するロールと圧延される金属板の接触部における摩擦および潤滑機構にあると云ってよい。そして現在、冷間圧延の最高速度が2,500m/minに止まっている点も実はここに問題がある。

圧延潤滑の解明に対しては最近、流体潤滑理論の適用が進められ、油膜厚さに対しても解析が行われているが、熱の影響を考慮した場合としない場合では大きな差が生ずることがわかってきた。また、冷間の高速圧延においては実際には大きな圧力をうけるため完全な流体潤滑条件よりも混合潤滑、すなわち、ロール表面や板の表面に微細な凹凸があって油膜厚さが薄くなると接触部の一部でロールと材料が直接接触するような状態が生ずるようになる。

われわれの研究室では圧延速度が変化した場合に圧延板の表面状態が如何に変化するかを微視的に直接観察することにより、その潤滑状態を判定することができることを利用して、とくにエマルジョン潤滑に対して実験的検討を加え圧延速度を増加させてゆくと、ロール間隙への油の流入量が増し、混合潤滑から順次、流体潤滑に移行することを明らかにしている。しかし、一方、加工熱の発生も増加するため、潤滑油の耐熱性も必要で、さらに、高速にするためには油の物性の研究が重要であろう。

3.2 熱間高速圧延に関する研究

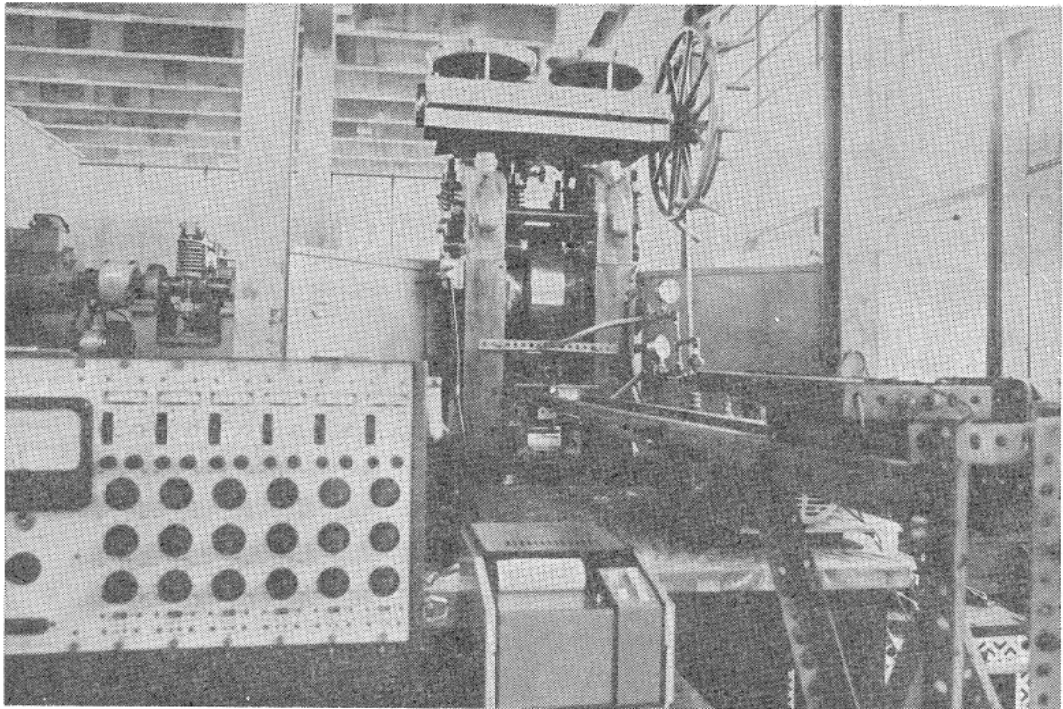
ホットストリップミル、ブロックミルなどの高速化にともない、鋼材の圧延における金属学的研究、また、高温変形における再結晶挙動、さらに、高温で再結晶を生じさせないで結晶微細化をはかる制御圧延技術の開発などに関連して、高温で高速圧延される材料の挙動を把握することが重要である。

生産と技術

われわれの研究では高速試験圧延機の出口側に急冷装置を設置し、ステンレス鋼その他の材料を高速圧延後ただちに急冷して組織を固定し、その微細組織を検討することにより回復、再結晶が高速圧延中に生じているのか、または生じていないのかという問題を研究しており、高速高圧下においては動的再結晶状態が発生し、きわめて微細な安定組織を生ずることを見

出しており、今後、各種の材料につき実験的検討を加え、高温における変形機構の解明を行いたいと考えている。

以上、圧延加工技術の高速化について考えてみたが、わが国の鉄鋼、金属工業における高速化は、省エネルギーおよび製品の高付加価値化と関連してますます進歩するものと思われ、この方面の研究の必要性は大きい。



(圧延機の入口から見たもの)