

## (96) スラブの大型化にともなう帯鋼厚の変動について

日新製鋼呉工場

愛甲 五郎・〇平本 武紀

### Gauge Variations of Strips Caused by Rolling Larger Slabs.

Gorō Aikō and Takenori HIRAMOTO

#### I. 緒 言

スラブはしだいに大型化する趨勢にあり、これに伴って成品コイル内の寸法および品質上の変動が大きくなり、設備上でもいろいろの問題が発生している。ここではこのうち厚みの変動について考える。厚みの変動を誘起する因子は多数あり、仕上圧延機に入ってくるバーの厚みの不同や変形抵抗の差、あるいは仕上圧延中のテンションの変動などが主なものであるが、スラブの大型化にさいして厚みにもつとも大きい変動を与えるものは温度差に起因する変形抵抗の変動である。

#### II. 頭尾部の温度差による厚みの変動

仕上圧延機に入ってくるバーの厚みは通常 1.0~0.7 in の間にあるのでスラブの厚みが増すにつれて粗圧延機の負荷が増大し、かつ圧延中のバーの長さが長くなる。連続式圧延機ではこのため、大容量の粗圧延機と長いテーブルが必要となる。設備費のことは別としても工場敷地に制約があるとこれによつてスラブの最大厚も制限されることになるので、スラブを大型化するためには連続式粗圧延機を逆転式に変えることも一策として考えられる。

逆転式粗圧延機では粗圧延の全パスをスタンド 1 基だけで行なうのでこの粗圧延所要時間が全体の生産能力を左右する因子となる。仕上最終パスの最高圧延速度は 10 m/s 程度であるから 1.2mm の成品を 10m/s で圧延するとき、仕上入口でのバーの厚み 20mm、圧下率 40 なら仕上第 1 パスの圧延速度は 1 m/s となるから、連続式粗圧延機ならば粗圧延最終パスは 1.5 m/s もあれば充分で、全成品厚を考慮しても粗圧延最終スタンドは 2m/s を越える必要はない。しかし逆転式粗圧延機では最終パス速度をその 2 倍すなわち 4 m/s 以上としてようやく粗圧延機と仕上圧延機の圧延能力が均衡する。換言すれば 4 m/s の終パス速度で粗圧延を終らなければホットストリップミル全体としての経済的な運転ができないことをタイムスタディが示している。

いま 3500HP、ロール径 910mm の逆転式粗圧延機で 30 rpm で最終パスを行なう場合のバーのディレーテ

ブル上での通過速度を考えると粗圧延の最終パス期間中は 3.8m/s で通過するが粗圧延終了後はディレーテーブル速度の 1.5 m/s で仕上圧延機に達し、仕上終速 10 m/s で 1.2mm の成品を圧延する場合、仕上第 1 スタンドに厚み 18mm で噛み込み 55% の圧下を受けると仕上第 1 スタンドでの出口速度 1.21m/s、入口速度 0.67 m/s であるからバーの先頭が仕上圧延機に噛み込んだ後はディレーテーブル上を 0.67m/s で通過することになる。このためディレーテーブル上でのバーの全通過所要時間は頭部 21.7s に対し尾部 54.8s となり頭尾部の間に 33.1s の差がある。輻射による放熱のためのバーの冷却速度は次式

$$\frac{2\sigma\epsilon(\theta_S^4 - \theta_A^4)}{h\rho c} = \frac{d\theta}{dt}$$

ただし  $\sigma$ : ステファン・ボルツマン常数

$h$ : バーの厚み

$\rho$ : 密度

$c$ : 比熱

で表わされるのでこれによつてディレーテーブル上でのバーの頭尾部のそれぞれの温度を計算すると粗圧延を 1100°C で終了したとき、仕上入口でバーの頭部温度 1033°C、尾部 965°C となり 68°C の温度差がある。ただしこの計算では例えば上側と下側では被輻射体温度が異なるがこれを同一とし、またスケールの生成によつて自由な輻射が妨げられるがこれは考慮しないなどを仮定した。なおこの計算値は粗終パス出口でのバーの長さ方向の温度が均一の場合のものであつて、実際にはこれにさき立つ各パス中にもスラブ内に温度差が発生しているがこれはディレーテーブル上の温度差に比べて小さい。

温度の差があると変形抵抗に差ができ、これが仕上スタンドのミルスプリングを介して成品の厚みの差となつて表われる。塑性~弾性式の交点から当工場の仕上スタンドについて巾 600mm のコイルで前記 68°C の温度差のとき、成品の頭尾部の厚みの差は 0.075mm となる。上記は一例であるが実際圧延中のスラブ温度をいろいろ変えて成品の温度差とそれに基づく厚みの変動との関係を統計的に集計して次式を得た。

$$y = 0.0025x + 0.0035G + 0.000025W - 0.027$$

ただし  $y$ : 厚みの変動

$x$ : 温度差

$G$ : 成品厚

$W$ : 成品巾

ミルスプリングはそれぞれのスタンドごとに異なるので上式は当工場のスタンドに固有のものである。

さてこの現象の主原因は粗圧延機の終速と仕上圧延機

の入口速度との差にあるからいま粗圧延終速を下げ、例えば 1.0 m/s で終パスを行なうと仕上入口でバーの頭部温度 973°C、尾部温度 962°C したがって温度差は 11°C で成品の厚みの差は 0.006mm と小さくなる。しかし粗圧延終パスのこの低速は生産能力上の隘路となりミル全体の能力を抑制することになる。

能力低下の打開策として同期電動機駆動の低速粗スタンドを粗圧延機と仕上圧延機との間に 1 基追加して粗圧延の最終パスだけをこのスタンドで行ない、偶数パス数で粗圧延を終了すれば仕上圧延機と粗圧延機との能力は均衡し、圧延ピッチを規定するのはふたたび仕上圧延機となる。ただいずれの場合も終パスを低速にした場合ディレーテーブル上での温度降下が大きくなるという欠点がある。これを避けるには低速で粗圧延終パスを行なうことを止めて通常速度で圧延し、失熱を防ぐためディレーテーブル上で適宜保熱するとか、さらに根本的には逆に仕上圧延機の上昇速度を上げることが考えられるが現用の 10 m/s の壁を越えるためには運転制御上、あるいはモーターの特性設計上未解決の問題が多く残されている。仕上圧延機のスピードアップが実現すると仕上圧延機と粗圧延機との能力の均衡上、さらにふたたび粗圧延機の上昇速度を上げなければならないので粗圧延終パス速度と仕上入口速度との相対的な速度差、したがってこれに起因する温度差という問題はかなり軽減はされるが依然残るので粗圧延終パス速度を仕上入口速度に対応させるという前記の考慮は矢張り必要である。

また一方では現在ホットストリップミルの生産能力を規定しているものがこの 10m/s という仕上速度であることからミルの能力増大上からも仕上圧延機のスピードアップが要請されている実情であつて、このスピードアップは今後に残された課題と思われる。

III. スキッドマークによる厚みの変動

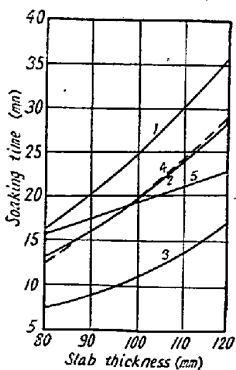


Fig. 1. Soaking time.

は A. SCHAK の式から求めたもので、(5) は炉長 21m、均熱帯長さ 5m の加熱炉で長さ 5m のスラブを 60 t/h

のレイトで加熱したときの均熱帯上の滞留時間を示す。図から厚みの増すにつれて所要均熱時間が長く必要になるがその割合では均熱帯上の滞留時間は長くなっていないからいろいろの厚みのスラブをひとしく 60 t/h のレイトで加熱する場合には厚いスラブほどスキッドマークが大きく残り勝ちである。

充分な均熱のためには均熱帯長さを増すことがもつとも有効ではあるが、均熱帯上のスラブは片面だけ加熱されるので均熱帯を長くするとそれだけ加熱能力が低下するという一面があり、また均熱度は均熱帯長さだけでなく均熱帯に入ってくるスラブの表面温度や表面とスキッドマーク間の温度差との函数でもある。換言すれば各段階の温度での保持時間に左右されるわけであつて、急速加熱されて早く昇温して来たスラブほどスキッドマークが小さい。当工場では 3 带式と 2 带式のいずれも 60 t 炉 2 基を併列運転しているが、両炉の昇温特性は Fig. 2 のような差異があり昇温の早い 3 带式の方がスキッドマークが小さく、前記の事情を裏書きしている。

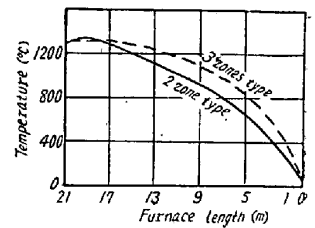


Fig. 2. Heating characteristics.

したがってスキッドマークの大きさは設計上では均熱帯長さとともに炉内の熱分布の設計が重要な役割を演じ、また実際の操炉においても操炉法によつてかなり改善の余地がある。

IV. 結 言

スラブの大型化に伴う成品厚の変動について、上記はいずれも原因に対する抜本的な解決策を考えたものであるが、近時熱延においても厚みの自動制御(A.G.C.)が具体化しつつある。

したがって前記対策とは別にこの面からコイル内あるいはコイル間の厚みの変動の軽減を期待できる趨勢にあり A.G.C. がスラブの大型化を助成すると思われる。