

の進行にともなう固相空間のマイクロないしマクロ的形狀状況、ならびに残溶鋼の流動とマイクロないしマクロ的正・負偏析の形成におよぼす諸要因の影響を、実験的理論的に定量化するための地道な努力を続けることが今後の方向と考えられる。

III. ホットストリップミルの幅制御技術

座長 (株)神戸製鋼所技術開発本部

平野 坦

ホットストリップミルにおける板幅精度の向上は、ミル歩留りの向上をはかり、しかも高度化するユーザ要求品質に対応していくために、常に継続して取り組むべき重要な技術課題のひとつである。

特に近年、連铸スラブの普及と省エネ操業の浸透により、幅圧延にともなう先後端幅ひけの増大や低温加熱にともなうスキッドマーク幅変動の増大が大きな問題となつたため、板幅制御に対する関心が急速に高まり基礎的および実用的検討が進展した。中でも我が国における自動板幅制御 (AWC: Automatic Width Control) の普及発展は、特筆に値すると言える。

また一方、連铸化の進展にともない、铸片顕熱の有効利用と物流の合理化を目的とした連铸プロセスと圧延プロセスの連続化という新しい動きが生まれている。その連続化技術の一環としても大幅圧下圧延技術、板幅制御技術は、重要な位置を占めている。

これらの背景を踏まえて今回の討論会では、ホットストリップミルにおける板幅制御技術ばかりでなく、幅集約のための大幅圧下圧延技術をも含めたテーマ選択がなされ、活発な討論が行われた。以下にその概要を報告する。

1) 大幅圧下圧延技術

以下の3論文がこのジャンルに含まれる。

討18 スラブの幅方向圧延に関する実験的および解析的研究

京都大学工学部 小門純一 他

討19 スラブの幅大圧下圧延

新日本製鉄(株)大分製鉄所 溝口信正 他

討20 ホットストリップミル粗圧延におけるスラブの幅大圧下技術とクロップ量低減対策

川崎製鉄(株)技術研究所 阿部英夫 他

大幅圧下圧延を行うためには、ロールの噛込限界を拡大し、圧延中のスラブのねじれや座屈を防止する必要がある。カリバエッジロールが用いられる。またカリバエッジロールの採用によりドッグボーンの発達を抑制され、フラットエッジロールを用いる場合よりも塑性変形がスラブのより内部まで及び幅調整の効率が向上する。

カリバ傾斜角は小さいほど幅調整の効率が良いが、逆

に荷重、トルクが増大し、表面疵発生の危険性が増す。表面疵の面から実用上安全なカリバ傾斜角は、約14°である。トルクが増大は、荷重と摩擦仕事の増大による。

エッジロール径が大きくなる場合にもロール接触弧長とトルクアーム長さの増大により圧延荷重、トルクは増大する。ただし、圧延速度が一定の条件の下では、消費動力はむしろ減少する。またエッジロールの大径化により、ドッグボーン発達の軽減、ロール表面圧力分布の軽減、先後端クロップロスの低減が可能となる。したがって、今後エッジロールの大径化が進展する可能性が大きい。

スラブ幅が広くなるとフラットエッジロールではドッグボーンの発達により幅調整の効率が著しく劣化するが、カリバエッジロールでは効率的な幅調整が可能である。ただしドッグボーンを抑制することによりロール接触部に高い圧力が発生し、荷重、トルクが増大する。

大幅圧下圧延にともなう先後端の巨大な幅ひけに対しては、粗後段スタンドでの AWC だけでは不十分であり、大幅圧下圧延を行うサイジングミル自体または VSB (Vertical Scale Breaker) 自体で AWC を行う必要がある。この場合、幅ひけ発生領域がきわめて狭く(約1m)、除去すべき幅変動が急峻であるため、高応答な油圧 AWC が不可欠である。

大幅圧下圧延にともなうもうひとつの問題として、フィッシュテイルの発達によるクロップロス増加の問題がある。これに対しては、分塊圧延での噛みもどし圧延に相当するダブル片パス圧延や、水平ミルとエッジミルとのタンデム配列を利用した押込圧延による方法などが提案されているが、より効果的な方法として先後端あるいは全長幅プレス法が検討されている。設備の規模をできるだけ小さくするためにはプレス荷重を小さくする必要がある加工時間を短縮するためには効果的な部分プレスにとどめる必要がある。実験的に得られた先後端部分幅プレスの最適条件下では、75~85%のクロップロス低減効果が得られている。

2) 粗圧延幅変形挙動と粗 AWC

以下の3論文がこのジャンルに含まれる。

討21 ホットストリップミル粗圧延における幅変形挙動

神戸製鋼(株)加古川製鉄所 井端治広 他

討22 粗圧延機の幅制御

住友金属工業(株)中央技術研究所 河野輝雄 他

討23 ホットストリップミルの粗圧延における自動板幅制御

日本鋼管(株)福山製鉄所 山本正治 他
粗 AWC の制御対象としての幅変動は、先後端幅ひけ、スキッドマーク幅変動、幅テーパなどである。また狙い幅を適中させるためのエッジ開度の自動セットアップも広義の AWC に含まれる。

先後端幅ひけは、幅圧延時のスラブ先後端部の非定常変形に起因して発生し、幅圧下量の増大につれて、またスラブ幅の増大につれて顕著に発達する。先後端幅ひけは、圧延先端側が後端側より常に発達しやすいので、リバース圧延を含まないフルコン形式の粗ミルでは、特に先端側の幅ひけが問題である。この幅ひけを基本的に小さくするためには、三次元変形が容易で幅調整の効率の良い前段パスにて大きな幅圧下を行い順次パスごとに幅圧下を軽くするような前段強圧下型エッジパススケジュールが好ましい。粗 AWC では、この先後端幅ひけの制御機能をエッジショットストロークと呼び、実験的に求められた先後端幅ひけのプロフィール予測モデルを用いてエッジの動的開度パターンを算出する。電動 AWC の場合は応答性が遅く、複雑な関数パターンに追従できないので、簡便にいくつかの直線パターンを持つ方式で対処しているところもある。

粗 AWC は、幅圧延前の板幅プロフィールを全長にわたって幅計で実測し、それを基にした演算制御量をフィードフォワード制御する方式を主たる機能としている。

平圧延時の単純な幅広がり及び温度の影響は、従来の研究においても明確に認められていないが、幅圧延が付加される場合にはドッグボーンの形状に影響が現れ、スキッドマーク程度の温度変化でも幅広がり差が生じる。したがって AWC に用いられている幅広がりモデルでは温度の影響が考慮されている。

粗 AWC が適用されている粗ミル後端におけるスキッドマークの周波数は通常 1 Hz 以下であるため、スキッドマーク幅変動に対しては電動 AWC で十分対処可能である。ただし先後端のエッジショットストロークに対しては、電動では不十分とする意見が多かった。

鑄造中の幅変更等による幅テーパを有するスラブを圧延する場合には、幅広側を圧延トップとする方が、幅変動の面からもクロップロス面からも得策である。またさらに AWC を実施することにより通常のスラブと同程度の成品幅精度を確保することができる。

3) 仕上張力幅制御

討24 熱延仕上圧延機における張力制御の解析と開発
日本鋼管(株)京浜製鉄所 齊藤森生 他

粗圧延時のスラブの幅変形による幅変動とならんで仕上圧延時のスタンド間張力による幅変動が、ホットストリップミルにおけるトータルな幅精度の向上をはかる上で重要である。特に薄ゲージとなるほどストリップ内に過大なユニット張力が発生しやすく、大きな幅変動が発生する危険性が高い。この問題の解決のためには、応答性の高い安定したループの微小定張力制御の実現が必要である。またさらに張力を積極的に利用して幅制御を行う場合にも、高応答で安定したループ定張力制御の実現が必要である。

本討論では、最適制御理論に基づいた電動ループの計算法シミュレーションの結果について紹介がなされた。

ループの慣性モーメント (GD^2) は、ループの応答性に大きく影響する。また張力のフィードバック値としてループ荷重計による実測張力を用いると GD^2 を約 1/3 にした場合と同等の応答性が得られる。

シミュレーションの結果では、積分形最適レギュレータが最も良好な制御特性を示した。しかし、その場合でもステップ外乱の静定に要する時間は 4 s に達し、電動ループの応答性の限界が明らかとなつた。今後の油圧ループの発展が期待される。

以上、討論会の発表および討論の要点を概括した。トリムフリー鋼板の実現を目指して、今後も板幅制御技術に関する研究開発は進展を続けるものと考えられるが、今後数年間の推移をみて再び討論会が計画されることを期待したい。

最後に、貴重な討論論文を紹介していただいた発表者各位および討論に御参加いただいた各位に対しお礼申し上げる。

IV. マイクロ・アロイング技術

座長 住友金属工業(株)中央技術研究所

邦 武 立 郎

昨今、鉄鋼材料について、その高級化、高付加価値化の必要性が強調されているが、微量の合金元素の添加による性質の向上、すなわち“マイクロ・アロイング”を本協会の討論会のテーマにとり挙げることは、時宜を得たものといえよう。ちなみに、ほぼ同時期に、米国の Metal Congress '83、また英国の TWI において、同様のテーマがとり挙げられているが、この課題が世界的に注目されていることを示している。

さて、討論講演の募集に当たっては、微量元素を鋼に添加した場合に鋼中に起こる固溶、偏析、析出などが、鋼の性質におよぼす直接的な効果や、再結晶、結晶粒の成長などへの影響を通しての効果についての研究を対象とした。特に、得られた知見が、新鋼材の開発あるいは鋼材の性質の改良などの展開へつながら基本となるような、基礎的研究の発表を期待した。すなわち実用鋼材を対象としながら、微量元素の影響について、できるだけ基礎的な掘り下げを行つた研究の発表を期待したつもりである。

最終的に選定した 7 件の討論講演は、大きく 4 つに分類することができる。すなわち、

- (1) 高温延性 CC 鑄片の表層下割れ感受性
- (2) 冷延鋼板 連続焼鈍での挙動
- (3) 厚鋼板 特に溶接部の靱性
- (4) 機械構造用鋼 結晶粒、冷間鍛造性、偏析、脱ボロン現象など

討論会も、この 4 つの小セッションに区切つて、とり