

【技術資料：phifitcodec292007_02】

平成19年12月29日

粗バーヒーター(Hot Bar Heater)を適用した7スタンドタンデム板圧延の温度解析

PHIFITCO™ (ファイフィット株式会社) 技術開発 吉田忠継

< 概要 >

薄板の熱間仕上げ圧延工程では厚さ30~40mm程度の粗バー(今回は36mmと設定)を最小1.2mm程度まで圧下する。この場合、加速圧延を適用しても最高速度に達した後はサーマルランダウンにより後端になる程温度が低下するためシートバーの長さに制限があった。今世紀になって粗バーヒーターが実用化され、粗圧延と仕上げ圧延の工程間で素材内部からの加熱による温度補償ができるようになった。装置仕様によると9000kW、1500Hzの交番電流を素材に印加することで生じた渦電流がジュール熱に変換され、粗バーを内部から加熱する電磁誘導方式である。

圧延中の素材の後端部を加熱する場合を想定して、『タンデム板圧延の温度解析プログラム ECOMERITM』によるシミュレーションを実施し温度補償特性を調査した。

< 解析方法 >

板厚方向に二次形状関数の線状有限要素を用い、対称性から板厚半分を4要素、接触領域ではロールの一部を1要素、接触界面のスケールを1要素に設定した。また、送り方向は入り側の5.9mを3領域とし、出側の領域(5m)および各スタンド間領域(5m)を各7ステップ、ロールとの接触領域を各8ステップとして時間積分を行った。直径0.8m表面温度1270Kのワークロールを用いて、厚さ36mmの板を1号から6号では40%、7号では29%圧下して出側で1.2mmとした。放冷の領域では輻射と対流による熱伝達境界条件を設定し、ロールバイトでは変形抵抗を各スタンド一律に6kgf/mm²、塑性ひずみによる板の内部発熱、摩擦摺動仕事をスケール要素の内部発熱と仮定し、金属接触条件で要素分割を行った。粗バーヒーターの加熱領域では表皮効果で表面近傍が発熱域になる可能性もあるが、単純に理想的なバルクの均一内部発熱を仮定した。また、板の対称面とロールの内側端は断熱条件である。

加速圧延の速度パターンから減速域を除く後端は一定速度と仮定しても誤差は少ないので、定常速度を仮定するタンデム板圧延のプログラムを利用した。

着目箇所はシートバーの先端から5.9mの位置で先端が噛み込んだ瞬間に1100と設定した。出側の圧延速度を6500rpmと12000rpmの2水準とし、粗バーヒーターの位置を1号の手前7m、17m、27mの3水準とした。また、入り側3領域のうち中央領域の2mを粗バーヒーター作用部として、エネルギー9000kWが幅1mの素材に投入されるものと仮定した。但し、このような利用方法が可能かは未確認である。

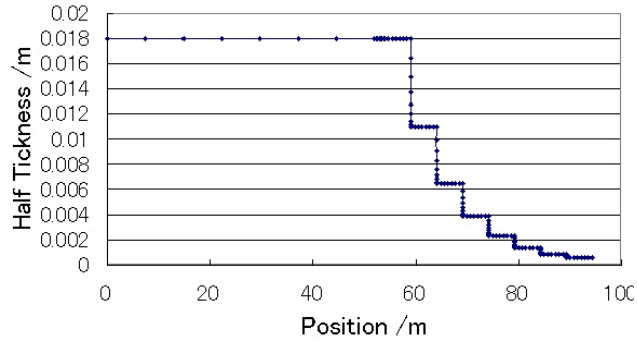


Fig.1 Temperature of Sheet in 7 Stand Tandem Rolling

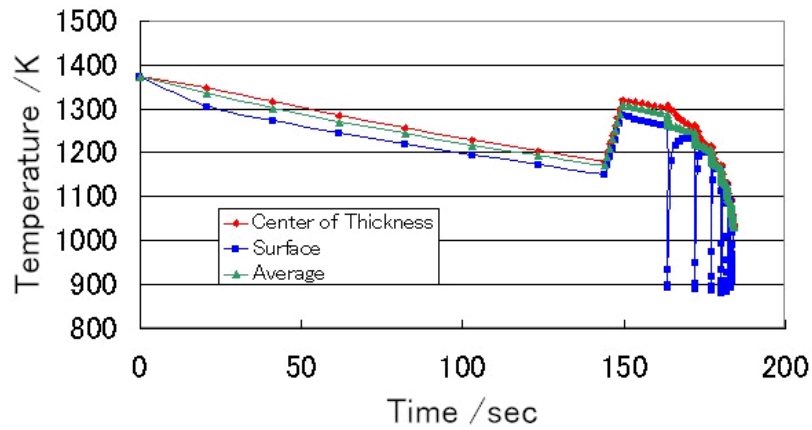


Fig.2 Temperature of Sheet in 7 Stand Tandem Rolling (650mpm, 59m, 7m)

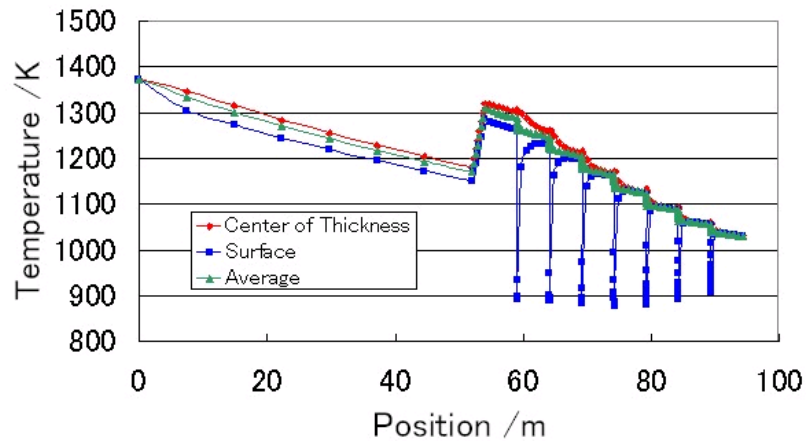


Fig.3 Temperature of Sheet in 7 Stand Tandem Rolling (650mpm, 59m, 7m)

図1は送り方向の板厚の変化を示す。

図2、図3は加熱開始位置を1号の入り側から上流に7mとして、粗バーの先端から59mの後端部分の温度変化を調べた図である。図1の横軸は時間、図2の横軸は送り方向の位置を示す。加熱域では素材バルクで均一密度の内部発熱としたので、昇温後も板厚方向の温度分布が残存している。この場合145の温度増加が得られた。但し、送り速度が小なので、圧延機内に滞留する時間が長く温度低下が大きい。

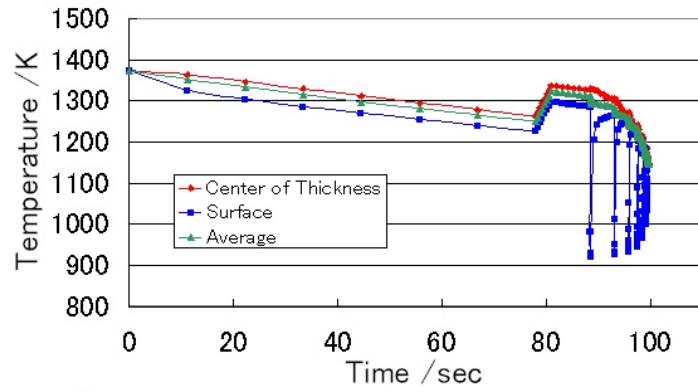


Fig.4 Temperature of Sheet in 7 Stand Tandem Rolling (1200mpm, 59m, 7m)

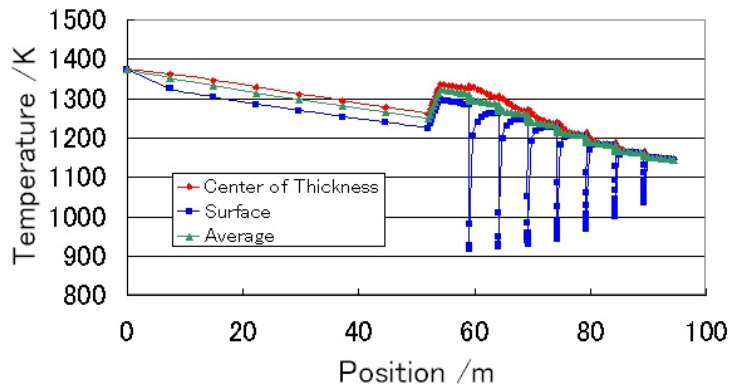
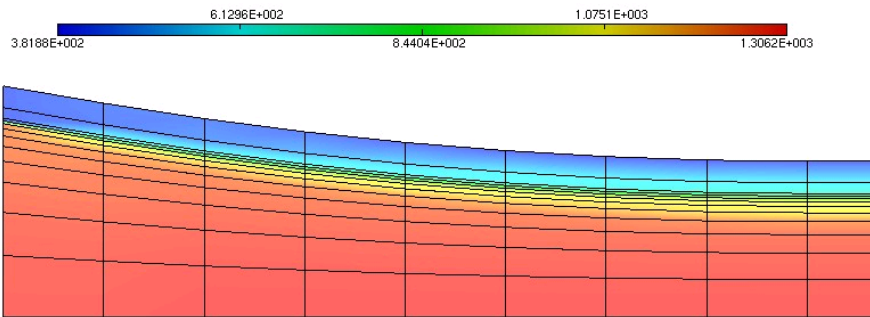
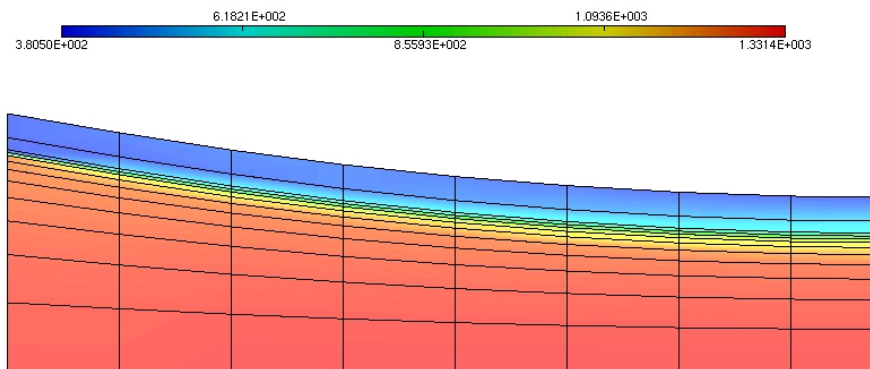


Fig.5 Temperature of Sheet in 7 Stand Tandem Rolling (1200mpm, 59m, 7m)



a) 1st Stand, 650mpm, 59m, 7m



b) 1st Stand, 1200mpm, 59m, 7m

Fig.6 Temperature Distribution in L-Section of Sheet and C-Section of Roll

図4、図5は圧延機出側の送り速度が1200 mpmの場合に図2、図3と同様の図である。この場合、加熱域の滞留時間が相対的に短いので温度上昇は小である。しかし、入り側の放冷域および圧延機内の滞留時間も短いので温度低下も小である。その結果、650 mpmの場合よりも出側温度が1000 以上高く保持される。

図6はa)650 mpm、b)1200 mpmの場合に1号スタンドのロールバイト内の材料とこれに接触するロールの温度分布を示す。何れの場合もバルク内の均一内部発熱としているので、粗バーヒーターが無い場合と同様の自然な温度分布が生じている。

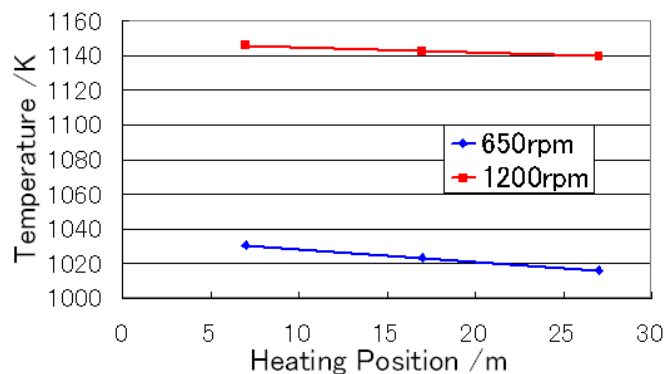


Fig.7 Effect of Heating Position on Temperature

図7は縦軸に圧延機出側から5mの位置における素材の平均温度、横軸に粗バーヒーターの加熱開始位置を1号入り側から上流方向距離でとり、圧延機出側の送り速度をパラメータに示す。何れの送り速度の場合でも直線は右下がりであり、加熱位置が圧延機から離れる程圧延機出側の素材温度が低下する。また、温度増加の大きい650 mpmの方が右下がりの勾配が大きい。

< 結論 >

表皮効果によるが、素材C断面で均一な密度の発熱が仮定できるのであれば、粗バーヒーターを適用しても不自然な温度分布にはならない。加熱後の冷却を考慮すると粗バーヒーターの設置位置は仕上げ圧延機の入り側に近接することが望ましい。解析で仮定したように加熱能力の大部分が素材の発熱に利用できるなら温度補償の有効な手段と考えられる。

『タンデム板圧延の温度解析プログラム ECOMERI™』による簡単な解析で粗バーヒーターの温度補償効果を予測した。各社のプロセス条件に合せ込むことにより、簡便な設計ツールとなることが期待される。

以上

(ポスト処理には INRIA プロジェクトの MEDIT を使用)

(著作権：ファイフィット株式会社が所有する)