

討11 コールドストリップ用ロールの材質と寿命

関東特殊製鋼

標 正
廣 瀬 春 彦

1. 結 言. 近時コールドストリップミルの圧延速度は益々高速化しロールの使用条件は非常に苛酷となりつゝあり、ロールの性能として特に耐事故性、耐肌荒性のすぐれた高深度の硬化層を有するものが要望されている。これらの要望に応じてロールの化学成分は高炭素低クロム鋼(0.8% C-1.8% C₂)から高炭素低クロム、モリブデン、バナジウム鋼(0.8% C-2.2% C₂-0.25% Mo-0.1% V) が広く使用されるようになった。硬度はHs90以上が必要であり、より深い硬化層が要望されている。Hs90以上の硬化層は5mm程度から次第に深いもの、製造に成功し現在では20mm 内外の硬化層を有するロールの製造も可能な状態まで進歩している。

このような努力と使用の適切を管理によりロールの寿命は著しく改善がみられているが使用条件の苛酷化、極品質の高度化、安全の面からより一層のロールの性能の改善が必要であり、この改善には常に努力を拵いつゝありますが肌荒、摩耗、耐事故性、硬度と硬化層等について述べてみたいと考へる。

2. 耐肌荒性、耐摩耗性.

ロールの耐肌荒、耐摩耗性は板の品質に直接大きな関係があるのみでなくロール組替時間、回数にも関係し圧延能率にも影響を及ぼすものである。このために高硬度のロールが要求されてきたが更にその改善が要望されている。耐肌荒性と耐摩耗性とは直接関係があるものと思はれるが肌荒は鋼塊のマクロ組織とも密接な関係がある。即ち圧延がすすむにつれロール胴表面は写真1.に示したような経過をたどって変化してゆくものであつて、研磨状態(肌荒等級0)→研磨目消失、平滑化(肌荒等級1)→凹凸が現れ始める(肌荒等級2)→凹凸は樹枝状模様を呈し始める(肌荒等級3)→樹枝状模様は明瞭となる(肌荒等級4)が通常みられる肌荒れ変化である。



写真 1. 肌荒変化と肌荒等級

以上の如く圧延がすすむに従い通常鋼塊をマクロ腐蝕したときと同一のマクロ組織がロール胴表面に現れ樹枝状模様が板にプリントされ板表面の美観を害するようになる。

次に上述の如き肌荒れ等級基準でパーム油潤滑の場合の圧延屯数と肌荒れの関係を示したものが図1である。

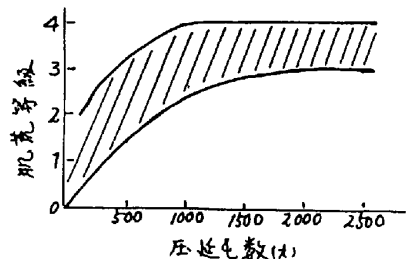


図1. 圧延屯数と肌荒

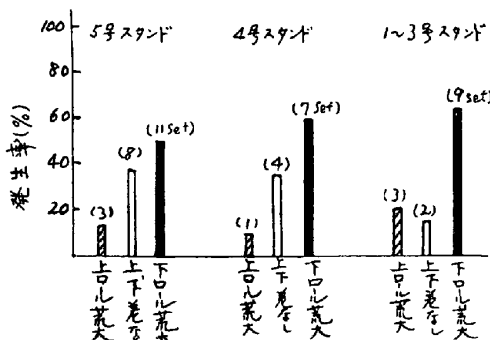


図2. 上,下ロールの肌荒

図1で明らかか通り約1000トン圧延まではほぼ圧延屯数に比例して肌荒れは進行してゆき1000^x~

1500以上では肌荒れはほぼ一定の状態となる。次に上下ロールの肌荒れの比較は図2に示した如くであり下ロールの方が肌荒れは多い傾向にある。

耐肌荒性を改善するためには耐摩耗性の改良に効果のあるC₂, Mn等硬質炭化物形成量の添加量の増加は効果があり, 又Co, Si等地に固溶する元素の添加も効果がある。次の図3は緒言で述べた化学成分を有する両ロール鋼とC-Cr-Mn-V系ロール鋼にSi1%, Co1.5%添加したほぼ同一硬度範囲(Hs98-99)の成分を異にする三種のロールの4, 5号スタンドに於ける肌荒れと圧延電数との関係を図示したものであるが化学成分の影響はかなり顕著であると云える。

又先に述べた通り肌荒れはロールのマクロ組織即ち鋼塊のマクロ組織と関係があるから鋼塊のマクロ組織の改善を図る必要がある。鋼塊凝固時に生成されるマクロ組織の微細化, 結晶偏析の微細化, 結晶偏析の拡散均一化等の製造技術の開発が必要であると考へてゐる。

次に肌荒れ等級2, 4のロール胴表面を50倍の倍率で検鏡したものが写真2である。ロール胴表面は

圧延中絶えず円周方向の条痕の生成により摩耗してかくものと云える。圧延電数と摩耗量との関係は図4に示した通りであり摩耗量は圧延電数に比例して増加してかくものであり, 先に述べた肌荒れの様相とは異っている。摩耗に対しては化学成分の影響は勿論考えられることであるが硬度を高くする程効果があるものと考へる。

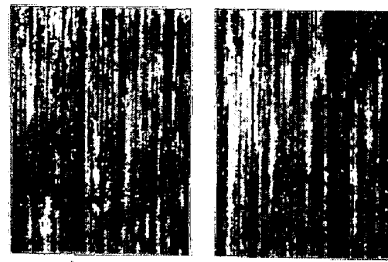


写真2. 摩耗状態 x50

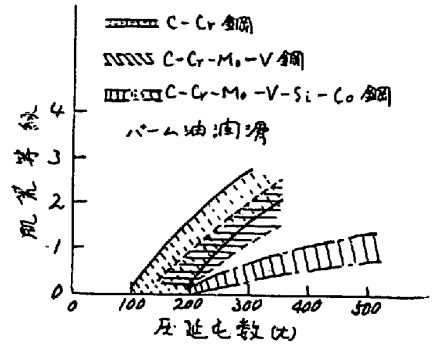


図3 肌荒れ及び化学成分の影響

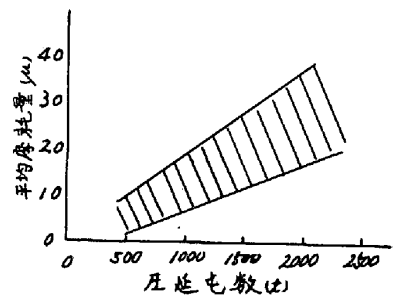


図4 摩耗量と圧延電数との関係

3. 耐クラック性(耐事故性)

冷延作業中板の絞り込み, 焼着を事故が発生するとロール胴表面はこの圧延事故のさいの発生熱により急激な温度上昇を来すものである。この局部的発生熱は甚しいときは変態点(約800°C)以上の高温で急昇熱され再焼入されることもあるが多くの場合は焼戻されて硬度低下を来するとともにクラック更に発熱が甚しいときはスポーリングを伴ふ場合がある。クラックの研削除去を不完全のまま、ロールを再使用するればこのクラックより疲労破壊が發達しこの疲労破壊部に残留応力が集中し大きなスポーリングを生ずることは既に周知のことである。クラックの発生は焼戻を受けなかったために生ずる体積変化(収縮)による引張応力の発生, 焼入応力, 熱衝撃の三因子によるものと考へられる。

クラックは後述の図10.に示した通りロールの有効使用量に非常に大きく関係しているものであるから耐クラック性については多大な関心が拂はれている。

3-1. 化学成分

C, C₂はロールの主要な骨幹構成成分であるから先ずC, C₂両元素の耐クラック性に及ぼす影響について述べる。図5はγ相中に固溶したC量の影響を図示したものである。縦軸はロール表面が急速に加熱されたさいの硬度硬度を示したものである。即ち硬度が低い程急速加熱温度が高かつたことを示すものであり図中の曲線以下の硬度範囲でクラックが発生することを示すものである。図示の通り約C0.8%固溶までは固溶量の増加に従いクラックは発生し易くなるものである。0.8%以上の固溶量では残留オーステナイトの影響により又ってクラックの発生が抑制されている。次に図6はC, Cr両元素の固溶量

と耐クラック性との関係を図示したものであるが C_2 固溶量の増加に伴い耐クラック性は減退する傾向が認められる。 C, C_2 両元素はロール鋼の基本成分であり C 固溶量はロールの焼入硬度を支配し、 C_2 固溶量は焼入硬化層の深さを支配するものであるから両元素を焼入加熱のとき必要最低限量を固溶とせなければならぬ。然しなが焼入硬化層を増大させる目的で C_2 の固溶を図れば炭化物を形成している C の固溶量も自然に増加することになるので両者の固溶量を夫々最低限に制御することは困難なことであると云える。

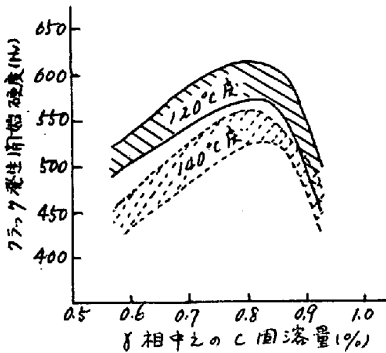


図5. δ相中之C固溶量の耐クラック性に及ぼす影響

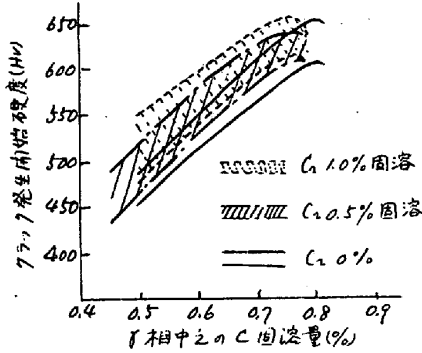


図6. δ相中之 C_2 固溶量が耐クラック性に及ぼす影響

は焼入硬化層の深さを支配するものであるから両元素を焼入加熱のとき必要最低限量を固溶とせなければならぬ。然しなが焼入硬化層を増大させる目的で C_2 の固溶を図れば炭化物を形成している C の固溶量も自然に増加することになるので両者の固溶量を夫々最低限に制御することは困難なことであると云える。

次に図7に Co の影響を示した。図示の通り Co の添加はロールの耐クラック性には著しい効果が認められ

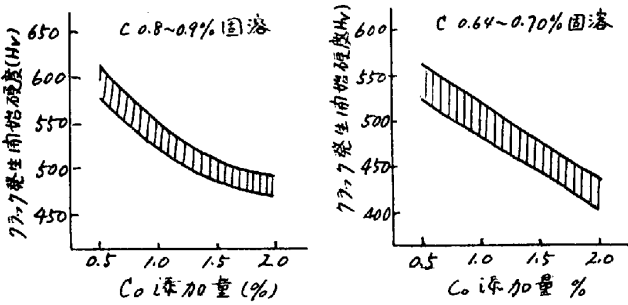


図7. 耐クラック性に及ぼす Co の影響

Si も耐クラック性改良には効果と有するものである。

次に当社で開発した $C-Si-Cr-Mo-V-Co$ 鋼ロールの実用試験結果に就て述べることにする。ロールの耐クラック性については圧延時の焼着条件が異なればクラック発生程度も異なることなるから同一焼着状態でクラック発生状態を比較せねばならない。このために当社では焼着状態の程度を C (軽度の焼着トクついた部分あるも色なし), D (焼着部

らうすい褐色部あり), E (焼着部に黒味とあびた褐色あり), F (焼着部に青味紫色褐色あり), 超 F (F 以上の焼着) の等級に分類し各等級に応じてクラック発生の難易, クラックの深さの測定を行ふことにより

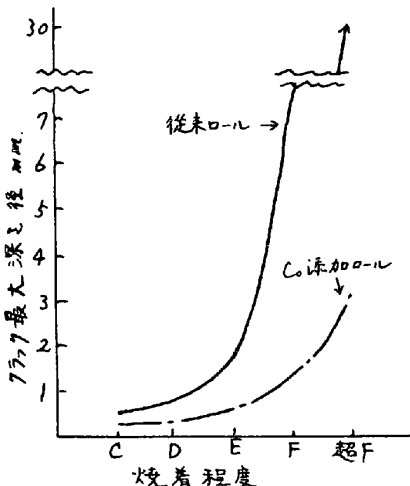


図8. Co 添加ロールと従来ロールの耐クラック性比較曲線

耐クラック性な比較を行ふことが最も实际的、合理的方法と考えている。図8は同時期に同一圧延条件で F 号スタンドに使用された従来成分ロールと新しく開発した $C-Si-Cr-Mo-V-1.5\%Co$ 鋼ロールの焼着発生部の最大クラック深さの測定結果の一例を示したものであるがこの図からも Si, Co の添加は耐クラック性の改良には著しい効果があることが分る。

尚耐クラック性に関しては鋼の清浄度, ミクロ組織の均一性, 残留応力が関係しているものと考えている。即ち非金属介在物の少ないロール素材を焼入し微細な残留炭化物が均一に分布したミクロ組織を有する残留応力の小さいロールを製造せねばならないと考えている。

又硬度は耐クラック性に大きな影響を有するものであるから硬度の影響については次に述べることにする。

3-2. 硬度, 硬化層

冷延用圧延ロールは表面硬度はできるだけ高いこと, 硬化層もできるだけ深いことが肌荒, 摩耗に対しては望ましいこと、考えられるが焼着事故のときは焼着部のロール表面の変形が小さいために発熱量は大

となるためにクラック発生事故の被害は大となる。又熱衝撃を與えた場合図9に示した通り硬度が高い程クラックは発生し易くなる。又先に述べた通り硬度を高くするためにはC₂固溶量を大きくする必要があり、残留応力も大にする必要がある。更に硬化層を大きくするためにはC₂固溶量を大きくする必要があるので硬度の高い程、硬化層の深い程耐クラック性は不利となると云ふ。図10の二種の硬化深度を有するロールの圧送成績の例を示したものであるがこの図で明らか通り硬度の影響は特に耐クラック性に顕著な影響を與えるものと云ふ。

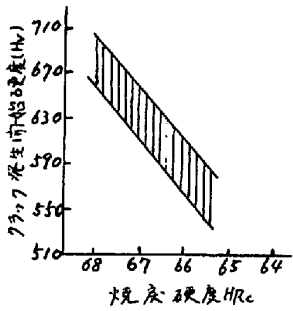


図9. 焼戻硬度の耐クラック性に対する影響

以上の通り硬度、硬化層に関しては耐クラック性と関係がかなり深いものがあるので使用条件に適合した硬度、硬度分布を撰択する必要があり標準的な撰択基準と硬度分布曲線を図11.に示した。スキンプスミルにはP-501型ロール、タンデムミルにはP-521型ロールを、スピードの速い苛酷の使用条件で耐事故性を重視するタンデムミルにはP-551型ロールが使用される。

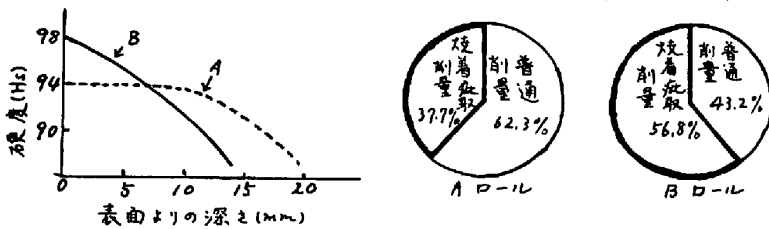


図10 硬化深度分布を異にするロールの圧送成績

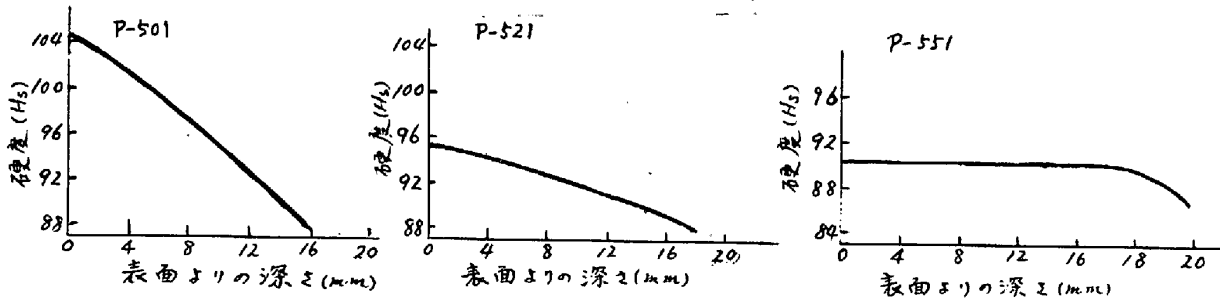


図11. 目的用途別標準硬度深度曲線

4. ガル加工と永続性

近時ロール胴表面をガル加工して使用されることが多くなりガル加工し易くガルの永続性の長いことが要望されている。

ガル加工性については同一ショア硬度であってもガル粗度に差を生ずることがある。この原因としてはHs硬度は比較的残留応力の影響を受けやすいためであり、表1に示した通り残留応力の影響を受け難いHv硬度とは明らかに関係があり同一粗度を得るためにはHvが高い程インペラー回転数を大きくする必要がある。

表1. 硬度とガル粗度の関係

ロール番号	Hs	Hv	粗度 H _{max}	インペラー回転数 R.P.M
A	97	825	24.5μ	2150
B	97	840	26.3μ	2300
C	97	890	23.6μ	2350

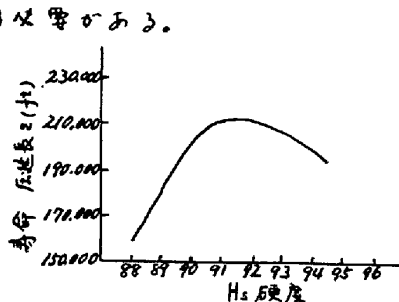


図12 硬度とガル寿命との関係

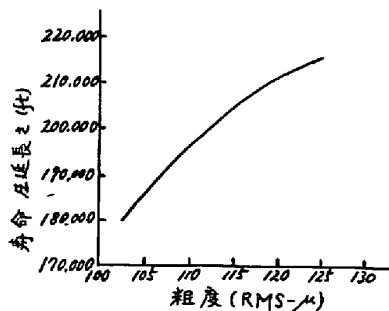


図13. ガル粗度とガル寿命との関係

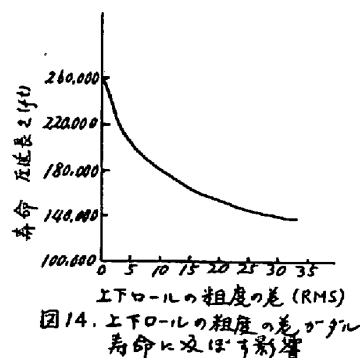


図14. 上下ロールの粗度の差がガル寿命に及ぼす影響

D.V. Barney, G.C. Robb^①によれば図12に図示の通り Hs 91~93の場合ダルの永続性は最も良好である。又図13に示されている通りダル粗度が粗い程ダルの永続性は長い。粗度は製品の要求により制限を受けるうえに高い硬度では充分の粗度は得られない。更に図14に図示されている通りペアロール間の粗度の差は小さい程ダルの寿命は長いと述べている。

従ってダル加工するロールは自由に広い範囲にわたりダル粗度と自由に調節し易く、ダルの永続性の長いロールの開発が必要であると考えられる。

5. 結言

コールドストリップ用ロールの寿命に関係の深い耐肌荒、耐摩耗性、耐クラック性、硬度、硬化層、ダル加工性等について述べたがこれ以外にも尚問題点はあると思はれるがこれら要求される諸性能は相互に相対する性質を附與しなすればならないと云ふことも多く更に経済的、製造技術的の制約もあり充分な性能を有するロールの製造は困難があるがその打開には大きな努力が拂はれてゐる。

然しなから硬化層、耐クラック性についてはかなりの進歩が認められる。耐肌荒、耐摩耗性については研削性との関係もあるが改善の努力は拂はれてゐるので次第に改良されるものと考へてゐる。

次にこれらロールの性能向上に關しては従来から御使用者の御理解ある御指導、御援助に負ふ処大であり感謝に堪えない処であります。今後とも相互の緊密なる連繫によりロールの諸性能向上に關しては努力を続けたいと思ひますので御指導、御援助と重ねて御願する次第であります。

文 献

1. D.V. Barney, G.C. Robb. Iron & Steel Eng. Sep. 1969 (127)