

平成20年度 日本鉄鋼協会俵論文賞 「鑄片表層組織制御による圧延鋼片の表面疵防止」

平成20年3月26日、社団法人日本鉄鋼協会から、当社の技術者・研究者による論文¹⁾「鑄片表層組織制御による圧延鋼片の表面疵防止」に対して「俵論文賞」が授与された。本賞は、大正4年の日本鉄鋼協会の設立に尽力された東京帝国大学名誉教授 俵国一博士の功績を記念して制定されたもので、日本鉄鋼協会の論文誌「鉄と鋼」に掲載された前一年の論文を審査し、学術上、技術上最も有益な論文を寄稿した者に授与される賞である。今回の受賞は、表面疵の発生メカニズムとその防止に関し、ミクロ組織の変化と塑性加工の観点からの定量的な知見を示したことが高く評価されたものである。本論文で示された技術は、既に当社製造プロセスに適用されており、表面疵発生頻度の低位安定化に大きく寄与している。以下に論文の概要について紹介する。



受賞者（左から、北出真一、大場康英、高須一郎、下口晴之）

1. 研究の背景および目的

鋼材の表面疵は、品質上非常に重要な管理項目の一つであり、その低減は、歩留まり向上によるコスト低減や生産性向上等の工業的利益面からも重要な課題である。はだ焼鋼は、自動車に代表されるギアやシャフトなどの重要保安部品向けの用途が多く、鋼材の表面品質に対する要求が強

い鋼である。近年、これらの部品の製造においては、切削代低減による歩留まり向上やCO₂排出量削減などを目的として、熱間鍛造から冷間鍛造への変更や加工率の増大など、鍛造条件が過酷化しており、鋼材品質に対する要求は、益々厳しさを増している。そこで、代表的なはだ焼鋼である0.20%Cのクロム鋼（JIS SCr420）の表面疵防止に取り組むこととした。

2. はだ焼鋼の表面疵発生要因

表面疵の発生を防止するには、その疵が発生する主工程を特定する必要がある。そこで、はだ焼鋼の実鋼片で検出された表面疵に対し、疵の近傍に生成する酸化物の大きさを指標とする当社独自の技術調査^{2,3)}を行い、当社はだ焼鋼の表面疵発生の主工程が分塊圧延であることを特定した。

Fig. 1に、圧延時の疵発生に影響を与えられられる因子について示す。種々の因子の中から、圧延開始直前の鑄片表層部のオーステナイト粒径に着目した。 α/γ 逆変態後のオーステナイト粒微細化^{4,5)}の観点から、加熱炉装入前の鑄片表層組織の種類と圧延時に発生する疵の防止効果との関係解明のため、連続鑄造後の機外強制冷却（三次冷却）適用鑄片と非適用鑄片をそれぞれ分塊圧延する試験を行った。圧延後、得られた総延長100m程度の鋼片に発生していた数百個の表面疵全数に対し、1個ずつそれらの鑄片相当位置を確認した。

3. 実験結果および考察

鋼片疵の発生位置の分布について、鑄片での長辺面および短辺面それぞれに相当する部位で比較すると、鋼片疵の発生は、鑄片での短辺面に相当する部位ではほとんど認められず、長辺面に相当する部位が大部分であった。この傾向は、三次冷却を適用した鑄片を圧延して得られた鋼片（以下、鋼片1と呼称する）および三次冷却を適用しなかった鑄片を圧延して得られた鋼片（以下、鋼片2と呼称する）共に同様に認められた。これは、分塊圧延時に短辺面

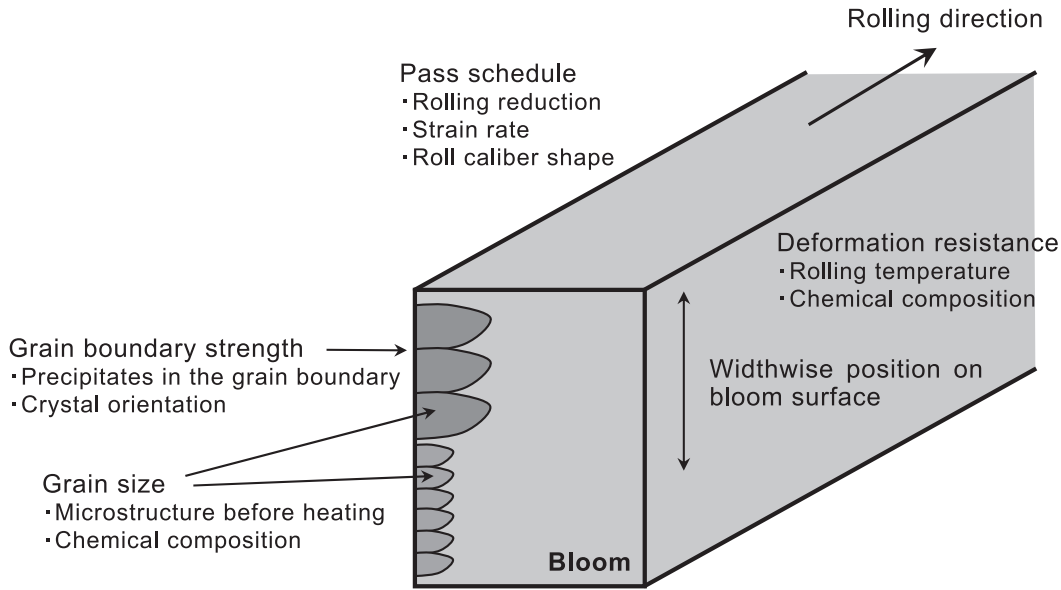


Fig.1. Crack generation factors in rolling.

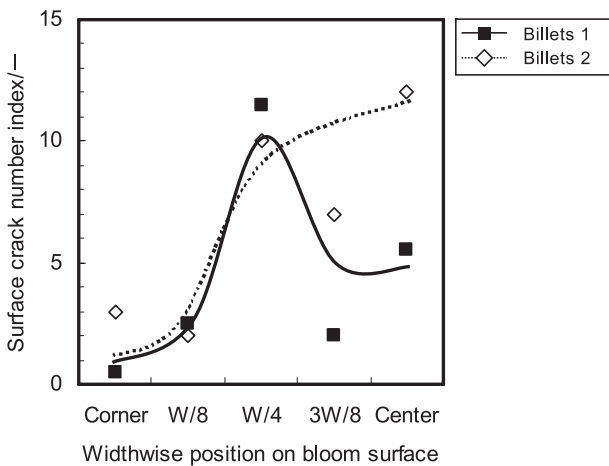


Fig.2. Relationship between the widthwise position on bloom surface and number of surface cracks on billets.

から最初に圧下を開始したことに起因すると考えられ、最初に圧下された短辺面ではオーステナイト粒が再結晶・微細化し、以降、割れが発生しにくくなったと考えられた。長辺面についても短辺面と同様に、圧下によって組織が再結晶・微細化すると考えられることから、長辺面で観察された疵の発生時期は、長辺面を圧下する前の短辺面圧下時と考えられた。

Fig. 2に、鑄片幅方向の相当部位と鋼片疵個数との関係を示す。鋼片1の疵個数は、鑄片の幅方向中央部から3W/8部に相当する部位では、鋼片2の疵個数と比較して60%少なかった。鑄片1におけるこの部位（幅方向中央部から3W/8部）は、三次冷却によって表層組織をベイナイトに制御できていた部位であり、加熱炉装入前の表層組

織がフェライト+パーライトであった鑄片2と比較して、 α/γ 逆変態後、圧延直前のオーステナイト粒が微細化していた部位であった。これより、この部位で認められた鋼片1と鋼片2との疵個数の差が、圧延時に発生する表面疵の防止に対する三次冷却の効果に相当すると考えられた。

鑄片の幅方向W/4部からコーナー部に相当する部位では、鋼片1と鋼片2との疵個数に差が認められず、三次冷却の効果を得られていなかった。これは、W/4部からコーナー部の部位では、三次冷却開始時点での鑄片表面温度が α 変態開始温度である1000K以下となり、冷却後組織がベイナイト相ではなく、フェライトやパーライトとの混合組織となったためと考えられた。加熱炉抽出後、圧延せずに放出した鑄片の表層組織調査から、加熱前の組織がこのようなフェライト+パーライト+ベイナイトの混合組織となった部位では、 α/γ 逆変態後のオーステナイト粒が微細化されにくいことを確認した。

圧延時の疵発生に繋がる応力を検討するため、分塊圧延の第1パス、box圧延時の鑄片に働く応力についてCAE解析を行った。Fig. 3に圧延時の鑄片に働く最大主応力の分布の解析結果を示す。鋼片2で疵発生頻度が高かった鑄片の幅方向中央部からW/4の部位は、ロールバイト直下側面で最大主応力が高い部位とほぼ一致した。これより、分塊圧延時におけるはだ焼鋼の表面疵発生機構として、ロールバイト直下で自由表面となる鑄片側面において、オーステナイト粒界にせん断ひずみと共に引張応力が働くことで疵の起点が生じ、圧延の進行と共に進展することが考えられた。

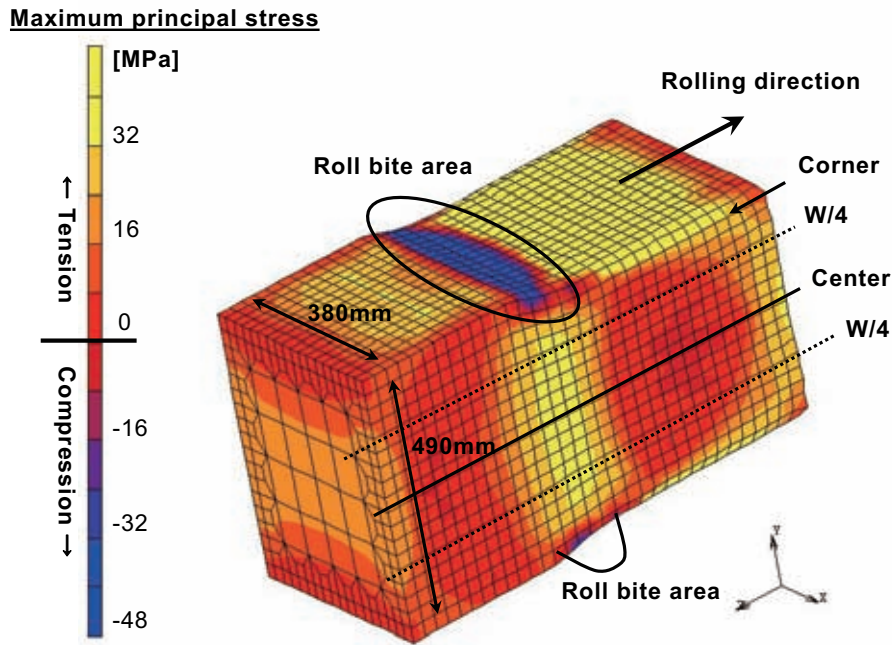


Fig.3. The maximum principal stress distribution on a bloom surface during rolling.

4. まとめ

はだ焼鋼の圧延時における表面疵の発生防止に関し、 α/γ 逆変態後のオーステナイト粒微細化の観点から、加熱炉装入前の鑄片の表層組織に着目した実機圧延テストを行った。三次冷却によって表層組織を積極的にベイナイトに制御することにより、加熱炉装入前の組織がフェライト+パーライトの場合と比較して、 α/γ 逆変態後のオーステナイト粒が微細化し、分塊圧延時の表面疵が60%低減することを明らかにした。また、分塊圧延時の鑄片に働く応力分布のCAE解析より、圧延初期パスのロールバイト直下で自由表面となる鑄片側面中央部で疵が発生しやすいことを示した。

文献

受賞論文

- 1) 大場康英, 北出真一, 下口晴之, 高須一郎: 鉄と鋼, 93(2007), 271.

参考文献

- 2) 大場康英, 河本達也, 北出真一: 山陽特殊製鋼技報, 10(2003), 19.
- 3) 大場康英, 高須一郎, 北出真一, 下口晴之: 材料とプロセス, 17(2004), 161.
- 4) 若生昌光, 柳英樹, 三隅秀幸: 19委-12163, 凝固プロセス-IV-19(2005).
- 5) 玉谷哲郎, 井口誠, 佐藤紀男, 坪田一一: 熱処理, 37(1997), 356.