

## 誌上討論

## 連続焼鈍材の材質に与える焼延高温巻取の効果

久保寺治朗・中岡 一秀・荒木 健治・渡辺 馨・岩瀬 耕二

鉄 と 鋼, 62 (1976) 7, pp. 846~865

## 【質問】 安藤 卓雄\*

本論文により冷延板の連続焼鈍におけるホットコイル高温巻取の効果が明瞭に説明せられた事を深謝いたしますが、なお次の諸点につきご説明下さい。

質問 1 4.3.1 の供試材 3 種において、炭化物形態の「粗大」, 「中間」, 「微細」とは例えば Fig. 4 のそれぞれのあたりを指すのでしょうか？

質問 2 4.1 の末尾に「固溶 C の少ない状態で回復再結晶が進行すると  $r$  値が高くなる」という考えが打ち出されており、これは数多くの研究者の支持を得ております。しかし一方において「固溶 C が冷延時に少ないと冷延組織に微細構造変化が起こり、それが好ましい方位粒の核生成を助ける」あるいはさらに「冷延前に微細に整合析出していたセメントイトならびに回復過程におけるその固溶と再析出が好ましい結果を与える」などの考え方も多数の賛同者があります<sup>1)</sup>。本論文の推論をさらに明確に立証するために「冷延後の急速加熱による再結晶開始時において、高温巻取材と低温巻取材はそれぞれ何 ppm の固溶 C を含むのか」につき確認していただきたく、その手法あるいは考え方を教示して下さい。

質問 3 高温巻取材の冷延組織の回復、再結晶に際して、粗大な炭化物に近接する部位では固溶 C の多い状態が実現され、炭化物から充分遠ざかった部位は固溶 C の少ない状態にあると思われませんが、この両部位の急速加熱時の状況をミクロ的に観察比較して、その回復、再結晶集合組織に大きな差が見出せるのでしょうか？ 教示を願います。

質問 4 高温巻取材と低温巻取材につき、冷延前に固溶 C を測定してあつたらその値を示して下さい。参考として RICHARDS ら<sup>2)</sup>が冷延後溶融連続亜鉛めつき同等サイクルで熱処理 (705°C まで 70 sec → 450°C まで 50 sec → 空冷) したとき、固溶 C は 750°C 巻取材 24.5 ppm, 580°C 巻取材 8.5 ppm となつており、もとのホットコイルの固溶 C はこれよりずっと低いものと思われま。また野村ら<sup>3)</sup>は Fe-C 合金の冷延、再結晶集合組織について、急速加熱により詳細な研究を行なつていますが、その試料の 200 F は (炭化物の形態、分布は別として) 熱履歴より見て高温巻取ホットコイルと同程度の

固溶 C を保有すると考えられます。試料 200 F の固溶 C は数 ppm であると述べられており、これらの参考値よりして、高温巻取材の固溶 C 保有量も数 ppm と思いがいかがでしょうか？

質問 5 一方 4.2.1 における 4 種のサンプルは高温巻取材を 400, 500, 600, 700°C の各温度に 40 min → 水焼入で、固溶 C はそれぞれ 10~20, 20~40, 60~80, 100~150 ppm であり、ROBINSON ら<sup>4)</sup>の固溶 C 平衡値 600°C : 55 ppm, 700°C : 115~120 ppm と同レベルです。ところで Fig. 5 では 500°C プレ加熱材でも冷延後急速加熱の方が徐熱よりすぐれており、「常温で 20~40 ppm の固溶 C を有するホットコイルでも冷延後急速加熱で  $r$  値が良好」といいます。再結晶開始時の実際の固溶 C は ROBINSON ら<sup>4)</sup>が 600°C, 115 sec で到達するとした 55 ppm を上廻らないと考えてよいと思いが高温巻取材と低温巻取材それぞれの程度でしょうか？ (これは再び Q 2 で提起した問へ戻つた次第です)。

質問 6 前項で述べたように、高温巻取材ではかなり多くの固溶 C を含んでいても、急速加熱で良好な  $r$  値が得られるとしたら、それは本論文の“固溶 C”の影響のみでなく、高温巻取材の他の美点 (MnS の分布 etc) がこれをバックアップして、かなり多量の固溶 C を保有するホットコイルでも、よい結果を生むと考えたいのですがいかがでしょうか。Fig. 5, 6, 7 はこの見地からも整合した解釈ができるかと思いが？

## 文 献

- 1) 鉄鋼基礎共研・再結晶部会：鉄鋼薄板の再結晶及び集合組織(昭49)，第3章(大橋延夫)。
- 2) P. N. RICHARDS and K. V. BARRAT: Trans. ASM, 58(1965), p. 601
- 3) 野村, 柚鳥, 福家: 鉄と鋼, 61 (1975), p. 3092
- 4) P. M. ROBINSON, K. V. BARRAT and P. N. RICHARDS: J. of Australian Inst. Metals, 7 (1962), p. 34

## 【回答】

貴重な御討論をいただき感謝いたします。細部にわたるつめが不足しているため、満足なお答ができず残念ですが以下に質問 1~質問 2 に対して考え方を述べさせていただきます。

回答 1 Fig. 4 の横軸との対応では、粗大; 4~5, 中間; 1.8, 微細; 1.0 となります。Fig. 4 では普通巻取

\* 東洋鋼板(株)

材を熱処理し炭化物間隔を変えたものを対象にしておりますが、熱処理条件の関係で「粗大」に対応するものは含まれておりません。

回答 2 御指摘のとおり、推論を明確にするためには再結晶開始時の固溶C量を定量的に把握することが重要であることはよく認識いたしてあり、研究の過程では内耗の測定等について考えてみたこともあります。しかしこの段階では共存転位との相互作用等の問題から固溶C量の定量的な評価が困難と考えられましたので、あえて4.2、4.3の実験を通し間接的に推論の妥当性を吟味した次第です。固溶C量は確定されていないものの、Fig. 5、Fig. 6はいずれも固溶Cの少ない状況下では回復・再結晶が進行したと推定される場合の方が $r$ 値が高くなることを示しており、一方、Fig. 7およびPhoto. 3は高温巻取材と低温巻取材に対する急速加熱の影響の差がはつきり表われ始めるのは再結晶核が認められるようになる段階からであることを示しております。これらのデータから見て、再結晶核が認められるようになる段階で高温巻取材と低温巻取材の固溶C量に差が生じており、前者の固溶C量の方が後者のそれより少なかったと考えるのは不合理ではないと考えられます。

回答 3 御指摘のような状況下で回復・再結晶が進行することが推定されますが、詳細な観察データを持っておりませんので推論のみでお許しいただきたく存じます。4. で述べました筆者の考え方からの自然な帰結として、「粗大炭化物に近接する部位は固溶C量の多いことが影響し、絞り性に不利な方位の再結晶核の発生頻度が高く、一方粗大炭化物から充分遠ざかった部位は固溶Cが少ないことが影響し、絞り性に有利な方位の再結晶核の発生頻度が高い」と思われます。材料全体の再結晶集合組織は上記2つの部位からの再結晶粒発生の競合によつて決定されると思われまふ。高温巻取材の場合には、炭化物の平均間隔が再結晶粒径の数倍以上であること、急速加熱の際には核発生の選択性が弱められることなどを考慮しますと、結果的には炭化物から遠ざかった部位の再結晶核が数の上で優位を占め、再結晶集合組織に支配的な影響を及ぼすものと推察されます。加熱速度が比較的緩やかな場合には炭化物近傍の蓄積エネルギーの高い部位が優先核生成場所となり、この部位に形成された再結晶粒の方位分布の寄与率が高まる傾向があると思われまふ。

回答 4 かなり以前になりますが、炭化物の凝集度合、冷却速度と室温での固溶C量の間係を調査した経験をもつております。その際、調査の一環として高温巻取された熱延板と低温巻取された熱延板の比較も行ないまし

た。一般的な結論は炭化物が凝集しているほど、また冷却速度が速いほど室温での固溶C量が多くなる傾向があるということで、熱延板についても例外ではなく、高温巻取材の方が低温巻取材より高い値を示してございました。御質問の中で示されましたRICHARDSのデータにもこのような傾向が表われておりますが、熱延コイルの冷却速度は実験用の小さいサンプルを空冷した場合に比較してかなり遅く、したがつて御指摘のように固溶C量も24.5ppm、8.5ppmより小さい値になります。著者らの経験では高温巻取材で4~5ppm、低温巻取材で1ppm以下でした。しかしこの値は鋼の成分、仕上温度、巻取温度、コイル重量などに依存すると思われまふ。

回答 5 Fig. 5に対応する急速加熱の条件下では通常冷延率の材料ではおよそ4~5secで再結晶が完了することを経験しておりますが、ROBINSONらの実験においてもこの程度の時間で再結晶が完了しており、その際の固溶C量は高温巻取材の場合約60ppmになつております。したがつて再結晶開始時点ではこれより少ない値であることが推定され、「55ppmをト廻らないであろう」との御推定はおよそ妥当なものであらうと思われまふ。一方低温巻取材についてのROBINSONらのデータでは再結晶完了時点での固溶C量は約80ppmであり、再結晶開始時点ではこれを下廻る値であつたことが推定されます。一応ROBINSONらのデータを参考に上記のような考察をいたしました。御質問に対する答としてははなはだ不明確なものであり、今後の研究によつて再結晶開始段階の確認およびこれに対応した固溶C量の測定を行なう必要を痛感いたします。

回答 6 御指摘いただきましたとおり、20~40ppmという値は通常のホットストリップの常温での固溶C量よりかなり高いといえます。ところで筆者は、Fig. 7、Photo. 3に示したような検討結果から、高温巻取材の急速加熱時の $r$ 値改善作用は再結晶核生成段階で決定的になると推定しております。固溶C量が重要になるのはこの段階と思われまふ。Fig. 5のデータは、本質的に炭化物の溶解が遅れる傾向のある高温巻取材では、初期値としての常温での固溶C量が20~40ppm以下であれば再結晶核生成の段階で固溶C量が平衡溶解度より十分低い状況が実現され、これが絞り性に好ましい方位をもつた再結晶粒の生成に寄与することを暗示しているものと想像されます。固溶Cの影響のみでなくMnSの分布などの他の美点がバックアップしている可能性については、これを否定する立場にないことは4.4の終りに述べたとおりであります。御質問の500°Cプレ加熱材の挙動については上のように考えております。