

討16

バッチ型タイトコイル焼鈍炉の冷却について

新日本製鐵株式会社 名古屋製鐵所
佐藤隆夫 羽田隆司 鶴 博彦

1. 緒言

バッチ型タイトコイル焼鈍炉の冷却には非常に長い時間ばかり、焼鈍工程の時間の短縮には、欠かさない問題である。この冷却時間の短縮によつて、炉対ベース比で代表される設備費や、電力量等のランニングコストも減少する。冷却時間短縮は、まづインナカバー表面からの自然冷却、ベース下には外気を送りウインドボックスより吹付ける冷却のやり取り、フーリングカバー、インナカバーへの散水、強制冷却法へと進んできた。いろいろなモディファイにより冷却時間の短縮は自然冷却に比較し、約50%に到達した。しかしいづれの方法を採用しても、冷却終了時点の決定の適切でない、コイル炉内滞在時間が長くなり、当初目標の炉対ベース比に納まらず、ベース待ち時間の発生したり、仕掛り管理上問題を起こすことになる。一方早目に切り上げると、テンパーカラーが発生するコイルが出る。

我々はこの冷却終了温度の決定法と、コイル間の温度のバラツキを減少させる方法について取組んだので、その結果を報告する。

2. バッチ型タイトコイル焼鈍炉の冷却時間短縮の考え方

冷却能力向上の方法には ① コイルの内部雰囲気ガス→インナカバーへの熱伝達を大きくする。(=重インナカバー採用、コルゲートタイプインナカバー採用、コンベクタープレート型式、循環ファン容量、プレナムチャンバー等金物の型式、チャージ内雰囲気ガスフローの適正化等) ② インナカバーの内部雰囲気中の熱伝達速度向上させる(インナカバー表面への散水、フーリングカバー冷却能力向上ウインドボックスからの冷風吹付け等)、③ 雰囲気ガスの直接冷却(内部冷却法、外部冷却法等) ④ チャージ率の向上等がある。(焼鈍ベース略図 図1参照)、既設炉ベースに、さしにる投資なしに冷却能力を向上させるには、上記の中では、チャージ内雰囲気ガスフローの適正化と、チャージ率の向上がある。チャージ率と冷却時間の関係について図2に示す。

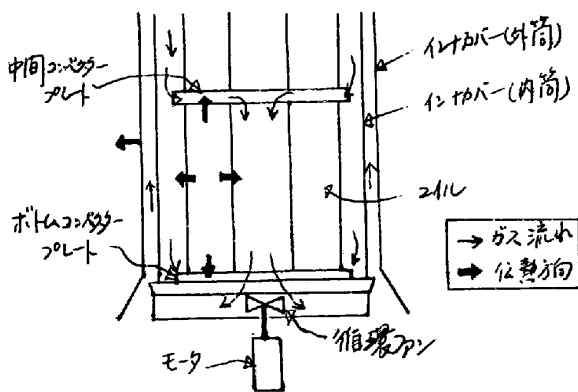


図1. 焼鈍ベース略図

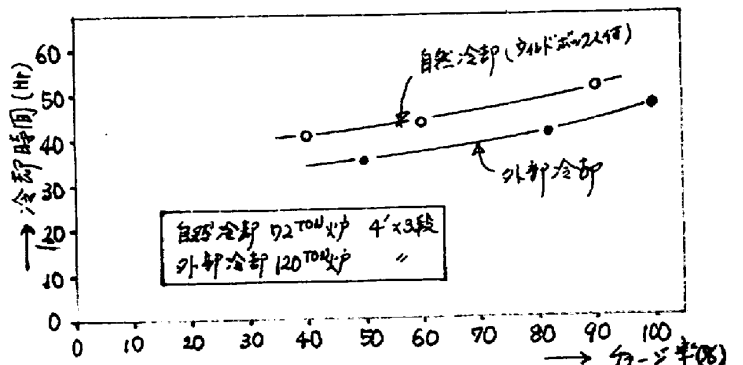


図2. チャージ率と冷却時間の関係

自然冷却、強制冷却に拘らず、チャージ率を上げることによつて、冷却効率も著しく改善される。しかし、チャージ率を上げるためには、工程管理上の問題のほか、焼鈍サイクル、コイル性状等のチャージ内の積合せ基準等の冷却短縮だけでは、済まされない 問題の解決を計る必要がある。

3. チャージ内雰囲気ガスフローについて

一般に、バッチ型タイルコイル焼成炉において、チャージ内のコイル間の温度分布は、冷却開始時点のみ、各々大きく差が付き、早く冷却されるコイルと、冷却が遅いコイルが生まれる。図3に冷却曲線を示す。特に低温域における冷却は、僅かな温度でも長時間を要し、冷却能力を著しく妨げるので、出来るだけ、コイル間の温度差を小さくして、冷却することを考えた。図中のボトムコイル(3)が早く冷却され、トップコイル(1)とミドルコイル(2)が、冷却が遅れることが、判ったので、先づ、①コンベクタープレートの厚味をコイル間毎に変化させた。②トップオリフィスの径を変化させた。図4にトップオリフィスと温度差の関係を示す。

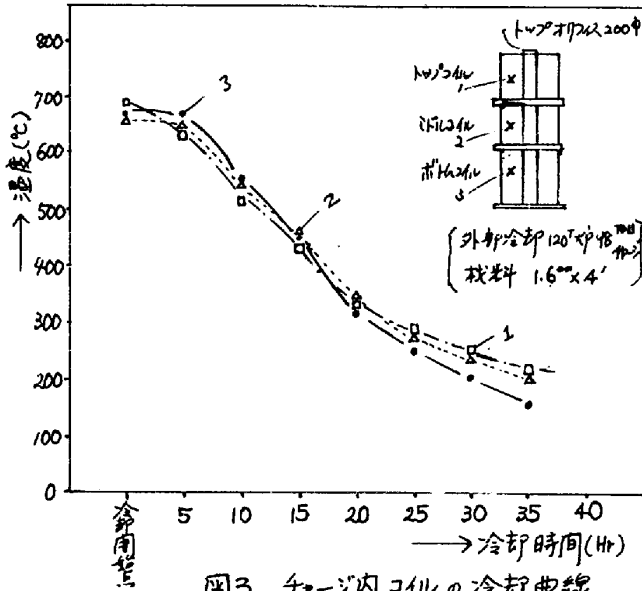


図3. チャージ内コイルの冷却曲線

(2)が、冷却が遅れることが、判ったので、先づ、①コンベクタープレートの厚味をコイル間毎に変化させた。②トップオリフィスの径を変化させた。図4にトップオリフィスと温度差の関係を示す。

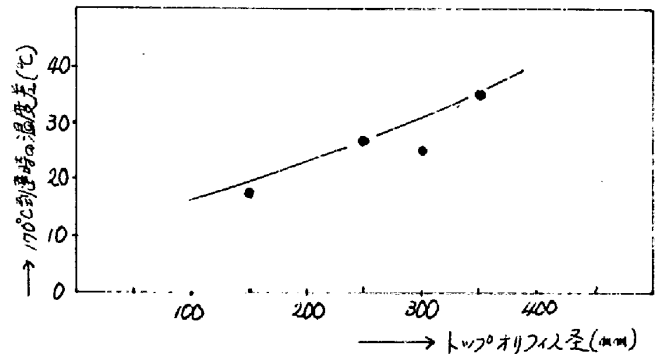


図4. トップオリフィス径とコイル間温度差の関係

コンベクタープレートの厚みの変化のテストはシングルスペース(間隙25mm)、ダブルスペース(間隙60mm)とトリプルスペース(90mm)の三通りを用いて実施した。予めトップコイルとミドルコイルの冷却が遅れることから、ボトムコンベクターとシングルスペース、ボトムミドルコイル間のコンベクタープレートとシングルスペース、ダブルスペースの二通りとした。(但し、トップオリフィスは200φに統一した)、結果を図5に示す。

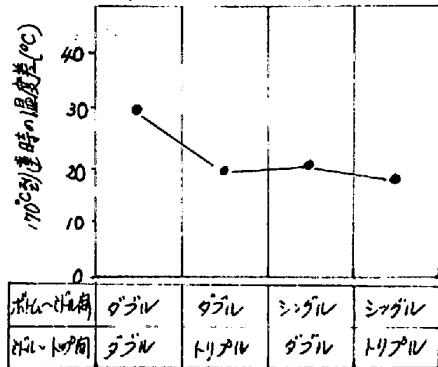


図5. コンベクタープレート間隙とコイル間温度差の関係

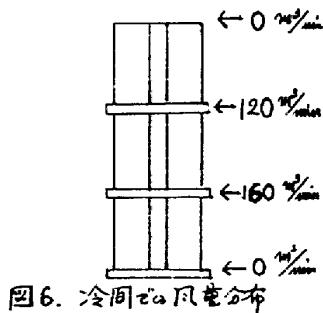


図6. 冷却部の風量分布

トップオリフィス、コンベクタープレート各々のテスト結果から、トップオリフィスとコンベクタープレートの組合せで、最適な条件があることが判る。我々はこれらのテストを続け、ついに、温度差を測定する代わりに、冷却部の、コイル間風量測定に目をつけ、この方法を実行した。その結果、上記4フィート積の段積の場合、冷却部の風量分布が図6のような状態で170°C到達時の温度差が5°C以下になることを見出した。

コイル性状により条件は異なってくるが、3段積の場合コイル中1100~1300mm程度の範囲内では、大きさは変動はない。一方コイル中が5フィートを超える場合には、通常2段積を実施しているが、この場合には、中間のコンベクタープレート厚味を200mm程度に上げてもよることによって、170°C到達時の温度差を10°C以下に抑えることが出来る。その他、4段積、5段積についても同様の条件を捜すことによりコイル間の冷却温度のバラツキは減少した。従来法と本法の冷却率の比較を

図7に示す。

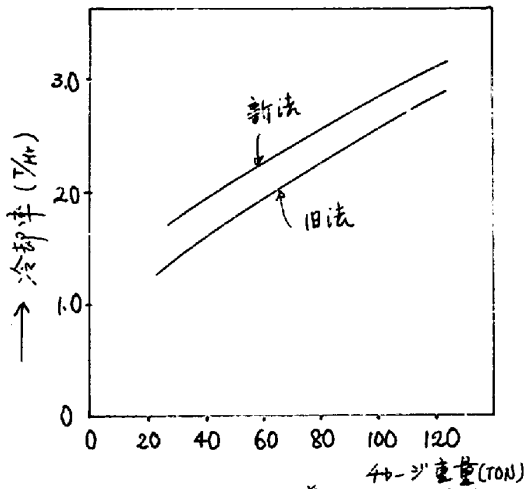


図7. 雰囲気ガスろ-改善後の冷却率実績

バッチ型タイトコイル焼炉仕様 (#2ANN)
 コイル最大径: 2500mm ϕ MAX
 チャージ高さ: 4079mm MAX
 チャージ重量: 120TON MAX
 ベースファン容量: 400 $\frac{m^3}{min} \times 230 \text{mm} \text{H}_2\text{O}$
 ベースファンモータ容量: 4.0KW

図7から判るよりに 約十数%の冷却率向上につなげた。

4. 冷却終了温度の決定

図3から判るよりに低温域での冷却曲線は、指数関数として表わすことが出来る。しかし、コイル内部の温度は、温度計をコイルに挿入して測定することは、困難であるので、一般には、ボトムコイルの下端面の熱電対や雰囲気ガス温度を測定するための熱電対で、コイル内の温度を推測して冷却完了時点と、それらの代表温度をもって決定している場合が多い。我々が観測したところでは、ボトムコイルの下端面に挿入して置かれた熱電対は、焼鈍されるコイルの外壁の仕様に対して、極端に小さい場合を除いては、代表温度として使えることを見出した。一方雰囲気ガス用の熱電対は、冷却温度の代表温度にはなりえない。低温領域ではベース温度も指数関数の法則に当てはまることわかったので、コイル内部温度とベース温度の挙動とコイル性状を結びつけることが出来ないので検討した。ベース温度はコイル性状、チャージ重量等の固定因子や、作業に起因するコイル積層、コイルエッジの状態、インサカバー装着状況等の動的因子によって、挙動を変えることが判った。動的因子を低温領域内のある温度の何れの温度までの所帯時間との関連がけると、比較的小さいバラツキで冷却終了温度の決定が出来る。図8にベース温度とコイル内部温度の低温域での挙動を示す。片対数グラフでほとんど直線になる。

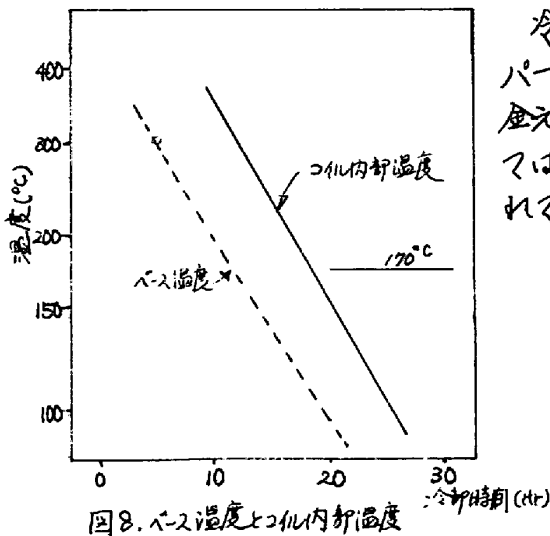


図8. ベース温度とコイル内部温度

冷却終了温度はコイル内部温度の170°C以下になれば、テンパーカラー発生しないことが、経験的に知られている。特殊な合金元素を含み170°Cでテンパーカラーの発生する材料については、特別に低い温度まで下げる作業を行うことにより、対処されている。図8を記号化し、図9に示す。

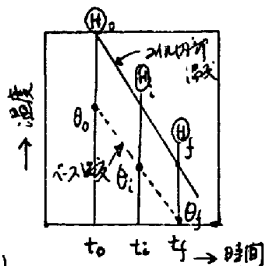


図9. ベース温度と内部温度の記号化

【記号の説明】
 (H): コイル内部温度(最終点)
 θ : ベース温度
 t: 時間
 サンプル { 0: 観測開始点
 i: " 中道点
 f: 終点

④ θ_f は、170°Cというコイル内部温度の限界点であり、 θ_f は冷却終了ベース温度を表わす、
 ここから t_0 の逆送に要する時間を T_f とすれば $T_f = \frac{1}{\alpha} (\log(H_f) - b) \dots\dots\dots ①$
 但し、 a, b は定数で、コイルの性状、チャージ重量によって決まる。

さらに、 t_0 の逆送に要する時間を T_i とすれば、求めるべき冷却終了温度 θ_f は次の式で表わされる。
 $\theta_f = \theta_i - (T_f - T_i) \cdot \alpha \dots\dots\dots ②$ 但し α はコイル性状、チャージ重量によって決まる定数
 従って、 t_0 の点を炉ベースの特性に合わせて決め、ベース温度 θ_i の冷却所要時間を計測することにより、冷却終了温度が決定出来る。なお、 a, b, α については固定因子であるが、炉ベースタイプ処理材料の範囲によって変わってくる。我々の検討結果では、 a はコイル断面積、 b はチャージ重量とコイル中、 α はチャージ重量とコイル中で整理されることわかった。なおこれらの冷却終了温度決定には、コイル間の温度差を最小に抑える必要がある。いろいろな中の異なる材料の積合せ時には中の広い材料の積位置を考慮することは勿論であるが、この場合でも冷却終了温度の決定が出来れば、冷却能力向上に寄与すると考えられる。

5. 結言

バッチ型タイトコイル焼融炉の冷却能力を上げるための手段として 雰囲気ガスフローの適正化と冷却終了温度の決定例について述べた。コイルの冷却に関する研究は設備に関しては、いろいろ報告されているが、操業面での報告は少ない。省エネルギーの点からも 操業改善についての検討が必要であり、いろいろ未解決の問題も多いようである。今後も能力向上に努力して行きたい。