

a: Top side  
b: Bottom side

Photo. 1. Sulphur print of the test ingot.

間の偏析成分の分布状態を綿密に調査する方法も考えられる。ただここでは上述の考え方の間接的な裏付けの一つとして、C 約 1.3~1.5% 以上の Semi-steel における特異現象を挙げて見ることにする。これらの鋼種では大型鋼塊でも A 偏析がほとんど認められない。また存在していても小数でしかも短かく、かつ鋼の場合の常識に反し、鋼塊外層よりも内層に向い負偏析現象を呈することである。Photo. 1 に C 1.6%, Cr 約 1% の成分を有する径 965mm, 高さ 1500mm の実験鋼塊の上部および下部の縦断面のサルファープリントの一部を、また Fig. 3 に下部の分析値を示す(図省略)。この特異現象に対しては Fig. 1 の Fe-C 系でも明らかなように、C%が高くなると、低 C 鋼に較べ固-液相間の開きが増大するので、富化層と母液の C 偏析差はさらに増大する結果となる。したがって両相の比重差および界面張力はますます大きくなり、浮上層は長い streak となることを得ず、場合によつては強い界面張力のために粒状化し、また比重差が大なるために急速に頂部に上昇し母液中に固定されることが少ないためと考えれば容易に説明できる。かくして壁面の富化層は、次々に固相端から離れ、凝固殻前面は偏析度の少ない母液に接するのために負偏析現象を生じるであろう。この現象はリムド鋼のリム部の形成機構と似通つた点がある。また Fig. 3 のサルファープリントでは A 層が認められないが上部の V 偏析帯の状帯を観察すると、断続し、しかも一部は明らかに粒状化した状態が認められる。これらの詳細については次報、V 偏析の生成機構の項に譲ることとする。

4. 結 言

A 偏析が streak 化する現象について以上考察を進めたが、これらはまだ推論の域をでない点もあるので、さらに基礎的な実験を行ない、これらの事実を実証してゆきたい。

文 献

1) 河合: 鉄と鋼, 41 (1955), p. 854, 1090, 1172, 1233; 42 (1956), p. 14, 19, 85, 89, 383  
2) 守川, 小野寺: 鉄と鋼, 44 (1958), p. 9, 872,

1259; 45 (1959), p. 16.  
3) SEITH: Diffusion in Metallen, (1939), s. 144  
4) ELLIOTT: Thermochemistry for Steelmaking, vol. I  
5) MORRIS: J. Metals, Trans., (1950) p. 317  
6) von Hans LUDING: Giesserei, (1963) Heft 20, s. 589  
7) J. C. C. LEACH: Steel Times, (1964), p. 754

(72) キャップド鋼ホットコイルの線状疵について

富士製鉄, 室蘭製鉄所 森 永 孝 三  
工博○佐藤 進・広谷 宏・広本 健

On the Seamy Defect of Capped Steel Hot Coil.

Kōzō MORINAGA, Dr. Susumu SATŌ,  
Hirosi HIROTANI and Takesi HIROMOTO.

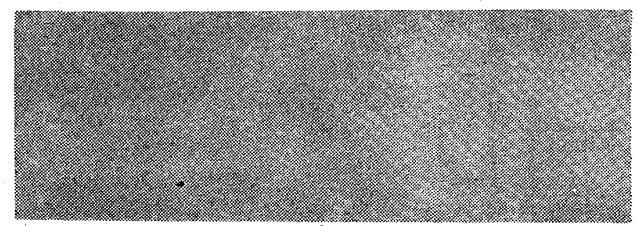
1. 結 言

酸洗したキャップド鋼ホットコイルには、現場的に線状疵、線状スケールと呼ばれる線状の疵が多発することがある。この疵は冷延、錫メッキ後も消えず成品ブリキの格落ちの原因となるので、その発生原因、対策について調査した。なお、酸洗後のキャップド鋼に多発する表面疵は、前記の他に面状スケールと呼ばれる散砂状のスケール疵があるが、これは主として熱延時のロール肌荒れに起因すると考えられるので、ここでは触れず、後述するような製鋼、造塊に起因すると考えられる前記二者の疵の調査結果についてのみ述べる。

2. 線状疵, 線状スケール

2.1 疵の外観

酸洗後のホットコイルに現われる線状疵と呼ばれる疵は、Photo. 1 (a) に示すような外観をもち、長さはほぼ 50~200cm 程度、巾 3mm 以下で全長の約 2/3 以



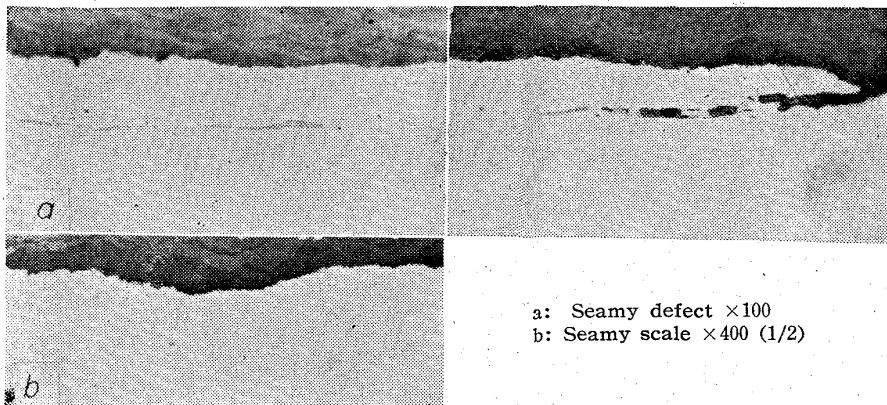
a



b

a: Seamy defect  
b: Seamy scale

Photo. 1. Seamy defects of capped steel hot coil. (XI)



a: Seamy defect  $\times 100$   
b: Seamy scale  $\times 400$  (1/2)

Photo. 2. microscopic obserbation of seamy defects.

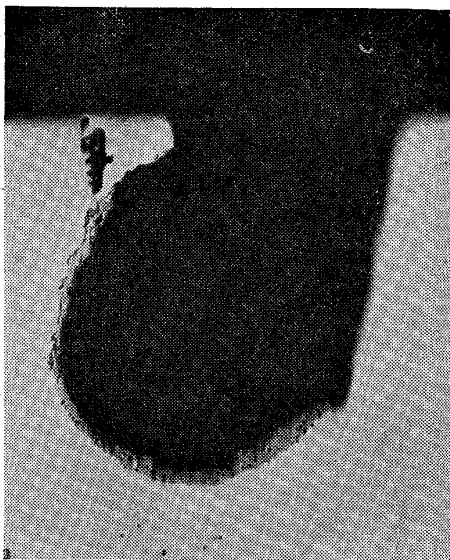


Photo. 3. Example of skin hole of side sample. (2 mm under ingot surface)  $\times 400$  (2/3)

上が一定の巾の疵である。この疵の発生位置は、鋼塊底部相当側に多いが、ひどい場合にはコイル全長にわたって現われる。黒皮付のホットコイルですでに黒色線状に見えるが、酸洗後で疵は特に顕著である。一方、線状スケールと呼ばれる疵は、Photo. 1 (b) に示すような外観をもち、コイル内の発生位置は大体線状疵と同様であるが、一般に線状疵よりも巾が太く、深さが浅い傾向がある。未酸洗のホットコイルで、黒線として現われるものもあるが、一般には酸洗後始めて明らかに判別できることが多い。

## 2.2 疵部の検鏡結果

酸洗酸のホットコイルの線状疵、線状スケールのC方向の検鏡結果の1例をそれぞれ Photo. 2 (a), (b) に示すが、この例では線状疵の巾は、 $0.2 \sim 0.3 \text{ mm}$ 、深さが  $0.05 \text{ mm}$  程度であるが、リム層内  $0.25 \text{ mm}$  の深さに横に長くスケールを噛み込んでいる。一方、線状スケールは、単にコイル表面が凹んでいるだけの状態である。他のサンプルについて、表面粗度計で疵の部分を調べると、線状疵は、巾  $0.6 \text{ mm}$ 、深さ  $0.5 \text{ mm}$  程度、線状スケールは巾  $1.3 \text{ mm}$ 、深さ  $0.05 \text{ mm}$  程度の値を得

た。線状疵の直下をさらに顕微鏡で調査すると、鋼板表面をバフ研磨するだけで、点線状に比較的大きなスケールが存在するのが認められ、またその近傍には細かいスケールが一面に散在しているのを見うけられる。また、疵試料のなかには、介在物をともなうものもあり、疵直下のリム層内に圧延方向に沿って、約  $0.4 \text{ mm}$  の巾で無数の介在物が存在しているのが認められ、その深さは、 $0.03 \sim 0.05 \text{ mm}$  で極めて表面近くにある場合がある。電子回折によつて、これ

ら介在物の組成を調べると、大部分がアルミナおよびアルミナ・シリケートである。

以上の調査結果から、酸洗後のキャップド鋼ホットコイルの線状疵は、線状スケールに比較して疵が深く、主としてスケールをかみ込んでおり、一方線状スケールは、疵が浅く、一般にはスケールをかみ込んではいない。また、線状疵の場合には、その直下にアルミナ系の介在物をともなっている場合もある。

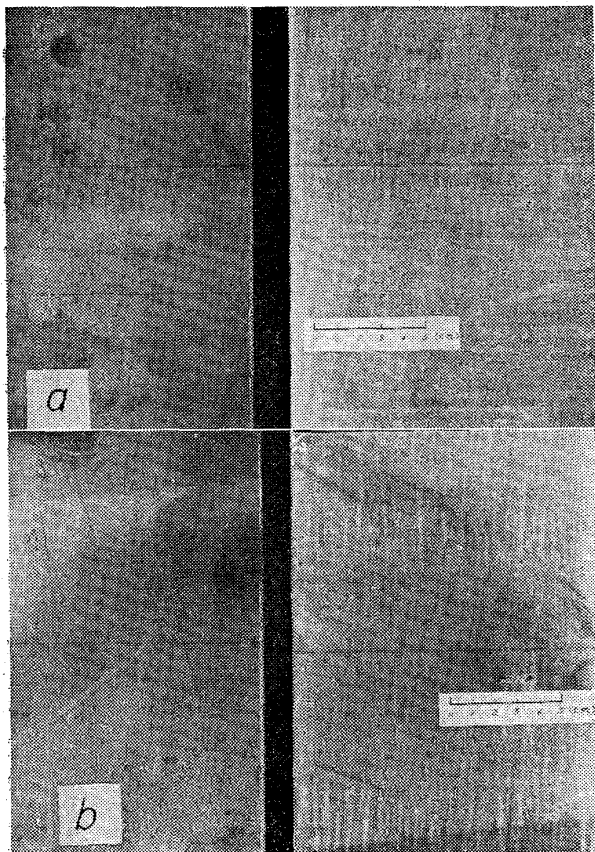
## 3. キャップド鋼塊のリム層の特徴とスキンホールの酸化

2の結果から、疵の対策をたてるためには、まずキャップド鋼塊のリム層の状況を詳細に検討する必要があると思う。キャップド鋼は、鋼板の表面が美陽でコイル内の機械的性質のバラツキの少ない板を作ることを目的としている。このため、bottle top 鑄型にリムド鋼の湯を注入し、蓋をかぶせ湯の膨張によつて早期に蓋打ちさせ、リミングアクションを停止し、偏析が大きくなることを防いでいる。このようにして製造されるので、キャップド鋼塊リム層の特徴は、リム層が薄く、特に鋼塊下半分では管状気泡の発達著しく、ソリッドスキン(鋼塊表面から管状気泡発生位置までをこう呼ぶ)の厚さが薄い。

キャップド鋼塊のコーナーサンプルを調査した所では、ソリッドスキン内にスキンホールの存在することが多く、また、管状気泡の鋼塊表面からの深さも一定ではなく、その先端がかなり表面近くまで突き出しているものもある。また、リム層の清浄度も一般的にリムド鋼より劣り、アルミナ系介在物が多く、気泡痕跡の存在することが多い。

このようなキャップド鋼塊のリム層の状況から、まず上記の疵にもつとも関係の深そうな鋼塊表面近くに存在するスキンホールの酸化状況を、鋼塊短辺部から切り出したサイドサンプルにより調査した。調査の方法は、サイドサンプルの表面から  $1 \sim 2 \text{ mm}$  ごとに、シェーパーにより段削りを行ない、カラーチェックにより気泡分布状況を調査するとともに、各段でのスキンホールの酸化状況を検鏡した。この結果によると、均熱前に冷塊にしたものは、スキンホールは酸化されていないが、均熱後冷塊としたものは表面から  $4 \text{ mm}$  ぐらいの深さまでに存在する気泡は酸化されている。1例を Photo. 3 に示す。均熱炉でのスケールオフを考えると、注入後の鋼塊表面  $6 \sim 7 \text{ mm}$  程度内側までに存在する気泡まで酸化さ

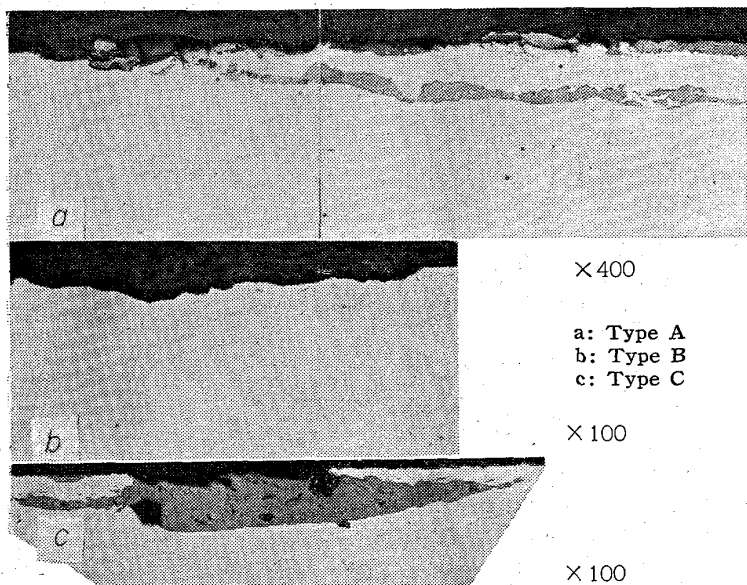
れることになる。本調査に用いた鋼塊は、比較的リミングアクションの強い鋼塊であつたので、管状気泡は酸化されていなかったが、脱酸度が強い場合には、ソリッドスキンが薄くなり、管状気泡の一部が酸化される可能性も考えられる。



as rolled ←→ as Pickled

a: Seamy defect  
b: Seamy scale

Photo. 4. Artificial defects of hot coil.



x400

x100

x100

a: Type A  
b: Type B  
c: Type C

Photo. 5. Microscopic observation of artificial seamy defects.

#### 4. 鋼塊の穿孔によるホットコイルの人工表面疵

2,3 で述べたように、キャップド鋼ホットコイルの表面疵は、スケールと密接な関係があり、また、キャップド鋼塊のリム層は気泡が非常に発達しており、酸化される可能性が大である。

そこで本章では、鋼塊表面気泡の酸化によりホットコイルに見られるような線状疵、線状スケール状の疵が発生するか否か、また、酸化される気泡の形状によりコイルに現われる疵の形態がどのように変わるか検討するため、均熱後の表面の美しいキャップド鋼塊を冷塊とし、鋼塊表面に気泡に類似した穴を人工的にドリルであけ、これを再び均熱炉に入れ、分塊、熱延を通してホットコイルにし、生じた人工疵の外観を实际成品の線状疵、線状スケールに対比するとともに、疵の検鏡を行なつた。この場合、鋼塊長辺両面に作製した人工気泡は、直径3および8mmの2段階、深さ3、8および15mmの3段階で合計6種類である。使用した鋼塊の短辺厚さ495mm、成品ホットコイルの厚さ2.3mmである。なお、鋼塊の均熱条件は、温度1280°C、7hrである。

このようにして作つたホットコイルの人工疵の一例をPhoto. 4に示すが、人工疵は黒線となつて現われ、直径3mm、8mmφのどちらも深さ15mmの人工気泡が一番長い疵となつている。人工気泡の形状とホットコイルの疵との定量的な関係については、ホットコイル上の黒線が各所で途切れたり、色が変わつたりしているために明確につかめない点もあるが、大体において次のような結果を得た。

(1) 人工気泡の深さが3mmの場合、直径3および8mmのいずれも表面疵を生ぜず消滅する可能性が強いが、8mmφの場合には不鮮明なタイプBの疵となるものもある。

(2) 人工気泡の深さが8mmの場合、3mmφのものはタイプAまたはCの疵となり、8mmφの場合はタイプBの疵になるか、または消滅する。

(3) 気泡の深さが15mmになると、3mmφ、8mmφいずれも鮮明な疵となるが、前者はタイプA、後者はタイプCとなる。

ここで、タイプA、B、Cの疵とは、Photo. 5(a)、(b)、(c)に示すような疵で、タイプA、Cの疵はコイル表面からスケールが鋭くくいこんでいるが、タイプBの疵はコイル表面が若干凹んでいる程度である。

Photo. 5のタイプAの疵は実際の成品に見られる線状疵、タイプBは、線状スケールの顕微鏡写真に酷似している。このような結果から、キャップド鋼塊の表面気泡が酸化された場合、気泡の深いものは線状疵、中程度のものは直径により線状疵、線状スケールになるものと思われる。もちろん、本実験は、冷塊に人工気泡をあけたものであり、実際の熱塊の場合と均熱条件も異なつてはいるが、傾向は示しているものと考えられる。

#### 5. キャップド鋼の製鋼、造塊条件

今まで述べてきたように、線状疵、線状スケールの発生は、主としてリム層の表面気泡の酸

化によるものと考えられるので、これらの疵を改善するため、製鋼、造塊条件を検討する必要がある。現場的な因子として、(a)前鍋、後鍋の差、(b)鋼塊内位置、(c)蓋打時間、(d)スラグ(FeO)、(e)鍋および鑄型 Al 投入量を取りあげ、線状疵、線状スケール発生量との関係を検討した。

前鍋、後鍋の差については、鋼塊底部相当位置では、後鍋のほうが疵発生が多いようであるが、鋼塊頭部については明確な差は認められなかつた。前、後鍋で疵の発生に多少の差のあるのは、前鍋に比較して後鍋は Al 投入規準が過大であつたためと考えられる。また、鋼塊底部相当位置に疵の発生が多いのは、頭部側に比較してリミングアクションが悪いため、気泡ならびに介在物が多いためと考えられる。蓋打時間の影響としては、蓋打時間と疵の発生量とは明確な関係がなく、単に蓋打時間を長くしリム層を厚くしても疵は減少しない。スラグ(FeO)および鍋 Al、鑄型 Al 投入量と疵の発生率とは密接な関係あり、通常の C 範囲では、ある程度(FeO)が高く、鍋、鑄型 Al 投入量を少なくすることにより疵をほとんどなくすることができた。すなわち、湯のリミング・アクションを良くすることが必要である。

## 6. 結 言

キャップド鋼ホットコイルに多発する線状疵、線状スケールと呼ばれる表面疵の発生原因、対策を検討し、次の結論を得た。

キャップド鋼は、リムド鋼に比較して通常脱酸度が多少強く、また鑄型の形状から溶鋼中の CO ガスが放出困難なため、リミングアクションが弱く、かつ溶鋼の蓋打ちによつて強制的にリミング・アクションを停止させるため、鋼塊リム層内に多数のスキンホール、管状気泡が発生し、また清浄度も劣つている。しかもこれらの表面気泡は均熱炉で鋼塊表面から 6~7mm 程度までに存在するものは酸化され、管状気泡の深い場合には、スキンホールが、管状気泡の浅い場合には、これも酸化されるものと思われる。人工疵の結果から推定すると、前者の場合には線状スケール、後者の場合には線状疵となると思われる。また、線状疵の場合には、リム層内の介在物をともなう場合がある。上記の疵を発生しないようなキャップド鋼を製造するためには、できるだけリミング・アクションを良くし、健全なソリッドスキンをもつ鋼塊を作ることが必要である。

## (73) DH 処理中の溶鋼の混合と合金の溶解

(製鋼工場における RI の利用—Ⅱ)

八幡製鉄所、技術研究所

理博 森 久・谷沢清人

技術部 松田亀松・○田中英夫

### Mixing of Molten Steel and Dissolution of Ferroalloy during DH Treatment.

(Tracer application of RI to steel works—XI)

Dr. Hisashi MORI, Kiyohito TANIZAWA,  
Kamematsu MATSUDA and Fusao TANAKA.

## 1. 緒 言

すでに報告したように DH 処理は脱ガス処理中に溶鋼の化学成分を自由に調節できる特徴をもっている。DH 処理の溶鋼の成分調節は、一例として普通炭素鋼をとると次のようにして行なわれる。脱ガス初期に C および Mn の迅速分析のための試料を採取し、脱ガスの進行中に分析し、その分析結果に基づいて真空容器の上部に設置された合金容器より必要量の C および Mn を加えて成分を調節し、最後に Si などの合金元素を添加する。さらにその後、吸き上げ操作を繰り返して十分攪拌し、添加合金を溶解かつ均一に取鍋内に拡散させたのち脱ガスを終る。

したがつて非常に狭い範囲内で成分を調節するためには、まず出鋼の際に取鍋内に投入された合金が完全に溶解しかつ均一に混合した時期に、迅速分析用試料を採取すること、および脱ガス中に添加した合金が DH 処理による攪拌によつて十分均一になる時間を把握して、これらを管理することが安定した化学成分を常に得るために重要である。

筆者らは、DH 処理による出鋼後の取鍋内溶鋼の均一化、および脱ガス中に添加した合金の溶解、混合速度におよぼす攪拌効果について RI トレーサー法によつて調査したので、本報ではその試験結果を報告する。

## 2. 実験方法

### 2.1 合金の $^{198}\text{Au}$ による標識と添加法

RI として金属線状の  $^{198}\text{Au}$  を受鋼量 70 t に対して 2~20mc 使用した。取鍋内の混合試験においては、 $^{198}\text{Au}$  を約 15mm  $\phi$   $\times$  45mm の鋼製カプセルに封入し、Fe-Mn の溶解試験においては、実験室内の高周波誘導真空溶解炉にて溶解した Fe-Mn (Mn: 75%) に  $^{198}\text{Au}$  を入れて  $^{198}\text{Au}$ -Fe-Mn 合金を溶製し、鑄込後粒度約 50mm のものを作製した。

C の溶解試験においては、 $^{198}\text{Au}$  を王水に溶かした溶液を粒状の人造黒鉛に浸透させたのち乾燥して実験に供した。

Al の溶解試験においては、実験室内にて鋼製ルツボで Al を加熱溶解して、鑄込後約 20mm  $\phi$   $\times$  20mm の Al 円柱を作製し、この中心部を穿孔して  $^{198}\text{Au}$  を埋込み、Al 栓をして封入した。

Fe-Cr の溶解試験においては、実験室内の高周波誘導真空溶解炉にて溶解した Fe-Cr (Cr: 67%) に  $^{198}\text{Au}$  を入れて  $^{198}\text{Au}$ -Fe-Cr 合金を溶製し、鑄込後これを粉碎して粒度 6~10mm のものを作製した。

Si-Cr の溶解試験においては、粒度約 20mm の Si-