

とこの部分の炭化物は他のものに比べて非常に大きくまた凝集しているのが見られる。すなわち炭化物の偏析のため切断面でかすかに光つて見えるのである。この偏析は高温長時間加熱によつても容易に拡散しない。

IV. 結果に対する考察

(1) 鋼材には多少の差はあれ常に砂疵がある。ゆえに砂疵の因子となる欠陥の頻度はきわめて高いものでなければならぬ。

(2) 圧延比の大となるにしたがつて短小な砂疵の数は減少し、長大な砂疵の数は増大する。また圧延比の非常に大きい細物鋼材では砂疵は稀にしか現われない。したがつて砂疵は圧延により延びて成長し終に延びきつて消えるもの(肉眼で疵として見分けられなくなる)と解される。

(3) 短小なる砂疵の数は鋼材の内外で余り差はないが、長大なるものは外部周辺側に多いのは圧延における内外の伸び率の差(計算によるとその差はさほど大きくない)による原因と砂疵の因子となる欠陥の大きさも鋼塊の内外で差のあつたものと考えられる。(詳細第Ⅱ報)

(4) 大きい砂疵のない部分(鋼材の内部)を再圧延すると大きい砂疵が現われるから砂疵の成長することは実証された。

(5) 砂疵は苛酷な熱間加工においても圧着消滅しないからきわめて圧着し難い欠陥のみが砂疵の主原因である。

(6) 砂疵の多い部分にはサンド分析値の高い場合が多いが、必ずしもしからずして鋼塊底部のサンド量は多いにも拘らず底部側鋼材の砂疵は少ない。このことから砂疵はサンド量と一応比例するが、また介在物の数が多数あつても個々の介在物の大きさが小さい時は砂疵とならないものと考えられる。

(7) 圧延比小なる鋼材の長大なる砂疵では必ずと言つても良い程介在物が認められる。また短小なる砂疵においても介在物の見受けられるものが多い。またきわめて接近して存在する砂疵がある。

熔融状態では近接した2つの気泡は吸着し1つになり易いことからこれは介在物と考えるのが妥当である。

以上より砂疵の原因は鋼塊における非金属介在物が最も有力なものゝ一つであると推定される。

(101) 非金属介在物の研究 (II)

(砂疵の成因について)

The Study of the Non-Metallic Inclusion (II)

(The Origin of Sand Mark)

H. Kimura, et alius.

大阪府立大学工学部

河合 正雄・○木村 弘高

I. 緒 言

第Ⅰ報においては鋼材の砂疵について調査し鋼塊の非金属介在物が有力なる原因の1つであることが推定されたので引続き鋼塊における非金属介在物の形状、大きさ等を調査し、併せてその成長機構をも考察して、鋼材の砂疵の現出状況と比較的大型の非金属介在物との現われ方は規を一にするものであることを知り、砂疵の主原因は鋼塊の非金属介在物であると推論した。

II. 調査要領

砂疵の因子は既に鋼塊において存在していて造塊以後の熱処理によつて消滅発生しない欠陥であろう。また従来の経験より砂疵の因子たるものは鋼塊の諸欠陥(ピンホール、ブローホール、非金属介在物等)の中で発生頻度のきわめて高いものでなければならぬとの見地より次のごとく実験した。

(1) 1個の鋼塊を縦に切断し1つはその儘で他は1200°Cで5時間加熱した後、それぞれ押湯部と鋼塊本体の頭部、中部、底部における欠陥を顕微鏡検査、超音波試験をした。また同時にサンド分析も行なつた。

(2) 熔鋼の脱酸方法を変えたものゝ砂疵を比較した。

(3) 同一熔鋼を金型と煉瓦製の鑄型に注入し、凝固速度を変えた時の非金属介在物の形状の変化を調査した。

(4) 出鋼、造塊過程の湯を20mmφの小鑄型に採つて水冷し非金属介在物の形状およびその数の変化を調査した。

(5) 小鋼塊の表面を切削し砂疵の有無をみた。

III. 調査結果と考察

鋼材に現われる砂疵の因子は鋼塊において既に欠陥として内蔵されていて、造塊以後の熱処理によつてほとんど変形しないものであり、熱間加工によつて始めてその形状が変るものである。しかして砂疵の因子たる鋼塊の欠陥として考えられるものには非金属介在物、気泡、空孔、偏析等がある。砂疵は鋼材のいずれの面においても多少の差はあれ必ず現われる極く頻度の高いものである。

から、砂疵の因子としての鋼塊の欠陥は上記各種の欠陥の中極めて頻度の高いものでなければならぬ。すなわち鋼塊のすべての部分に常に見られる程度の欠陥にして始めて砂疵の主原因と考えられるものである。

(a) 気泡

(i) 鋼塊の調査によると気泡はほとんど見当らない。

(ii) 鋼塊の中心部には多数の空孔があるが、これは砂疵となっていないから、外周部にある内面が酸化していない気泡で、またその気泡に非金属介在物が吸着していないもの(単純気泡)は当然圧着すると考えられる。

また単純気泡ならば、たとえ圧延で消滅するに到らなくとも、少くともパイプ加工や押し出し加工で減少するであろうが、実験の結果減少しないから単純気泡が砂疵の原因とは考え難い。

(iii) 小気泡の原因と考えられる H_2 気泡により砂疵が出来ると仮定すると、砂疵の現出状況が現実のものよりも、もつと法則性、一様性をもつて現われるものと考えられる。

(iv) 鋼塊の重切削による皮削り後ヘルバイトで仕上げ気泡を調査すると、気泡は鋼塊の極く表面にのみあつてその数はきわめて少なく、7~8 mm の内部にはない。約半年多数の鋼塊について皮削り後にヘルバイト仕上げをし、気泡と砂疵の関係を調査したが、気泡数と砂疵数との間には何等の関係がなかつた。

ゆえに気泡は少くとも砂疵の主原因でなく、普通の工程においては単純気泡は砂疵の原因とならない。

(b) 空孔

(i) 内面に附着物のない単純空孔は圧延により圧着し砂疵となっていない。

(ii) 非金属を含む時は砂疵となり得るが、調査の結果鋼塊においてかゝる空孔の出現はきわめて稀である。一般に鋼塊の空孔は砂疵の原因でない。

(c) 偏析

(i) 偏析による砂疵は極く稀に起り得る。この場合の偏析はゴーストのようなものでなく硫化物等の散在する逆偏析である。

(ii) 偏析砂疵の形状は一般の砂疵の形と異り、その長さ比べて巾が広く舟形を呈し光沢がある。

(iii) 偏析砂疵は軸受鋼のごとく高炭素鋼にのみ現われる。偏析砂疵は鋼材の外周部に全面にかつ、可なりの一様性をもつて現われるものである。

(d) 非金属介在物

(i) 非金属介在物はその出現頻度がきわめて高く、鋼塊欠陥中最も頻度の高い欠陥である。

(ii) 砂疵は圧延により延びて大きくなるが、非金属介在物も圧延により変形(延びたり、砕かれたり)されてそれによる疵は砂疵となり得る。

(iii) 圧延比がある程度以上大きくなると砂疵は消滅するが、非金属介在物による疵も変形度が大きくなると細くなり終に肉眼で見分けられなくなる。すなわち非金属介在物による砂疵は圧延比が大きくなると消滅する。

(iv) 圧延比の余り大きくない鋼材の大きい砂疵では非金属介在物の認められるものが多い。

(v) スティーフェルマンネスマンによるパイプ加工や、熱間押し出し加工のような苛酷な加工法によるも消滅しない疵として考えられるものは非金属介在物が偏析疵である。しかして偏析は稀にしか起らないから、一般の砂疵の原因としては非金属介在物が考えられる。

以上のような考察から砂疵の主原因は非金属介在物であると見做される。

次に鋼塊の非金属介在物の生成、成長過程を考察すると、出鋼前の鋼浴は還元鋼滓の下に可なり長時間静かな状態に置かれているので、ある程度以上の大きさの非金属介在物は浮揚し去つている。この鋼浴は出鋼直前の Al 脱酸により多数の微細な Al_2O_3 が出来るが、その非金属介在物は未だ微小粒であり融点も高いので凝集し難く、砂疵となる位の大きさのものは少ない。出鋼の際には鋼滓が激しく破碎されて微粒となり、取鍋煉瓦も浸され鋼浴中の非金属介在物は急増する。また鋼浴の温度も降下して [Si] や [Mn] による脱酸が進行するから非金属介在物がこれによつて成長するとともに新しく生成されるもする。しかし乍ら出鋼後少時は取鍋中の湯は動揺しているためにある程度以上の大きさになり難く、その成長の仕方も一様でないやゝ角張つたものとなり勝ちであり、湯の静止するにつれて次第に球形に成長し、また凝集もする傾向がある。次の鑄込み作業においては湯がはなはだしく動揺するから、成長し球形となりかつた非金属介在物もまた砕かれると共に形も角張つてくる。この湯も鑄型内で適当なる動揺を与えられるとその非金属介在物はふたたび凝集し、また成長を始める。

鑄型内の湯は鑄型による熱の奪取のため最外層はチル自由晶となつて、この層は外部よりのマクレ込みによるものを除いては、その時の湯その儘に近い清浄度で、個々の非金属介在物の大きさもほとんどその儘の大きさであるから、したがつてチル自由晶部は清浄度も良く、非金属介在物の大きさは小さく角張つたものである。次の層の柱状晶部でもやゝこれに近い。内部自由晶部の外側のものは、樹枝状晶が柱状晶に引き続いているために

柱状晶の末端を核として樹枝状晶が成長し始め、その樹枝状晶の間に介在物が偏在して凝集し、また熔解酸素を比較的によく含有する湯が偏析するからこゝで非金属介在物の肥大成長が盛んである。ゆえに鋼塊のこの部分の非金属介在物は比較的に大型でありまた球形をしている。それよりも鋼塊中心部に近い自由晶部は温度勾配のより少ない状況で凝固し、こゝでは湯中に浮遊する非金属の介在物を恰好の結晶核として捕捉して、その非金属介在物の以後の成長を阻止するから、その形は前者に比べてやゝ小型であり、また形もやゝ角張つたものとなる。

鋼塊の形状は上拡りであるために上記の現象は鋼塊の頭部にはなはだしく、底部に少ない。さらに鑄型の肉厚は上部に薄く、下部に厚く、さらにまた底部には定盤の冷却効果も働くために一層その現象を助長する。ゆえに鋼塊の頭部の非金属介在物は底部のそれに比べて大型でありまた内部自由晶初期の部分の非金属介在物は大きい。その他造塊作業における熔鋼被膜のマクレ込みもある。この鋼塊の非金属介在物の大きさの関係は鋼材の砂疵の現われ方と規を一にする。すなわち鋼材の比較的四周部に砂疵が多い。

下注法による時は定盤と鑄型で囲まれた鋼塊の隅角部(底部側)は一般に鋼塊中でサンド量が最も多いが砂疵はむしろ少ない。これは上記の凝固速度と非金属介在物の大きさの関係による。以上を要説すると、砂疵の原因となる非金属介在物はその個々の大きさが重要な意味を持ち鋼塊全体としての清浄度あるいは全サンド量は第2義的の意味しかない。小さくある程度以上散在する非金属介在物は砂疵とならないのである。

[H]の多い時は砂疵が多いと言われるが、R. Hohage¹⁾によると熔鋼中の[H]が高い時は柱状晶が長くなり一次晶が良く発達する傾向があると言われる。ゆえに[H]が高い時は偏析による非金属介在物の成長が助長されるから砂疵も多くなるのであろう。

IV. 総 括

以上の考察より鋼材の砂疵の主原因は比較的に大きい非金属介在物と見做される。さらに端的には酸素が砂疵をもたらすと考えられる。ゆえに砂疵を減少させるためには鋼浴を良く脱酸すること、出鋼に際し鋼滓を破碎し捲き込まさないこと、非金属介在物を細く分散させること、造塊作業の際鑄型内湯面を酸化させず、また被膜を作らないこと、マクレ込まさないこと、そのためには浮板や不活性ガスの使用、鑄型の傾斜を大にすることおよび鋼塊は急冷し迅速に凝固させるか、または逆にきわめて徐冷すること等が考えられる。

文 献

- 1) R. Hohage: Arch. f. Eisenhüttenwes. 12 (1939/40) 123

(102) 鋼塊の縦割れに関する考察

Some Consideration on Longitudinal Crack of Ingot

S. Iwamura, et alius.

関東製鋼 工 高梨省吾・工〇岩村貞光

I. 結 言

キルド鋼塊に発生する縦割れは鋼塊の最も重要な本体の中央部に発生し、これが発生した場合においてはこの疵の除去に非常な時間と経費を要するのみならず、致命的な欠陥となり廃却する場合もしばしばである。この縦割れは注型温度、注型速度、樹間部の組織を脆化せしめる非金属介在物特に硫化物の析出状態、したがってその析出状態に影響をおよぼす Al の使用量、ガステに H₂ ガスの含有量、冷却時の熱応力、変態応力等の因子によつて左右せられることは既に多くの人々によつて研究せられた。しかしこの鋼塊に発生する縦割れを詳細に検討すると、鋼種特に C 含有量と鋼塊の型状、大きさにより割れの発生率並びに発生した割れの性状に明らかに異つた2つの類型がある。すなわち C 含有量が 0.18% 以下の丸型鋼塊に主として現われる包晶反応に起因すると考えられるものと、C 含有量が 0.30% 以上の大型鋼塊に主として現われる熱応力、および γ から α への変態に伴う諸応力に起因すると考えられるものとの2種類である。

この問題について過去8カ月間のデータを鋼種別、鋼塊の型状別に調査して発生原因に対する考察を行なつた。

II. 調 査 方 法

この調査の対象とした鋼塊は昭和31年8月以降昭和32年3月までの間に一定の作業標準にしたがつて、塩基性電弧炉にて熔製し、タンディツシユ使用の上注法で鑄込まれた。機械構造用炭素鋼、Ni-Cr 鋼、Cr-Mo 鋼の鋼塊である。

鋼塊の型状および大きさは Table 1 に示す通りである。

270 kg 丸型鋼塊については鋼種別に縦割れ発生率を調べ、さらに S15C, S25C については C 含有量と縦割れ発生率との関係を調査した。

650 kg 以上の大型鋼塊は熱塊処理、または鋼塊徐冷の