

の内側に遂に止まり、徳利内面が上塗り状況を示して停止す。鋼塊の中横断面又は上部横断面の単輪又は複輪状の隣偏析は之をよく示す。

第6節 60 t, 10 t, 3 t 等8本に就いて鑄型貫通して鑄型外部、内部、鋼塊外殻、熔鋼内部を測熱し、潜熱の影響、柱晶層の冷却速度等調査したが此等の状況を知らなければ逆V偏析の解決は出来ない。独乙の Barden heuer & Bleckmann<sup>17)</sup> によりても冷却速度が調べられたが著者は之に就いても深く研究してみたが固鋼は熔鋼と潜熱の影響は全く同様に考えられる。此の場合楕円体形の  $r \times 0.7 \sim 0.9$  の所で変態域内温度の冷却速度は何れも相い交接又は交錯形勢で変態速度は遅くて緩慢となり為に之が逆V偏析真因の一なる事を見出し、之を確信する事が出来た。

第7節 50 t 酸性平炉—鑄流 0.5%°C 炭素鋼塊 3 t 4 本の内1本は凝固中に回機凝固完了したものの縦断硫貼写を見るに先の徳利状を示し氷塊の之と全く同一なるを知った。此時の熱的楕円体は凝固域内温度の一度宛常に下降に従つて楕円体は縮小しつつ上昇せる事を見出す事となるが、之れ凝固の原則で、溶液、融態共に変らぬ。即ち「鑄込温度、速度に依りて徳利の高さは変るか又は遂に消滅して見えなくなる」からである。即ち熔鋼の逆V偏析は鋼の液相の性状(特殊金属含有の場合も) Liquidus property により、凝固に起る温度勾配と冷却速度即ち凝固速度の具合により偏析が出没するものである。此の要諦は「熱的に見れば金属融鋼は水と同一物性にあるものとす」之等の水と鋼の冷却凝固諸試験は何れも之をよく証明するものである。

#### 文 献

- 1) J. D. Bernal & Fowler, J. Chem. Phys 1. (1933) 515.
- 2) J. of I & Steel Inst. 55(1899) Stahl u. Eisen 50 (1907) Trans Am. Inst. Mining & Met. (40) Eng., Revue de Metallurgy, (32) Chem. & Met. Eng. (40) Metal Studies Review (40) in the World. 数字は継続年数と発刊年度
- 3) 鉄と鋼, 第 17 年, 第 11 号 p. 1103. 1109.
- 4) J. D. Bernal & Fowler 前出
- 5) E. Eigen, Z. Electro Chem. 56 176 (1952)
- 6) F. C. Frank, Nature 163 398, 149.
- 7) T. Frenkel: Kinetic Theory of Liquid, chapt. VII, Oxford. 1946.
- 8) N. F. Mott: Theory of Crystal Growth, Nature 165 295, 1950.
- 9) Seljakov: Cont. rend, Acad. Sci. Russ 10 (1936) 293. 雪の研究, 中谷宇吉郎 p. 2~6.
- 10) 日本化学便覧(27年版): Honda & Kikuta, Sci Report of Tohoku I. U.
- 11) J. D. Bernal & Fowler 前出.
- 12) Die Theories der Kohlenstoff Legierungen Hyne, Tafel 12.
- 13) 鉄と鋼, 第 17 年, 第 11 号 p. 1109.
- 14) E. C. Frank 前出.
- 15) Ist Report: J. of I. & St, I. 1926.
- 16) Metallography of Steel & Cast Iron, Howe. p. 18.  
金属便覧 p. 89.
- 17) Stahl u. Eisen, 1941 30. Oct. p, 995.

## (70) 鋼塊の不均一性

### Heterogeneity of Steel Ingot

Tetsuo Horie.

東芝製鋼株式会社 嘱託 堀 江 鉄 男

#### 緒 言

熔鋼の冷却と凝固に就いて不明な事柄は少なくないが茲に逆V偏析の真因が判れば、之は人体にして見ると、体内を脈動支配している循環系統を司る大切な内臓気管の疾患である様に考えられる。従つて諸種の試験を施して診断して見よう。①鋼塊を急冷すれば凝固に当り内部に急激な温度勾配の変化が現われる。②凝固域内の熔鋼まで鑄型共に転倒溢出すれば内部の固相面の移行状態が判る。或いは鑄型の厚さを増減して見る。③砂型、鑄型と型を替えて鑄入するとか、③回転鑄造する。又は③特殊金属 Mo を含有せしめる。③鑄込温度、速度等鑄造条件によれば、今まで掻搔の纏に示されて来た。⑤稜角偏析其の他の疾患が判る。診断には最も困難であつた。④液相変態(Liquidus)の性状と、之に直結する其の逆V並びに④V状偏析などどうなるか、⑥凝固の異変や過冷却で起る気泡偏析はどんな具合に起るものか等に就いて以下諸試験を視れば明らかになるのみならず、先の水と鋼の肝心な密接な事柄に就いてもよく納得する事が出来る。(○印は目次節番を示す)

第1節 炭素鋼丸型 3 t 鋼塊の温度勾配急変。

第2節 3 t 鋼塊の凝固過程と固相面の移行。

第3節 鑄型の変換、特殊金属の含有と鑄造条件。

第4節 逆V偏析の本幹性状とV偏析並びに鑄造条件。

第5節 稜角偏析と冷却速度。

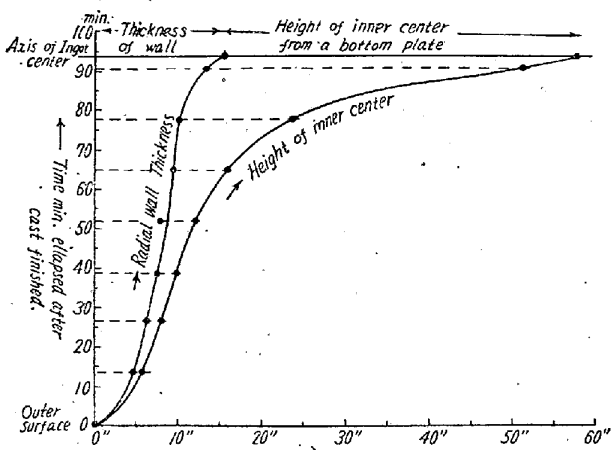
第6節 過冷却現象と凝固速度とに依る気泡偏析と砂疵外。

(本実験は 3 t 乃至 10, 30, 60, 100, 120 t 及び 160 t の各鋼種鋼塊等と水を含む五十余試験で建築用、構造用鋼の代表的鋼に就いても試験を示す。)

第1節 3 t 鋼塊を鑄込後直ちに水中に投入急冷 5 分

後地上横臥，放冷，之を横縦断状況を調査す。硫貼写によれば温度勾配急激増大し内部熔鋼は変態域上にあるため，新大形樹枝状晶析出し，一定輪状に配す。此の部は偏析物挿入し多数稜角偏析。即ち冷却速度大なれば粒晶境界は弛開す。之に従つて外周緊張で次いで烈開を誘う。冷却速度は主源をなす。又液相点又は其上温度を通過降下する時の温度勾配と冷却速度で新粒晶大きさは決まる。外部より中心迄此の状況を知る。

第 2 節 炭素鋼 0.36% 丸型 3 本宛 3 铸流計 9 本を铸込み後，一定時間(13分後)内部熔鋼を転倒溢出。既に起生した逆 V 偏析，気泡偏析状況を調査した。又共に内部の肉厚，固相面移行を調査した。固液両相間にある筋子状赤熱粒晶は溢出困難。搔棒でよく搔出すと堅き固相面の硬面が出る。底部は温度勾配早く小となり，此の部に裂開を示すから底の高さも判る。硫貼写でも知れるから此の状況を図示すると Fig. 1 の如くなる。



Radial thickness, 20mm from a top of ingot. Height of inner center from a bottom plate. Fig. 1 Characteristic curves of solidus travelling planes, 3ton carbon steel round ingot 24'' D x 60'' l. in-min.

固相の形態は常に Fig. 2 (C) の如くなり，又変態直下に出来た逆 V 状偏析は図に示した通りに出来ていた。此の原因と機構は確実に前記と一致せる事を知った。高さの上半部は過冷却だろう。変態は一時抑制された状況で多数の気泡と其線状偏析条痕斜上す。其の直内部高熱の部に対しては消滅し铸塊偏析となりて現われる。即ち変態以上温度では拡散し条痕とならず，即ち偏析は変態開始と同時に析出し現われる。外辺の温度勾配大なる時のみ偏析線は上昇可能の如し。偏析は大鋼塊でも粘性鋼浴内上昇断定は困難で浮上速度は計り示す事は困難であり凝固速度でのみ現される。

第 3 節 25 t で铸型厚さ 300 mm でも 600 mm でも偏

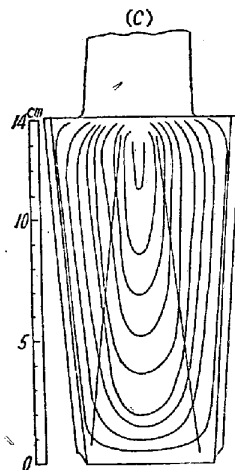


Fig. 2 (C) Solidus planes & A segregation.

析状況は差して変わらず。15 t で Ni Cr Mo 鋼を砂型と铸型に铸入した。少々高熱の為铸型では偏析は全く出ない。砂型には出る。更に又他の場合同率分で普通熱で铸込むと中心内部に少々出て来る。高熱の時は冷却速度大で変態抑制され，普通熱は速度弛緩し偏析中心部に出る。Mo は変態抑制の役目大なり。铸型の此時，内部に柱晶大形 3 ~ 5 吋大のもの多数，中心部迄現われる。温度勾配大にして偏析も出ない。即ち Ni. Cr. Mo の時にも冷却速度又は凝固速度の状態では偏析は出沒する事が判

る。変態抑制程度で解るが普通は此事は認定は出来ないから偏析解決永遠未定状況で今日に至る理である。

第 4 節 炭素鋼 0.26% C 25 t の内部液相開始と同時に起生の偏析本幹の状況を示す。楕円線形は上昇移動と同時に偏析は起生し彎曲部に起り始む。変態を進めば析出粒晶成長と共に微温低下初まり偏析物は益々凝集性を持つ。又一方移動拡散性が起り，変態進行と共に発熱のため不安定期を有ち，拡散固溶状況と共に連続上昇移動す。僅かの浮上よりも結晶成長速度は共に相助勢し単条，二条の条痕を示す事あり。即ち此条痕は液相変態点又は以下温度で楕円体上昇移行と同時に変態進行状況を連続根跡で示すものである。此の場合の変態進行は屢々抑制又は再発熱の状況をも示す事を認めらる。逆 V 偏析の直内方に当る結晶は常に微細にある。此の部分の温度勾配は常に微小である。冷却速度は斯く小ならざる為且つ潜熱発熱の為一時温度上昇する時，冷却速度増大傾向が暫時続きがらの時，冷却速度増勢の為粒晶微細となる。沈澱晶とは意味を異にす。写真に示す。V 偏析は等熱線形で示され後に述べる。

第 5 節 Ni-Cr 鋼 15 t 鋼塊で 外殻温度と其の熱移動量を望遠鏡で測定す。又稜角偏析出現状況を硫貼写で調査して示す。外殻移動は熱歪による。液圧も之を助勢す。又内部の多角粒晶出現増成する時は其の張力が作用し外殻の移動は反対方向を示す。稜角部弛開の時液圧は之を助勢し，烈開が窒息する時は粒晶の合力によりて起る。此の事は測定値の曲線形で示し述べる。此の実験値を示す文献はまだない。此の偏析が充分のみ込めないと思せば後に示す実験値の実状を見る外にない。之は当日示

す。鑄型の形格は此の偏析が主役となる。大体六角，八角型が普通であり円形丸型は不安定だから中，大鋼塊に丸形は危険が多い。

第 6 節 気泡偏析は鋼塊周辺にある場合は液相変態が

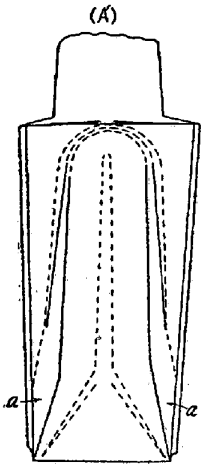


Fig. 3 (A') Ice ingot showing super cooled portions center & corner.

過冷却にまで冷却される場合に起るもので，固相中に気泡が残留するからである。他の気泡には稍々内方側に円形又は球形をなして止まり，上方に齊列したものがある。此部の凝固速度が著しく緩慢なる為で，逆V状偏析の位置に止まる。

此部は粘性も少からず之を助勢するものである。Fig. 3 (A') は前題第 3 節 I) 氷塊模写図で，此の図の下部両端部(a, a) は過冷却現象状況を示す。砂底に就

いてはこれは Fe, Mn, SiO<sub>2</sub> 等の酸化物硫化物及び之等の凝集体，複炭化合物，固溶体であり其の分布状態は大切で之に就いて示す。其の他水の実験を示す。

(71) 特殊鋼の衝撃値に就て (I)  
(S の 影 響)

Impact Value of Special Steel (I)  
(Effect of S)

Eijiro Omiya, Lecturer, et alius.

特殊製鋼 K. K. 研究所

工 山中直道・〇工 大宮英次郎

I. 緒 言

特殊鋼に不純分として含有される S については，JIS 規格では 0.030% 以下，又 SAE 規格に於いては 0.040% 以下と規定されている。この S は非金属介在物として硫化物を生成し，その形状分布状況に依り相違はあるが横目方向の機械的性質に基だ有害なることは良く知られている。又繰返し応力を受ける様な機械部品については静的機械的性質と共に疲労強度が問題となる。従つて我々は構造用 Cr-Mo 鋼に就いて含有 S 量の異つた 5 種の鋼塊に依り鍛造比を変化せしめて加工し，調質後各々の縦目，横目更に中心部と周辺部とについて静的機械試験及び疲労試験を行い含有 S の及ぼす影響を調査した。

II. 供試材及び実験方法

1 t 高周波電気炉に依り JIS SCM 4 (Cr-Mo 鋼 4 種) を熔製し，始めに No. 1 (S=0.009%) として 200 kg 鋼塊を造り，次いで Fe-S を炉中に添加して後 No. 2 鋼塊 (S=0.017%) を造り，逐次炉中に Fe-S を添加して，S 量の異つた 5 種類の鋼塊を造つた。その化学成分及び添加した Fe-S の分析値を次に示す。

Table 1. Chemical composition of test ingots

Ingot No.	Chemical composition (%)						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
1	0.40	0.28	0.28	0.024	0.009	1.01	0.24
2	0.40	0.28	0.28	0.024	0.017	1.01	0.24
3	0.41	0.28	0.28	0.024	0.023	1.01	0.24
4	0.40	0.28	0.28	0.024	0.030	1.01	0.24
5	0.41	0.28	0.28	0.024	0.041	1.01	0.24

	C	S
Fe-S	0.06	23.64

各鋼塊は湯口を切断除去して後頭部側約 200 mm を切断し，之より横目方向の衝撃，疲労試片及び縦目方向の衝撃，引張，疲労試片等を夫々截出した。鋼塊の残部は之を鍛造比約 2 に相当する寸度に鍛伸し，前と同様横目及び縦目方向より各試片を截出し残部を更に鍛造比 4 に相当する寸度に鍛伸し試片截出しを行つた。此の様にして鍛造比を 8, 16, 32, 64, 128 と変化せしめる如く各寸度に鍛伸し，採取出来る範囲内で横目，縦目方向について中心部と周辺部より各試片を截出した。之等総てを 780°C で焼鈍し，各種夫々の標準試験片に加工仕上げした。而して熱処理は仕上げ後の試験片について行つた。

III. 実験結果

1) 非金属介在物

各試料の断面及び鍛伸方向面について硫化物の分布状況を調べたが No. 1 (0.009% S) から No. 5 (0.041% S) まで漸次 S が増加するにつれて硫化物の分布は漸増するのが認められるが，特に S が 0.023% (No. 3 試料) 以上になると清浄度に可成りの影響を及ぼす様になる。硫化物は集積，連続しているものはなく何れも分散した形である。鍛造の度合が進むに従つて，その方向に展延して行くのが明らかに認められる。

2) 引張試験結果

各試験片は 850°C 油冷後各温度で焼戻を行つた。素材の中心部より採取した試験片について 600°C 焼戻