

# 翻譯

## 含硫快削鋼鋼塊の検査(其の二)

Examination of a High-Sulphur Free Cutting Steel Ingot

E. Gregory and J. H. Whiteley: *Iron and Coal*, Sept. 12, 1941, p. 234~239

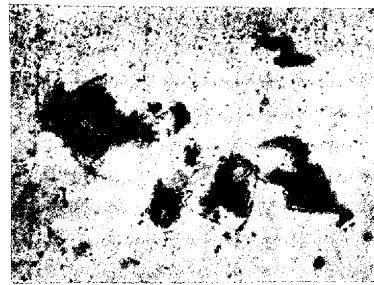
岡本 穎二 譯

試料 No. 2 及び No. 3 の偏析部に  $FeS$  介在物が存在する事を合理的に説明するには、鋼塊の冷却する際にこの部に入つて来るマンガン量が不足してゐるからだと考へるのが至當であるので、次に軟鋼中へのマンガン量の拡散を試験する事とした。マンガンの影響は次の二つが考へられる。其の一はパーライトの粒界に粒殻の聚積するのを抑制する作用である。周知の如く亞共析鋼の  $Ar_1$  變態は狭い温度範囲で起るものである。この變態の際にオーステナイトの部分からパーライトの粒界に炭化物が移行して来て、粒界に次第に粒殻が生成する事は著者が嘗て發表したところである。この際マンガンの量が少いと粒殻は益々發達する。 $Mn$  0.40% 以下の際には、空冷した場合でもこの變化は著しくなり、パーライトは大きな炭化物に囲まれるに至る。含硫快削鋼の鑄型内に於ける粒殻生成もこの例に洩れない。即ちこの場合はマンガンの平均成分は、1.025% であるが、このマンガンの大部分は  $900^{\circ}C$  に於ては硫黄と結合して居るから、オーステナイト中の實際のマンガンの量は 0.30% 以下であると考へて差支へない。従つて可成り速い冷却速度で生成したパーライトは低マンガンの場合のパーライトと近似してゐる。この鋼を、例へば  $C$  0.31,  $S$  0.04,  $P$  0.02% を含む試料 No. 1 の如き試片と共に  $1000^{\circ}C$  から變態領域を毎分  $10^{\circ}C$  の速度で冷却すると、粒界粒殻の生成の程度は兩者共殆ど等しくなる。従つて、この變化を調べると、種々の温度に於けるマンガンの擴散程度を知り得る事になる。この爲には、二つの相接した試片間のマンガンの量に差異を與へる事が必要となる。こゝでは下記の如き熔接試料を用ひる事とした。

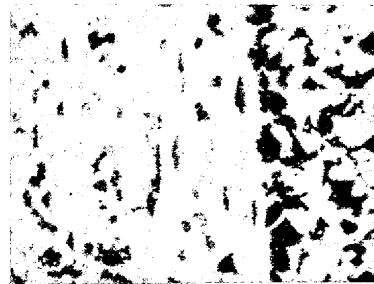
$Mn$  1.31,  $C$  0.12,  $Si$  0.20,  $S$  0.04,  $P$  0.026% なる鋼の徑 1in の丸棒を長さ 1.25in に切斷し、徑  $3/8$ in の錐を用ひて中心部底端から約  $1/4$ in 深さの孔を穿つ。次にこの孔に試料 No. 3 の徑  $3/8$ in のものを挿入し槌で打ち込んだ後、電弧熔接で此の端を密封する。次にこの試料を約  $1050^{\circ}C$  に加熱し、金敷の上に横に置いて  $1/4$ in 厚さ迄鍛延して鍛接する。鍛接が完全でないといふ擴散は起らないから、次の試験を行ふ前に断面を 3ヶ所採つて鍛接の良否を検した。熔接箇所は容易に識別出来る。即ち中心部にはパーライトが多量に出て居るが、外周部は全くソルバイト組織である。鍛接部を横斷して、到る處に再結晶が起つてゐるから、完全に清淨に鍛接出来てゐるものと認められる。これを確認した後、擴散試験を行つた。即ちこの試片を試料 No. 3 だけのものと共に、 $1120^{\circ}C$  で 5h 加熱し變態領域を毎分  $10^{\circ}C$  の速度で冷却した。この 2 つの試片のパーライトの部分の組織を比較検討したが、マンガンの中心部に擴散して入つて行つた形跡は格別見當らず、組織は依然として鍛接部を境として劃然と分れてゐた。鍛接部に近い部分でさへパーライト粒殻の生成程度は殆ど變化して居ないから、マンガンの擴散は極めて少いやうに

考へられる。又マンガンの増加量を定量したが、その量は僅か 0.03%  $Mn$  であつて、上記の経過を良く物語つてゐる。

思はしい結果が得られなかつたので第二の試験を行つた。今度は加熱温度を  $1250^{\circ}C$  として 3h 保持した。次に  $1000^{\circ}C$  に再加熱して前回の試験と同一の冷却速度で冷却した。併し今回の試験に於ても、中心部にパーライトの粒殻の減少は見當らぬ。即ちマンガンの擴散の見るべきものは起らなかつた。この 2 回に亘る試験の際のパーライトの粒殻の様を第 33 及び第 34 圖に示した。第 34 圖は鍛接部である。前回と同じく  $1250^{\circ}C$  の場合も中心部のマンガンの量を定量したが増量は 0.05%  $Mn$  以下であつた。



第 33 圖 鍛接中心部に於けるパーライトの聚積  $\times 450$



第 34 圖 鍛接接合部  $\times 125$

以上の實驗に依りマンガンの擴散は非常に緩慢なものである事がわかつた。餘りにも緩慢であるので、何か別の方法で鋼中の  $FeS$  が  $MnS$  に轉換するものである事を調べて、今迄の考へ方を検討して見る事が必要となつた。この爲にはもつと根本的に研究する事が必要であり、偏析部の  $FeS$  が何時迄も  $FeS$  の儘で存在するかどうか研究して見なければならぬ。若しも之に變化が起らないとせば、今迄の擴散に就ての考へ方が誤つて居た事になるからである。そこで今回と同じ要領で又熔接試験片を作成した。

但この場合中心部片は  $C$  0.12,  $Si$  0.02,  $S$  0.14,  $P$  0.12,  $Mn$  0.04%,  $Al$  痕跡なる成分を有する酸性爐鋼を用ひた。この鋼は一般に介在物が極めて少く、油浸レンズを用ひて初めて検出し得る程度であつた。硫化物粒子は非常に多く均一に分布し、完全に  $FeS$  として存在して居る。又この他に暗色硝子状の無水珪酸及び珪酸鹽介在物を少量含有して居る。鍛接部に缺陷の無い事を確めた後、之と酸性爐鋼のみの試料とを共に  $1000^{\circ}C$  で 2h 加熱した。此の結果 2 つの試片共に  $FeS-MnS$  の混合物が生成するのを認めた。その生成率は酸性爐鋼のみの場合は 4% 以下であり、鍛接試片の中心部で

は 12% であつた。この數値は數百の硫化介在物を一つ一つ數へて求めたものである。かくて僅かながらマンガンは擴散するものである事を認めた。次いで鍛接試片を同じく 1060°C で 24h 加熱したが中心部の混合物は格別の増加を來さず、約 15% に過ぎなかつた。之等二回の試験を通じて混合物粒子の生成率は鍛接部も中心部も大差なかつた。

マンガンの擴散作用を促進する爲に更に高い温度で試験を行つた。その概要を第 5 表に示す。尙生成せる混合物粒子の數も同表中に記載した。

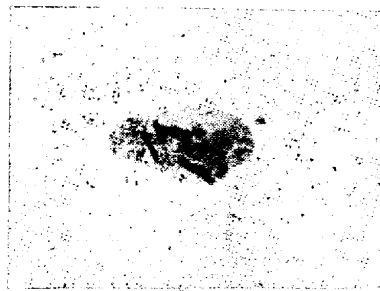
第 5 表

試験符號	加熱温度 °C	加熱時間 h	FeS-MnS 硫化介在物の生成率 %	數(但、可視粒子のみ)×400
1	1000	2	12	844
2	1000	24	15	684
3	1120	2	38	524
4	1220	2	51	404
5	(1220 及び 1300~1340)	0.5	40	—

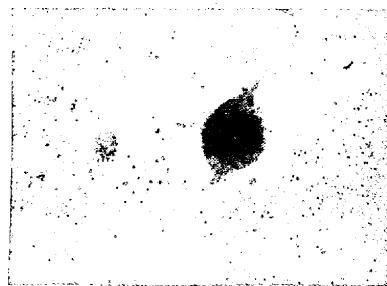
この表から、加熱温度が上昇するにつれて之等の粒子は益々増加する事がわかる。併し FeS が完全に MnS に變化してしまつたものは皆無であつた。即ち介在物の或粒子には FeS を全然含まないものもあるが、これとても純粋な MnS の色に比すれば、透明度少く明る味を帯びた色調である。併しながら加熱温度の上昇に依りマンガンの移動が活潑になる事は疑ない所である。マンガン約 0.2% を含有する鋼を用ひて同様な試験を行つたが、1220°C に於ける第四回試験では、約 0.15% のマンガンが中心部へ移行して居る。第五回試験に依れば中心部のマンガンは 0.04% から 0.16% に上つて居る。之等の結果からマンガンの擴散が實際に行はれて居る事は確である。かくの如くマンガンの擴散量はパーライト凝聚試験の場合よりも確に多いが、しかも尙擴散速度はこの場合も緩慢であつた。併しながらこの場合にはマンガン量の差が幾分急に過ぎるから、恐らくはこの反應もマンガンの硫化物中に入つて行く變化により促進されて居るものと考へられる。

之等の試験で注目すべき事は、次第に硫化物粒子の形が大きくなり、その結果數が減少して居る事である。1000°C で 2h 加熱したものできへ、最初の儘のものよりは明かに粒子が大きく、24h 後のものでは一層大である。更に温度の高い場合には低倍率の對物鏡でも容易に認め得る物さへ生じて來る。かゝる粒子の成長の程度を測定する爲に、試料の中心部に長さ 3/16 吋の線を引き、この片側に在る 400 倍で見得る粒子の數を數へた。第 5 表の第 5 項の數字はこれである。この數値を見るも次第に粒子の數が減少する事は明かであるが、この數値は粒子生成の經過を定量的に表して居るものではない。第 1 回及び第 2 回試験ではこの程度の倍率では粒子が小さきに過ぎて明確に數を數へる事は出來ない。加熱處理を施さぬ試料では視野中の一、二の箇所で見ると粒子數は僅に 1000 を越える事は明かである。

第 4 回試験の際に生成したる混合硫化介在物の一例を第 38 圖に示す。第 37 圖は他の一例であつて、之に就ては更に後述する。FeS の粒子の形が一部分又は全體的に角張つて來る傾向がある。特に第 4 回及び第 5 回試験の場合には三角形の FeS 粒子をしばしば見る。之等の温度では何れの場合も FeS 介在物は液状であると考へられる。従つて粒界に生じた硫化物は容易に移動出來る。



第 37 圖 鍛接爐鋼試料中の FeS-MnS 介在物 × 950 (1220°C × 2h 加熱)



第 38 圖 爐鋼試料中の FeS-MnS にして珪酸鹽を含有するもの × 950 (1220°C × 2h 加熱)

1340°C では大部分の硫化物粒子は熔融状態にあるので、この試験中の混合介在物の生成率の減少して居る事も容易に了解出來る。即ち  $FeS + Mn \rightleftharpoons MnS + Fe$  なる反應は可逆的であり、温度が増すと左方に進むからである。又實際には凝固状態の場合でも同様な傾向が強いと思はれる。即ち第 1 回試験に於ては混合物生成率は既述の如く 4% であるのに、第 3 回試験の場合の酸性爐鋼試片の断面には何等混合介在物は現れて居ない。若しも之が事實であるとせばパーライト凝聚試験の場合にはこの反應は一層緩慢となるやうである。又

FeS の熔融點より遙に低い 1000°C なる温度でも FeS 介在物が相當成長する事は、鋼中に FeS が固溶して居る事を確に示して居る。最近著者は上記の如き温度では少くとも 0.08% は固溶が可能であると報告したが、此の溶解度に就ては Andrew 及び Binnie も二三實驗して居る。

之等二組の擴散試験の結果より考へると、偏析の烈しい部分に何時迄も FeS が残るのは、鋼中に於けるマンガンの擴散が極度に緩慢な爲であるかと考へて間違ないやうである。併しながらこれが豫想し得る唯一の因子であるか否かは疑問である。何故ならば上の試験に於ては粒界に幾分はマンガンが増加しはするものゝ、FeS → MnS の變換が起るのが遅れるやうに思はれるからである。試片を検すると、完全に FeS のみより成る介在物が若干存在し、しかもその極く近くに幾分 MnS に轉換して居る介在物を見る事が屢ある。かくの如く鋼中のマンガンの量が低い場合には、FeS に變化しまいとする抵抗力が在る事は著者が嘗て認めたところである。

偏析部中に FeS が生成すると云ふ事は、凝固温度附近でこの鋼が FeS を多量に含んで居る事を端的に示して居るものであつて頗る興味がある。而してこの FeS は赤脆性の原因として知られて居るから、かゝる鋼には大いに龜裂が発生する事が豫想出來る。特に米國では鋼の高温加工性は硫黄量が増す程悪化すると稱せられて居る。McCane も硫黄が龜裂の根本原因なりとし、機械的性質の試験成績を擧げて居るが、それに依ると硫黄量が 0.025% から 0.050% に増すと鋼塊の龜裂發生率は 2 倍以上に達する。更に同氏は龜裂は注型後二、三分間以内に發生し、この時期に起らなければそれ以後には發生せぬものであると述べて居る。然るに快削鋼では注型の際にも壓延の場合にもかゝる龜裂の發生する事は殆どなかつた。この理由は全然不明であるが、試片 A 及び B、即ち液相線と固相線との間の温度で加熱した試片の際の結果から、或種の推論が誘導出來るやうである。併しこの爲には豫め注型條件が鋼塊の龜裂發生に如何に影響を及ぼすかを考へねばならぬ。この爲に下の如き 2 つの説を

引用する。

イ. 数年前 Hultgren は足し湯 (After pouring) を行ふと、鋼塊中に柱状結晶が発達しない事を明かにした。この事實から推論するとノズルを出た鋼の流れは鑄型の中に深く入つて行くものであつて、これは鑄型に湯が殆ど充滿する時迄続くものである。

ロ. 又 Hall は最近次のやうに述べて居る。即ち固相線直下の温度では、鋼は弱く殆ど伸を有しない。従つて鋼塊が凝固し始めると収縮應力が材料の静強度を超過して、容易に McCane の指摘したやうな龜裂を生ぜしめるのである。勿論この龜裂も凝固の極く初期に起れば熔鋼が流れ込んで間隙を充すのであるが、若しこの龜裂が少しでも遅れて起つた場合、即ち幾分厚い表皮が生じた後であると、熔鋼は間隙に到達するを得ず、龜裂は冷却が進むに従つて大となる。

さて直注ぎの場合には熔鋼の流れは鑄型の底に近い點迄達すると思はれるので、底部以外の熔鋼は注ぎ終る迄熔融状態の儘であると思はれる。かくして鑄型の内壁全面から一齊に凝固が始まり、その直後に収縮應力も龜裂の發生する傾向も極度に達する。之に反して底部から上部へと次第に凝殻が生成するやうな場合には、収縮全應力も少く収縮應力が突發的に一時に發生する事も少くなるばかりでなく、凝殻の下半部は強度が強くなり能く應力に耐へ得るやうになる。下注ぎの場合は、丁度この條件に相當する。即ち下注ぎの場合には、熔鋼は鑄型内の中心部を上昇し鑄型の内壁に近い湯は攪亂されない。従つて鑄型の上半部に湯が充たぬ前に、下半部で凝固が始まると考へられる。掛堰を用いた場合にも同様な効果がある。之は掛堰の中で熔鋼の落壓を殺す事になるからである。之等二つの注型法の場合に龜裂發生の少いのは以上の理に基くものである。

上記の事項は主に 15t 以下の低炭素乃至中炭素鎮靜鋼塊に關係する事であつて、不鎮靜鋼の場合には當嵌らない。この場合には約 1/4in の厚さの皮層の下に氣泡が生じてクッションの如き作用をなし、収縮應力を相殺するからである。又液相線と固相線との間が廣くなると、凝殻中に表面に直角に熔鋼の層が存在する時間が長くなるので、同じく龜裂が少くなるやうである。兎に角著者の實驗に依ると、炭素量が 0.3% 以上では直注ぎ鋼塊の龜裂發生が少くなる傾向を示す。鑄型の大きさの大小に係らず、熔融状態から完全に凝固する迄の變化は時間的に次々に遅れて起るので、最初に發生した収縮應力は殘液を内方に壓縮し微結晶の粒間に押し込み、この爲に龜裂が發生しなくなる。このやうに考へると高硫黄低炭素直注鋼塊に案外龜裂が發生しない事が了解出来る。即ち  $FeS$  の量が多くなると、液相固相範圍は廣くなるが、赤脆性の原因たる粒間液膜を作る事は少いと考へられるからである。

同じく硫化物に關してであるが、今度は試料中に見受ける第二の型の介在物に就て述べる。既述の如く之は複雑な組織を持つた小球

から成つてゐる。時には非常に形の異なる事もあり、又試料 No. 2 の場合の如く非常に數の多い場合もある。之等の基質は脆い暗色の半透明な微細組織の集りであつて、普通この中に二、三の丸味を帯びた蛋白光澤を有する鳩色の介在物が胚胎して居る。小球全體が基質ばかりであるやうな事は殆ど無い。之等の鳩色の粒子は蛋白光澤を有しては居るが、元々  $MnS$  である事は間違ない。何故ならば試料 No. 2 には合成介在物が現はれてゐる事が多いが、この合成介在物中には極く少量の暗色の硝子光澤を有する物質が含まれて居るが、その殘部は間違なく  $MnS$  であるからである。蛋白光澤を有する  $MnS$  粒子が基質中に一つだけ存在する場合から、次第に數を増して基質全部が  $MnS$  の場合即ち  $MnS$  のみの介在物迄實際に見る事が出来る。第 39 圖及び第 40 圖は  $MnS$  の多い場合の例である。又反洋色處理を施すと鳩色の粒子は外側の  $MnS$  介在物と全く同じ淡青色を呈する。更に  $MnS$  は時に樹枝状の形で表はれる事がある。之は比較的凝固點の低い物質中で  $MnS$  が結晶した場合の特性である。第 45 圖は此の一例であつて焼入試片 B から採つたものである。以上の如き觀察及び後述するやうな理由から判斷すると「小球中の鳩色粒子は  $MnS$  なり。」の結論に達する。

1/16 in の對物鏡で觀察すると基質は第一鐵共晶物であるやうであつて、主に二つの物質から成つて居る。其の一は暗色で硝子状光澤を有し多くは平行の層を成して居る。他の一は黄色の極度に微細なる粒子であつて網目状に配列して居る。第 29 圖はこの典型的な場合である。この寫眞では明かに暗色の層を認める事が出来る。その層の間に細かい粒子が線状をなして挟まれてゐるのを微かに認める。この寫眞は餘り鮮明でないが油浸レンズを用ひても却つて不明瞭となるので、之以上の鮮明度を求める事は困難なのである。基質中に  $MnS$  粒子の他にもつと色の黒い 2 種類の介在物が胚胎して居る事がよくある。兩者共蛋白光澤かそれに近い光澤を有し、一は明かに自形であり他は不規則な形をなして居る。第 41 圖に兩者を示した。兩者共幾分の  $MnS$  を含んで居る事に氣付くであらう。かくして複雑なる組織の小球中に少くとも 2 乃至 5 種の介在物の存在する事がわかつた。之は次のやうに考へるのが便利である。(1) 大小の  $MnS$  介在物。(2) 基質自體中に存在する硝子光澤を有する暗色物質。(3) 基質中に網目状又は線状をなして配列する黄色微粒子。(4) 非常に黒ずんだ非晶質結晶。(5) 蛋白光澤を有するも色調の非常に黒い  $MnS$ 。

既述の如く(1)は確に  $MnS$  である。他の 4 つの組織も既に豫測したところであるが、更にこの鋼を造る場合にフェロマンガンを除く以外の脱酸剤を用ひなかつた事、並にこの鋼は 0.03%  $O_2$  以上を含んでゐる事を考慮し、綿密に小球を觀察した結果次の如き假説に到達した。即ち(2)は或種の珪酸鹽である事は殆ど間違ない。(3)は極度に細かく分布し基質に黄色を與へて居るが之は  $FeS$  であらうと思



第 39 圖  $MnS$  を多量に含む小球



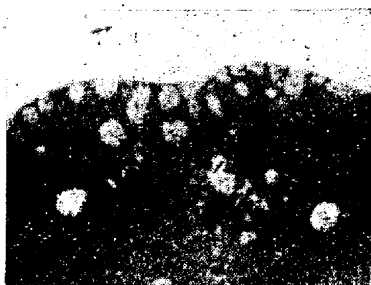
第 40 圖  $MnS$  を多量に含む小球



第 45 圖 小球中の樹枝状  $MnS$   $\times 870$  (1450°C より焼入)



第29圖 小球中の  $MnS$  及び  
基質  $\times 450$

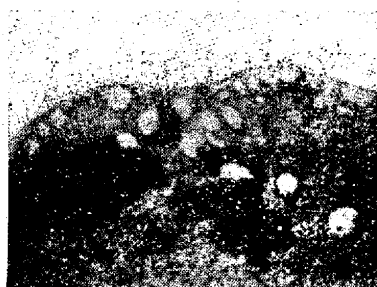


第41圖  $MnS, FeO$  及び  
Chromite を有する小球  $\times 450$

第6表 介在物の種類

介在物 型符號	推定成分	反 滓 色	反 應		
			2% 鹽酸アル コール溶液	2% 硫酸 水溶液	非 酸
1	$MnS$	明 青 色	不 溶	完全に溶解	—
2	珪 酸 鹽	灰 黒 色 (定まる變化なし)	殆ど不溶	殆ど不溶	烈しく 腐蝕
3	$FeS$	不 定 色	不 溶 (?)	觀察不能	—
4	Chromite	黒 色 (變化なし)	不 溶	不 溶	蝕されず
5	$MnO$ を含む $FeO$	(1)よりも暗色	完全に溶解	—	—

はれる。(4)は色及び形が Chromite に酷似して居り、(5)は外觀から  $FeO$  ならんと判定した。之等の判断が正しい事を證明する爲に次の如き實驗を行つた。先づ試片を黄褐色に反滓色處理を行つて檢鏡し、次に再研磨して下記の試薬中に二、三分間浸漬した。(a) 2% 鹽酸のアルコール溶液 (b) 2% 硫酸水溶液 (c) 弗化水素酸。5種の介在物に對する之等の試薬の作用を第6表に示した。上記の假説がよく的中してゐる事が頷ける事と思はれる。



第42圖 第41圖と同じ  
試料を2%鹽酸アルコール溶  
液中に浸漬せるもの  $\times 450$

この試験に依り(5)型の介在物は  $FeO$  か  $MnO$  か、或は兩者の混合物である事が明かとなつた。即ち介在物にして之等以外のものであるとせば、かくも容易に稀酸で溶解される事はないからである。第41圖及び第42圖を比較すると、この介在物に對する試薬(a)の作

用を或程度理解出来る。第41圖及び第42圖は試薬に浸漬する以前のものとして3mm浸漬後軽く布片で磨いたものである。第42圖では(5)型介在物の存在して居る場所に黒色の孔が出来てゐるが、これ以外にも  $MnS$  粒子の數に變化が見られる。之等の事實から推して基質自体も完全には試薬に不溶性のものではない事がわかる。鋼中には可成りの量の酸素が含まれて居るが、實際觀察可能な  $FeO$  は案外極く少數であつて、此の  $FeO$  は如何なる試料の場合にも小球以外の場所では見出す事が出来なかつたし、試片Aを  $1450^{\circ}C$  から放冷したものでは酸化物と硫化物との共晶は小球以外には存在しなかつた。試料 No. 1 及び No. 3 の場合には小球を極く少數しか含

有して居ないから、大部の酸素は恐らく鐵中か  $MnS$  中に固溶してゐるものと思はれる。實際このやうに考へると  $MnS$  が一般に不透明である事が説明出來よ

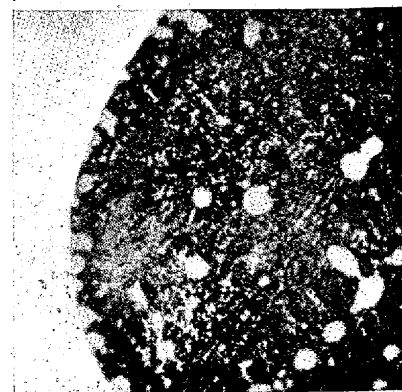
う。  
又上の試験に於て自形結晶をなして居る(4)型介在物の變化を見ても、今迄の歎想が裏切られるやうな事はなかつた。この(4)型介在物は chrome と同じく、こゝに用ひた3種の酸には全然蝕されない。即ち基質が弗化水素酸に侵されて深い孔を作つても、その中にこの介在物は完全な形で残つて居る。少量のクロムは鋼中に常に存在するものであつて、この鋼では  $0.036\% Cr$  であつた。従つて鋼浴中の炭素量が約  $0.10\%$  以下に下ると酸素量が増加し、之と共にクロムの酸化物が少量は生成する。殊に鋼中の  $FeO$  の高い場合にはクロムの酸化物は出來易い。この鋼が實際クロムの酸化物を含有して居る事を試料 No. 2 を用ひて實證した。即ち  $65g$  の試片を硝酸(比重  $1.2$ )に溶解し、この溶液に過マンガン酸カリを加へ硫酸第一鐵で處理し、不溶性残渣を秤量した。残渣重量は  $0.025g$  で、 $0.0011g$  の  $Cr$  を含有し chromite  $9.1\%$  を含有して居る事になる。 $FeO$  介在物の場合の如く(4)型介在物の自形結晶も小球の内部だけに認められるが、これがその系の一成分であるのか單に巻き込まれたに過ぎないものかは確

ない。

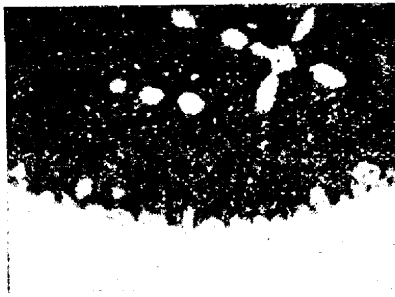
この鋼は  $0.01\% Si$  以下であるのだが、硝子光澤を有する(2)型介在物は弗化水素酸に侵される速度から考へて、一種の珪酸鹽である事は先づ確なところである。之は fayalite か rhodonite と見做してよいやうである。即ち小球中に  $FeO$  なる鹽基物が屢存在する事から考へて、無水珪酸を高次を含む珪酸鹽が生成する事は殆ど考へられないからである。

この試験を行つても(3)型介在物に就ては確な結果を得る事は出来なかつた。この介在物は構成粒子が極度に微細であるので觀察が困難であるからである。そこで之等の粒子を凝集せしめる事が可能かどうか考へた。先づ第1の試みとして試片を石英管に入れて密閉し  $960^{\circ}C$  で  $24h$  加熱したが粒子は格別成長しなかつた。併し第二に同温度で  $62h$  加熱したのものには著しい變化が起つた。(3)型介在物は多數の遙かに大形の粒子で置換されてゐた。この粒子は加熱着色(heat-tinting)處理の前後に於ても、試薬(a)及び(b)に對する

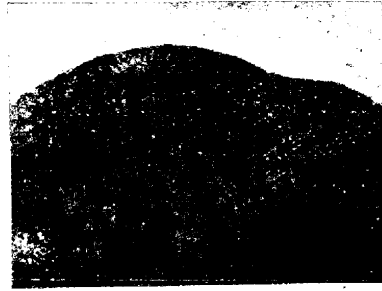
反應から見ても  $MnS$  に酷似してゐる。第30圖は之等の粒子であるが、 $MnS$  介在物の色を標準として比較すると、一般に小球の色の變化は著しく、第29圖に示す處理前のものに比して基質の色が一層黒くなつて居る。色の變化の他にも一つ明かな變化がある。第30圖に見る如く小球の基質



第30圖 小球( $960^{\circ}C$  にて  
 $62h$  加熱せるもの)  $\times 450$



第 31 圖 1100°C から  
焼入れたる小球  
×450



第 32 圖 1300°C から  
焼入れたる小球  
×450



第 33 圖 1300°C から  
焼入れたる小球  
×950

には今度は白色粒子が多数現はれて居る。最初之等の新しい介在物は炭化物であらうと考へたが、その後試験の結果フェライトである事が明かとなつた。之等はピクリン酸ソーダの冷液に2h浸漬しても全然侵されず、加熱着色を施すと周囲の金属と同一の色を呈する。此のフェライトは長時間加熱せる間に沈積せるものか、最初から極度に細かく分布してゐたものか明かでないが、この面を1300°Cに加熱するとフェライトは再び消失するから沈積したものと考へるのが至當であらう。

話は又前の變化に立戻るが、×型粒子が基質から消失して細かいMnSが増すのは、(3)型粒子は本當はFeSであつてこれと周囲の珪酸鹽中のマンガンを相互に作用して、MnSに變化したものと考へられる。鐵及びマンガンの硫化物と珪酸鹽が作用し合ふ事は普通に見受けるところである。両者が同時に凝固せる鋼中に來る著しい例は酸性爐鋼を用ひて擴散試験を行つた場合に見た通りである。この試料は鑄造條件の如何によりFeS粒子以外に少数の硝子光澤を有する黑色珪酸質介在物を含有するに至る。そしてこの2種の變種は普通第35圖に見る如く別々に現はれる。1250°C及び1340°Cに加熱するやうな試験を行ふと珪酸質物質は全部FeSに吸収されて、その結果第37圖に見るやうな多数の合成介在物が生成する。

従つて小球の透明基質は主に fayalite, rhodonite の二つ若くは一つとFeS及び少量のMnSとが緊密なる混合物をなして居るものであると考へても、今迄正しいと考へて來た論據に何等支障を來さない。私はかゝる假説に到達したが、更に Andrew, Maddocks 及び Fowler の研究に依り確かめられた。この報告の中で著者はMnS-fayalite系及びMnS-rhodonite系に就て熱的、顯微鏡的研究を記載して居る。著者はこの兩系共一方の端で一定の固溶限を有する第一鐵共晶の形を成して居り、兩者頗る相似してゐる事を見出した。熱的研究の資料に依るとMnS-fayalite系の共晶物は約1050°Cで熔融し、MnS-rhodonite系の熔融點は1250°C附近であつて、兩者共約10%のMnSを有して居る。MnS-fayaliteの顯微鏡寫眞は掲載されてないが、MnS-rhodoniteのものは数枚載せてある。共晶物のものもある。之を綿密に檢すると第29圖に示した小球の基質の組織に酷似して居る事がわかる。

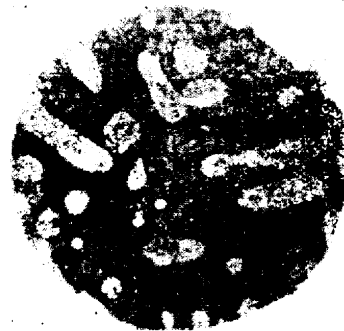
以上の結果から更に次の實驗を行つた。即ち試料 No. 2 の試片を960°Cで86h加熱して焼入れたものと、同試料をMnS-fayaliteの共晶温度直上から焼入れたものとを比較して、小球中に表はれた變化を調べた。この爲に1100°Cの還元氣中で7mn加熱した後、加熱管を開いて直ちに試片を水中に投じた。この試片を檢すると、元の状態に比して小球に確に變化が起つて居る。即ち第31圖に見

る如く基質から(3)型介在物が消失して、比較的少數の小形のMnS介在物が残つて居る。基質自體は粘稠な状態に在るものの如く、基質は黑色となり、第29圖のものと比較すると完全には均一ではなく硝子光澤を有するものとなつて居る。他の断面即ち強め960°Cに加熱せるものには全然變化は起らず、組織は第30圖のものと同一であつた。そこでこの試片を又1300°C(MnS-rhodonite系の共晶温度直上)に短時間加熱し焼入した。この温度では小球中に著しい變化が起つた。即ち小球は第32圖に見る如く組織がなくなり、硝子状と稱してよい程に變化を起して居る。尙、フェライトの粒子は全然消失し、恰も大形のMnS介在物が溶解し去つたかの如くに崩壊してしまつて居るものもあるやうである。第33圖はその一例であるが、主介在物の傍に細かく散在するMnSの粒子が透明になつて居る事に氣付くであらう。之等の微細な粒子は少數の

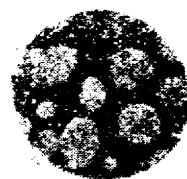
小球中に残つて居るだけで他の小球中にはMnSが増加して居るやうである。

以上種々の試験結果を綜合すると次のやうになる。基質は第一鐵共晶で、MnS-FeS-fayalite-rhodonite系に屬し、場合によつてはFeOが含まれて居る。この結論を更に證明するものとして他の觀察を述べた。一般

に小球中の比較的大きな介在物はMnSであり、時にFeO及び(4)型介在物の2つ又は1つが之と共存し、硝子状珪酸鹽の認められる事もあつた。第44圖はこれであつて、自形結晶が1個存在し、其の他に内滲反射を示す黑色粒子が認められる。(譯者は日本特殊鋼株式会社に在勤)



第 44 圖 MnS, chromite  
及び珪酸鹽を有する小球 ×420



第 46 圖 典型的小球體 ×420