

(55) 鋼中の直線状非金属介在物

(冷却中の挙動と成分)

The Needle-like Nonmetallic Inclusions in Steel

(The behaviour and constituents of the inclusions during cooling)

K. Matsubara, et alii.

北海道大学工学部 工博 萩 原 巖
 “ 工〇松 原 嘉 市
 “ 工修 井 上 浩

I. 結 言

ここでいう鋼中の直線状非金属介在物とは Photo. 1 に示すように、widmanstätten 組織状に分布した板状および点線状介在物を指す。

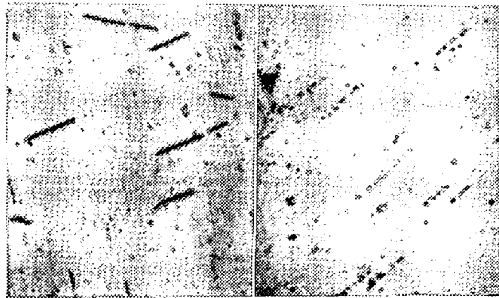


Photo. 1. The needle-like nonmetallic inclusions in Ni-Cr steel. $\times 870$ ($1/2$)

戦前蒔田宗次氏¹⁾は種々の鋼塊中に板状介在物を発見し、また小林佐三郎氏²⁾は 40 t の Ni-Cr 鋼塊中に同様の介在物を認め冷硝酸で抽出して鉄硅酸塩であるとした。戦後 Preece と Irvine³⁾, Ko と Hanson⁴⁾, Wheeler, Kondic および Ko⁵⁾, 最近では河合正吉氏⁶⁾がそれぞれ板状介在物の存在を指摘し硫化物であるとしているが、いずれもそれに関する詳細な研究は行われていない。著者の一人は戦前実験室的な小鋼塊を熔製後徐冷して、これに大鋼塊に発生したものと同様な widmanstätten 組織状の非金属介在物の得られることを見出しており、さらに最近小鋼片を高温度に加熱後徐冷することによっても全く同じものを作り出すことに成功したので、これらについて研究を行い、直線状非金属介在物の析出温度範囲、冷却速度の影響、成分の鑑定などを明らかにしたので報告する。

II. 実 験 結 果

(1) 予備実験

Ni-Cr 鋼 (0.23% C, 1.0% Si, 0.32% Mn, 0.010% P, 0.035% S, 1.5% Ni, 0.8% Cr) の 500 g の小鋼塊に

ついで予備実験の結果、直線状介在物が凝固後の徐冷によつて約 1200°C 附近から析出し始めることを知つた。また一度常温まで冷却せる鋼塊から切出した小鋼片を再加熱した場合 1450°C を越すと始めて、凝固鋼塊と同様にその後徐冷することによつて直線状介在物の発生することを確めた。このような温度では粒界の熔融が明かに認められた。

凝固による実験は個々の試料の成分の不同を来しやういので、以後の実験は特記しないかぎり同一の鋼塊 (500 g) より切出した小試料 (約 8 g) を 1500°C に加熱保持する方法によつた。

(2) 冷却速度の影響

1500°C より 1200°C まで一定の冷却速度 (約 70°C/mn) とし、1200°C より種々の冷却速度で 1000°C まで冷却後水冷して直線状介在物の有無を調べた結果、72°C/mn では認められず 55°C/mn では生成されていた。

また 43, 36, 22°C/mn の冷却速度で得られたものは、いずれも 5°C/mn のものよりも発生量の増大している傾向が観察された。この介在物の発生にはある最適の冷却速度の存在することがうかがわれる。

(3) 析出温度範囲

1500°C より所定温度まで約 100°C/mn の速度で冷却し、その温度から 50°C まで 1°C/mn で徐冷後水冷することによつて Ni-Cr 鋼および C 鋼について析出温度範囲をもとめた。用いた試料の分析値を Table 1 に

Table 1. Chemical composition of specimens (%)

Specimen	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
Ni-Cr steel	0.28	0.56	0.22	0.013	0.055	1.50	1.0
Ni-Cr steel	0.14	0.42	0.18	0.017	0.104	1.70	0.4
C steel	0.08	0.24	0.20	0.011	0.055	—	—

示す。その結果直線状非金属介在物の析出温度範囲は Ni-Cr 鋼, C 鋼とも 1200~800°C の間であることが確認され、特に 1000°C 以下では点線状介在物が Widmanstätten 組織状に析出することがしられた。

予備実験において直線状介在物の生成開始温度までの冷却速度は 5°C/mn, 今回の実験では 100°C/mn であったが、冷却速度による生成開始温度の影響は認められなかつた。

直線状介在物 (1100~1050°C) と点線状介在物 (950~900°C) の析出中の保持時間を 10, 50, 250mn と変化させ生長、凝集の有無を調べたが、いずれの場合も変化が認められず、点線状から直線状へ特に発達するとい

Table 2. Chemical analyses of Ni-Cr steel and relation with the inclusion.

Mn/S	S	Mn	C	Si	P	Ni	Cr	Inclusion
0.4	0.441	0.20	0.26	0.46	0.018	1.72	0.38	very few
1.7	0.104	0.18	0.14	0.42	0.017	1.70	0.38	few
3.1	0.077	0.24	0.16	0.61	0.025	1.74	0.41	many
6.9	0.032	0.22	0.16	0.46	0.020	1.76	0.40	few
15.0	0.016	0.24	0.16	0.65	0.021	1.76	0.40	nil

うようなことも起らなかった。以上から直線状および点線状介在物の析出はきわめて短時間の内に完了するものと考えられる。

(4) 成分の鑑定

顕微鏡下で化学試薬によつて鑑定する方法を用いた。はじめに Urban と Chipman⁷⁾ の方法を採用し FeS 系硫化物らしいことが知られたので、さらに Whiteley⁸⁾ の硝酸銀溶液による硫化物と酸化物を区別する方法を用いた。その結果直線状非金属介在物はいずれもほとんど硫化物から構成されており、まれに粒状の酸化物の含まれていることもあつた。ついでクロム酸溶液によつて MnS と FeS を区別する Whiteley の方法⁹⁾ を行つたところ、1200~1000°C で発生した直線状介在物およびそれを 630°C まで再加熱したものでは FeS と MnS の両者から成立つており、一方 1000~800°C で発生した点線状介在物と、800°C まで再加熱せる直線状介在物はほとんど MnS から構成されていることが判明した。

(5) Mn/S 比と生成量

直線状非金属介在物の成分が MnS と FeS から構成されていることが知られたので、試料の Mn/S 比を変化させその介在物生成との関係を Ni-Cr 鋼と C 鋼について調べた。Ni-Cr 鋼の場合には Mn を一定 (約 0.2%) にして S を変化させ、C 鋼では S を一定 (約 0.06%) に保つて Mn を変化させた。その化学分析値を Table 2, 3 に示す。

実験の結果は Ni-Cr 鋼, C 鋼いずれも同一の傾向を示し, Mn/S 比 3 前後に直線状非金属介在物が最も大量に生成され, それより遠ざかるにつれて次第に減少していった。また Mn/S 比が 15 以上になると Mn, S の量が多くとも直線状非金属介在物は生成されなかつた。

直線状非金属介在物の生成量が Mn/S 比 3 附近に極大値を有する理由は説明できないが, この介在物が MnS と FeS から構成されているという化学試薬による鑑定結果を裏付けるものと思われる。

(6) 脱酸剤の影響

Si および Al を脱酸剤として用いた時直線状非金属介在物の大きさ, 生成量などの関係を調べた。その結果 Si

Table 3. Chemical analyses of C steel and relation with the inclusion.

Mn/S	Mn	S	C	Si	P	Inclusion
0	tr	0.056	0.06	0.36	0.007	nil
0.5	0.03	0.062	0.11	0.34	0.009	nil
2.6	0.15	0.058	0.11	0.34	0.009	few
3.6	0.20	0.055	0.08	0.21	0.011	many
6.4	0.40	0.062	0.10	0.38	0.007	few
23.7	0.90	0.038	0.10	0.25	0.011	nil
0.5	0.22	0.410	0.20	0.35	0.008	very few

は 0.2~1.2% では全く影響のないことが知られた。Al は 0.01% 程度では変化がないが, 0.13% の時は直線状非金属介在物の生成量には変りがないようであるが, 一次晶の大きさを小さくし一粒子内に一個しか存在せず, 微細化されていた。

文 献

- 1) 蔦田: K. K. 日本製鋼所, 室蘭製作所, 所内報告 昭和 6 年, 第 6 の 122 号
- 2) 小林: 鉄と鋼, 18 (1932)
- 3) A. Preece, K. J. Irvine: J. Irons & Steel Inst., 157 (1947), pp. 336~343
- 4) T. Ko, D. Hanson: J. Iron & Steel Inst., 164 (1950), pp. 51~62
- 5) J. A. Wheeler, V. Kondic, T. Ko: J. Iron & Steel Inst., 167 (1951), pp. 301~308
- 6) 河合: 鉄と鋼, 41 (1955), p. 1234, 42 (1956), p. 20
- 7) S. F. Urvan, J. Chipman: Trans. A.S.M., 23 (1935), pp. 645~671
- 8) J. H. Whiteley: J. Iron & Steel Inst., 160 (1948), pp. 365~366
- 9) J. H. Whiteley: J. Iron & Steel Inst., 154 (1946), p. 409