

Fig. 3. Effect of cooling rate on high-temperature ductility of medium carbon steel containing 0.049% Al and 0.019% N after forging (D=6mm, L=20mm and drawing speed=50mm/mn).

におよぼす冷却速度の影響は大きい。すなわち curve B および C の場合がもつとも低く、徐冷の curve E の場合がもつとも高く、curve A あるいは D はそれらの中間にある。このような現象が AlN の析出の形態の相違によるものであることは鑄造のままの試料の場合とおなじである。なお Fig. 3 には熱間鍛造後 850°C の焼準処理をした試料の値も示しているが、フェライト・パーライト域ではこれがもつとも高い値を示している。これも AlN の析出の形態および結晶粒度の相違によるものと思われる。

大きさの異なる鋼塊について行なつた実験の結果は上の Fig. 2 の場合とほぼおなじ傾向を示していた。径 25 mm の丸棒状の鑄造試料から削出した試片は Fig. 2 の curve A の試料とおなじ程度の延性を示し、2t 鋼塊からの試片は Fig. 2 の curve C の試料より少し高い延性を示していた。鋼塊の大きさによつて冷却速度が異なり、そのために冷却時に析出する AlN の形態が異なり、高温延性に差を生ずるものと思われる。

IV. 要 約

以上のような実験によつて AlN の固溶温度からの冷却速度が非常に速いために AlN がオーステナイトの粒界に連らなつて析出する余裕がない場合、あるいは冷却速度が非常に遅いために凝集および成長した大型の AlN となつて散在して析出する場合には、750°~1000°C のオーステナイト域で高い延性を示すが、その中間の冷却速度のときにはオーステナイト粒界に連らなつて析出する微細な AlN が延性を非常に低下させることを示した。また 600~700°C のフェライト・パーライト域では中間の冷却速度以上の徐冷を行なつたものは低い延性を示す傾向のあることも示した。

文 献

- 1) 長谷部: 鉄と鋼, 46 (1960), 3, p. 332~335
- 2) " : " , 46 (1960), 10, p. 1284~1286.
- 3) " : " , 46 (1960), 10, p. 1286~1289

(149) 鋼中の Ti, Zr, V および B の窒化物の形態

(鋼中の窒化アルミの研究—V)

住友金属工業中央技術研究所 長谷部 茂 雄
Morphology of Titanium, Zirconium, Vanadium and Boron Nitride in Steel.
(Study of aluminum nitride in steel—V)

Shigeo HASEBE.

I. 緒 言

さきの第2報¹⁾において Ti, Zr, V および B の添加はいずれも AlN による高温延性の低下を防ぐのに効果のあることについて報告した。

Ti の添加が中炭素鋼の鋼塊割れを防ぐ効果のあることは DESAI²⁾, BIGGS³⁾ および谷口ら⁴⁾によつて認められており、V の添加も同様の効果のあることが DESAI²⁾によつて認められている。DESAI の結果²⁾と相違するが Zr についても、また B についても、Ti や V とおなじ効果を期待することができることを報告したのであるが、本報では Ti, Zr, V および B の各窒化物の形態について調査し、前報までに報告した窒化アルミ (AlN) の形態との比較を行なつた。

II. 実験方法

Al と同時にそれぞれ Ti, Zr, V および B を添加した中炭素鋼 (C 0.45%, Si 0.30% および Mn 0.80%) および低炭素低マンガン鋼 (C 0.20%, Si 0.30% および Mn 1.35%) について調査した。

主として高周波炉によつて溶製した 50 kg 鋼塊を試料とした。酸可溶の Al はおよそ 0.05%, N はおよそ 0.008% と 0.018% の 2 種類, それにそれぞれ Ti を 0~0.15%, V を 0~0.15%, Zr を 0~0.20% あるいは B を 0~0.05% の範囲に変えて添加している。

各窒化物の観察は主としてカーボン抽出レプリカ法によつた。なお低炭素低マンガン鋼についてはさきの第 2 報¹⁾とおなじく高温引張試験を行なつた。

III. 実験結果ならびに考察

Photo. 1 および 2 には低マンガン鋼の 50 kg 鋼塊の鑄造のままの試料(酸可溶の Al 0.045%, N 0.018% および Ti 0.04%)より抽出された析出物を示す。Photo. 1 には大型の立方体状の TiN と線状に連続して析出している微細な AlN が見られる。このような大型の TiN はかなりの高温においてすでに析出していたものであり, 1350°C の固溶処理によつても消失しない。線状の AlN はオーステナイトの粒界に析出したものと思われる。

Photo. 2 は Photo. 1 の線状に連続して析出した AlN の部分を拡大して示したものである。電子線解析の結果線状に連続した析出物は主として AlN であること, またフェライト地の中に散在する微細な析出物は TiN を多く含むことが判る。このように TiN は Photo. 1 に示したような大型の立方体状の析出物として存在し, また Photo. 2 のフェライト地に散在しているような微細な立方体状の析出物として存在している。なお微細な TiN

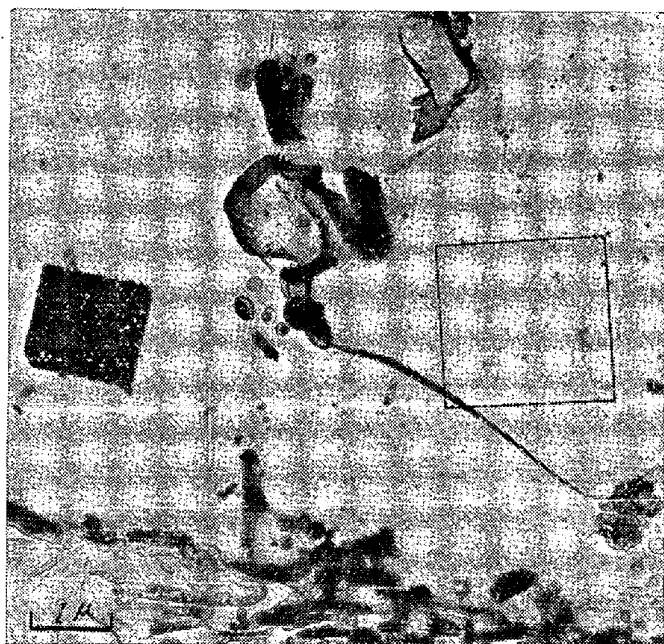


Photo. 1. Large TiN and small AlN precipitates in a line extracted from medium-carbon steel containing Ti, Al and N.

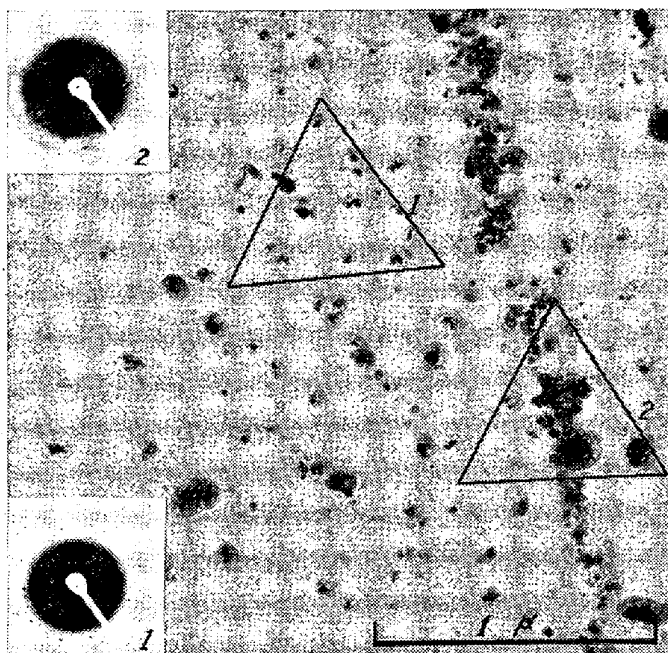


Photo. 2. The same precipitates as shown in Photo. 1 observed by higher magnification. Small AlN precipitates are aligned, while small TiN are scattered.

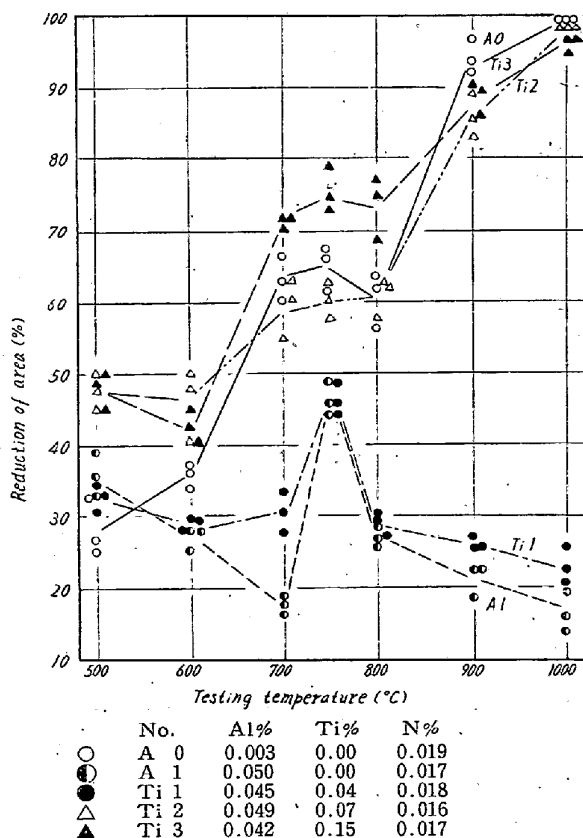


Fig. 1. Effect of Al and Ti on high-temperature ductility of low-carbon and Mn steel as cast (D=6mm, L=20mm and drawing speed=50mm/mn).

の中にはオーステナイトの粒界にそつて連続して析出したと思われるものもある。

Fig. 1 にはおなじく低炭素低マンガン鋼の高温延性におよぼす Ti 添加の影響を示した。50 kg 鋼塊より削出した鑄造のままの試料の場合であるが、さきの中炭素鋼の場合りとおなじように Al のみの添加は 600°C 以上の延性をいちじるしく低下させている。Ti は 0.15% まで量を変えて添加したが、Ti 0.04% ではその効果が見られない。これは Photo. 1 および 2 に見られたような線状の AlN によるものである。Ti を 0.07% および 0.15% 含む試料では線状の AlN は見られなくなる。高温延性の回復はこのような窒化物の形態の変化によるものと思われる。

Photo. 3~5 には Al および N と同時にそれぞれ Zr, V および B を添加した中炭素鋼の 50 kg 鋼塊の鑄造のままの試料から抽出された各窒化物を示した。いずれもオーステナイト域で高温引張試験を行なったあと急冷したマルテンサイトの地の中に析出する窒化物を示したものである。

Photo. 3 は酸可溶の Al 0.048%, N 0.015% および Zr 0.18% を含有する試料より抽出された立方体状の ZrN である。TiN とおなじく大型のものからかなり微細なものまで見られる。

Photo. 4 は酸可溶の Al 0.042%, N 0.015% および V 0.15% を含有する試料より抽出された微細な立方体状の VN である。TiN および ZrN とおなじく大型の立方体状のものからこのように微細なものまで見られる。

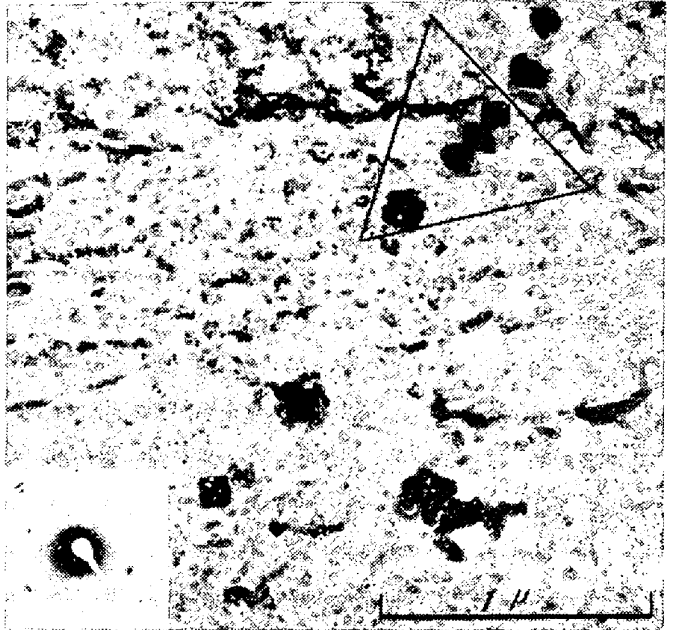


Photo. 4. Small VN precipitates extracted by carbon extraction replica from medium-carbon steel containing V, Al and N.

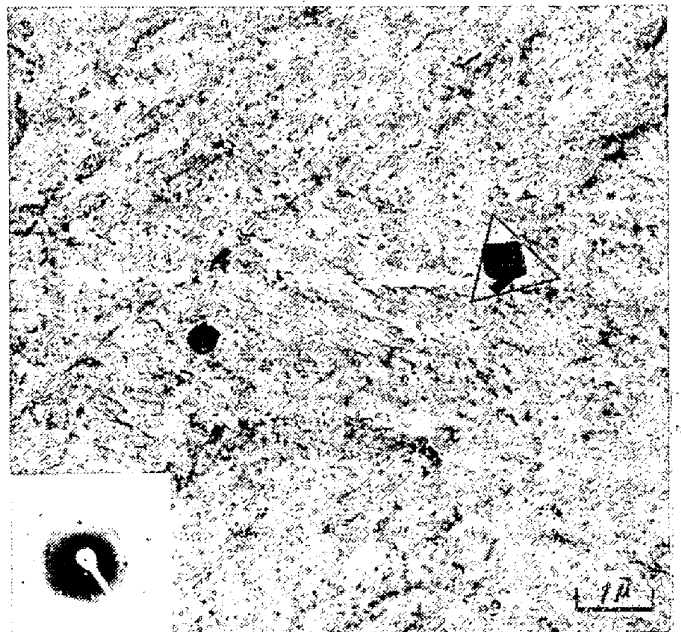


Photo. 5. Precipitates extracted by carbon extraction replica from medium-carbon steel containing B, Al and N. They seem to be boron nitride.

Photo. 5 は酸可溶の Al 0.041%, N 0.015% および B 0.02% (添加量) を含有する試料より抽出された立方体状の析出物である。おそらく B の窒化物 (BN あるいは BN_2) と思われる。

IV. 要 約

鋼中の Ti, Zr, V および B の窒化物はいずれも Al の窒化物より安定であり、これらの諸元素が十分な量添加されると AlN の析出は見られなくなる。またいずれも

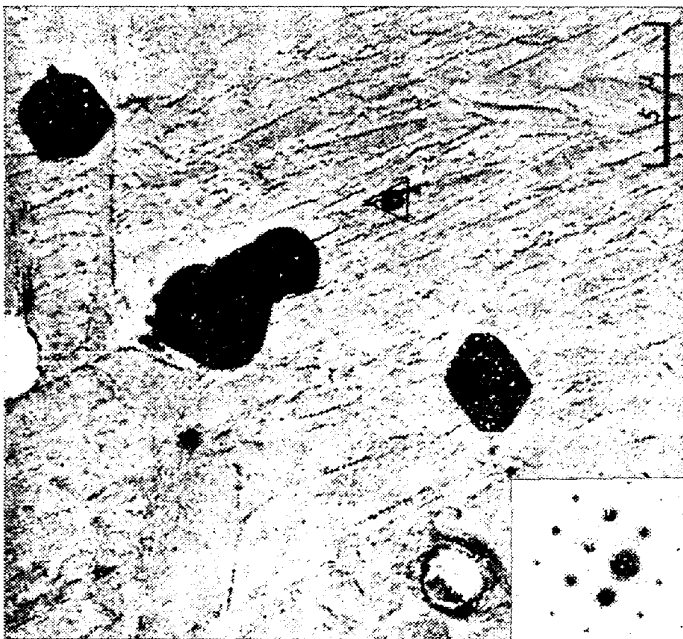


Photo. 3. Large ZrN precipitates extracted by a carbon-extraction replica from medium-carbon steel containing Zr, Al and N.

立方体状の析出物であり大型のものから微細なものまで見られるが、微細なものも AlN のように粒界に連らなつて析出しない。これらの諸元素の添加が AlN による高温延性の低下を回復させるのはこのような析出形態の相違によるものと思われる。

文 献

- 1) 長谷部: 鉄と鋼, 46 (1960) 10, p. 1284~1286
- 2) S. C. DESAI: J. Iron & steel Inst.(U.K.), 191 (1959), p. 250~256
- 3) B. L. BIGGS: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 192 (1959), p. 361~377
- 4) 谷口, 栗山, 井上: 鉄と鋼, 46 (1960) 3, p. 291~293

(150) ラジオアイソトープ追跡法による鋼中非金属介在物の起源に関する研究

八幡製鉄所技術研究所

田尻惟一・○島田道彦・森 久

Study on the Origin of Non Metallic Inclusions in Steel by Radioactive Tracer Method.

Ichi TAJIRI, Michihiko SHIMADA and Hisashi MORI.

I. 緒 言

ラジオアイソトープにより造塊用耐火物を標識して、鋼中非金属介在物の起源を追求する方法は、斎藤などによつて行なわれているが、筆者らも $^{95}\text{Zr-Nb}$ によつて標識したノズル煉瓦に由来する外来介在物研究の予備実験を行なつたので報告する。

II. 実 験 法

ノズル煉瓦の化学組成は、64% SiO_2 , 29% Al_2O_3 , 3% K_2O その他のものであり、これを 800°C 3時間素焼する。これに $^{95}\text{Zr-Nb}$ oxalate 水溶液を 5mm 程度の深さにまで浸透させる。この場合、輸入した $^{95}\text{Zr-Nb}$ 原液を水またはアルカリまたは酸で希釈して浸みこませると、煉瓦表面にいちじるしく富化して均一な標識を行ないえない。そこで原液を錯塩形成剤として、0.5N 蔞酸で希釈すると、偏析程度は、表面より 3mm 深さで表面の 94~96%, 5mm 深さで 91~94% に軽減させることができる。この標識素焼煉瓦を所定の条件で本焼成を行なつた。このノズルを 250 kg 取鍋にとりつけ、製鋼研究室 250 kg 電気炉にて Table 1 に示す鋼を溶製し、上

Table 1. Chemical composition of the ingot.

C%	Si%	Al%	Mn%	P%	S%	O%	N%
0.14	0.023	0.025	0.60	0.012	0.011	0.011	0.0045

注により 185 kg の鋼塊に造塊した。なお鑄型は鉄箱に入れ、発生する放射性粉塵はフィルター付きのエジェクターで吸引することによつて除いた。鋼塊を中心線を通る面で縦断し (A断面)、また底部より 1/10 高さで横断し (B断面)、さらに底部より 1/3 高さで横断し (C断面)、各断面全域を分割して、約 $3 \times 3 \times 2\text{cm}$ の試料片を切り出した。この試料片を厚さ 6cm 以上の鉄製シールドに入れ、東芝製シンチレーションカウンタープロープに密着させて、放射能を計数した。一方使用済みのノズル煉瓦標識部を粉砕し、これを $3 \times 3\text{cm}$ の薄鋼板に均一に塗りつけたものを厚さ 2cm に積重ねた同一寸法の薄鋼板のいろいろの位置にサンドイッチ状にはさみ、同一幾何学的条件で計数して、 $3 \times 3 \times 2\text{cm}$ の鋼片に均一に標識煉瓦粉が分散しているときの計数値を求めたところ、煉瓦粉 1mg が 490 cpm に相当した。よつて鋼塊より分割採取した試料片の計数値を 490 で割つてやれば、各試片中に存在するノズルに由来する外来介在物の重量を求めることができる。

III. 実験結果と考察

鋼塊縦断面の外来介在物の分布を Fig. 1 に、横断面の分布を Fig. 2 に示した。おのおのの円の面積が外来介在物量に比例するように示してある。鋼塊肌部の位置に点線と実線の二重円で示してあるのは、点線の円は皮付きのままの測定値であり、実線の円は皮をむいたのちの測定値である。したがつて点線円と実線円との差は、肌部に存在する外来介在物の量を示していることになる。計算の結果、肌部にノズル煉瓦に由来する介在物が 720 mg 存在している。これは鋼塊内部に残留したノズル煉瓦に由来する外来介在物の量 730mg (鋼塊重量の 0.0004%) にほぼ等しく、いかに多量の外来介在物が、鋼塊表面に付着したかを示している。鋼塊上部表面と下部表面を比較してみると、Top 部上表面が $1.87\text{mg}/\text{cm}^2$ 、Top 部側面が $1.97\text{mg}/\text{cm}^2$ 、middle 部側面が $1.55\text{mg}/\text{cm}^2$ 、bottom 部側面が $0.20\text{mg}/\text{cm}^2$ であつて、鋼塊上部ほど、その表面に外来介在物が多量に付着したことを示している。つぎに鋼塊内部の外来介在物分布状況について述べる。まず縦方向の分布は bottom 部が 0.00034%, middle 部が 0.00039%, Top 部が 0.00048% で、Top 部が多いがその差はそれほどいちじるしくない。横方向の分布は、表面に近い方から順に