

669.14-426:621.785.47:667.046.558.5  
 :669.71:669.112.227.1-17

からの膨張は析出物の再固溶によるものと推定される。福井らの 17-7 PH ステンレスについての研究で析出相の再固溶がオーステナイト変態と同時に生じたとの報告<sup>6)</sup>があるが、本合金ではオーステナイトへの変態点が高いので、フェライト中に再固溶するようである。したがって変態点以下の広範囲の温度で再固溶することから靱性の改善を目的とする焼もどし条件の選択がかなり自由に行なうことができよう。

4. 結 言

以上の結果を要約すると次の通りである。

- 1) 時効後の硬度に対しオーステナイト化温度は過時効の領域で影響を与え、オーステナイト化温度が高いほど軟化は少なかった。
- 2) 1,000°Cより水冷した Fe-5%Ni-2%Al 合金を 580~710°C のいろいろの温度に加熱すると、580°C では保持時間とともに析出物の凝集と思われる軟化が生じ 650°C 以上では時間の影響はなかつ固溶量が大きく、時効により Hv 約 190 程度硬化した。
- 3) 時効硬度と基質の格子常数との間に相関性が認められ、本合金の時効硬化が析出硬化であり、また析出相が凝集する温度範囲が狭いことが推定された。
- 4) 本合金では析出相がフェライト中の広い温度範囲で再固溶するものと考えられ、したがって焼もどし条件をかなり自由に選択することができる。

文 献

- 1) 金尾, 青木: 鉄と鋼, 50 (1964) 4, p. 658
- 2) A. J. BRADLEY: J. Iron & Steel Inst.(U.K.), 163 (1949), p. 19
- 3) A. J. BRADLEY: J. Iron & Steel Inst.(U.K.), 168 (1951), p. 233
- 4) W. S. MOUNCE, A. J. MILLER: Metal Progress, 77 (1960) 2, p. 91
- 5) J. B. SEABROOK: Metal Progress, 79 (1961) 2, p. 80
- 6) 福井: 日本金属学会講演概要, 1964年10月, p.91

(201) 硬鋼線材のオーステナイト結晶粒の調整について

富士製鉄, 釜石製鉄所

工博 鳥取友治郎・○阿部 泰久  
 杉浦義次郎・山本 誠二

Control of Austenite Grain Size on the Hard Steel Wire Rod.

Tomojirō TOTTORI, Yasuhisa ABE,  
 Yoshijiro SUGIURA and Seiji YAMAMOTO.

1. 緒 言

硬鋼線材は二次工程において伸線加工をする関係上、パテンティング処理をして強靱で冷間加工性のよいソルバイト組織を得る必要がある。このため焼入性のよいオーステナイト結晶粒の粗粒で整粒な硬鋼線材が望ましく、また伸線後の捻回値や靱性の点からも粗粒鋼のほうが有利とされている<sup>1)2)</sup>。このように硬鋼線材として粗

粒鋼が必要であるが、粗粒鋼製造についての報告はほとんど見あたらない。筆者らはオーステナイト結晶粒が熱間加工により変化することに注目し、線材としてのオーステナイト結晶粒を粗粒にするためにはどのような調整が可能であるかを研究した。その結果熱間加工に適した脱酸方法を使用することにより、粗粒にしてかつ整粒な硬鋼線材を製造できるようになった。各種脱酸法と硬鋼線材のオーステナイト結晶粒の関連についてここにその概要を報告する。

2. 試料および試験方法

この試験に用いた試料の化学成分は C 0.55~0.65% Si 0.15~0.35%, Mn 0.30~0.60%のキルド鋼である。溶製は 140 t 塩基性平炉で行ない、Fe-Mn および Fe-Si によつて成分調整後脱酸を行なつた。脱酸剤としては Al 系, Ti 系, Ca 系のものを使用した。試料は取鍋下, 75mm 角ピレット, 5.5mm φ 線材のおのおのから採取し、オーステナイト結晶粒度, 非金属介在物, 地疵, 化学分析などに供した。使用した脱酸剤の成分は Table 1 に示すとおりである。

Table 1. Chemical composition of deoxidizer.

Deoxidizer	Si	Ca	Mn	Ti	Al
Al					99.8
Ti briquet				99.3	0.07
Ca-Si-Mn	44.4	22.1	21.3		
Ca-Si	57.8	35.0			

3. 試験結果および考察

3.1 オーステナイト結晶粒度

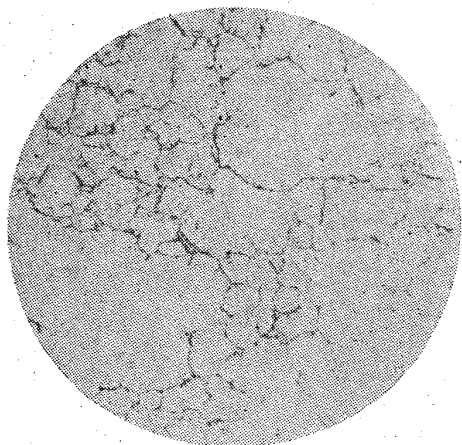
Al 系脱酸によるものは取鍋下試料で、細粒のものと粗粒のものに分けられる。細粒のものは sol Al が 0.007% 以上のもので、さらに 5.5mm φ 線材で細粒のままであるものと結晶粒が粗大化して粗粒になるものに分かれる。取鍋下で粗粒のものは sol Al が 0.007% 以下のものであり、5.5mm φ 線材で偏在型の混粒になる傾向が強く、整粒な粗粒鋼は得がたい。このように Al 系脱酸による場合はオーステナイト結晶粒が sol Al に非常に敏感なので、常に安定した整粒な粗粒鋼を得るためにはその調整に多くの困難を伴う。(Photo. 1 参照)

Ca 系脱酸によるものは比較的粗粒鋼が得やすく、Al に比較し粗粒鋼の製造が容易である。しかしながら合金剤としての比重が軽く (2.5~3.3 程度) その添加方法に注意しないと混粒が発生しやすい。(Photo. 2 参照)

Ti 系脱酸によるものは熱間加工と結晶粒度の関係が安定しており、チャージ間のバラツキ少なく整粒な粗粒鋼を製造するのに最も適している。(Photo. 3 参照)

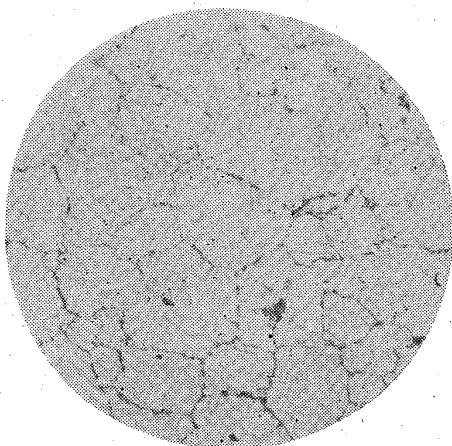
3.2 顕微鏡試験による非金属介在物

清浄度の測定結果は Al 系脱酸の場合には角ピレットで 0.03~0.13%, 5.5mm φ 線材で 0.02~0.10% の範囲であつた。Ca 系脱酸については全般に清浄度が悪くその中で A 系の珪酸塩と思われる長く伸びた介在物 (長さ 100 μ 程度) が突発していた。一方 Ti 系脱酸によるものは 75mm 角ピレットで 0.03~0.06%, 5.5mm φ 線材で 0.02% ときわめて清浄であり、他の脱酸のものに比較し安定して清浄な鋼を得ることができた。しかし



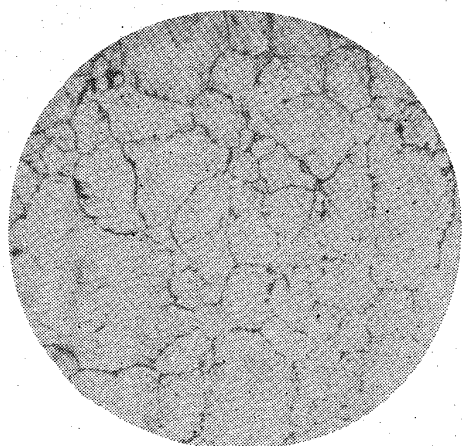
×100 (4/5)  
(Grain size No. 4.7 duplex grain).

Photo. 1. Typical austenite grain size of Al deoxidized steel.



×100 (4/5)  
(Grain size No. 3.4 regular grain).

Photo. 2. Typical austenite grain size of Ti deoxidized steel.



×100 (4/5)  
(Grain size No. 3.6 semiregular grain).

Photo. 3. Typical austenite grain size of Ca deoxidized steel.

ながら Ti 系脱酸の場合には  $10\mu$  程度の  $Ti(CN)$  が存在する. この  $Ti(CN)$  はきわめて硬度が高く熱間加工により変形していない. しかし均一な分布をしている.

### 3.3 地 疵

75mm角ピレットを 50mm  $\phi$  に鍛造し, 三段割り法により地疵の測定を行なった. Ca 系脱酸のものは全般に地疵箇数が多く, また最大地疵番号も大きいものが存在していた. 地疵の分布は試料の三段目すなわち中心部に多く, 発生原因不明であるが, 取鍋鎮静時間, Ca 系脱酸剤の投入方法の検討が必要なようである. Ti 系脱酸のものは地疵が非常に少なく, 清浄度の点も加味すれば非常に清浄な鋼といえよう. また Ti 系脱酸のものは地疵の発生が [Si] 含有量にあまり左右されない. Al 系脱酸のものは [Si] 含有量の少ないものが Ti 系脱酸のものの場合と同様に地疵の発生が少ない.

### 3.4 オーステナイト結晶粒の成長特性

取鍋下, 75mm角ピレット, 5.5mm  $\phi$  線材のオーステナイト結晶粒の関係を明らかにするため, おのおのオーステナイト結晶粒の成長特性を研究した. オーステナイト結晶粒に対する熱間加工の影響について, 多くの研究が行なわれており<sup>3)~7)</sup>, 高温加工により粗大化温度の低下することが知られている. これは加熱温度, 加工率, 仕上り温度に影響されているようである. 今 5.5mm  $\phi$  線材間の比較をすると Fig. 1 のように, 脱酸法の違いによつて差のあることがわかる. すなわち Al 系脱酸のものはやや急な粗大化傾向を示し, Ti 系, Ca 系脱酸のものはこれに比較して緩慢な成長を示している. Al 系脱酸の場合は  $AIN$  が一次偏析を起こす可能性が多く,  $AIN$  の多いところが細粒に, 少ないところが粗粒にと偏在型の混粒になりやすい. 一方粗大化温度も低いので粒の急激な成長時には  $AIN$  がオーステナイトへ固溶し, じかもこの現象が局部的に起こりやすく混在型の混粒になりやすい. これらのことから粗粒で整粒な成品を得るには  $AIN$  のごとき結晶粒の成長を阻止する物質をできるだけ少なくし, かつ均一にし, その上結晶粒の成長が温度上昇に比べて非常に緩慢であるようにしなければならない. Ti 系脱酸の場合もまったく同様に

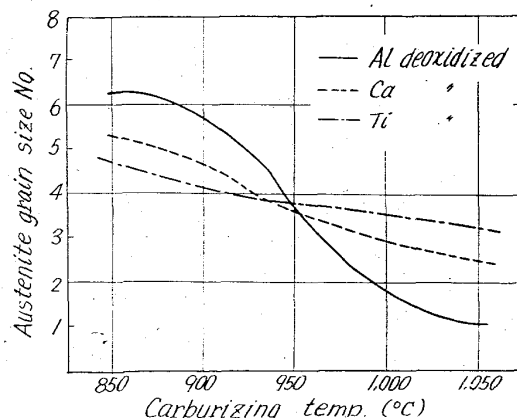


Fig. 1. Schematic diagram for comparison of austenite grain growth characteristics of steels treated by several deoxidizer.

TiN が結晶粒の成長阻止物質と考えられるが TiN は AlN に比較してかなり高温になるまで安定で、オーステナイトへ固溶しないため成長特性の急変が少ないものと考えられる。Fig. 1 からわかるように Ti 系脱酸のものは Al 系脱酸のものより成長が緩慢であり、1050°C の温度でも GS 3 以下にはなりにくい。このことから安定して粗粒鋼を作るのに適していることがわかる。

3.5 熱間加工によるオーステナイト結晶粒の変化

オーステナイト結晶粒は窒化物の析出温度と関連し、熱間加工により変化する。5.5mm φ 線材でオーステナイト結晶粒を粗粒にするには casting のままの状態での程度の結晶粒にするかが重要となる。Fig. 2 は取鍋下試料 (casting のまま, 熱間加工比=1), 75mm 角ピレット (熱間加工比=65), 5.5mm φ 線材 (熱間加工比=15,000) のおのおのにおけるオーステナイト結晶粒を示したものである。Al 系脱酸のものは熱間加工により不規則的な変化をし、たとえ casting 状態で結晶粒を調整しても 5.5mm φ 線材で一定の結晶粒を得ることはむづかしい。これは AlN の析出温度の低いことに関連している。これに反し Ti 系脱酸のものは漸進成長型でかつバラツキも少なく非常に安定している。 casting の状態で GS 5~6 の範囲に調整すれば 5.5mm φ 線材で GS 3~4.5 の範囲となる。Ca 系脱酸のものは Ti 系脱酸のものと同様に漸進成長型であるが、Ca 系脱酸剤の添加方法とも関連し、

混粒になり易い欠点を有する。

4. 結 言

1) Ti 系脱酸によりオーステナイト結晶粒を調整した硬鋼線材は熱間加工による結晶粒の変化が漸進的成長型で清浄度良好、地疵も少なく良質な粗粒鋼を製造しやすい。

2) Ca 系脱酸によりオーステナイト結晶粒を調整した硬鋼線材は熱間加工による結晶粒の変化が漸進的成長型であるが混粒の発生しやすいこと、清浄度、地疵の点で劣っていることから脱酸剤添加方法の検討が必要である。

3) Al 系脱酸によりオーステナイト結晶粒を調整した硬鋼線材は熱間加工による結晶粒の変化が不規則であり、整粒な粗粒鋼の製造には難点が多い。清浄度、地疵の点では [Si] を低目に調整すれば良好である。

文 献

- 1) 川上, 吉野: 鉄と鋼, 29 (1943) 9, p. 766
- 2) 菅浦: 鉄と鋼, 47 (1961) 7, p. 956
- 3) 河井, 益子: 鉄と鋼, 40 (1954) 3, p. 238
- 4) 河井, 益子: 鉄と鋼, 41 (1955) 4, p. 435
- 5) 益子, 鉄と鋼, 42 (1956) 3, p. 242
- 6) 益子: 鉄と鋼, 42 (1956) 6, p. 482
- 7) 益子: 鉄と鋼, 43 (1957) 10, p. 1122

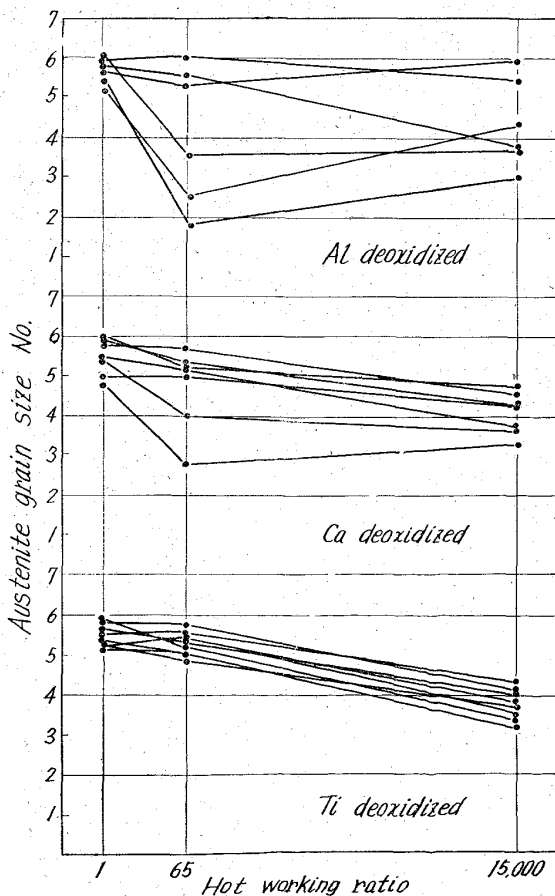


Fig. 2. Relation between austenite grain size and hot working ratio in steels treated by several deoxidizer.

(202) 高炭素鋼線材の材質におよぼす配合主原料の影響

八幡製鉄, 光製鉄所

岡本一生・江口直記・富永治朗

Influence of Raw Materials on the Properties of High Carbon Steel Wire Rod.

Kazuo OKAMOTO, Naoki EGUCHI and Ziro TOMINAGA.

1. 結 言

バネ, ピアノ線などに用いられる高級高炭素鋼線材は一般高炭素鋼線材に比し、表面疵, 機械的性質, その他の品位は高くしかもそれらの変動がきわめて少ないことが要求されている。このため製造に当たってはいろいろな考慮がはられ、中でも不純元素の制限が厳しいので、優良な原料を使用し材質の安定に力がそがれている。

本研究は2, 3の製鋼原料を用いて溶製したのについて、熱処理, 伸線加工を行ない、機械的諸性質およびその他の特性値におよぼす影響を調べたものである。

2. 実験方法

実験に用いた鋼の大略の化学成分は次のごとくである。

C 0.80~0.86%, Si 0.20~0.30%, Mn 0.45~0.60%, P & S 0.02% 以下。これら鋼は(イ)砂鉄または砂鉄銑を原料とした中炭素銑(ロ)高炉銑(ハ)特殊高炉銑(ニ)屑銑などをそれぞれ単独に主原料として電気炉または平炉で溶製し、平常作業通りの工程で線材圧延を行ない 9.5~5.5mm φ とした。線材はパテンチング熱処理→伸線加工を施し 2.6mm φ とし機械的諸試験, 応力弛緩試験, 疲労試験などを行なった。