

## 4. 結 言

常温でオーステナイト組織を有する鋼をオースフォームしてその組織を観察し、次にこれを冷間圧延してマルテンサイト変態の挙動を追求することにより次の結果を得た。

(1) オースフォームを行なうとオーステナイト中に多数の転位が導入され、またこれら転位線上あるいはその近傍に微細な合金炭化物が析出してこれを強力に固着せしめる。

(2) 通常処理の鋼は圧延を行なうことにより積層欠陥やε相を生じ、これらを経由してマルテンサイト変態を行なうが、オースフォームした鋼はオーステナイトから直接マルテンサイトに変態した。これは微細な合金炭化物により転位の拡張が抑制されるためであつて、このような機構によりマルテンサイト中への転位の継承が起こることが示された。

## 文 献

- 1) J. C. SHYNE, V. F. ZACKAY and D. J. SCHMATZ: Trans. Amer. Soc. Metals, 52 (1960), p. 346
- 2) P. M. KELLY and J. NUTTING: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 194 (1961), p. 199
- 3) A. J. McEVILY Jr., R. H. BUSH, F. W. SHALLER and D. J. SCHMATZ: ASM Trans. Quart., 56 (1963), p. 753
- 4) G. THOMAS, et al: High Strength Materials, (1964) John Wiley
- 5) 田村, 吉村, 茨木, 多賀谷: 日本金属学会誌, 27 (1963), p. 206
- 6) J. A. VENABLE: Phil. Mag. 7 (1962), p. 35
- 7) 茨木, 吉村: 日本金属学会誌, 29(1965), p.1171

## 一 討 論

〔質問〕 八幡技研 吉村博文

1. Moが入っていない時の  $\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \alpha$  についてどう考えるか。
2. オースフォームしたものについてεは認められなかつたか。

〔回答〕

1. オースフォームによる強化作用は炭化物形成傾向の強い置換型固溶元素の拡散によつて律速され、Moはオースフォームの間におけるオーステナイト中の拡散速度が他の元素にくらべて大きいので、有効な元素とされている。しかし、たとえMoが存在しなくてもCr炭化物の生成によりε相の発生は抑制されると思われるので、やはりオースフォームの効果は出てくるものと考えられる。すでにFe-Ni合金のように強力な炭化物形成元素の存在しない鋼でも、炭素が入つていれば強化作用のあることが知られている。したがつて強化作用に対して本質的に重要な元素は炭素であると思われる。オースフォームによつて発生した多数の転位と炭素の相互作用は高温のために促進され、強力なCottrell atmosphereを形成して転位を固着するが、炭化物形成元素であるMoは、この固着作用を強化するのに役立つものと考えられる。

2. オースフォームした数個の試料についてその透過

電顕像を詳細に観察し、また約10枚の写真を撮影したが、いずれの場合もε相と考えられる組織は見当たらなかつた。通常処理鋼の冷間加工組織には積層欠陥エネルギー(S.F.E.)の低い鋼に特有の転位配列が認められたが、一方高温加工を受けたオースフォーム鋼ではあたかもS.F.E.の高い鋼と同様の挙動を示し、オーステナイト中に多数のセル組織が観察された。これは転位がcross slipしたことを示すもので、高温では転位が拡張しにくいことの間接的証拠と考えられる。S.F.の幅は温度によつて影響されるもので、薄膜中に存在するS.F.の幅が温度の上昇に伴つて減少するという結果が報告<sup>3)</sup>され、またステンレス鋼は常温で加工するより-80°C位の低温の方がS.F.が発達しやすいことはよく知られている。また以上のことから、常温で加工してもオースフォームの効果は生じないと考えられる。

## 文 献

- 1) G. THOMAS, et al: High Strength Materials, (1964), John Wiley
- 2) 茨木, 吉村: 日本金属学会誌, 29(1965), p. 1171
- 3) E. VOTAVA: J. Inst. Metals, 90 (1961), p. 129

## (247) オーステナイト結晶粒度現出方法に関する考察

神戸製鋼所

阿部 良一・○東 松三郎

Aspects on the Method of Revealing the Austenite Grain Size in Steels

Ryoichi ABE and Matusaburo HIGASHI

## 1. 緒 言

鋼材のオーステナイト結晶粒度はJISに規定された熱処理粒度試験方法、浸炭粒度試験方法に沿つて測定されているが、熱処理粒度試験方法については徐冷法、2回焼入れ法、焼入れ焼戻法、一端焼入れ法、酸化法の5種類の現出方法があり、その内徐冷法以外は調質を対象とした鋼材の粒度測定に適用され、この場合オーステナイト結晶粒界現出の困難さが多分にあるため種々の方法が取り上げられているものと思われる。そこで熱処理粒度現出方法におけるオーステナイト結晶粒界現出性と結晶粒度測定差について検討し、さらに簡便な現出方法を見いだすべく検討を行なつた。合わせて浸炭粒度におよぼす浸炭後の冷却条件の影響について検討した。

## 2. 熱処理粒度各現出方法における粒界現出性と現出方法間の結晶粒度測定値差

## 2.1 供試材と実験方法

Table 1に示す炭素強靱鋼 S45C と低合金強靱鋼 S CM 4 各3溶製材について110φより15mmφに鍛造したものを供試材とし、徐冷法、2回焼入れ法、焼入れ焼戻法、一端焼入れ法、酸化法の5つの現出方法についてオーステナイト化条件を850°C/1hr一定とし、規定の熱処理および腐食を行なつた。なお2回焼入れ法における2回目の一端焼入れ条件は750°C/20minとした。

## 2.2 実験結果

## 1) オーステナイト結晶粒界現出性

規定の粒界現出条件下で酸化法の粒界現出性は良好で

Table 1. Chemical composition of specimen (%).

Grade	No.	C	Si	Mn	Cr	Mo	Al
S45C	1	0.41	0.30	0.73	0.07	—	0.027
	2	0.48	0.28	0.69	0.04	—	0.024
	3	0.49	0.22	0.72	0.02	—	0.022
SCM 4	1	0.41	0.31	0.72	1.10	0.24	0.028
	2	0.42	0.27	0.74	1.18	0.24	0.031
	3	0.40	0.33	0.70	1.12	0.24	0.030

あつた。徐冷法ではフェライトの面積率が大きいことが原因して粒界がややわかりにくい状態であつたが粒度測定は可能であつた。他の方法では全面マルテンサイト組織を呈し、2回焼入れ法における網目状マルテンサイト、一端焼入れ法における結節状トラスタイトの現出は認められず、鋼材の焼入れ性と粒界現出のための熱処理条件の関係が原因しているように考えられる。焼入れ焼戻し方法においては腐食液の粒界選択腐食性に欠けることが原因したものと思われる。

2) マルテンサイト組織におけるオーステナイト結晶粒界現出方法

2回焼入れ法、焼入れ焼戻し方法、一端焼入れ法において全面マルテンサイト組織を呈し、粒界現出が不可能であつたので、粒界を選択的に腐食することのできる腐食液を見い出すべく種々検討した結果、活性剤を添加した次の腐食液<sup>1)</sup>により direct に粒界を現出させることができた。

腐食液: ピクリン酸飽和水溶液 (100cc) + 塩化第一銅 (3 g) + ドデシルベンゼンスルホン酸ソーダ (1 g)

3) 現出方法間のオーステナイト結晶粒度測定値差

2回焼入れ法、一端焼入れ法の粒界現出は正規の方法ではないが、焼入れ焼戻し法も含めて活性剤を添加した前記の腐食液で粒界を現出した状態で、各現出方法間のオーステナイト結晶粒度を比較した結果、Fig. 1に示すごとく、徐冷法は他の方法に比べて結晶粒は大きく現出する。これはフェライトの面積率が比較的大きいこと、パーライトがもとのオーステナイト結晶粒界にまたがって生成し、見かけ上結晶粒が大きく現出することによるものと思われる。2回焼入れ法は他の焼入れによる方法より結晶粒は小さく現出する。これは2回目の焼入れ温度が影響したためと思われる。焼入れ焼戻し法、一端焼入れ法、酸化法間では特に差は認められなかつた。酸化法については酸化層のできるだけ内部の位置の粒度を測定した。

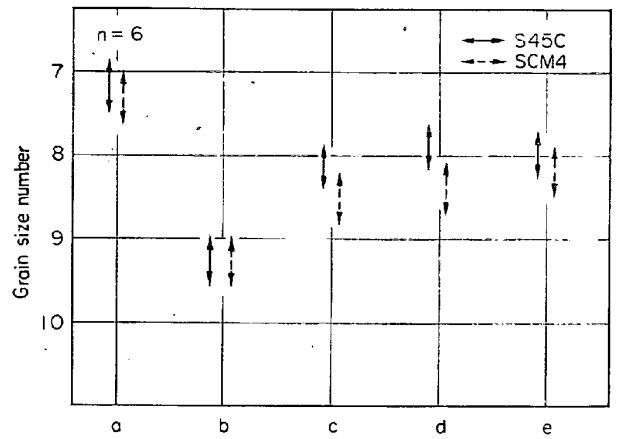
現出方法間のオーステナイト結晶粒代表写真をPhoto. 1に示す。

3. 浸炭粒度におよぼす浸炭後の冷却条件の影響

3-1 供試材と実験方法

Table 2に示す低合金肌焼鋼 SGr22, SCM21 各3溶製材について 110φ より 15mmφ に鍛造したものを供試材として、925°C × 6hr の浸炭後次の5つの冷却条件で処理した場合、浸炭粒度に冷却条件がどのように影響するか実験した。

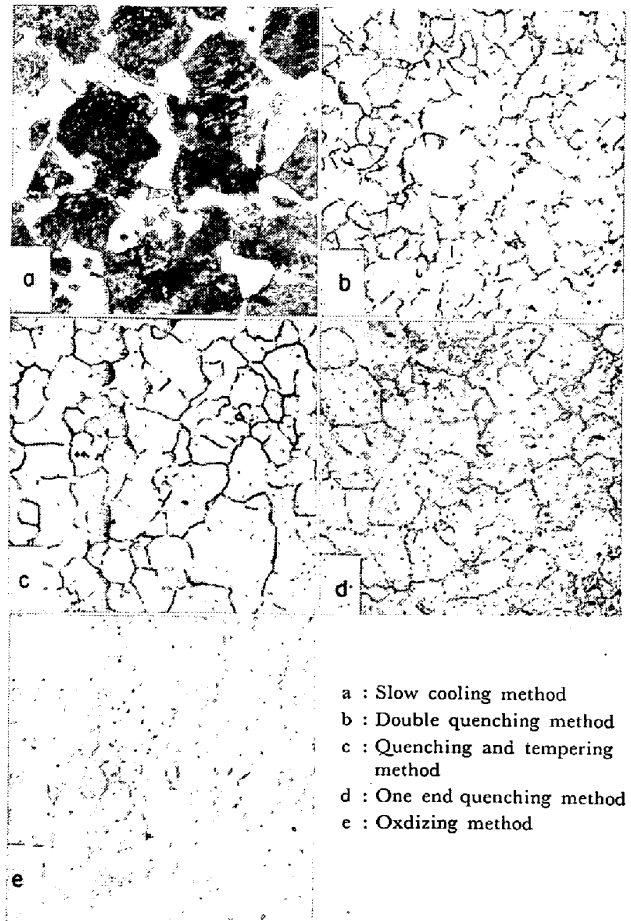
冷却条件 1. 徐冷 (約 100°C/hr)



Method of revealing the austenite grain

- a : Slow cooling method
- b : Double quenching method
- c : Quenching and tempering method
- d : One end quenching method
- e : Oxidizing method

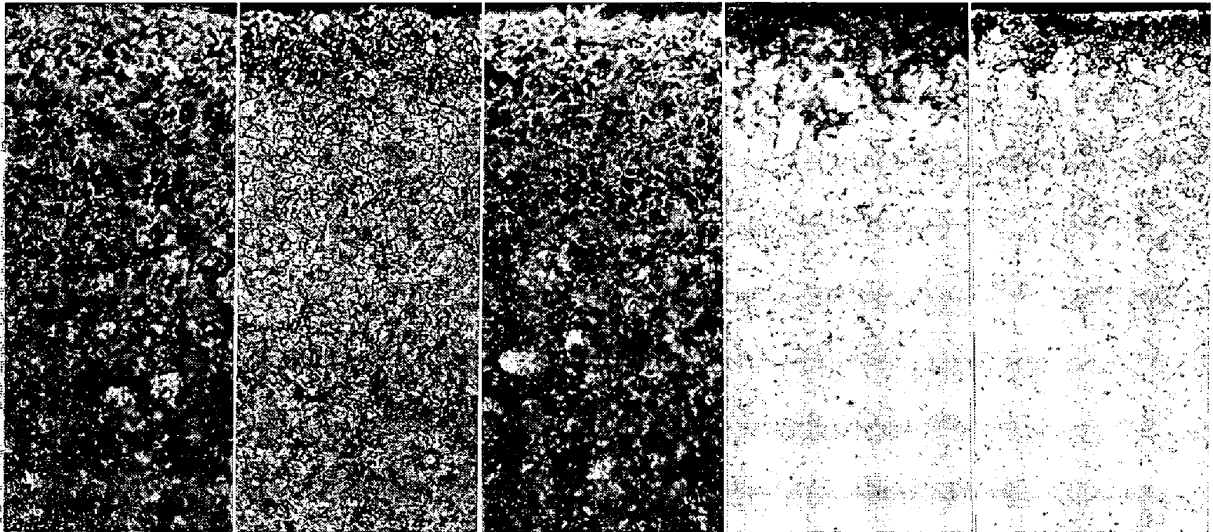
Fig. 1. Relation between the austenite grain size and revealing method at the heat-treatment test methods.



- a : Slow cooling method
- b : Double quenching method
- c : Quenching and tempering method
- d : One end quenching method
- e : Oxidizing method

Photo. 1. Microstructure of the austenite grain.

- 冷却条件 2. 720°C まで徐冷 → 水冷
- 〃 3. 空冷
- 〃 4. 水冷
- 〃 5. 820°C まで徐冷し 20 min 保持後水冷



a : Slow cooling (about 100°C/hr)    b : Slow cooling until 720°C and water quenching    c : Air cooling  
d : water quenching    e : Slow cooling until 830°C and holding 20 min and water quenching

Photo. 2 Microstructure of the austenite grain at the each kind of cooling condition after carburizing, 925°C × 6 hr. ×100(2/3)

Table 2. Chemical composition of specimen (%).

Grade	No.	C	Si	Mn	Cr	Mo	Al
SCr 22	1	0.22	0.24	0.70	1.05	—	0.022
	2	0.22	0.30	0.74	1.07	—	0.047
	3	0.22	0.29	0.72	1.01	—	0.042
SCM21	1	0.17	0.23	0.69	1.02	0.23	0.032
	2	0.16	0.26	0.75	1.05	0.25	0.032
	3	0.16	0.28	0.73	1.02	0.24	0.032

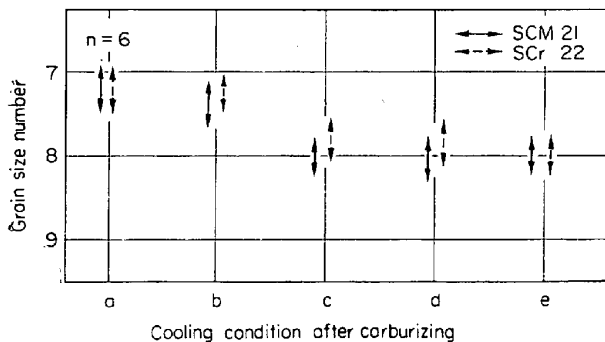


Fig. 2. Relation between the austenite grain size and cooling condition after carburizing, 925°C × 6hr.

3.2 実験結果

各冷却条件で処理した後、オーステナイト結晶粒度を測定した。なお焼入れしたもので通常の腐食液では粒界の現出しないものは前記の活性剤を添加した腐食液を用いた。その結果は Fig.2 に示すごとく、冷却速度の遅い条件 1, 2 は条件 3, 4 より結晶粒が大きく現出し、粒度番号で 0.5~1.0 位の差があった。徐冷したものについてはセメントナイトネットが一部切れており測定誤差も

考えられるが、720°C まで徐冷した後水冷したものではセメントナイトネットが明りようであることより測定誤差とは思われない。また確認の意味で 1.2%炭素鋼について大気中で 925°C × 6hr 加熱後冷却条件を変えてみたが同じ結果を得た。

浸炭後の冷却条件とオーステナイト結晶粒の関係を Photo. 2 に示した。

2. 結 言

1) 焼入れによる熱処理粒度現出方法としては、鋼材を焼入れまたは焼入れ焼戻し後、活性剤を添加した腐食液で direct に結晶粒界を現出させることができる。他の方法は複雑な熱処理を必要とするか、または粒界の現出性に乏しく普遍性に欠けているように考えられる。

2) 浸炭粒度は浸炭後の冷却速度に影響され、冷却速度が遅い場合は速い場合より結晶粒が大きく現出し、その差は粒度番号で 0.5~1.0 くらいある。

冷却速度により浸炭粒度に差がある原因については今後の問題として究明していきたい。

文 献

1) G. A. DREYER, D. E. AUSTIN and W. D. SMITH: Metal Progress, 86 (1964), p. 116

669.112.227.1: 220.146.3  
: 669.15'24'26'28'292.134

(248) 結晶粒微細化傾向におよぼす化学成分の影響

(オーステナイト結晶粒に関する研究—Ⅲ)

日本製鋼所室蘭製作所

○本間 亮介・鈴木 公明

Effect of Chemical Composition on the Tendency of Grain Refining

(Studies on austenitic grain—Ⅲ)

Ryōsuke HOMMA and Kōmei SUZUKI

1. 結 言

前回までの報告<sup>1)2)</sup>において、大型回転軸用として用いられている Ni-Cr-Mo-V 鋼が、同一熱処理をおこな