

Fig. 1. Relation between (particle diameter)<sup>-1</sup> and yield strength.

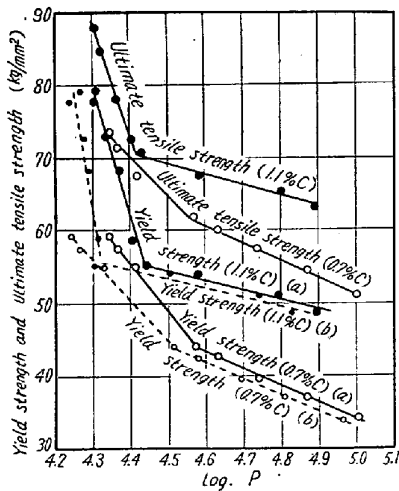


Fig. 2. Yield strength, and ultimate tensile strength as a function of log mean-free ferrite path.

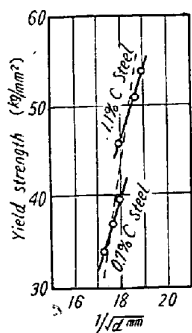


Fig. 3. Relation between (calculated ferrite grain diameter)<sup>-1/2</sup> and yield strength.

(セメント  
粒子の平均大  
きさ)<sup>-1</sup> と降伏強  
度の関係はFig. 1  
のようにある粒  
子寸法にて強  
度が急に低下  
する。これは降  
伏強度がセメ  
ンタイト粒子寸  
法以外の因子  
に依存するこ  
とを示してい  
る。また降伏強  
度と地鉄結晶  
粒子直径の平  
方根の逆数と  
の関係は厳密  
に直線関係に  
はならずそれ  
ぞれの鋼種に  
おいて長時間  
(3 h 以上) 焼  
戻しの場合に  
直線関係が得  
られる (Fig. 3  
参照)。前述し  
たように焼戻  
し時間の短い  
場合には地質  
の組織は長い  
笹の葉状にな  
るために地鉄  
結晶粒子の大  
きさを決定す  
ることは非常  
に困難であり  
、かつこれを  
長時間焼戻し  
試料における  
普通形状の地  
鉄粒子の大  
きさと同一に  
扱うことは妥  
当でない。

降伏強度および抗張力と log P との関係はいずれも 0.7% C および 1.1% C にそれぞれ応じた log P にて折れた 2 本の直線になるが、その各々の直線枝に相当する範囲は前述したような地質の地鉄結晶粒子の違い、すなわち笹葉状地鉄結

晶粒子と普通形状の地鉄結晶粒子との違いによつて現われる。(文献省略)

### (95) 滲炭粒度判定におよぼす炭化物生成元素の影響

大阪大学, 工学部

工博 足立 彰・○水川 清

#### Influence of Carbide Forming Elements on the Grain Size Determination by Carburizing Method.

Akira Adachi, Kiyoshi Mizukawa.

#### I. 緒 言

鋼のオーステナイト結晶粒度判定法として滲炭法が古くから一般に用いられている。鋼が Cr, Mo, V などの炭化物生成元素を含んでいる場合、滲炭法によると結晶粒界にこれらの元素の炭化物が析出して結晶粒界が切れ、粒度判定が困難になる場合があるといわれている。そこで炭化物生成元素の種類およびその量によつて、滲炭法を用いた場合結晶粒界がどのように切れるか、またそれによつて粒度判定にどのような影響をおよぼすかを試験した。同時に焼入法による粒度判定も行い、滲炭粒度と比較した。

#### II. 実験方法

実験に用いた試料の化学組成を Table 1 に記した。この試験では一般に広く用いられる Cr, Mo 含有肌焼鋼を主体に検討し、比較のために普通の構造用鋼を用いた。また粒度判定におよぼす Cr ならびに Mo 炭化物のみの影響を調べるために高周波炉溶製試料を用いた。

滲炭法の場合 BaCO<sub>3</sub> の添加量は 40% とした。滲炭温度は 925°C, 1000°C とし、925°C の場合は冷却速度を変化させた試験も行なつた。すなわち空冷、炉冷 (約 200°C/h), 100°C/h, 50°C/h とし、粒度判定におよぼす炭化物析出状態の影響を試験した。腐蝕はピクリン酸ソーダの他に赤血塩アルカリ溶液でセメントを腐蝕する方法と、1% 硝酸アルコールで微細組織のみを腐蝕して粒界を残す方法を行なつた。

オーステナイト結晶粒度は顕微鏡の接眼レンズにオーステナイト粒度板を取付けて判定し、10 視野の平均をとつた。

結晶粒界の切れの度合は Fig. 1 に示したように No. 1~No. 10 までの標準図を作り、これと比較する方法で 10 視野の平均をとつた。この場合 No. 1 は粒界の全く

Table 1. Chemical composition of specimens.

Mark	Steel	C	Si	Mn	S	P	Cu	Ni	Cr	Mo
No. 1	Structural carbon steel	0.39	0.27	0.61	0.027	0.029	0.18		0.08	
No. 2	Case hardening steel	0.12	0.21	0.56	0.021	0.027	0.18	0.22	0.14	0.03
No. 3	〃	0.15	0.24	0.50	0.013	0.015	0.16	2.16	0.37	0.02
No. 4	〃	0.19	0.26	0.77	0.016	0.018	0.20	0.53	0.49	0.23
No. 5	〃	0.10	0.17	0.55	0.014	0.016	0.16	3.15	0.86	0.04
No. 6	〃	0.14	0.26	0.71	0.019	0.026	0.17	0.11	1.10	0.26
No. 7	〃	0.19	0.25	0.70	0.016	0.019	0.25	0.28	1.23	0.23
A	Synthetic steel	0.17							0.79	0.10
B	〃	0.13							0.46	0.02
C	〃	0.10							0.25	0.10
D	〃	0.10								0.16
E	〃	0.10								0.22
F	〃	0.10								0.36
G	〃	0.10								

切れないもの、No. 10 は全く現われないものとし、この間を 10 等分したものである。大体の基準としては No. 1~No. 3 では粒度判定に左程の困難を感じしめないが、No. 4~No. 6 では粒度判定は誤り易く、No. 7~No. 10 では粒度判定は無意味であるようにした。また焼入法による粒度判定も行い、滲炭粒度と比較した。

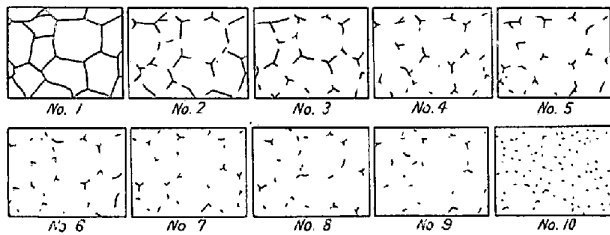


Fig. 1. Standard chart of degree of separation of grain boundary.

### III. 実験結果

925°C ならびに 1000°C における滲炭粒度、焼入粒

度の判定結果および滲炭法の場合の粒界の切れの度合を Cr, Mo 含有量とともに Table 2 示した。

炭化物生成元素量 (Cr+Mo) と粒界の切れの度合との関係はそれほど明瞭なものではない。しかし Cr のみを含むものより Mo をともに含むものの方が切れの度合は少いようである。No. 6, 7 は 1% 以上の Cr を含むにもかかわらず約 0.25% の Mo を含むゆえにそれより Cr 量の少い No. 5 などより切れの度合は少く、判定に困難を感じしめない。

滲炭温度が 1000°C の場合の粒界の切れの度合は 925°C の場合より小さくなっているが、これは高温の方が滲炭量が大で Fe<sub>3</sub>C と Cr, Mo の炭化物との比が大となるためと考えられる。

Table 3 に肌焼鋼を 925°C で滲炭後の冷却速度を変化せしめた場合の粒界の切れの度合を示す。これによると一般に少し早めの冷却速度の方が粒界の切れ方が少いように思われる。

Table 2. Results at 925° and 1000°C.

Mark	Cr %	Mo %	925°C			1000°C		
			Carburizing method		Quenching method	Carburizing method		Quenching method
			Grain size number	Degree of separation		Grain size number	Degree of separation	
No. 1	0.08	—	4.5	1.0	5.5	1.5	1.0	2.0
No. 2	0.14	0.03	7.5	2.0	8.0	6.5	2.0	6.5
No. 3	0.37	0.02	9.0	3.0	9.5	7.5	2.5	8.0
No. 4	0.49	0.23	7.5	3.0	8.5	7.0	2.0	7.0
No. 5	0.86	0.04	8.5	3.5	9.0	7.5	2.0	7.5
No. 6	1.10	0.26	7.5	1.5	7.5	5.5	1.5	6.0
No. 7	1.23	0.23	7.5	2.0	8.0	5.5	1.5	6.5
A	0.79	0.10	5.0	2.5	6.0	1.0	1.0	1.5
B	0.46	0.02	5.5	3.5	6.0	1.5	1.0	1.5
C	0.25	0.10	5.0	2.5	5.0	1.0	1.0	1.0
D	—	0.16	4.0	1.5	4.5	1.0	1.0	1.0
E	—	0.22	4.5	2.0	5.0	1.5	1.0	1.5
F	—	0.36	4.0	1.5	4.0	1.5	1.0	2.0
G	—	—	4.0	1.5	5.0	1.0	1.0	1.5

Table 3. Influence of cooling rate on the degree of separation of the grain boundary.

Mark	Cr %	Mo %	Air cool	Furnace cool		
				200°C/h	100°C/h	50°C/h
No. 2	0.14	0.03	2.0	2.0	3.0	3.5
No. 3	0.37	0.02	2.5	3.0	7.0	8.0
No. 4	0.49	0.23	3.0	3.0	7.0	7.0
No. 5	0.86	0.04	1.5	3.5	5.0	7.0
No. 6	1.10	0.26	1.5	2.5	7.0	8.0
No. 7	1.23	0.23	2.0	1.5	4.5	3.0

IV. 考 察

この実験に用いた試料では、滲炭法によつて現われる炭化物は試料番号 2, 3, 5 および B では (Fe·Cr)<sub>3</sub>C, 試料番号 4, 6, 7 および A, C では (Fe·Cr)<sub>3</sub>C, (Fe·Mo)<sub>3</sub>C, D~F では (Fe·Mo)<sub>3</sub>C と考えられる。

粒界の切れの度合をみると、No. 3 と No. 5 を比較した場合、含有 Cr 量は 0.37, 0.86% と異つているが、粒界の切れは同じ程度で集中的に切れていた。また粒界のセメントは凹凸を生じ、球状化しようとする傾向がみられる。No. 6, No. 7 は Cr が 1% 以上存在するにもかかわらず切れの程度は小さい。これは Mo を約 0.23% 含むためと考えられる。Cr および Mo の炭化物が結晶粒界で球状化する傾向のあることはすでに村上武次郎氏らによつて述べられているが、Cr の炭化物よりも Mo のそれの方が球状化の傾向が小さいことを指摘している。これによつて Mo を含んでいる場合の方が粒度が判定しやすいことが説明できるだろう。合成試料の判定結果もこれと一致している。

一般に炭化物生成元素量の少ないものの方が粒界は太く、また多いものでは多少細くなる傾向を有するが、その切れ方は集中的で多少混粒のように見える。そのため切れの度合の標準図の表示法、判定法についてはさらに考慮しなければならない点が多いと思われる。しかし炭化物生成元素量と粒界の切れの度合の間には、それほど明瞭な関係は見られないようである。

冷却速度を変化せしめた結果では、全般的に炉冷(200°C/h)の場合が一番よく粒界を現出し得た。50°C および 100°C/h の場合に判定が困難なほど切れてしまつたのは、炭化物の球状化の程度が大となつたためである。

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

Sample No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Σ Al	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	N <sub>2</sub>
1	.35	.29	.70	.015	.013	.21	.09	.09	.019	.013	.008
2	.38	.23	.62	.022	.010	.20	.09	.08	.044	.021	.008

そこで冷却速度を早めてみたが、No.5 の場合を除いては炉冷の場合とそれほど異つた結果は現われていない。

V. 総 括

本実験結果を総括すると次のようになる。

1. この実験に用いた範囲の Cr, Mo を含む鋼では滲炭粒度の判定は左程困難ではない。
2. Cr のみを 0.4% 以上含んでいる鋼の滲炭粒度を判定する場合には、注意しないと判定を誤まる場合が生じ得る。
3. Cr を含有しても Mo が 0.2% 以上共存すれば切れの度合は小さくなる。
4. 高温の場合の方が切れの度合は小さくなる。

文 献

- 1) 村上武次郎, 今井勇之進 金属学会誌 7(1943)336

(96) 炭素鋼の変態における炭化物と窒化物の挙動

大同製鋼, 研究所

工博 浅田千秋・工 永田重雄・工〇加藤剛志  
Behavior of Carbide & Nitride in the Transformation of Carbon Steels.

Chiaki Asada, Sigeo Nagata, Kōsi Katō.

I. 緒 言

鋼の利用に際して、工業的には鋼に種々の加熱あるいは冷却などの処理を施して人為的に非平衡状態を作り出し、この時に得られる特殊な性質を利用することが多々ある。そこで筆者らは比較的高温において行われる種々の熱処理によつて鋼中の炭化物あるいは窒化物などの析出相がいかなる挙動をとるかを調査し、それがどのように鋼質(たとえばオーステナイト結晶粒度)に影響するかについての参考となすべく若干の実験と考察を試みた。

II. 実験結果および考察

1) 試料: 試料の化学成分を Table 1 に示す、鋼種は機械構造用炭素鋼 (S35C) で C あるいは N を各々同一含有量になるようにし、Al 含有量を変化させた 2 試料である。

2) 前熱処理および再加熱: Table 1 の 2 試料のそ