

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)₃C, 試料番号 4, 6, 7 および A, C では (Fe·Cr)₃C, (Fe·Mo)₃C, D~F では (Fe·Mo)₃C 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 ₂ O ₃	N ₂
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

Table 2. Heat-treatment.

Marks of Heat-treatment	Sample No.		Remarks
	1	2	
A	As-received (W. Q. or F. C. from 1200°C)	As-received (W. Q. or F. C. from 1200°C)	Below Ac_1 Between $Ac_1 \sim Ac_3$ Above Ac_3
B	720°C × 0mn W. Q.	700°C × 0mn W. Q.	
C	770°C × 0mn W. Q.	790°C × 0mn W. Q.	
D	770°C × 30mn W. Q.	790°C × 30mn W. Q.	
E	770°C × 1h W. Q.	790°C × 1h W. Q.	
F	770°C × 3h W. Q.	790°C × 3h W. Q.	
G	820°C × 0mn W. Q.	875°C × 0mn W. Q.	
H	925°C × 0mn W. Q.	925°C × 0mn W. Q.	
I	925°C × 30mn W. Q.	925°C × 30mn W. Q.	

れぞれについて 1200°C まで、加熱してから、冷却を水冷と炉冷の前熱処理を施した 2 種類の試料を用意した。次いで水冷と炉冷の 2 系列の試料を一緒にして Table 2 に示すような熱処理 (加熱速度, 400°C/h) を行つた。

3) 熱処理後の組織: 上記再加熱の結果, 得られた組織の電子顕微鏡写真の一例を Fig. 1 および Fig. 2 に示す。

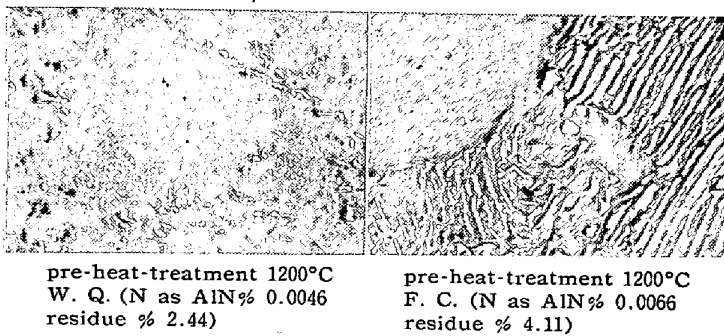


Fig. 1. Microstructures heated to 700°C after pre-heat-treatment.

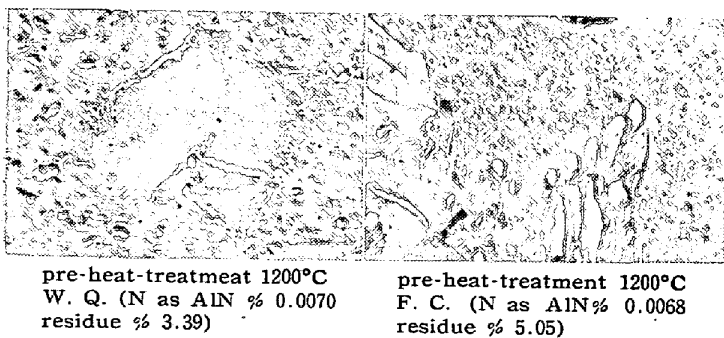


Fig. 2. Microstructures heated to 790°C after pre-heat-treatment.

再加熱後の組織を光学顕微鏡により観察すると熱処理の A から E, すなわち, as-received (1 つは 1200°C から水冷, 他の 1 つは炉冷) から $Ac_1 \sim Ac_3$ 間の 1 h 保持までは前熱処理の影響が組織の差となつて現われている。すなわち, あらかじめ水冷してある系列ではいずれ

も比較的細い析出物が認められるが, 炉冷してある系列では常温における塊状パーライトは Ac_1 を超えると一部, 分解をはじめ, 加熱保持により次第にその量が減少するとともに細い析出物が増加し, $Ac_1 \sim Ac_3$ 間, 1 h 保持以上になると, 水冷してある系列とほとんど同じ組織となる。これらの組織のうち両系列の差の大きいところを電子顕微鏡により詳細に観察すると Fig. 1 の左の写真は前熱処理 1200°C から水冷したもので, 右のそれは炉冷したものであつていずれも再加熱によつて 700°C すなわち, Ac_1 点下より水冷した組織である。前者ではソルバイト組織でフェライトの粒界に沿つて比較的大きな析出物がならび粒内には細い析出物が認められる。この大部分は炭化物と思われるが, 粒内および粒界の大きい炭化物の列の切れ目などにごく微細な析出物が認められる。このように外観上, 2 種類あるいはそれ以上の析出物が存在するようである。ただし, 酸化物介在物については取扱わないこととする。後者にはフェライトにごく微細な析出物が認められるが, パーライト中にはほとんどみられない。Fig. 2 は同様に Ac_1 上 790°C × 0mn より水冷した組織で変態が始まり, 組織は複雑になり, 炭化物 (ソルバイトあるいはパーライト) の溶け込んでいくようす, 微細析出物の存在などが認められる。なお Fig. 1 および Fig. 2 とも, 試料は No. 2 である。一般に筆者らが試みたような高温における実験では析出物の最終安定相は中間準安定相を経過することなく, ただちに出現すると考えられている。したがつて実験試料のような Al キルドの炭素鋼では Fig. 1 および 2 に認められる析出物は炭化物 (セメントイト) および一部は AlN であろうと思われる。

4) 析出物の電解分離: Table 2 の各熱処理を施した試料について電解分離を行つて析出物を地鉄から分離した。電解条件は微細析出物の分離に適するとされてい

る 5%クエン酸ソーダ + 1%臭化カリの電解液を用い、 0.01 A/cm^2 の電流密度で電解槽中に argon ガスを送って電解液が空気と接触するのを防ぐようにした。電解分離した残渣(析出物)を光学顕微鏡で観察すると黒色不透明のものとともに半透明のガラスの破片状のものが認められた。とくに C~G の熱処理を施した残渣中に多く混在している。これは酸化物、あるいは AIN であろうと思われる。以上のごとくにして得られた残渣(析出物)についてその量と残渣中の窒素量を定量してみると Fig. 3 および Fig. 4 に示すごとくなる。

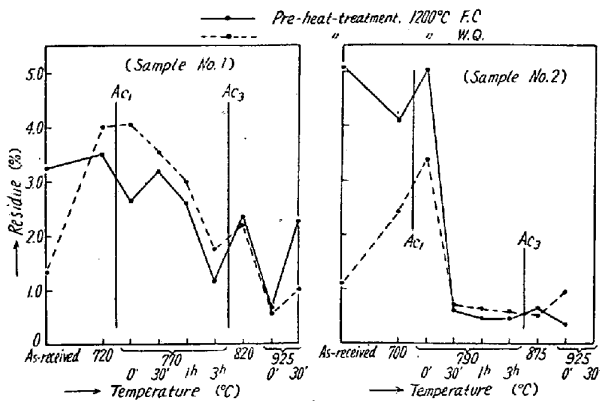


Fig. 3. Residue contents by electrolysis.

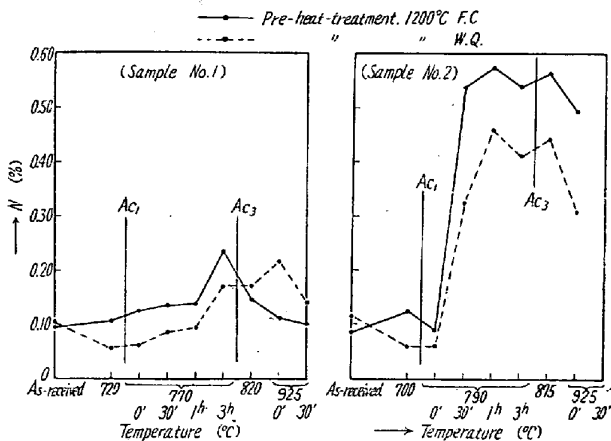


Fig. 4. Nitrogen content in the residue.

この場合、前者はほぼ組織中の炭化物量に比例し、後者は AIN 量に比例するとみなされる。その理由とするところは第一に残渣(炭化物)の量は AIN に比して圧倒的に多い量であること (No. 1 および 2 を通じ、鋼中 AIN が 0.01% 以下であるのに対して残渣量は $0.5 \sim 5\%$ である。) 第 2 に残渣中の N は鋼中に析出した AIN としての N よりつねに少く、しかもその $30 \sim 50\%$ であること、第 3 に地鉄に固溶していた N は電解によって溶液化してしまわずであるので残渣中に混在する N は鋼中に化合物として存在していた N。(つまり、この場合には

AIN と考えられる。) であることなどである。Fig. 3 によると No.1 および No.2 とも高温側において残渣量が減少するのは生成したオーステナイトへ炭化物が溶け込むからであろう。逆に N は Fig. 4 にみられるように高温側になるほど増加する。これは鋼中 AIN の定量結果からも判るように AIN の析出が促進されるようになるためであろう。以上の Fig. 3 および Fig. 4 の結果を比較すると、定性的に見て残渣量、すなわち炭化物量が多くなると共存する窒化物 (AIN) すなわち窒素量が減少する傾向が認められる。すなわち炭化物量と AIN 量は反比例することがうかがえる。なお Fig. 4 において高温の N 量が試料 No.2 の方が No.1 より多いのは前者の鋼中 AIN 量が後者に比して遙かに多いからで (鋼中 N 量は両試料同じく 0.008%) であろう。

熔鉄中においては C は N の活量を増加せしめてその溶解度を低下せしめる。すなわち C と N とは相反する挙動を示すことが認められているが、上述の結果から、固体鉄中においても同じような挙動を示すであろうことが推定される。

III. 結 言

以上の実験結果より Al キルドした S35C について再熱処理後の再加熱の種々の場合において、その組織および電解分離した析出物から、量、大きさ、分布状態などはそれぞれ異なるが少なくとも 2 種類以上の異なる外観を有する析出物が共存することを認め、さらに分析化学的に炭化物と AIN の両方が存在ししかも量的には反比例の関係にあるらしいことが判った。

実際に炭化物と AIN が鋼中に共存する時、それぞれの結晶構造、相対的な位置関係などについても調査を進めたい。