

られると思う

この報告を終るにあたり、実験に協力された大本裕万君に深く感謝します。

オーステナイト結晶粒度におよぼす影響および AlN との関係等について実験を行ったので、その結果について報告する。

(114) オーステナイト結晶粒度と窒化アルミニウムの関係について (IV)

(結晶粒度におよぼす高温加工および熱履歴の影響)

Relation between Austenitic Grain Size and Aluminium Nitride (IV)

(Effect of hot working and thermal history on austenitic grain size)

G. Kato, et alius.

大同製鋼研究所 工 永田重雄・〇工 加藤剛志

I. 緒 言

鋼のオーステナイト結晶粒度がその前歴から影響を受けることは広く認められている。例えば高温加工が結晶粒の粗大化温度を低くする問題については多くの研究がある。われわれは前報まで、同一条件の下に種々の Al 含有量の鋼を作製して主として熔鋼試料および鍛造試料における結晶粒度と AlN の関係ならびにそれに関連する若干の問題について考察を加えて来たが、今回は実際に現場において成品をうる過程と関連して試料の前歴が

II. オーステナイト結晶粒度におよぼす

高温加工の影響

1) 実験試料の調製および実験：前報迄と同じ 20 kg 塩基性高周波誘導炉により、Al 添加量を変え、炭素および Cr-Mo 肌焼鋼を熔製して 20 kg 鋼塊をつくり、その底部より、試料を採取して学振滲炭法により、結晶粒度を測定すると同時に隣接する位置より試料を切出して 925°C で 2 時間、加熱後、水冷してボール盤により、分析試料を削り出し、AlN の分析を行った。さらに残部の鋼塊を 1150°C で 1 時間加熱してから鍛造し、頭部側 (鋼塊よりの鍛造比 1・50) および底部側 (鍛造比 1・14) より試料を採取して鋼塊の時と同様に滲炭粒度と AlN を求めた。次に鍛造後の材料を頭部側から底部側に亘つて 6 等分に切断し、その中から 2 カをとり、鋼塊からの鍛造比が 4 および 48 になるように再鍛造 (加熱温度 1150°C, 加熱時間 30 分) し、同じく滲炭粒度と AlN を求めた。また、別に 10 kg 容量の高周波誘導加熱 (内熱式) 真空炉により、再熔解した炭素, Cr および Cr-Mo 肌焼鋼について鋼塊 (底部, 鍛造比 8 (1 回加熱) および鍛造比 30 (鍛造比 8 の材料を再加熱して鍛造) の各試料から滲炭粒度および AlN を求めた。この場合の加熱温度は 1150°C, 加熱時間は 30 分である。以上の結果を Table 1 に示す。

Table 1. G. S. N.-AlN of test specimens.

Kinds of steels	Sample marks	ΣAl (%)	Ingot		One-heat				Two-heat				Remarks				
			G.S.	AlN (%)	F.R. 1.14		F.R. 1.50		F.R. 8		F.R. 4			F.R. 30		F.R. 48	
					N.	(%)	G.S.	AlN (%)	G.S.	AlN (%)	G.S.	AlN (%)		G.S.	AlN (%)	G.S.	AlN (%)
S15CK	540	0.004	*3.9	tr.	1.5	—	1.6	—	—	—	1.3	—	—	—	1.9	—	
"	541	0.440	6.4	*0.219	*3.4	—	*3.3	—	—	—	*3.2	—	—	—	*3.3	—	
"	542	0.100	6.1	*0.246	6.5	—	6.5	—	—	—	6.3	—	—	—	*5.6	—	
"	543	0.013	6.1	*0.041	*5.3	—	*5.1	—	—	—	*2.8	—	—	—	*3.4	—	
SCM21	549	0.540	*2.1	*0.278	*4.7	*0.281	*5.1	*0.281	—	—	*5.0	*0.281	—	—	*4.9	*0.266	
"	550	0.007	*5.1	*0.012	*3.9	*0.013	*3.9	*0.018	—	—	*3.9	*0.018	—	—	*4.1	*0.010	
"	551	0.100	7.2	*0.278	7.3	*0.291	7.5	*0.308	—	—	7.1	*0.319	—	—	6.6	*0.272	
"	552	0.020	7.1	*0.108	6.6	*0.077	6.8	*0.079	—	—	7.3	*0.089	—	—	6.4	*0.097	
S15CK (V.M.)	208	0.041	7.1	*0.040	—	—	—	—	6.9	*0.038	—	—	*6.4	*0.038	—	—	Al ₂ O ₃ crucible
"	236	0.042	*5.7	*0.029	—	—	—	—	7.7	*0.022	—	—	—	—	—	—	"
"	240	0.043	*5.4	*0.011	—	—	—	—	7.3	*0.016	—	—	—	—	—	—	MgO crucible
SCM21 (V.M.)	192	0.009	6.1	*0.045	—	—	—	—	7.3	*0.050	—	—	*5.5	*0.050	—	—	"
"	203	0.046	*5.7	*0.031	—	—	—	—	7.2	*0.038	—	—	6.9	*0.036	—	—	Al ₂ O ₃ crucible
"	224	0.054	*5.6	*0.051	—	—	—	—	7.1	*0.047	—	—	6.8	*0.053	—	—	"
"	229	0.055	*5.4	*0.032	—	—	—	—	7.3	*0.040	—	—	*5.5	*0.047	—	—	"
SCr22 (V.M.)	189	0.017	*4.7	*0.054	—	—	—	—	7.0	*0.057	—	—	7.1	*0.053	—	—	MgO crucible
"	221	0.053	6.7	*0.056	—	—	—	—	*5.2	*0.069	—	—	6.8	*0.061	—	—	Al ₂ O ₃ crucible
"	223	0.054	6.4	*0.035	—	—	—	—	*5.7	*0.041	—	—	*4.8	*0.049	—	—	"

* Mixed grain

2) 実験結果および考察: オーステナイト結晶粒度は各試料の外周部から中心部に互つてほとんど均一で位置による顕著な差は認められなかつた。Table 1 の結果より、大気熔解については、(1) Al 含有量の少い、したがつて 925°C における AIN_{925} (以下 AIN_{925} と記す) の少い試料では粗い混粒であり、前報までにえた結果と一致する。(2) Al が適量含有され、 AIN_{925} 含有量の多い試料では細粒がえられる。これも今までの結果と一致する。(3) S15CK では鋼塊を高温加工すると粗粒化し易い。2 回繰返すと鍛造比の大きい場合 (48), ΣAl 0.10% の鍛造比 4 まで、細整粒であつた 542 も粗粒が出て混粒となつている。(4) SCM21 では高温加工しても粒度は余り変らない。繰返してもほぼ同じである。以上はいずれも今までにえた結果とほとんど一致する。真空熔解の場合にはすべて AIN_{925} 含有量が 大気熔解の場合に比べて少く、従来の概念にしたがえば結晶粒成長阻止作用が十分期待される量と考えられない。これは真空熔解による脱ガスによつて N_2 がいちじるしく減少したためである。各鋼種共、鋼塊から 1 回目の高温加工後、さらに 2 回目の高温加工後の結晶粒度の変化は大気熔解の場合とは大部趣が異なる。概して各鋼種共、(1) 鋼塊を高温加工すると細粒化することが多く、(2) さらに高温加工を繰返すと粗粒化するものとほとんど変化しないものがある。以上のいずれの熔解においても AIN_{925} 含有量は鋼塊→鍛造→鍛造の高温加工の各段階でほとんど変化がない。したがつて繰返し高温加工による結晶粒度の変化のすべてを AIN_{925} 含有量のみに関連させることは出来ないであらう。すなわち大気熔解の 1 回の高温加工までは上述のごとく、前報までにえた結果と一致するが、2 回の高温加工の場合の一部および真空熔解 (AIN_{925} が少い) の場合には AIN_{925} の量のみでなく、その他の見地からも考察しなくてはならないものと思われる。また大気熔解の結果をみると 2 heat において F.R. 4 と 48 の両者の結晶粒度にはほとんど変化がない。これから結晶粒度の変化には熱履歴がかなり大きく影響することが予想される。大気熔解、真空熔解を通じて繰返し高温加工後では結晶粒は細粒化するものはほとんどなく、粗粒化するか、変化しないかのいずれかとみなしてよい。実際の鋼製造工程においては繰返し高温加工する機会も多く、上述の結果のように粗粒化することは望ましくない。特に AIN が適量含まれ、しかも AIN_{925} 含有量の多い材料が繰返し高温加工により、粗粒化するとすれば簡単に AIN_{925} 含有量のみから粒度調整のすべてを論ずるわけにはゆかなくなる。

III. オーステナイト結晶粒度におよぼす

熱履歴の影響

前項の大気熔解の結果より熱履歴の影響の大きいことが認められたので、これを確かめるために 20 kg 高周波誘導炉により熔製して 10 kg 鋼塊とし、これを鍛造比 8 に鍛造した SCM21 を 800~1150°C の種々の温度に加熱して各温度よりの冷却速度を炉冷 (200°C/h)、空冷および水冷と変化させて、その時の AIN 含有量を求めた後、それぞれの試料について滲炭粒度を測定した。その結果を Table 2 に示す

Table 2. Effect of heat treatment on G.S.N. and AIN .

Heat treatment	AIN (%)	G.S.N
As-forged (F.R. 8)	0.0018	6.1
800°C × 2 h W.Q.	0.0225	*5.4
" A.C.	0.0339	*4.2
" F.C.	0.0332	7.0
900°C × 2 h W.Q.	0.0265	*4.7 *4.2†
" A.C.	0.0272	*2.2
" F.C.	0.0276	8.0 7.8†
1000°C × 2 h W.Q.	0.0271	6.5
" A.C.	0.0296	6.5
" F.C.	0.0310	7.8
1100°C × 1 h W.Q.	0.0117	*5.5
" A.C.	0.0139	6.3
" F.C.	0.0212	7.5
1150°C × 1 h W.Q.	0.0067	*3.0
" A.C.	0.0095	6.3
" F.C.	0.0140	6.7

Sample; SCH21, as forged (F.R. 8)

ΣAl 0.29%, N_2 0.0108%, Al_2O_3 0.0084%

* Mixed grain

† 1 h heat

各温度の AIN は炉冷、空冷、水冷共、高温になる程減少している。これは $AIN \rightleftharpoons [Al] + [N]$ の反応の右方への移行を表わしている。また水冷と比較して空冷、さらに炉冷と冷却速度が遅くなる程、各温度の AIN は若干増加している。これは冷却過程において逆に上記反応が左方へ移行して AIN が新たに析出したことを示している。一方、結晶粒度は炉冷の場合にはすべて細整粒であるが、空冷では 900°C 以下では粗くなつて混粒であり、水冷になるとさらに混粒が増して 1000°C 以外はすべて混粒である。前項の繰返し 2 回の高温加工の結果はこの場合の空冷と近い加熱、冷却の条件であり、その結果元の細粒のものが混粒に変化する場合のあることが

こゝでも認められた。以上の結果から、炉冷すれば AIN 含有量が多くなり、細整粒がえられるが、空冷あるいは水冷すれば AIN が多くあつても滲炭した場合必ずしも細整粒がえられるとは限らない。特に 900°C 以下では混粒になり易い。したがつて滲炭の前の冷却速度の影響が特に顕著で、その時の試料の AIN 含有量のみからは結晶粒の細粗を論じえないことがかつた。

IV. 繰返し高温加工による粗粒の出現について

SCM 21 の繰返し 2 回の高温加工により、粗粒が出現して混粒となつた一例を Fig. 1 に示す。

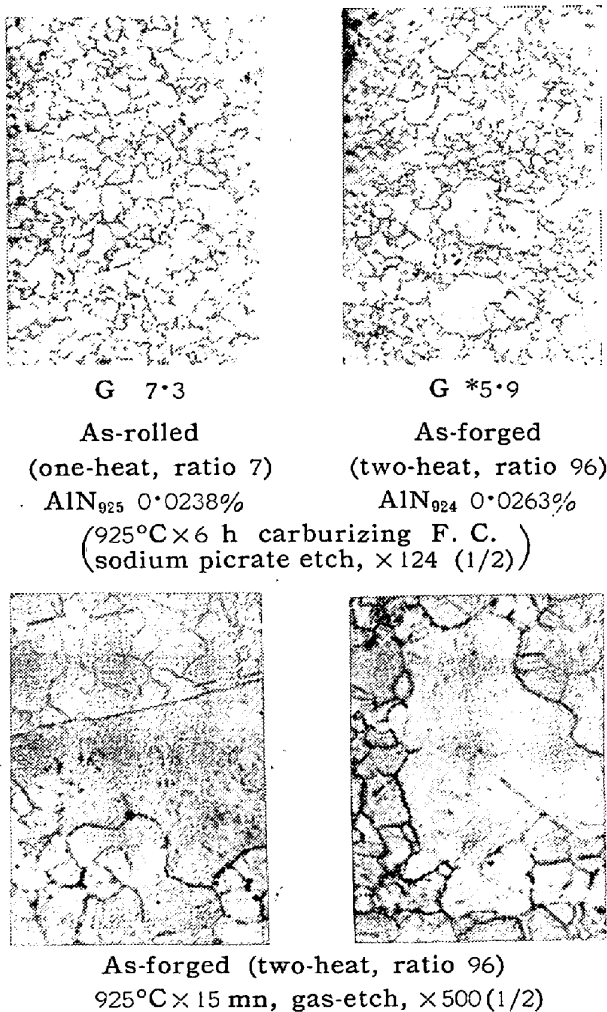


Fig. 1. Coarse grains at two heat.
Sample: SCM 21, Σ Al 0.036%

1 回目の高温加工後では細整粒で AIN₉₂₅ も前にえた結晶粒微細化の範囲にあるが、2 回目の高温加工後では、AIN₉₂₅ は変わらないが、粗粒がところどころ出現している。これを gas-etch すると写真 (下) のごとく 15 分の加熱で既に粗大な粒が出現しており、しかもその粗粒の中には変態後出来たとみなされる幾つかの小さな γ 粒の粒界の熱腐蝕による痕跡が認められる。したがつて写真 (上右) の滲炭粒の内の粗大な粒は α から γ へ変態し

てから一部の粒が短時間のうちに成長してえられたようである。すなわちそのような場所には 2 回の高温加工後非常に成長し易い要因を生じたものと考えられる。この要因が何であるかは検討中であるが、写真 (上右) の 2 heat 試料を焼鈍 (例えば 925°C×2 h F. C.) してから滲炭したら細整粒 G. 7.6 がえられた。また焼準 (925°C×2 h A. C.) では G. 混 4.2 がえられた。その他の 2 heat で粗粒化した試料についても同様の実験を行つたが、焼鈍では細整粒に回復したが、焼準では試料によつては必ずしも回復しなかつた。すなわち成長し易い要因は焼鈍によつて消失する。したがつて滲炭する前の試料の熱履歴における冷却速度がこの要因に関連をもっているようである。これは前項の熱履歴の影響の結果と一致している。このように前歴の冷却速度が影響する粗粒化の原因は何か。前項の結果より粒度現出前の AIN および AIN₉₂₅ の量のみからは考察出来ないで、あるいは前歴の冷却速度により、滲炭のための加熱過程の AIN の挙動、例えば溶け込み、析出等に変化を生ずることに原因があるのでないかと思われる。

V. 結 言

繰返し高温加工または熱処理によつて元来細整粒であつたものが粗粒化する場合のあることが認められた。後者の影響はかなり大きい。こういうことは現場作業上、望ましくない。これを防止するには滲炭する前の熱処理後の冷却速度を遅くすればいゝと思われる。一方、繰返し高温加工による粗粒化の原因に関しては、(1) 粗粒の出来る速度がかなり速いこと、(2) 滲炭前の冷却速度が遅いと出現しないこと、(3) 焼鈍により回復すること、(4) 滲炭前の AIN および 925°C に加熱した時の AIN₉₂₅ の量のみからは関連性を見出しえぬこと等がわかつた。

(115) 超高抗張力鋼の研究 (I)

(0.4%C-2.5%Si-1.2%Cr-0.35%Mo
鋼について)

Studies on Ultra-High Strength Steel (I)
(0.4%C-2.5%Si-1.2%Cr-0.35%Mo steel)

T. Okada, et alius.

住友金属工業製鋼所 田坂 鋼二・岡田 隆保

I. 緒 言

最近、200 kg/mm² の高抗張力域で、なおかなりの韌性をもつ鋼の一つとして、従来の低合金強靱鋼に約 2% の Si を添加した鋼が注目されている。マルテンサイトの焼もどし過程におよぼす Si の影響については既にかなり