

Photo. 1. Grain boundary migration in ductility fracture surface of sample tested at 0°C.



Photo. 2. Crack initiation at lamellar pearlite in sample tested at -60°C.

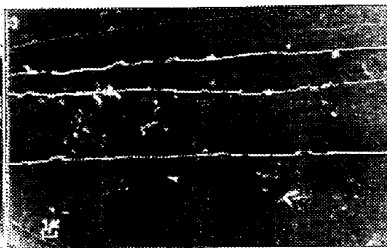


Photo. 3. Behaviour of elongated non-metallic inclusions in sample tested at -30°C.



Photo. 4. Absorption of cracks at grain boundary of sample tested at -10°C.

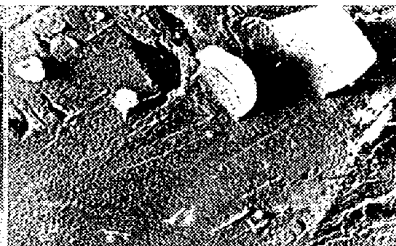


Photo. 5. Strip marking of sample tested at -40°C.

するので、引張応力がかかった場合、この点に応力集中が起り、亀裂発生点になることが考えられる点は、すでに指摘したが、Photo. 2 に見られるように、パーライト層から亀裂が層方向に発生し、フェライト中に伝播してゆくと言進方向が[100]に変っていることが観察された。

亀裂進行中の様相を見ると、

1) 球形非金属介在物 ($10\mu \sim 0.1\mu$) については、亀裂伝播にほとんど影響がないようである。中には、亀裂発生を阻止する場合もある。

延伸状非金属介在物 ($<0.5\mu$) については、亀裂が介在物に当たると、その一方から亀裂が発生し、進行してゆく。また Photo. 3 に見られるように介在物の周辺を亀裂が通過する場合は、亀裂進行路が、介在物側に曲げられる点が観察された。

2) 結晶粒界において、亀裂伝播のエネルギーは、かなり吸収されることが、Photo. 4 でも明らかである。すなわち一般に結晶粒が小さいほど、破断抵抗が大きいといわれるのは、粒界における亀裂伝播阻止効果が大きいと思われる。

3) 双晶面が破面を横切る交線を端辺とする。蒲鉾型剝離面が温度がずっと低下すると、Photo. 5 に見られるように観察された。これは、Werner²⁾、Crussard³⁾ からも衝撃破面で認めている点であるが Pateau⁴⁾ らはラセン状転位の蓄積によるものでないかと述べている。引張試験の破断面にも、これと同等の mark が見られ

る点は興味深い。

III. 結 言

V ノッチ引張試験片の破断面を観察することにより、つぎの点が明らかになった。

- 1) 亀裂発生点としてはパーライトの層の部分に起ることがある。
- 2) 結晶粒界は亀裂吸収の役目をしている。
- 3) 球形非金属介在物は亀裂伝播に影響が

ない。

4) 延伸状非金属介在物は亀裂伝播に対する抵抗とはならない。

5) 蒲鉾型剝離面の発生によつても、エネルギー吸収が行なわれる。

文 献

- 1) 中西: 鉄と鋼, 45 (1959) 3 p. 319
- 2) Ott Werner, et alii: Archiv. für Eisenhüttenw. Okt. (1956)
- 3) C. Crussard, et alii: Journal of The Iron & Steel Inst., June (1956) p. 157
- 4) J. Pateau, et alii: Communication to the congress on electron microscopy, May. (1956)

(119) 3.5% Ni 鋼の低温性質について

(低温用鋼材の研究—I)

神戸製鋼所, 神戸研究部

平野 坦・○金田次雄・小久保一郎

Low Temperature Properties of 3.5% Ni Steel.

(Studies on the steels for low temperature uses—I)

Hiroshi Hirano, Tsugio Kaneda, Ichiro Kokubo.

I. 緒 言

最近石油化学工業のいちじるしい発達に伴い低温用鋼

材の需要が急激に高まって来た。従来低温用材料としては主としてステンレス鋼、銅、アルミニウムなどが用いられて来たが、鋼に Ni を添加することにより衝撃遷移温度を低下させる性質を有しているため、低温用材料として Ni 鋼が注目されはじめた。本報告は 3.5% Ni 鋼の低温特性について行なった試験結果について述べる。

II. 供試材および試験方法

供試材は 100kVA 塩基性高周波炉により熔解造塊した鋼塊を 20mm ϕ 15mm 中に鍛伸した。Table 1 に供試材の化学成分を示す。3.5% Ni 鋼の低温特性におよぼす炭素量および結晶粒度の影響を調査するため ASTM 規格範囲内にて C% を 0.019% より 0.18% まで変化させた Al 添加量を変え結晶度の異なる試料を作った。低温度における衝撃試験方法は -70°C まではドライアイス+メチルアルコールそれ以下は液体酸素+エチルアルコールにより低温度を作り、その中に試料を 15mm 浸漬後取り出して行なった。

III. 試験結果

1. 低温衝撃値におよぼす焼戻温度の影響

低温用 3.5% Ni 鋼の熱処理として ASTM では焼準または焼準焼戻が規定されているので焼戻温度を決定するため焼準後焼戻温度を変えて常温ならびに -100°C における衝撃値の変化を供試材 c, d により検討した。焼準温度の上昇により衝撃値の増加率は異なるが両供試材とも 650°C 焼戻により最高値となりさらに温度の上昇にともない衝撃値は低下した。

2. 常温引張試験

各供試材について焼準、焼鈍、焼準焼戻、焼入焼戻処理を行ない 9.9mm ϕ JIS 4 号抗張試片に加工し AMS 30t 抗張試験機により引張試験を行なった。各供試材ともすべて ASTM 規格を満足したが極低 C% の a は熱処理による差はほとんど認められず抗張力はきわめて低目であつた。他の供試材は C% の増加にともない熱処理によりかなりの差が認められた。

3. 各種熱処理による衝撃値の検討

各供試材について抗張試験で行なつたと同じ熱処理を行ない V ノッチ試片に加工し、常温より -120°C にいたる温度でシャルピー衝撃試験を行なった。極低 C% の a は熱処理方法の如何を問わず -120°C までは変化なくきわめて高い衝撃値を示した。他の供試材は熱処理方法により変化するが、すべて低温衝撃性は焼入焼戻、焼準焼戻、焼準、焼鈍の順になつていく。また C% も低温衝撃性にかかなり影響するが結晶粒度の影響はさらにいちじるしい。焼準焼戻を行なった各供試材について 5mm V ノッチに加工した試片で低温衝撃試験を行なったが V ノッチの場合とかなり異なつた結果を示した。Fig. 1 に各供試材の焼準焼戻、焼入焼戻状態における低温衝撃値の変化を示す。

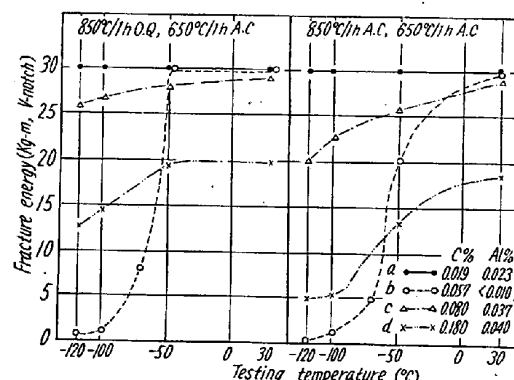


Fig. 1. Effect of carbon and aluminum contents on fracture energy-temperature curves.

4. 衝撃値におよぼすオーステナイト化温度の影響

オーステナイト化温度の相違による低温衝撃値の変化を検討するため優れた低温衝撃性を有する供試材 a を使用して焼準温度を $800\sim 1200^{\circ}\text{C}$ に変化させ、その後いずれも 650°C , 1h A.C.を行ない常温ならびに -100°C の衝撃試験を行なった。常温衝撃値はオーステナイト化温度の影響は余り認められないが、 -100°C では高温焼準のものはかなりの低下が認められた。したがってオーステナイト化温度による粒度の影響は常温よりも低温衝撃性にいちじるしく影響するものと考えられる。

5. 歪時効による衝撃値の変化

Table 1. Chemical compositions (%) and austenitic grain size of materials tested.

Testing materials	Chemical compositions (%)										Austenitic grain size (at 925°C)
	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Σ Al	Σ N ₂	
a	0.019	0.37	0.27	0.005	0.012	<0.10	3.65	<0.10	0.023	0.0060	8.0
b	0.057	0.42	0.19	0.007	0.009	<0.10	3.74	<0.10	<0.010	0.0040	2.5
c	0.080	0.51	0.26	0.007	0.009	<0.10	3.62	<0.10	0.037	0.0050	8.0
d	0.180	0.58	0.30	0.008	0.008	<0.10	3.67	<0.10	0.040	0.0060	8.5
ASTM A333-58T	<0.19	0.31 ~0.64	0.18 ~0.37	<0.005	<0.005		3.18 ~3.82				

引張試験による時効温度、時効時間、時効率の関係を検討した結果、歪を与えた後 230°C、30 mn の時効処理により完全時効が生起することが判つたので、供試材 C について時効現象におよぼす熱処理の影響を調査するとともに各供試材の焼準焼戻状態における歪時効による衝撃値の変化を測定した。すなわち各供試材とも 6% 冷間引抜加工後完全時効を与えることにより衝撃遷移温度は上昇し -100°C において、すべて ASTM 規格である 2.07 kg-m (15 ft. lb) 以下の衝撃値を示し極低 C% の優れた低温衝撃性を有する a 供試材でもいちじるしい影響を受けることが認められた。

6. 歪時効の回復処理の検討

冷間加工後の歪回復処理温度を決定するため供試材 C を 6% 冷間引抜加工後 450~650°C の各温度にそれぞれ 1 h 加熱した後 -100°C にて衝撃試験を行なった結果、冷間加工後 500°C ではかなりの回復を示し、600°C になると回復程度はほぼ飽和状態の 10 kg-m に達したが冷間加工を行なわない状態に比して低目である。

IV. 結 言

-100°C で使用される 3.5% Ni 鋼の低温特性について若干の実験を行なったが、本鋼種の低温衝撃値は C% 熱処理方法によりかなり影響されるが、特に結晶粒すなわち N₂ 固定化の影響が非常に大なるものと考えられる。また -100°C できわめて優れた低温衝撃性を有したのも歪時効を受けるといじりしい低下を示すが 600°C の加熱により回復することがわかつた。

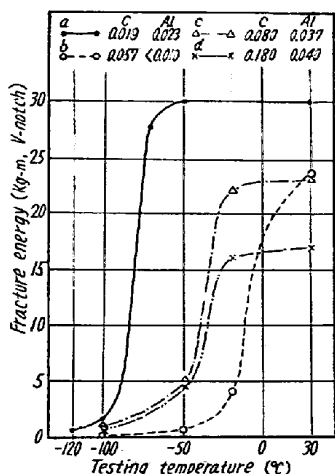


Fig. 2. Fracture energy-temperature curves for 3.5% Ni steels aged for 30mn at 230°C after cold drawing.

(120) 9% Ni 鋼の低温性質について

(低温用鋼材の研究—Ⅱ)

神戸製鋼所, 神戸研究部

平野 坦・○金田次雄・小久保一郎

Low-Temperature Properties of 9% Ni Steel.

(Studies on the steels for low temperature uses—Ⅱ)

Hiroshi Hirano, Tsugio Kaneda, Ichiro Kokubo.

I. 緒 言

低温における鋼材の諸性質は、結晶型により大きく影響されるが、フェライト系の体心立方格子のものは機械的性質がきわめて変化しやすく、特に衝撃値はある温度以下で急激に減少する性質を有している。したがって低温用鋼材としては、衝撃値が重要視され、ASTM 規格では特に低温における有溝衝撃値を規定している。本報では -200°C で使用される 9% Ni 鋼の低温性質について行なつた調査結果を報告する

II. 供試材および試験方法

Table 1 に供試材 4 チェージの化学成分ならびに ASTM 規格を示した。第 1 報より明らかなごとく、フェライト系鋼の低温衝撃性は C% ならびに結晶粒度にかなり影響されることが認められたので本実験においても C% を規格範囲内にて 0.017~0.101% まで変化させ、また Al 添加量を変えて粒度の異なる供試材を熔製した。熔解は 100 kVA 塩基性高周波炉を使用し、造塊後 20 mm φ, 15 mm φ 中に鍛伸し、供試材とした。低温における衝撃試験方法は第 1 報の場合と同じであるが -183°C は液体酸素、-196°C は液体窒素を使用した。

III. 試 験 結 果

1. 焼戻温度および時間の影響

9% Ni 鋼の熱処理としては二重焼準—焼戻、すなわち 900°C/1h AC, 790°C/1h AC, 550~585°C/2h AC が推奨されているが、焼戻温度の影響を検討するため供試

Table 1. Chemical compositions (%) and austenitic grain size of testing materials.

Testing materials	Chemical compositions (%)											Austenitic grain size
	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Al	N ₂	O ₂	
a	0.017	0.52	0.23	0.006	0.014	<0.10	9.08	<0.10	0.013	0.0071	0.0037	6.9
b	0.063	0.54	0.25	0.007	0.006	//	9.07	//	0.020	0.0044	0.0057	6.5
c	0.091	0.59	0.26	0.011	0.006	//	9.07	//	<0.010	0.0051	0.0084	3.5
d	0.101	0.56	0.27	0.010	0.016	//	9.08	//	0.059	0.0080	0.0068	8.5
ASTM A353-58	<0.13	<0.80	0.15 ~0.30	<0.035	<0.040		8.50 ~9.50					(at 925°C)