

(214) 9%Ni 鋼における析出オーステナイトの極低温での不安定化について

(9%Ni 鋼に関する研究—II)

早稲田大学, 理工学部

工博 長谷川正義・○佐野 正之

Instability of Temper Austenite Holding in Liquid Nitrogen

(Study on characteristics of 9% Ni steel—II)

Dr. Masayoshi HASEGAWA and Masayuki SANO

1. 緒 言

筆者らは 9%Ni 鋼 (以下 9N 鋼と記す) に関する研究の一部として, 熱処理に伴う冶金学的因子の低温衝撃特性におよぼす影響について一連の研究を行なっている. すでに前報¹⁾においては, 熱処理条件と析出オーステナイト (γ_T) 量との関係を明らかとし, かつ γ_T が極低温で必ずしも安定でないことを指適した.

そこでこの研究は, 熱処理条件が異なることによる衝撃特性の変化および液体窒素温度における γ_T の不安定化現象について検討することを目的とした.

2. 方 法

供試材は前報と同一組成の 12 mm 厚 9 N 鋼を用いた. またオーステナイト (γ) の定量方法, 衝撃試験方法もすべて前報に準じた.

3. 試験の結果およびその考察

3.1 液体窒素中長時間保持による析出オーステナイトの不安定化および衝撃特性について

まず Table 1 に示すごとく 5 種類の熱処理条件を異にして γ_T 量を変えた素材から多数の衝撃試験片を採取し, 0°C の水中および液体窒素中に各時間保持後, 衝撃試験を行なった. また, いずれの場合も衝撃試験片の残材を用いて γ_T 量と硬さを測定した.

γ_T 量および吸収エネルギーの変化を Fig. 1 に示した.

液体窒素中で 6 min 保持した場合の γ_T 量の減少する割合を比較すると, 試料-B, D のごとく γ_T 量のピークに近い条件を選んだ試料は焼入れ温度, 焼戻し時間, γ_T 量が異なっても変化は少ないが, 試料-A, C, E のようにピークの手前の条件を選んだ試料では減少率が大きかった. 全く同様な傾向が保持時間に対する γ_T 量の減少にも認められ, 試料-B, D に比べ試料-A, C, E の変化の割合は大きかった. しかし, 各試料とも γ_T 量の減少する変化は 10⁴ min (約 1 週間) 程度までで, それ

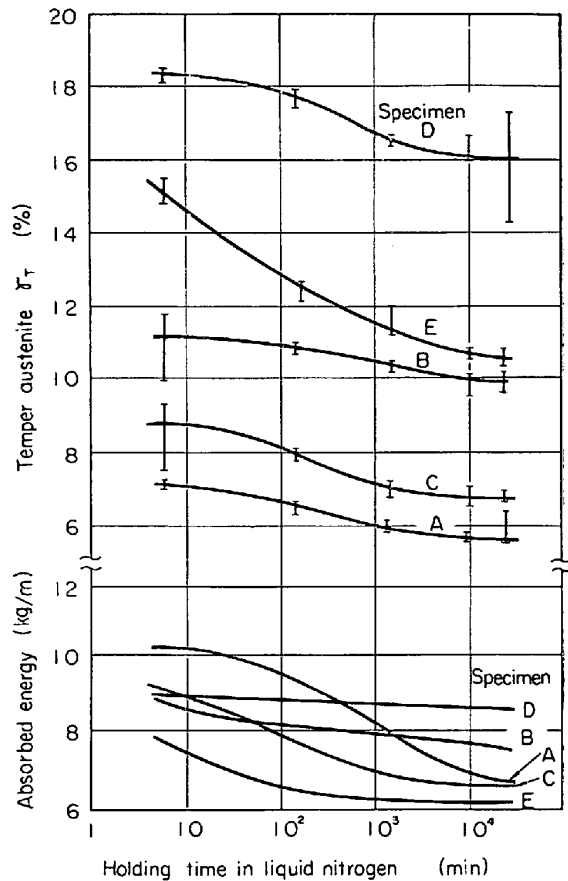


Fig. 1. Effects of holding time at liquid nitrogen temperature on some properties.

以後の変化は認められず一定となつた.

吸収エネルギーについては γ_T 量の変化と同じような傾向を示し, ここでも試料-A, C, E の保持時間に対する減少の程度は試料-B, D に比較して大きなものであつた.

液体窒素温度における γ_T 量と吸収エネルギーの関係については Fig. 2 に示したごとく, 通常の衝撃試験で行なわれる程度の短時間保持の場合と, 長時間保持により γ_T の変化が飽和した状態における場合とでは様相が異なる. すなわち, 前者の場合には γ_T が 15% までは γ_T 量の多い方が吸収エネルギーは低く, 15% を越えると逆に γ_T 量に比例して吸収エネルギーも上昇する. 長時間保持すると γ_T が 13% 程度までは γ_T の量が変わっても吸収エネルギーはほとんど変化せず 6~7 kg-m —

Table 1. Conditions of heat treatment.

Specimen	Condition		Properties		
	Quenching	Tempering	Temper austenite (%)	Hardness (Hv)	Absorbed energy at 0°C* (kg-m)
A	740°C × 60 min WQ	550°C × 150 min WQ	9.4	200	21.6
B	740°C × 60 min WQ	550°C × 710 min WQ	11.7	187	22.5
C	830°C × 60 min WQ	550°C × 500 min WQ	10.9	183	24.1
D	830°C × 60 min WQ	550°C × 6000 min WQ	18.5	178	20.2
E	830°C × 60 min WQ	575°C × 6000 min WQ	19.6	177	21.4

* Holding for 6 min at 0°C

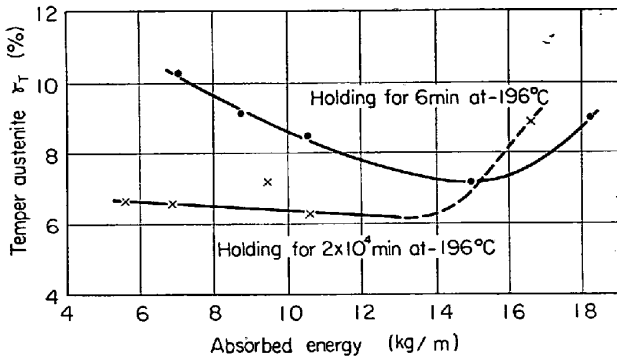


Fig. 2. Relationship between temper austenite and absorbed energy at -196°C .

定であり、13%以上になると吸収エネルギーが上向きになる傾向を示すようである。

以上の結果から、9N 鋼の γ_T はこれまでの報告²⁾³⁾と異なり極低温中では γ_T が 10~15% でも必ずしも安定でないことが明らかとなった。しかし、 γ_T の不安定化もある値を限度として飽和した。しかも変化の程度は熱処理条件によつて差異が認められ、例えば同じ γ_T 量の試料でも、処理条件が変われば γ_T の不安定化の挙動も異なる。この理由の一つとして、 γ_T の組成の影響が考えられたが、別に行なつた電解抽出法による実験の結果からはいずれも金属学的には差異が認められなかつた。これまで γ_T 量の減少と γ の不安定化とを同意として述べてきたが、これは X線回折法によつて γ_T の減少分がマルテンサイトに変態していることを確認したため、顕微鏡検査でもマルテンサイトであることが認められた。

3.2 液体窒素中長時間保持による遷移温度の変化について

3.1 の結果より、液体窒素中に長時間保持することによつて遷移温度の上昇が予想されたので、各試料について短時間(各温度での保持時間 6 min)後と液体窒素中保持ではほぼ飽和する時間 (2×10^4 min) 後の遷移温度の比較を行なつた。ここでは代表例として比較的变化の大きかつた試料-E の結果を Fig. 3 に示した。低温側が -196°C までなので無延性域まで含めた遷移曲線を描くことはできなかつたが、この実験の範囲で次の点が明らかとなつた。

予想通り長時間保持すると遷移温度は右下に移行し、その変化は吸収エネルギーで 2~3 kg-m、温度で約 30°C の差があつた。このことは液体窒素中で長時間保持すると γ_T 量が減少することに一致した。9N 鋼が高い低温靱性を有する理由として、フェライト自身の靱性の向上や γ_T の shock absorber としての働きなどが考えられているが⁴⁾、金属学的にも単に極低温での恒温保持でフェライト自身の靱性が変化するとは考えられないので、この場合も恒温マルテンサイト変態の影響が主因となつたものと思われる。すなわち、極低温保持により一部の γ_T がマルテンサイト化し、absorber となるべき γ_T 量を減じ、かつマルテンサイトが crack の発生因子または伝播を助長するために遷移曲線を右下に移し、さらに延性域での吸収エネルギーを減少したものと考へた。

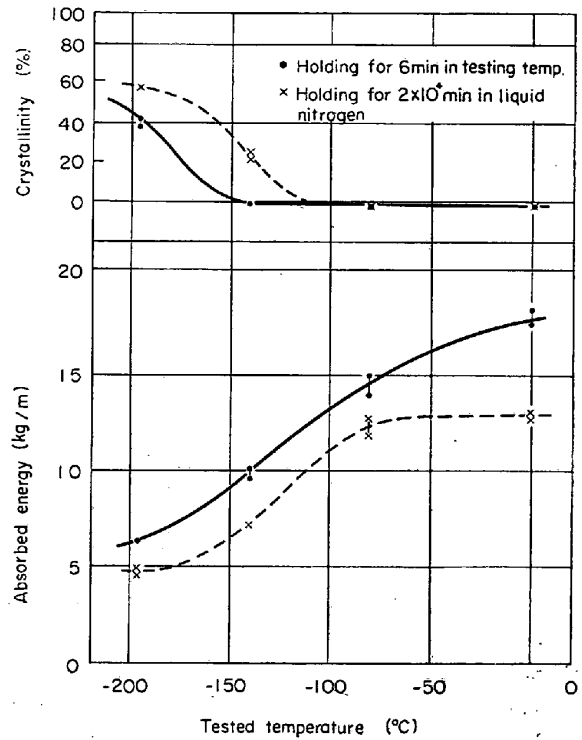


Fig. 3. Change of transition curve in case of holding for 2×10^4 min in liquid nitrogen of specimen E.

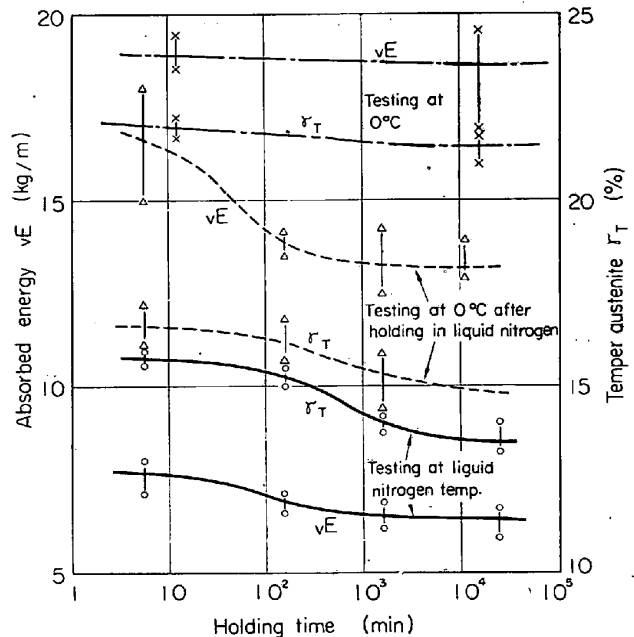


Fig. 4. Change of impact properties and temper austenite at 0°C after holding in liquid nitrogen.

3.3 液体窒素中に各時間保持後 0°C に戻した際の衝撃特性について

液体窒素中で長時間保持すると吸収エネルギーが減少し、かつ遷移温度が上昇することを 3.2 で明らかとしたが、このことは液体窒素中に長時間保持することによつて衝撃特性を劣化される不可逆的な欠陥が生ずること

を意味する。そこでさらにこの点を明らかとするために、前記と同一試料を用いて次のような実験を行なった。すなわち、液体窒素中に各時間保持した試料を 0°C の水中でさらに 15 min 保持した後衝撃試験に供した。Fig. 4 にこの値と 0°C および液体窒素中で長時間保持した試料の試験値を示した。

その結果、 0°C における場合には長時間保持してもほとんど変化はない。また液体窒素中に保持したものは図の下段に示したとき変化をするが、それを 0°C に up-quench しても温度上昇に伴う吸収エネルギーの増加を示すだけで、極低温で生成された劣化因子は回復しない。この理由の一つは、3.1 に述べたと同様に γ_T の不安定化が原因と考えられ、このことは併記した量 γ_T の減少が吸収エネルギーの変化と同じ傾向を示すことから明らかであった。

そのほか、加工硬化特性に関して 2.3 の実験を行なった。まず液体窒素温度で衝撃試験に供した試験片の破断面は劈開破壊の様相を呈し、かつ γ_T の大部分がマルテンサイト化していることが X線と検鏡結果によつて認められた。さらに -190°C で衝撃試験片の素材にプレスノッチをつけ、切欠き底部の顕微鏡組織を常温のそれと比較したところ、極低温では γ_T が静的な加工によつてもマルテンサイト化することがわかつた。そこで加工硬化によるマルテンサイト化におよぼす熱処理条件、 γ_T の組成や液体窒素中での保持時間の影響などについて比較検討したが、各試料間で大差はなかつた。

結局、液体窒素中では γ_T の恒温マルテンサイト化と衝撃試験過程での加工によつてマルテンサイト化が起り得るが、吸収エネルギーを支配するのは極低温に保持後 0°C に戻して衝撃試験を行なった結果などから、前者の影響の方が大きいと考えられた。

4. 結 言

9N 鋼の主として熱処理条件の相異による衝撃特性と γ_T の極低温での不安定化について検討し、以下の諸項が明らかとなつた。

(1) 9N 鋼における γ_T は液体窒素中で必ずしも安定でないことを確認した。これは γ_T の一部が恒温マルテンサイト化するため、衝撃特性劣化の一因となる。

(2) 長時間保持による劣化の程度は熱処理条件によつてやや異なるが、いずれもある時間を経過すると飽和する。しかし、最適熱処理条件を選べば比較的安定な γ_T として液体窒素中でも飽和までかなりの時間を要するため、衝撃特性の著しい低下を防ぐことができる。

(3) γ_T 量と衝撃値の関係は実用上からも γ_T のマルテンサイト化が完了した状態で比較すべきである。ただし、 γ_T が 15% 程度以下の場合でも γ_T 量に関係なく吸収エネルギーはほぼ $6\sim 7\text{ kg}\cdot\text{m}$ 一定となり、規格の最低値よりはなお数 $\text{kg}\cdot\text{m}$ 高い。

(4) 液体窒素温度では、 γ_T が衝撃試験時の加工硬化によりマルテンサイト化することが認められたが、吸収エネルギーの低下におよぼす影響は恒温マルテンサイト化による方が大きいと考えられる。

最後に本研究に御協力頂いた武井雅光氏（現在川崎製鉄勤務）に感謝の意を表します。なお本研究は日本溶接協会鉄鋼部会 9N 委員会における共同研究の一部として

実施したものであることを付記する。

文 献

- 1) 長谷川, 佐野: 鉄と鋼, 53 (1967) 4, p. 505
- 2) T. N. ARMSTRONG: "Notched ber impact properties of some Ni steels after 1 year exposure to liquid nitrogen" preprint at national conference on petroleum mechanical engineering, (1946)
- 3) C. ROQUES: Rev. Mét., 60 (1963) 1, p. 65
- 4) C. W. MARSCHALL, et al.: Trans. Amer. Soc. Metals, 55 (1962), p. 141

(215) 鋼矢板打込時のグリップ抵抗について

富士製鉄, 釜石製鉄所

峯岐武彦・鈴木 信・高橋宣夫

On the Driving Resistance at Sheet Piling Grip

Takehiko IKI, Shin SUZUKI
and Nobuo TAKAHASHI

1. 結 言

粘着性の乏しい土壌、とくに砂層に鋼矢板を打込むと往々にして打込み回数が著しく増して、しだいに打込み困難となり、ほとんど入り込まなくなる。さらに打込みエネルギーを大きくて作業を続けるとグリップの変形、爪外れ、爪割れなどの原因となる。とくに粒度が細かく水分の少ない砂層に長尺の鋼矢板を打込むとこのような詰りの問題がおこりやすい。

本報文は砂の場合のモデル試験を行ない、グリップ内の砂の挙動、砂の密度分布、打込深度とグリップ抵抗などを測定して、その詰りを起こす過程および原因を調査した。さらにその対策としてグリップ内の砂排除具やグリップ内部への砂侵入防止の方法を考案して、打込み時のグリップ抵抗の減少を測定し、実地試験を行なつてその効果を確認したのでその結果の概要を報告する。

2. グリップ抵抗について

2.1 グリップ内の砂の挙動

砂層に鋼矢板を打込んだときのグリップ内に詰る砂の挙動を調べるために Fig. 1 (a) に示す半開式のドラム缶に 7 色に着色した砂を 10cm 厚さに層状に詰めて、これに鋼矢板の試片を 50 kg の重錘で 70cm 打込みを行ない打込み後、半開してグリップ内に詰つた砂の状態を観察した。その結果同図のグリップ内 (b) には (c) に示す通りの砂の分布であつた。

グリップ開口部入口付近では缶内の砂層とほとんど同じであるが、内部に行くにしたがつて表面の砂が深く侵入していることが判る。これは打込みに際して開口部から表層部の砂がグリップ内に落ち込んできたものと解明される。次に 2 枚目の鋼矢板を嵌合させて打込むとグリップ内に詰つた砂は一部開口部より排除されるが、残りの砂は圧縮され、しだいに高い密度の砂との摩擦になり Fig. 4 (I) の普通打込みに示すごとく、非常に大きな打