

し、Mn 1% の No. 7 では他のものに比較しすぐれている。

3.4 Nb 鋼の粒度

Nb 鋼のフェライト粒度は、圧延のままでは Nb を添加しない鋼に比較して微細化はされない¹⁾とされているが、本試験では、肉厚が 5~6mm となれば、Nb を添加しない鋼よりも粒度番号で 0~1.5 程度こまかくなった。しかし肉厚が 7mm 以上では細粒化効果はない。薄物が低温においてすぐれた性質を示すのは、このこまかい粒度 (No. 8.5~11.5) から理解できる。さらに 900°C×1hr の焼ならし処理を行なえば、圧延寸法如何を問わず、粒度番号 1~3 さらにこまかくなる。一方、オーステナイト粒度は 925°C×6hr 処理で No. 9~6 となり、粗大化温度は Nb を添加しない鋼に比較し 100~150°C 高くなる。

3.5 溶接性

次に溶接部延性、最高硬さ、割れ、その他の調査を行なった結果、引張強さが 60kg/mm² をこえると、普通の溶接では若干難点もあるが、60kg/mm² 以下では V 鋼、Nb 鋼ともに極めて良好な溶接性がえられた。

4. 考 察

4.1 強さにおよぼす V および Nb の影響

V および Nb はともに析出硬化型の元素であり、したがって降伏点の向上には効果的であるが、一方、切欠脆性は低下する。したがって圧延のまま使用する鋼としては、加熱温度および圧延温度の管理が重要となる。Nb 鋼の場合十分な析出硬化を期待するには Nb をオーステナイト中に完全に固溶させた後、圧延過程を通じて炭化物、あるいは炭窒化物を析出させなければならない。一方高温で Nb を完全に固溶化をはかれば、結晶粒を粗大化し、さらに Nb は冷却時のパーライト、フェライト変態速度をおくらせる²⁾のでパーライト状またはウイドマン状の組織を呈しやすく、したがって靱性が低下する。それ故に圧延温度は比較的低温とし、微細なフェライト・パーライトの混合した組織とすれば、すぐれた性質を得ることができる。

降伏点の上昇におよぼす V 量の影響は 10~12mm 厚みで 0.11% ではば 4~5kg/mm² であり、一方 Nb 量の影響は 0.017~0.040% の範囲ではほとんど変化せず。V 0.11% の場合と同様 4~6kg/mm² である。したがって降伏点に対しては V 0.11% と Nb 0.02% 程度が適当であると考えてよい。肉厚が 5~7mm になれば、V 量 0.11% は降伏点を 5~7kg/mm² 上昇させるのに対し、Nb 0.017~0.040% の範囲ではその上昇は 6~8kg/mm² であり薄肉寸法に対する Nb の効果は一層すぐれていることがわかる。

4.2 C, Si, および Mn の影響

C および Si は遷移温度を上昇させる元素であり、また降伏点に対しては C はあまり効果がない。Si は降伏点にはかなり効果があるが、Nb 鋼においては (比較的厚いものでは多少の効果も認められる) Si の効果は認められない。Mn は適量の場合遷移温度を低下させ、しかも、薄肉のものでは No. 7 にみられるように、降伏点の上昇にも極めてすぐれた効果がある。C および Mn の適量を組み合わせることにより、Mn の効果と Nb の効

果とが複合されるものと考えられる。

4.3 その他

Nb 鋼の特徴の一つは、C が 0.02~0.03% 変化しても、引張強さは圧延寸法に関係なくほぼ一定値を示すことである。この事実は試料 No. 2 および No. 3 の比較、または、No. 5~No. 7 の比較によつて明らかであつて化学成分が多少変化しても引張強さの推定を容易に行なうことができる。

5. 結 言

以上の試験結果を要約すれば次のとおりである。

(1) V および Nb を添加した鋼の強さに対してはこれら元素を添加しない鋼のそれに対するよりとくに圧延寸法または圧延終了温度の影響が大きく、薄肉になるにしたがい、また圧延終了温度が低くなるにしたがい、強度および靱性はいちじるしく向上する。

(2) 降伏点から見た Nb および V の適量は Nb 0.017~0.040%、V 0.11% 程度である。

(3) Nb 鋼では薄肉の場合とくに強度、靱性がすぐれているが、C、Mn の適量を組み合わせることによりきわめてすぐれた性質を得ることができる。この場合の C は 0.11%、Mn は 1.0% 前後が適当である。

(4) フェライト結晶粒は Nb の添加により、圧延のままでも薄肉であれば粒度番号で 0~1.5 微細になる。しかし、比較的厚肉の場合には結晶粒の微細化は認められない。

(5) Nb 鋼では C が 0.01~0.03% 変化しても、引張強さはほとんど変化しないようである。

文 献

- 1) W. B. MORRISON: J. Iron and Steel Inst. (U. K.), (1963) Apr., p. 317
- 2) W. B. MORRISON: Iron and Steel, (1964), Apr., p. 390

(146) 高張力鍛鋼の特性について

(溶接可能な高張力鍛鋼の研究—I)

日本製鋼所、室蘭製作所

小田 豊久・○柳本 龍三

On the Properties of the Forged High Strength Steel.

(Study of weldable forged high strength steel — I)

Toyohisa ODA and Ryuzo YANAGIMOTO.

1. 緒 言

最近溶接構造物、圧力容器、建設用構造材などに次々に高張力鍛鋼が使用されるようになった。一般に構造用材料としては降伏強さが高く、伸び絞りが大であり、衝撃や疲労に対しても強いことが必要条件とされている。しかし降伏強さおよび引張強さと伸び絞りは相反する傾向を示し、従来の構造用鋼を適用する場合、この性質をたえず考慮しなければならない。

この報告で記述する高張力鍛鋼とは種々の合金元素の効果的な組み合わせ配合を考え、焼入焼戻を行ない靱性値

の改善をはかつたところに特長があり、特に溶接性を良好にするために等価炭素量を 0.55 以下におさえ、降伏比が高く質量効果の小さい高張力鍛鋼の研究を行なつてきた。比較的大型の直径 280mm の実際鍛造材を利用し種々の熱処理と機械的性質について試験調査を行なつた。溶接性試験を含め高張力鍛鋼の特性について試験結果の報告を行ない第 1 報とする。

2. 供試材

2.1 化学成分

等価炭素量を考慮し低炭素系とし Ni 1.90% ベースに Cr を 1.00~0.50%, Mo を 0.55~0.25%, その他 Si, Mn, V の多少の組合わせを行なつた。その中の代表的な 2 鋼種について種々の確性試験を行なつたものである。その目標成分を Table 1 に示す。

2.2 供試材の製造履歴

20 t 塩基性電気炉で溶解された大気鑄込鋼である。5 t 鋼塊より鍛伸された鍛造製品の TOP 側本体試材の残材 (280mm φ × 250mm l) を供試材とした。試材部の実体鍛造比は 6.0 であつて 2000 t 水圧プレスで鍛造されたものである。

2.3 供試材の熱処理工程

供試材の熱処理は実際鍛造製品の熱処理と全く同一であつて、焼鈍-粗削-調質されたものであるが一部試験的に焼鈍-粗削を削除し鍛造肌のまま調質されたものもある。この熱処理を黒皮調質と称しているが熱処理時間の短縮、あるいは機削費の節減に役立ち作業性が極めて良好であることより適応性が拡大される。

3. 試験結果および考察

3.1 引張特性

引張試験はいずれも JIS 4 号試験片で行なわれたもの

Table 1. Chemical composition of the specimens. (%)

Specimen	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	C eq.*
A	0.17	0.35	1.40	1.90	1.00	0.55	—	0.80
B	0.14	0.50	0.60	1.90	0.50	0.25	0.25	0.48

* C eq. = C + 1/24 Si + 1/6 Mn + 1/40 Ni + 1/5 Cr + 1/4 Mo + 1/14 V.

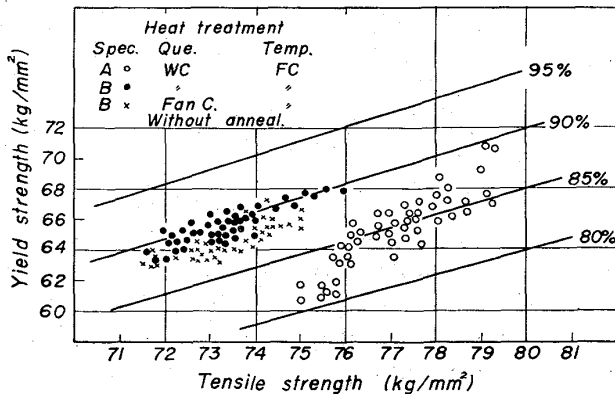


Fig. 1. Relation between yield strength and tensile strength in the quenched and tempered specimens.

である。A・B 両成分の粗削-調質を行なつた試材の常温における引張特性 (抗張力と降伏点の関係) を Fig. 1 に示す。同一熱処理条件にて A・B 両成分を比較すると A 成分の方が抗張力は高目である。このことは Fig. 3 の焼戻特性値からも判断できる。しかし B 成分の降伏比は約 90% であつた。また B 成分の黒皮調質を行なつたものは、粗削-調質のものと比較して抗張力には大差は認められないが降伏比がやや劣り平均 87% であつた。靱性値においても同様の傾向がみられる。この程度の靱性値を確保すれば黒皮調質の実用化は可能と判断される。Fig. 2 に降伏点と絞り値の関係を示す。

3.2 焼戻特性

A・B 両成分の 280mm φ の鍛造品の焼戻温度とカタサの関係を示す。鋼球の直径 10mm 荷重 3000 kg のブリネルカタサ試験機にて測定した。測定位は切断面の中央部とした。

3.3 衝撃特性

衝撃試験はいずれも JIS 4 号試験片で行なわれたもの

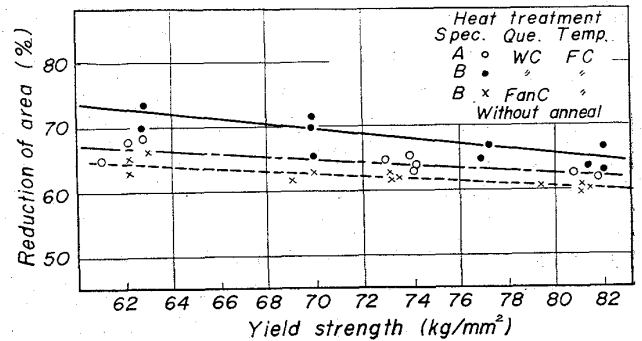


Fig. 2. Relation between reduction of area and yield strength in the quenched and tempered specimens.

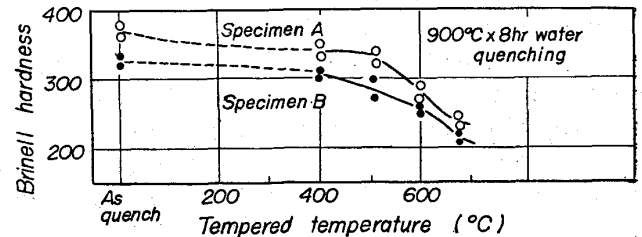


Fig. 3. Relation between Brinell hardness and tempered temperature in the quenched specimens.

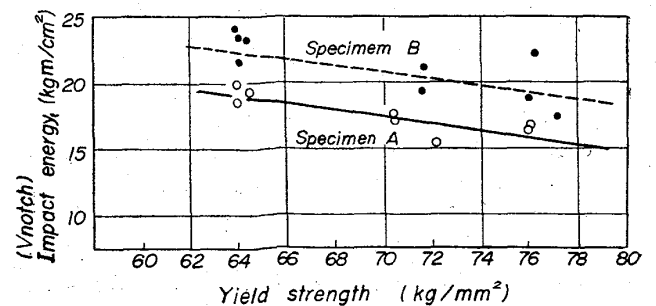


Fig. 4. Relation between impact energy and yield strength in the quenched and tempered specimens.

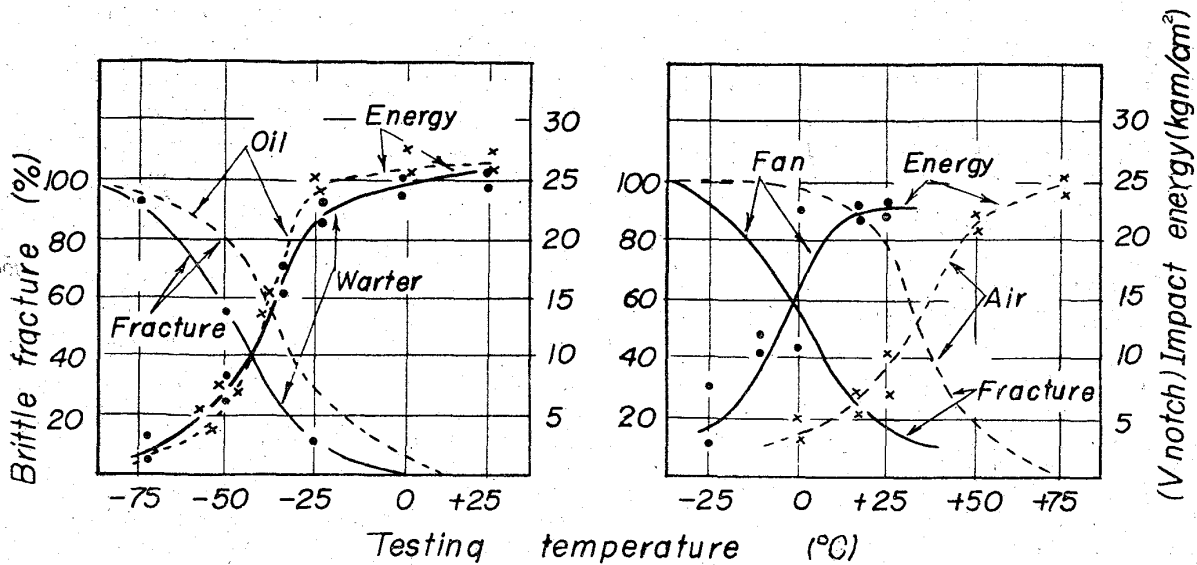


Fig. 5. Effect of quenching velocity on the impact energy and fracture at constant tempering condition.

であり、粗削-調質された A・B 両成分の常温における衝撃値と降伏点の関係を Fig. 4 に示す。

また B 成分の鍛造品について焼戻条件を一定とし焼入冷却速度を種々変化させた場合の低温衝撃値と脆性破面率を Fig. 5 に示す。

3.4 溶接性試験

A・B 両成分の高張力鍛鋼について溶接性の比較試験を行なった。試験内容は溶接接手部の引張、曲げ、衝撃試験、NRL 試験、γ型拘束割れ試験などである。

その結果高張力鍛鋼 A・B 両成分の溶接性を比較すると、母材性質は A 成分の強さが B 成分のそれよりも高いことが接手の引張強さにおいても同様の傾向を示す。接手衝撃試験では熱影響部の脆化は A 成分の方が著しく、NDT 温度も B 成分が -73°C であるのに対して A 成分のそれは -18°C であつて結果として A 成分の方が劣る。ルート割れ防止に対する予熱温度は A 成分では $+150^{\circ}\text{C}$ 、B 成分では $+100^{\circ}\text{C}$ である。これらの結果から判断して B 成分の高張力鍛鋼の方が良好な溶接性をもつことが本実験範囲から判定できる。

4. 結 言

合金元素の効果的配組合わせを考え溶接性を改善し靱性値の向上をねらつた高張力鍛鋼の研究を行なった。本報告においては代表的な A・B 2 成分のものについて種々の確性試験を施行した。その結果――

4.1 引張特性について

B 成分の方が降伏比が高く、絞り値も B 成分の方が高いことは降伏点と絞りの相関より判別できる。また黒皮調質を施行したものは粗削-調質のものとはほぼ同一の抗張力レベルにあるが降伏比、あるいは絞り値はやや低目であつた。しかし実用化は可能と判断される。

4.2 衝撃特性について

衝撃特性はいずれも B 成分の方が優れている。試験片は $280\text{mm } \phi$ の鍛鋼品の表面部より採取されたものであるが内外の衝撃値の比較を行なつている。また B 成分については焼入冷却速度を種々変え衝撃遷移温度を調べ

た。水冷却のものは -50°C であり、冷却速度の差が遷移温度に著しく影響されることを確認した。

4.3 溶接性について

溶接性も B 成分の方が優れている。等価炭素量を少なくしたことは効果的である。NDT 温度が低いこと、ルート割れ防止に対する予熱温度が低いことなどを調べた。さらに熱影響部の特性について試験を行なつている。

これら試験結果より B 成分のものは高張力鍛鋼 70 kg として優れた特性を示し各種構造材として適用範囲を拡大することができる。なお高温特性、質量効果あるいは鍛鋼品の命題とされるヨコ方向の靱性値などの問題については第 2 報以降にゆづることとする。

(147) 高張力鍛鋼の高温性質とヨコ方向靱性について

(溶接可能な高張力鍛鋼の研究-I)

日本製鋼所、室蘭製作所

小田 豊久・○柳本 龍三

On the High Temperature Characteristics and the Transverse Ductilities of Forgings.

(Study of weldable forged high strength steel - I)

Toyohisa Oda and Ryuzo YANAGIMOTO.

1. 緒 言

著者らは前報において高張力鍛鋼の溶接性あるいは衝撃特性を主体に確性試験結果の説明を行ない、高張力鍛鋼 70 kg として実用性が高い諸性質について報告した。

本報においては、高温特性および鍛鋼品の使命とされるヨコ方向の靱性について鍛造比の影響、熱処理特に焼鈍条件の影響について報告を行なう。