

文 献

- 1) 吉松, 河田, 荒木, 中川: 鉄と鋼: 49 (1963), p. 529
- 2) 吉松, 河田, 荒木, 中川: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 559
- 3) 倉部, 荒木, 吉松: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 562
- 4) 荒木, 谷地: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 2019
- 5) 成田, 那須, 佐々木: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1873
- 6) 菊池, 堀川: 鉄と鋼, 37 (1951), p. 366
- 7) A. ROSE, A. WICHER, H. KETTELER: Arch. Eisenhüttenw, 34 (1963), p. 617
- 8) K. J. IRVINE, F. B. PICKERING: J. Iron & Steel Inst (U.K.), 201 (1963), p. 944
- 9) J. HESLOP, N. J. PETCH: Phil Mag., 3 (1958) p. 1128
- 10) W.R.D. JONES, G. COOMBS: J. Iron & Steel Inst (U.K.), 174 (1953), p. 9
- 11) 例えば, 木原: 溶接学会誌, 25 (1956), p. 689

調査した.

2. 供 試 材

100 kVA 塩基性高周波炉を用いて電気炉精製鋼を溶解し, フェロマンガンをおよびフェロシリコンを加えて脱酸した後, V (フェロバナジウム), Nb (フェロニオブ) Ta (金属タンタル) または Al (金属アルミニウム) を添加し, 押湯付 100kg 丸型鋳型に注入して供試鋼塊を得た. 各鋼塊は各種寸法 (最大30mm φ) に鍛伸し供試した. Table 1 に 1000°C 焼ナラシ処理をほどこした各供試材の化学成分を示す. チャージ No.7 は比較材である.

3. 試 験 方 法

V, Nb および Ta による鋼の機械的性質改善は, これらの元素の炭化物または窒化物による細粒化作用と析出硬化作用とによつてもたらされるが, これら二つの作用はともに熱処理条件と密接に関連している. したがつて今回も前報と同様, オーステナイト化温度は最高1200°C とし, 焼ナラシまたは焼ナマシ処理をほどこした後, 機械的性質 (引張試験, シャルピー衝撃試験) と顕微鏡組織を調査した. 一方本供試材程度の比較的焼入性の劣る鋼種は SAC 試験によつて焼入性を比較することができるので, 同試験によつてこれら少量添加元素が焼入性におよぼす影響を調査するとともに, 焼入焼モドシ状態においてこれらの元素の影響を検討した.

4. 試験結果ならびに考察

4.1 オーステナイト結晶粒度

Table 1 に明らかなごとく, V 鋼は N insol の含有量が他の供試材に比較して著しく高い. V, Nb および Ta 窒化物としての N は N insol に含まれるから, 前記の事実は, 前報と同様, 中炭素鋼においても V は窒化物形成の傾向が大きい, Nb, Ta は窒化物より炭化物形成の傾向の方が大きいものと考えられる.

Fig. 1 は一端焼入法によるオーステナイト結晶粒度測定結果である. Nb および Ta はオーステナイト結晶粒の粗大化防止に非常に有効であることが認められるが, これは Nb および Ta の炭化物による作用と考えられる. V 鋼の粗大化温度は Al 鋼よりやや低い, 粗大化温度以上でのオーステナイト結晶粒は全供試材中で最も小さい.

4.2 引張試験

900~1200°C の各温度に 2 hr 保持した後空冷または炉冷処理をほどこして, 常温において引張試験 (JIS 4号, 12mm φ, 引張速度は毎分 5mm) をおこなつた.

Fig. 2 に試験結果を示す. 焼ナラシ状態では V 鋼が著しく高い強度を示し, 他の 4 供試材の間には大差が認められない. これは原子濃度で比較したとき V 鋼の V 含有量が高いこと, V 化合物のオーステナイト (γ) への固溶

(193) 中炭素鋼の機械的性質におよぼす少量の V, Nb および Ta の影響

神戸製鋼所, 中央研究所

鈴木 章・金田次雄・新名英司○梶 晴男

Effect of Small Additions of V, Nb and Ta on the Mechanical Properties of Medium Carbon Steels.

Akira SUZUKI, Tsugio KANEDA, Eiji NIINA and Haruo KAJI.

1. 結 言

Nb および V が低炭素鋼の強度を顕著に増加することはかなり多数の報告¹⁾²⁾に示されており, これらの元素の強化機構についてもほぼ満足すべき説明が与えられている. 著者らは前報³⁾において, 少量の Nb または V を含有する低炭素鋼の機械的性質が熱処理によつてどのように変化するかを調査し, Nb および V の影響をフェライト結晶粒度および Nb, V 化合物の析出硬化によつて説明した. フェライト+パーライト組織を有する鋼において, フェライト面積率が減少するにつれて Nb, V 添加の効果も小さくなると考えられるが, 中炭素鋼程度ではなおかなりの効果が期待できるので, 本報では 0.35% C-1.30% Mn 鋼の機械的性質におよぼす少量の V, Nb および Nb と同様の作用を有するといわれる Ta の影響を

Table 1. Chemical composition of steels tested (%).

Steel No.	C	Si	Mn	P	S	Nb	V	Ta	Al	ΣN	N sol.	N insol.
No. 2 (Nb steel)	0.34	0.28	1.32	0.005	0.006	0.04	—	—	0.002	0.0084	0.0069	0.0015
No. 5 (V steel)	0.34	0.30	1.28	0.006	0.006	—	0.11	—	0.005	0.0074	0.0023	0.0051
No. 7 (Al steel)	0.34	0.31	1.31	0.006	0.005	—	—	—	0.024	0.0080	0.0069	0.0011
No. 9 (Ta steel)	0.35	0.27	1.25	0.007	0.007	—	—	0.13	0.003	0.0062	0.0056	0.0006
No. W(Nb-Ta steel)	0.34	0.31	1.32	0.005	0.007	0.05	—	0.08	0.004	0.0078	0.0074	0.0004

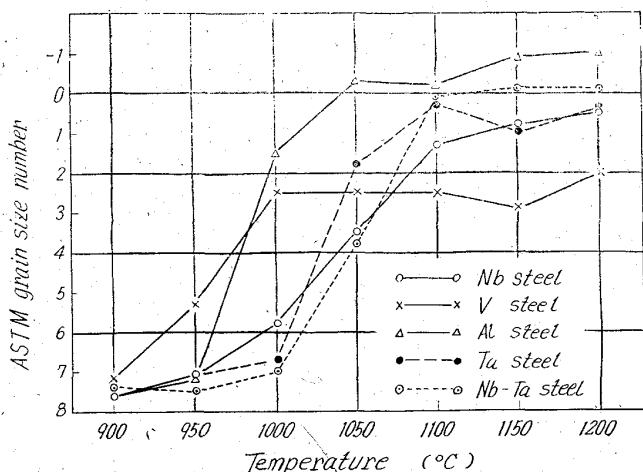


Fig. 1. Austenite grain coarsening of steels tested.

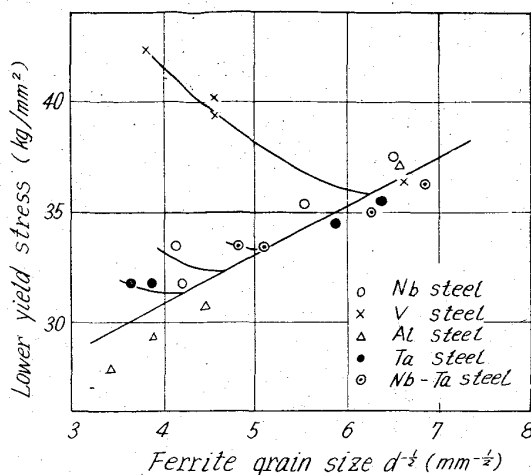


Fig. 3. Variation of lower yield stress with $d^{-1/2}$ for annealed materials.

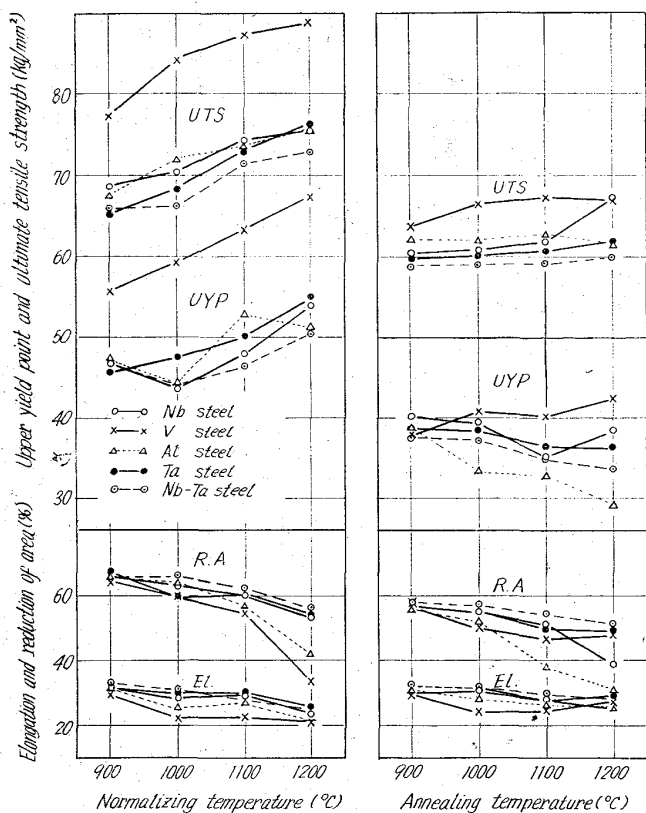


Fig. 2. Variation of tensile properties with austenitizing temperature.

量が多いことによると考えられる。焼ナマシ処理材の降伏点を見ると、V鋼が最も高いことは焼ナラシ処理と同様であるが Nb 鋼、Ta 鋼および Nb-Ta 鋼も Al 鋼よりやや高い降伏点を示し、この差は焼ナマシ温度が高くなると増加する傾向を示している。焼ナマシ材の下降伏点を Petch の式を用いて解析すると Fig. 3 に示すように、V 鋼では 1000°C 以上、Nb 鋼、Ta 鋼および Nb-Ta 鋼では 1200°C の焼ナマシ処理によつて σ_0 が増加していることが明らかである。この σ_0 の増加は前報で述べたように、これらの元素の炭化物または窒化物

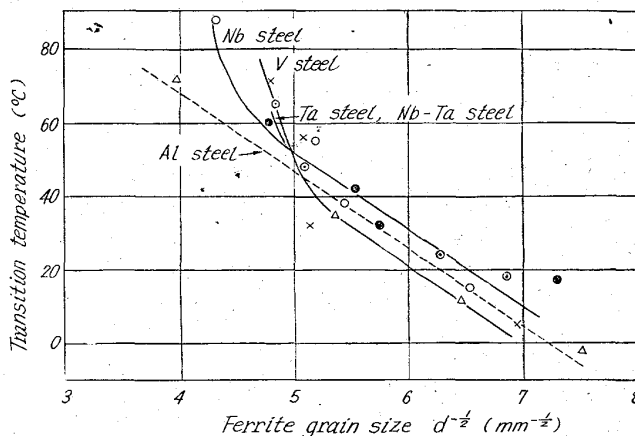


Fig. 4. Variation of charpy impact transition temperature (50% energy criterion) with $d^{-1/2}$ for annealed materials.

がフェライト中に微細に析出してフェライト中の転位運動に対する抵抗を増しているためであると考えられるが Nb および Ta の効果は比較的小さい。焼ナラシ状態ではパーライト量が多く、Nb や Ta の効果は明瞭に現われていないものと考えられる。

4.3 シャルピー衝撃試験

900~1200°C の各温度に 2 hr 保持した後空冷または炉冷処理をほどこして JIS 4 号シャルピー衝撃試験片によつて -80°C ~ +150°C の間で衝撃遷移温度を求めた。焼ナラシ状態では V 鋼が最も高い遷移温度を示した。Fig. 4 は焼ナマシ材について、フェライト粒度と遷移温度との関係を示すものである。焼ナマシ温度が 1100°C 以上の V 鋼および 1200°C 焼ナマシの Nb 鋼、Ta 鋼および Nb-Ta 鋼に対応するデータは直線関係から上へそれているが、これは前項でのべたこれらの元素の析出硬化によつて降伏点が上昇したためである。

4.4 焼入性ならびに焼入焼モドシ特性

本供試材は普通炭素鋼より Mn がやや高い程度でありジョミニー式一端焼入試験と比較しうほど焼入性が良好ではないので、より検出力の強い SAC 試験を実施した。Fig. 5 は SAC 試験による各供試材の焼入硬さ曲線

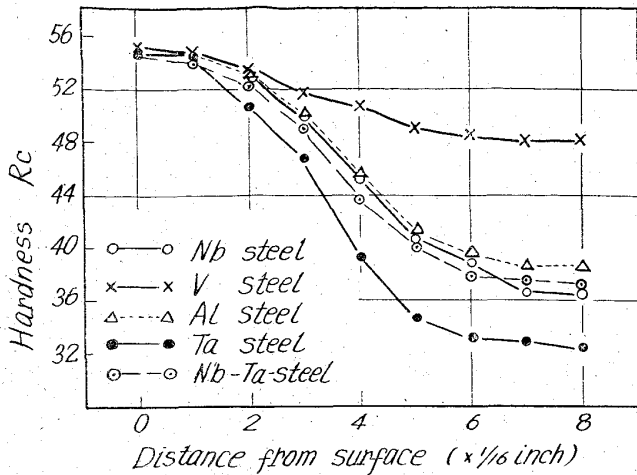


Fig. 5. SAC hardenability curves of steels tested (austenitized at 850°C for 30 minutes).

である。Vは焼入性を高める元素であるが、この効果は本試験でも認められた。NbおよびTaはオーステナイトのCを固定するので焼入性を低下せしめる傾向があると考えられるが、本供試材程度の添加量ではその影響は極めて小さい。各供試材とも880°Cから水焼入れし、300~700°C×4hrの焼モドシ処理をほどこして引張試験をおこない焼入焼モドシ特性におよぼすV、NbおよびTaの影響を調査した。この結果V鋼は600°C以下のすべての焼モドシ温度において他の4供試材より高い耐力および引張強さを示したが、Nb鋼、Ta鋼およびNb-Ta鋼は比較材と差がなかった。これは通常の焼入温度ではNbおよびTaがγ中に固溶せずその影響が出ないためであると考えられる。

5. 結 言

本研究ではNb添加低炭素鋼に関する前回の研究に引続いて、中炭素鋼(0.35% C-1.30% Mn鋼)におよぼすV、Nb、TaおよびNb-Ta添加の影響を調べた結論を得た。

1. NbおよびTaの単独または複合添加は中炭素鋼のオーステナイト結晶粒粗大化防止に非常に有効である。
2. 焼ナラシならびに焼ナマシ状態の強度に対して、Vが最も大きな効果を有し、NbおよびTaは1200°C

の高温熱処理後析出硬化作用を生じる。

3. Vは焼入性を高めるがNbおよびTaは非常にわずかであるが焼入性を低下する。またVは焼入焼モドシ状態の強度を増加せしめるがNbおよびTaは通常の焼入温度では影響が認められない。

文 献

- 1) W. B. MORRISON: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), Apr. (1963), p. 317
- 2) E. T. STEPHENSON et al: Trans. Amer. Soc. Metals, 57, p. 208
- 3) 鈴木, 金田, 新名, 梶: 鉄と鋼, 50 (1964) 12, p. 2014

(194) Mo-B系高張力鋼の研究

(非調質高張力鋼の強度と化学成分の関係—I)

住友金属工業, 中央技術研究所

工博 三好栄次・理博○邦武立郎

岡田隆保

〃, 小倉製鉄所 寺崎富久長・加藤直

Study of Mo-B High Strength Steels.

(The relation of chemical composition to the strength of high strength steels in the normalized condition—I)

Dr. Eiji MIYOSHI, Dr. Tatsuro KUNITAKE, Takayasu OKADA, Fukunaga TERASAKI and Tadashi KATOU.

1. 緒 言

溶接性高張力鋼の研究の一環として、その強度と鋼の化学成分の関係を求めることをこころみた。本報では、Mo-B含有鋼をベースとした鋼についての研究結果をのべる。この系統の鋼の実用鋼としては、例えば英国で開発された60キロハイテン Fortiweldがある。これらの鋼は、圧延あるいは焼ならしによつてベイナイト組織となり、それによつて高い強度が得られることを特徴としている^{1)~3)}。

2. 実験方法

C, Si, Mn以下合計11種類の合金元素を、いろいろの割合において組合わせた計42種類の化学成分を、実験

Table 1. The range of chemical composition of steels.

C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Ti	Zr	Nb	Al	B
0.07 ~0.20	0.14 ~1.10	0.48 ~1.36	0.09 ~1.08	0.05 ~1.51	0.02 ~1.56	0.08 ~0.60	0.01 ~0.35	0.01 ~0.18	0.01 ~0.27	0.04 ~0.06	0.003 ~0.029	0.0019 ~0.0043

Table 2. The range of tensile properties. bar: diameter 25 mm

Heat Treatment	Tensile strength kg/mm ²	Yield strength* kg/mm ²	Yield ratio	Reduction of area, %	Elongation %
As normalized	48~102	30~65	0.58~0.71	47~72	14~37
Normalized & tempered	45~107	32~100	0.68~0.95	48~74	16~36

* 0.2% off set