

(165) Nb を含有する低炭素高張力鋼の研究

金属材料技術研究所

理博 遠藤勝治郎・○金尾 正雄

Study on Low Carbon Weldable High Strength Steels Containing Nb.

Dr. Katsujiro ENDO and Masao KANAO.

I. 緒言 772017~2019

現在用いられている溶接構造用高張力鋼は非調質型と調質型にわけられるが、前者は強度の増加を添加元素にのみよつており、ある程度強度が高くなると溶接性、切欠靱性が悪くなるので、60kg 級ハイテン以上はおもに調質型が用いられている。しかし調質型は大規模な設備が必要なほか、溶接施行上二、三の制限があり、非調質型が望ましい場合も多い。

著者らはC量をごく低くすることによつて溶接性、切欠靱性の改善をはかり、簡単な熱処理で強力な溶接構造用高張力鋼を得ようと試みた。このため低炭素高張力鋼の組織、強度および切欠靱性に対する合金元素の影響を研究し、特にNbを含む高張力鋼に対する熱処理の影響や溶接性について詳しく研究したので、これらの結果について報告する。本研究は金属材料技術研究所高張力鋼研究委員会によつて行なわれたものである。

II. 成分の影響

1. 試料の作成

高周波炉で約 100kg 溶解し、1成分のみを変えて 20 kg 鋼塊 4 本に分注した。脱酸には Al 0.08% を用いた。鋼塊は 20mm φ 棒に圧延した。焼ならし状態で試験したが、25mm 厚鋼板と同じ冷却速度になるように、試料をステンレス鋼製の箱におさめ、950°C に 1hr 保持し空冷した。

2. 低炭素高張力鋼に対する Nb の影響

Ni-Cr-Mo-Cu 系高張力鋼を選び、各添加元素の影響を研究して、C 0.07%, Si 0.4%, Mn 1.5%, Ni 0.5%, Cr 0.3%, Mo 0.4%, Cu 0.4% を基本成分とした。この鋼はフェライト、中間段階組織などの混在組織である。

この鋼に対する Nb および Mn の影響を Fig. 1 に、また Nb 系の顕微鏡組織を Photo. 1 に示した。試料は上記基本成分に Nb を 0~0.15% に変えたもの、および基本成分に Nb を 0.15% 添加したものの Mn を 1.42~1.64% に変えたものである。引張試験片は JIS 4号を用い、永久歪が 0.2% に相当する応力を耐力とし、Vシャルピー試験片は JIS 4号を用いた。フェライト粒度は初析フェライトが存在する部分について、JIS 法に準じて測定した。

この結果 Nb が増すと初析フェライトは減少し、かつ微細になった。また強度と衝撃値は増加した。一方 Mn が増すと初析フェライトは減少し、結晶粒度は変わらず、強度は増加し衝撃値は低下した。このことから初析フェライト量は強度と衝撃値に、粒度は衝撃値に特に強く影響すると考えられ、したがって初析フェライトを適量存在させ、結晶粒を微細にすることにより、強度と衝撃値がともに良好な鋼を得ることができる。たとえば初析

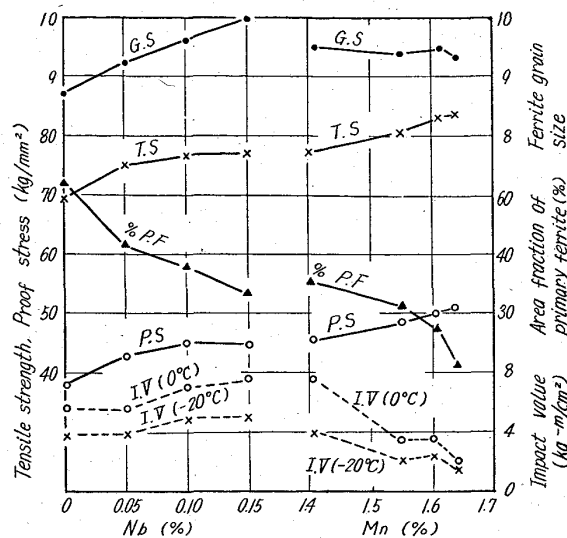
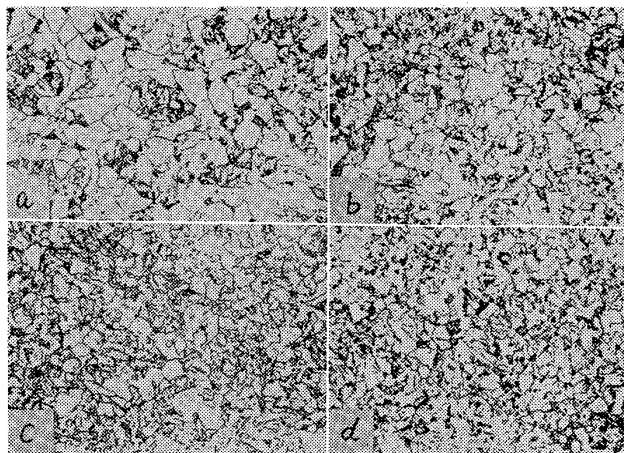


Fig. 1. Effect of Nb and Mn on strength, impact value, and microstructure.



(a) Nb 0% (b) Nb 0.049%
(c) Nb 0.099% (d) Nb 0.150%

Photo. 1. Microstructures of Nb treated steels. ×400 (1/2)

フェライト面積率 27%, 粒度 10 の試料は引張強さ約 77 kg/mm², -20°C における衝撃値約 5 kg-m/cm² であつた。

III. 熱処理の影響

1. 各種熱処理の効果

前項の結果から前記基本成分に Nb 約 0.15% 添加した鋼が有望と考えられた。そこで次にこの鋼に対する各種熱処理の効果調べた。供試料は 150kg 鋼塊を厚さ 28mm の板に圧延したものである。その結果耐力と衝撃値の両者からみて、焼入、焼もどしが最も優れていた。また圧延材を焼もどすと強度が著しく増加し、衝撃値も改善された。焼ならしは衝撃値をやや改善したが耐力は幾分減少した。しかしこれを焼もどすと衝撃値は著しく増加し、耐力も増加して降伏比を改善した。すなわち圧延のまま、焼ならし、または焼入れたものを焼もどすことにより、それぞれ特徴のある性質が得られた。

2. 焼もどし条件の影響

フェライト、中間段階組織などが混在する組織の鋼が

焼ならしで良好な強度と衝撃値を得るためには、適当量の初析フェライトの存在が必要であるが、その量は成分以外に製造条件によつて左右され、コントロールすることはかなり困難であつた。一方初析フェライトがごくわずか、または全く存在しないで大部分が中間段階組織の試料は、衝撃値はあまり良好ではないが、強度が高く組織による材質の変動が少なかつた。そこでこのような組織の試料を焼もどすことにより、衝撃値および強度の改善をはかり安定した材質を有する材料を得ようと試みた。

用いた試料は Table 1 の No.1 で、2t エルーフで溶解し 1t 鋼塊 2本に鑄込んだものである。1250°C に加熱してプレスで分塊、再加熱後厚さ 20mm、巾 220mm の鋼板に圧延した。圧延終了温度は 950°C とした。

圧延のままの試料に対する焼もどし温度と時間の影響を Fig. 2 に示した。強度、特に耐力への焼もどしの効

Table 1. Chemical composition of steels. (%)

Steel No.	C	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo	Nb	Σ Al
1	0.080	0.51	1.34	0.52	0.30	0.45	0.46	0.14	0.056
2	0.079	0.41	1.45	0.48	0.31	0.34	0.40	0.15	—
3	0.074	0.41	1.49	0.50	0.31	0.34	0.40	—	—

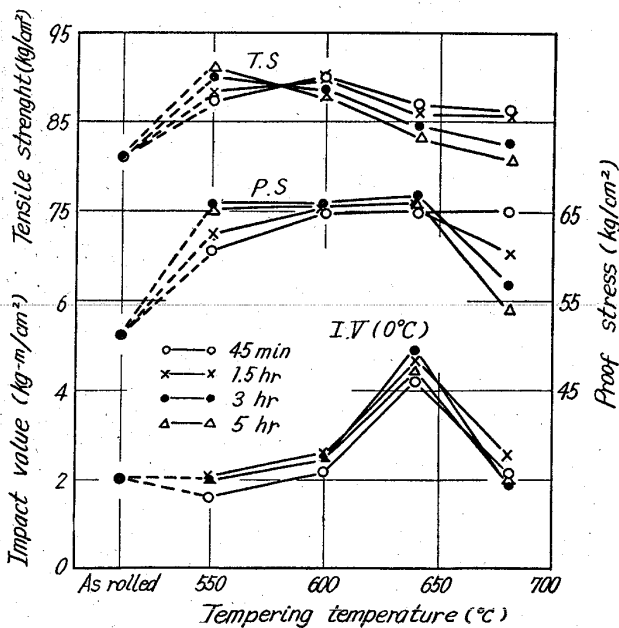


Fig. 2. Effect of tempering temperature and time on mechanical properties for as rolled steel.

果は著しく、最高約 15 kg/mm² 増加した。また衝撃値もかなり改善され、この結果この試料は圧延後 640°C で焼もどすことにより、引張強さ 85 kg/mm²、耐力 65 kg/mm²、0°C における衝撃値 4 kg-m/cm² 程度となり、WES 規格 SH58A に相当する。

焼ならし後の焼もどしの効果を Table 2 に示した。この結果これは WES 規格 SH58B または C に相当する。

950°C から焼入れた試料を焼もどすと、焼もどし温度が高くなるほど強度は低下し、衝撃値は増加し、680°C ではいずれも時間の影響が著しかつた。この結果この試料は焼入れ後 640°C に焼もどすことにより、引張強さ 88 kg/mm²、耐力 85 kg/mm²、-50°C の衝撃値 20 kg-m/cm² 程度のものが得られ、これは WES 規格 SH70C に相当する。

3. 実験結果の考察

前項で示したように Nb を含む試料を圧延後焼もどすと、950°C から焼ならしまたは焼入れたのち焼もどした

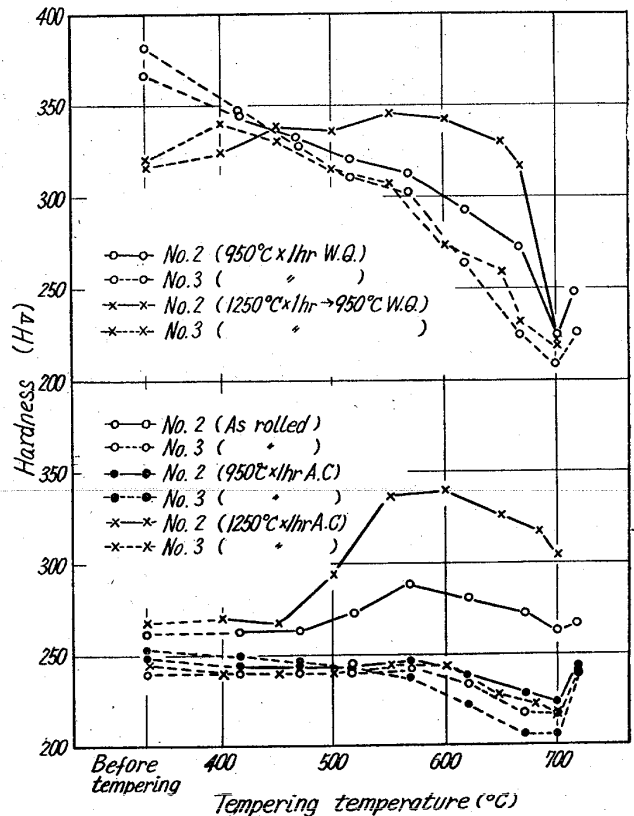


Fig. 3. Effect of tempering temperature on hardness after various conditions for Nb treated and untreated steels.

Table 2. Effect of tempering on normalized specimen.

Heat treatment	P. S (kg/mm ²)	T. S (kg/mm ²)	P.S/T.S (%)	E. L (%)	R. A (%)	Impact value (kg-m/cm ²)	
						0°C	-20°C
950°C × 1.5 hr A. C	49.9	80.1	62	23	62	2.0	1.0
950°C × 1.5 hr A. C	60.8	74.2	82	26	69	24.1	13.6

669.14.01829:669.15-194:62191.011
669.24:669.26

試料と異なり、著しく強度を増加した。この点をより明確にするため、種々の状態の Nb を含む試料と含まない試料について、焼もどし温度を変えて硬度を測定した。試料は 150kg 鋼塊を 25mm 厚板に圧延したもので分析値は Table 1 の No.2, 3 に示した。焼もどし時間は 1 hr である。

実験結果を Fig. 3 に示したが、圧延材を焼もどすと Nb を含む試料は 500°C 付近より著しく硬化した。しかし 950°C で焼ならしまたは焼入れたものは、焼もどし軟化抵抗がみられるのみであった。

最近 MORRISON¹⁾らは軟鋼と低 Mn 鋼について Nb の影響を調べ、1200°C から冷却した場合、冷却速度が早いと Nb が固溶のまま残り、焼もどしに際し coherent な析出物を生じ硬化すると述べている。著者らの実験で Nb を含む鋼を 20~28mm 厚に圧延後焼もどすと硬化したのは、この程度の板厚の冷却速度では、1250°C で加熱中に固溶した Nb が圧延後なおある程度飽和に固溶していて、焼もどしにより Nb 化合物が析出したと考えられる。

また MORRISON は冷却に際しフェライト中に生じた coherent な析出物は、変態点を通過すると凝集して強度に対して効果的でなくなると述べている。著者らの実験で焼ならしまたは焼入れた試料が焼もどし硬化を生じなかつたのは、圧延材に過飽和に固溶していた Nb が再加熱中に析出凝集し、950°C に保持しても再固溶が進行しなかつたためと考えられる。

オーステナイト化温度を 1250°C に高めてから空冷または焼入れた試料の焼もどし曲線を見ると、圧延材と同じように著しい焼もどし硬化が生じており、このことから、この現象がオーステナイト化温度の相違による Nb の固溶の差に原因すると考えられる。

IV. 結 言

以上の結果を総括すると次の通りである。

1. 初析フェライト、中間段階組織などが混在する焼ならし鋼の場合、各合金元素は主として組織と結晶粒度を変えることによつて強度と衝撃値に影響を与えた。
2. 特に Nb は中間段階組織を増加し、結晶粒を微細にし、強度と衝撃値をともに改善した。また適量の初析フェライトを存在させることによつて、焼ならし状態で強度と衝撃値がともに良好な鋼を得ることができた。
3. Nb を 0.15% 添加した中間段階組織を多く含む鋼は、圧延、焼ならしまたは焼入れたのち焼もどすと、耐力、衝撃値が改善され、特に圧延材は強度に、焼ならし材は衝撃値について著しかった。
4. Nb を含む鋼を圧延後焼もどすと、焼もどし硬化を生じた。しかし焼ならしまたは焼入れた後焼もどした場合は軟化抵抗を示すのみであり、これは再加熱時に Nb 化合物が析出凝集し、再固溶が進行しないためであると考えられる。

なお本鋼種の溶接性試験結果は、市販の優秀な調質型 70kg 高張力鋼よりもやや悪く、80kg 高張力鋼より良好であった。

文 献

- 1) W. B. MORRISON: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 201 (1963) 4, p. 317~325

(166) 少量の Ni, Cr を含む構造用低炭素鋼の被削性について

金属材料技術研究所

No. 64328

工博○荒木 透・谷地 重男

On the Machinability of Low Carbon Construction Steels Containing a Small Quantity of Nickel and Chromium.

Dr. Tōru ARAKI and Shigeo YACHI.

I. 緒 言

言 992019~2022

最近のように一貫した生産工程のもとに使用される機械部品用鋼材には高い寸法精度はもちろん切削抵抗、切屑の処理性、工具再研削時間などについて直接製品のコストダウンをねらった性能が要求されている¹⁾。特にここ数年來鉄鋼メーカー、ユーザーの間には、いわゆる被削性についての数々の問題が提供されているからである。

本報では鋼の被削性に対する微量元素の影響についての研究の一環として、まず工業的規模による大型鋼塊からの成品についてその被削性に関する実験を行なつた。すなわち低炭素鋼中に微量不純物として 1% 以内の Ni, Cr を複合して含有したのものについて旋削抵抗、工具寿命、被穿孔性などの切削特性の挙動について検討したのでその結果を報告する。

II. 供試材と実験方法

供試材は鉄鋼協会ラテライト研究部会鋼質分科会²⁾によつて 20t 塩基性平炉で溶製された大型鋼塊より 65mm 粗角に圧延されたもの、および比較材として市販の S-C 材を用いた。分析結果は Table 1 に示したごとくで、L₁ の Al, L₂ の C, Mn, O が高めであることと P, S の全体的バラツキが目される。供試材は 1200~850°C で 60mm φ に鍛造空冷したものを熱処理として 900°C, 30min 保温後空冷焼ならしを被削材とした。

被削材の結晶粒度および清浄度は S-C 材を除いてオーステナイト結晶粒では L₂ が最も粗粒で結晶粒度 3, L₃, L₄ は 5, 他は 7 前後であった。なおフェライト結晶粒度もこの傾向にあり清浄度は B 系が L₂ で 0.3%, L₃ は 0.1%, 他は 0.05% 位で特に表面近くに分散して見られた。

穿孔試験装置は工具フライス盤のバーチカル装置を改良して用い、穿孔荷重は自由落下法とした³⁾。ドリルは 10mm φ の JIS 標準ドリル、刃先角 120°, 逃げ角 15°, 材質 SKH9 を用い、穿孔深さ 10mm に要する時間(秒数)をストップウォッチで測定し 5 点平均の時間の逆数をもつて被穿孔性 (drillability) の指数とした。この試験に先立ち適当な回転数と荷重を求めため予備実験を行ない 800 rpm, 75kg が得られた。

旋削試験は 14P 無段変速機、定切削速度装置などを備えた切削分力計付 LS 型実用高速旋盤を用い穿孔試験材と同一熱処理を行なつた試料について黒皮を 2.5mm 削り 55mm φ × 800mm として切削抵抗の測定および工具寿命について試験を行なつた。旋削抵抗はバイトの刃先にかかる切削力をロードセル内ストレインゲージによつて検出し、工具寿命は横逃角に生ずるフランク摩耗