

Nb添加高張力鋼の特性について

権 藤 永*

1. 結 言

微量Nbの添加による鋼の強度増加については、1959年C.A. Bëiser⁽¹⁾によって初めて研究され、1961年National Steel Corp.の特許⁽²⁾になっているが、現在米国のほとんどすべての鉄鋼メーカーが製造し1963年度は総計約20万ton生産され、その用途はline pipe, 車輛、産業機械、土木、建築、橋梁等広範囲にわたり、1970年には年産200万tonに達するものと予想されている。

本邦では、八幡製鉄において1959年頃よりNb鋼の研究に着手し、最も困難⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾とされていた厚手鋼板の衝撃値低下の問題を解決して製造が開始され、その生産量はすでに20000tonを超えている。本報告はその開発過程において明らかにされた鋼中Nbの挙動と、これに関連する二、三の特性について述べる。

2. 鋼中におけるNb含有量の変動

Nbの添加は通常フェロニオブ合金によっておこなわれるが、融点が高いため溶解が不十分とならないように注意すれば、特に溶製上の問題はない。才1図(a), (b), (c)は、それぞれセミキルド鋼における鋼塊間、鋼塊内、チャージ間のNb%の変動を示したもので、後述の機械的性質に対する効果を考慮しても十分に均一であるといえる。

3. 機械的性質に対するNbの効果

1) 圧延温度の影響

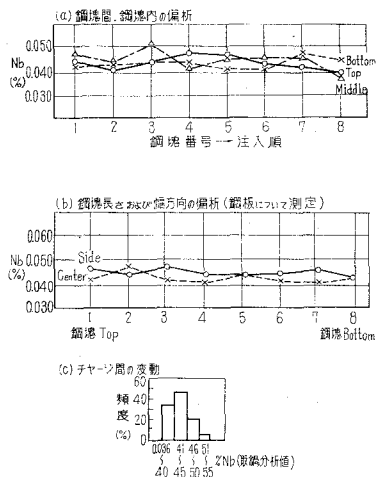
Nbの製造条件の中、圧延前の加熱温度、圧下率、圧延終了温度および圧延後の冷速等を詳細に検討した結果、才2図に示すように特に加熱温度の影響が大きいことを確認した。すなわち、加熱温度が低いほど降伏点、引張強さはわずかに低下するが衝撃値は急増する。この結果はF. Dekazinczyの研究結果とほぼ一致している。

2) 板厚の影響

板厚が薄いことは一般に最終圧延温度の低下、圧下率の増加、冷速の上昇をもたらし、強度と衝撃値にプラスする傾向があるが、Nb添加鋼においても同様で、才2図でわかるように、板厚が薄い方が良好な機械的性質を示している。

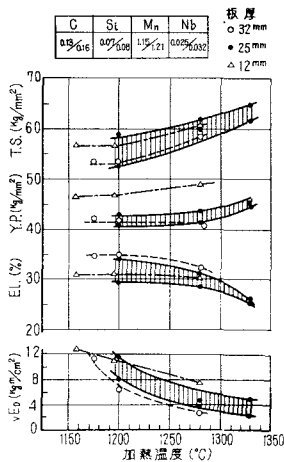
3) 鋼中Nbの挙動

前述のような現象は本質的に鋼中Nbの挙動と密接な関係にあるものと推定される。才3図は予め1350°に加熱急冷し、ほぼ完全に析出Nbを分解した試料を900°~1300°の各温度に再加熱急冷およ



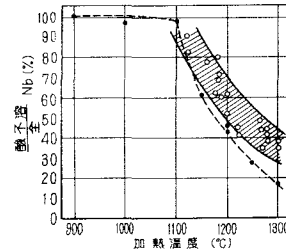
才1図 Nb含有量の変動

* 八幡製鉄株式会社八幡製鉄所技術研究所



オ2図 圧延加熱温度と機械的性質との関係

7-7	処 理	化 学 成 分 (%)			
		C	Si	Mn	Nb
●	1350°溶体化→各温度に加熱→水冷	0.16	0.08	1.21	0.032
○	1350°溶体化→各温度に加熱→空冷	0.16	0.08	1.21	0.032



オ3図 Nb析出量と加熱温度との関係

び再加熱圧延空冷後、酸不溶Nbの変化を調べたもので、いずれも900°~1100°で100%となり、それ以上の温度になると急減している。急冷と圧延空冷を比較すると、後者の方が幾分高温側にずれているが冷速の差か、圧延の効果によるものか明らかではない。

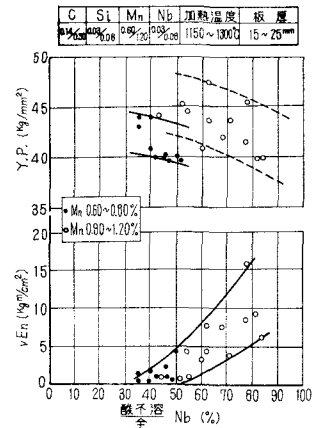
ここでいう酸不溶Nbとは、Nb炭窒化物および酸化物を含むものと考えられ、特に固相中で熱的に不安定な炭窒化物の変化をみるのに便利であるのみならず、機械的性質と密接な関係をもっている。オ

4図はこれを示したもので、酸不溶Nbが増すほど降伏点が低下し、衝撃値が上昇する傾向にあり、前述の圧延加熱温度による材質変化は、結局酸不溶Nbと残りの酸可溶Nbのバランスによって説明することができる。またさらに、このバランスをコントロールすれば材質をコントロールすることが可能である。一方、Nb鋼の使用においても、このバランスを大巾に変化させないような配慮が必要となる。

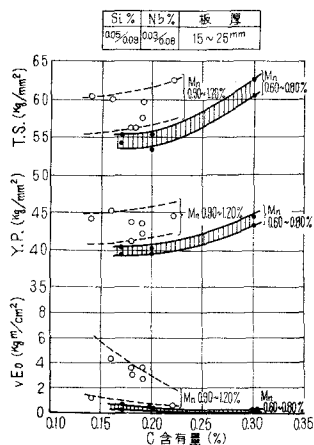
4) C, Mn, Nb含有量の影響

Nb鋼に対する共存元素の影響に関する研究は未だほとんどみるべきものがないが、その製造上、最初に問題となるC, Mn Nbの影響について研究をおこなった。

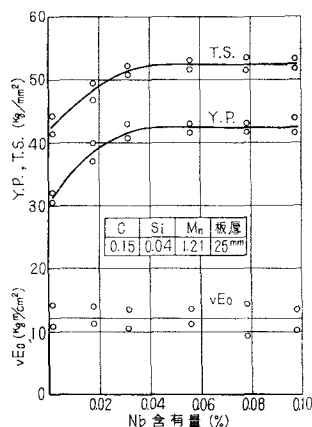
オ4図にはMnの影響が示されており、降伏点上昇にMnが効果的であることがわかる。オ5図はCとMnの影響を示したもので、0.2%以下のCはほとんど材質に影響しないが、それ以上のC%は強度を上昇する。Mnはここでも降伏点、引張強さおよび衝撃値に顕著な効果をあらわしている。オ6図はNb%と機械的性質の関係を、低温圧延した場合について示したもので、0.03%Nbまで強度は急増しそれ以上のNb%は一定の強度を与え、衝撃値はNb%によって影響されない。このことはNb%の変動に対する材質的安定性をあらわしているといえる。



オ4図 酸不溶Nbと機械的性質との関係



才5図 機械的性質におよぼす
C, M_n の影響



才6図 Nb 含有量と機械的性質
との関係

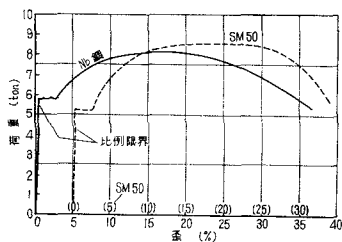
4. Nb 添加高張力鋼の二、三の特性

1) 引張特性

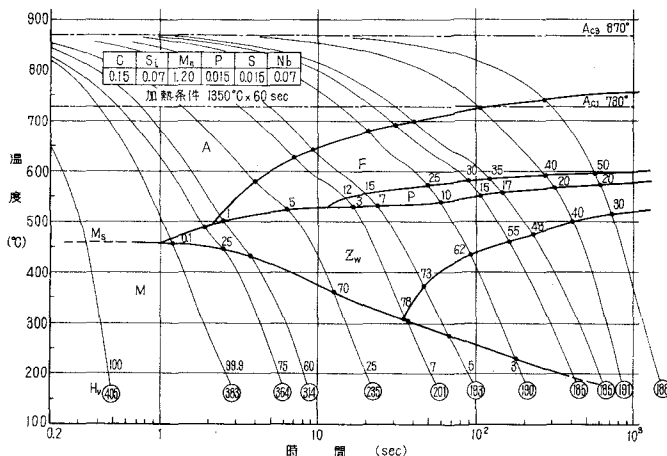
才7図は引張荷重歪曲線を SM50 と比較したもので、Nb 添加鋼の特徴は高降伏比、高比例限にあり塑性挫屈、疲労限、応力弛緩性等と密接な関係がある。また伸びは SM50 と同等以上で、十分な冷間加工性があることがわかる。

2) 連続冷却変態特性

才8図は Nb 鋼の連続冷却変態特性で、 $C' \neq 2$ 秒、 $C' \neq 0.9$ 秒、 M_s 点 $\neq 460^\circ$ と良好な特性を示している。その他の特徴は Pearlite が Zwischenstufengefüge (Zw) に較べて少ないこと、および徐冷時に M_s 点が低下することが挙げられるが、いずれも実用上問題なく、むしろ強度を安定させることに効果があると考えられる。



才7図 荷重-歪曲線



才8図 連続冷却変態線図

3) 加熱冷却後の材質変化

酸不溶 Nb と固溶 Nb のバランスは加熱によって大巾に変化するので、使用上問題となる 4_s 点以下の加熱による機械的性質の変化を実験し、オ 9 図に示した。その結果、700℃以下の加熱なら 20 分程度まではほとんど影響はないが、750~800℃で 5 分以上の加熱は強度低下と衝撃値上昇をもたらすので注意を要することがわかった。この現象は、前述のバランスの変化として説明できる。もし 750℃以上に加熱する必要がある場合には加熱後 3℃/sec 以上の冷速で急冷すれば強度は低下せず靱性も増加することが別の実験で確かめられている。

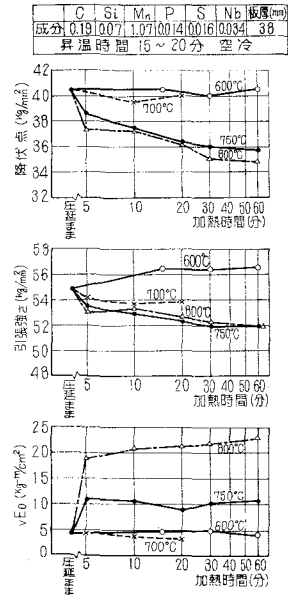
5. 結 論

Nb 添加高張力鋼の製造要因と機械的性質との間を Nb の挙動を介して関係づけ、二、三の関連した特性について実験し考察した。

Nb 添加鋼においては析出 Nb と固溶 Nb のバランスが重要で、製造上、使用上、この点を常に考慮すれば、そのすぐれた特性と経済性を十分に活用することができる。

参 考 文 献

- (1) C.A.Beiser: Trans. ASM Pre-print № 138 (1959)
- (2) U.S.Patent № 3,010,822
- (3) Steel, May, 8(1961) 157
- (4) Jour. Metals, Dec. (1960) 940
- (5) Metal Progress, Aug, (1962) 84
- (6) F. De Kazinczy: Jernkont. 147 (1963) 4



オ 9 図 再加熱条件と機械的性質との関係