

Fig. 4. Comparison between both the mechanical properties with and without pre-straining in relation to holding time at 200°C (steel C)

場合も同様な結果が得られ、かつVノッチシャルピー衝撃値も改善された。

4. 結 言

低炭素マルテンサイト低合金鋼の機械的性質におよぼす歪時効の効果について実験した結果、次のことが明らかとなった。

1. 焼戻した低炭素マルテンサイトに引張りによつて少量の永久歪を与えた後低温にて時効すると0.2%耐力の著しい増加がみられ、この場合伸びおよび絞りほとんど影響されないが、シャルピー衝撃値は予歪増加によつて徐々に低下していく。

2. 焼入れしたままの低炭素マルテンサイトに同様に永久歪を与えた後低温で加熱すると、焼戻マルテンサイトの場合と同様0.2%耐力の急激な上昇がみられ、同時にシャルピー衝撃値も改善された。

文 献

- 1) E. T. STEPHENSON, M. COHEN: Trans. Amer. Soc. Metals, 54 (1961) 1, p. 72
- 2) D. V. WILSON: Acta Met. 5 (1957), p. 293

(180) 含バナジウム低炭素リムド冷延鋼板の歪時効におよぼす焼鈍温度の影響

富士製鉄, 広畑製鉄所

高階喜久男・○原田 慎三

The Effects of Annealing Temperature on Strain Aging of Vanadium-Treated Low Carbon Rimmed Steel Sheets.

Kikuo TAKASHINA and Shinzo HARADA.

1. 緒 言

商用低炭素冷延鋼板において、アルミニウムの添加により固溶窒素を窒化アルミニウム(AIN)として固定し、固溶体から除去して非時効性鋼を効果的に製造できるが、アルミニウムの脱酸効果によりキルド鋼となつて歩留りが低下する。このためリムド鋼で非時効性冷延鋼板を得る目的でボロン、あるいはバナジウム、を添加して窒素を固定する方法が行なわれてきた^{1)~3)}。ボロンの場合は0.007%¹⁾、バナジウムについては0.03%²⁾、が非時効とするための最低必要量とされている。

本実験の目的は0.03%前後のバナジウムを含有するリムド低炭素冷延鋼板の時効性に関して効果的な熱処理条件を検討することにある。時効特性は時効指数(Aging Index)の測定により表わし、同時に内部摩擦の測定によつて固溶炭素(C)窒素(N)の測定を行なつた。バナジウムの効果はアルミニウムが窒素と結合して窒化アルミニウム(AIN)となり固溶窒素を除去するのと同様に、窒化バナジウム(VN)を生成して非時効性にすると考えられてきた⁴⁾。含バナジウム低炭素冷延鋼板においては、熱間圧延巻取温度および焼鈍温度によつてはかなりの固溶炭素(C)が残存し、固溶窒素(N)が検出できない程度に除去されても固溶炭素(C)による歪時効を生ずることがわかつた。またバナジウムを0.03%以上含有する場合、これ以下に含有するものと同じ熱処理条件でも固溶炭素量が低いことが認められた。

2. 実験方法

2.1 試料: バナジウム含有量0.03%以上と以下の鋼塊を各2本づつ造り、おのおの熱間圧延後高温および低温の2水準で巻取りホットコイルとした。冷間圧延後時効指数測定用にJIS 5号引張り試験片と内部摩擦測定試片および化学分析試料を切り出した。焼鈍は650°Cより800°Cの各種温度で12hr真空炉で行ない、200°Cまで60°C/hrで冷却し以下室温まで炉冷した。

2.2 測定: 時効指数は室温で10%引張り後100°Cで1hr時効せしめ再び引張り、10%引張りのflow stress = a, 時効後の上降伏応力 = bとした場合、(b-a)/a × 100で表示した。内部摩擦測定は横振動法により周波数約290 c/sで測定し、炭素ピーク、窒素ピークにそれぞれ分解した。熱間巻取温度、化学分析結果、試料記号をTable 1にまとめて示す。

3. 結 果

800°Cより650°Cまでの各温度で12hr真空焼鈍し60°C/hrの速度で冷却したA, B, C, D各試料の時効指数と内部摩擦測定結果より得た固溶炭素と窒素含有量(C+N)%の焼鈍温度に対する変化をFig. 1に示

Table 1. Chemical composition.

Sample	Coiling temperature	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	T.N (%)	T.V (%)
A	high	0.07	0.012	0.29	0.015	0.020	0.0045	0.028
B	low	0.09	0.016	0.29	0.015	0.024	0.0052	0.025
C	high	0.09	0.012	0.29	0.015	0.022	0.0051	0.036
D	low	0.09	0.012	0.29	0.015	0.021	0.0053	0.038

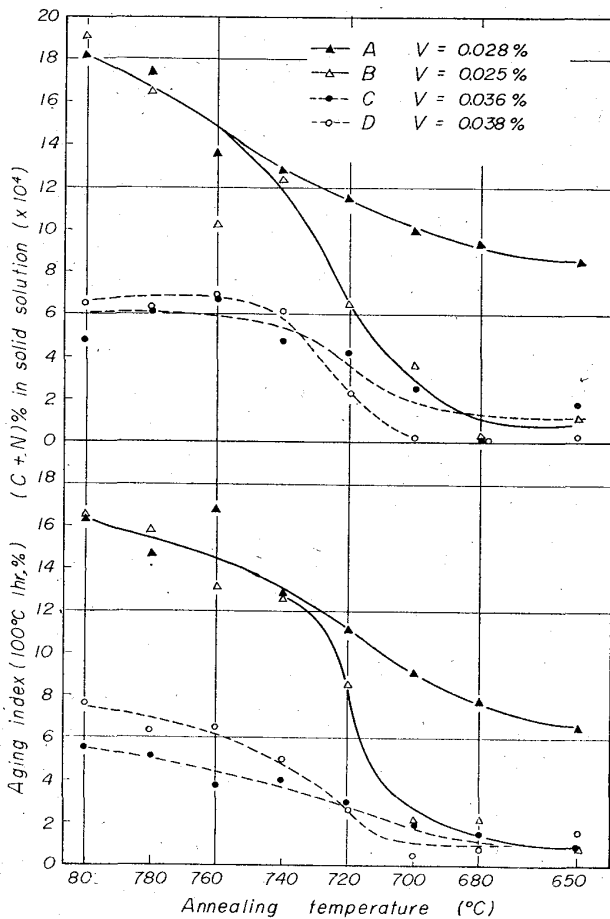


Fig. 1. Annealing temperature vs. aging index and carbon plus nitrogen contents in solid solution. Cooling rate: 60°C/hr.

す。バナジウム含有量 0.028% および 0.025% の A, B 試料と 0.036% および 0.038% の C, D 試料とは明りように (C+N)% および時効指数に差を生じ、非時効性を得るためのバナジウム最低含有量が 0.028% から 0.035% の間にあることが推定され、W. R. JONES²⁾ の結果と一致する。バナジウム含有量の低い A, B 試料では前工程の熱間圧延巻取り温度の影響が 720°C 以下の焼鈍温度で生じ、巻取り温度の高い A 試料の (C+N)% が高くなったが時効指数も高い値を示す。焼鈍温度の上昇とともに時効指数および (C+N)% はさらに上昇し、A, B のこれらの値は同一水準となる。時効指数の焼鈍温度依存性は Fig. 1 にみられるようにほぼ (C+N)% と同一傾向にあり、Fig. 1 の全ての測定点を時効指数と (C+N)% でプロットすれば (C+N)% = 0.0015 以下ではほぼ時効指数と直線関係にあり、時効指数は (C+N)% によつてほぼ決まる。(Fig. 2)

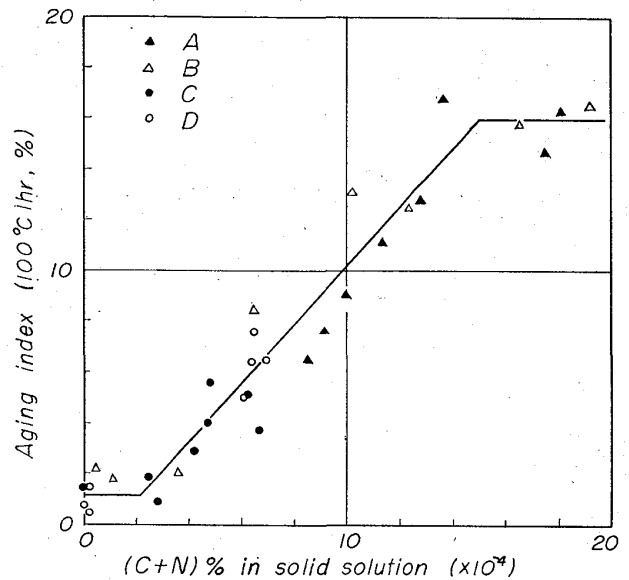


Fig. 2. Relation between (C+N) contents in solid solution and aging index.

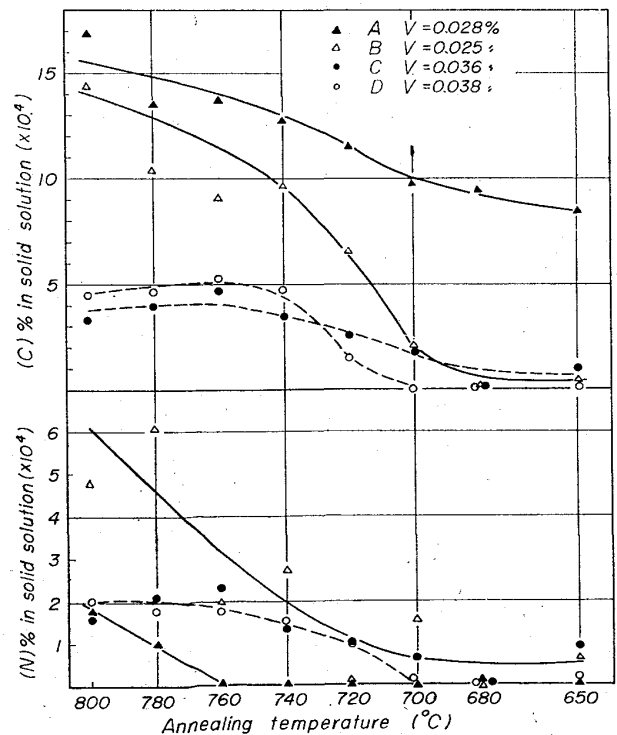
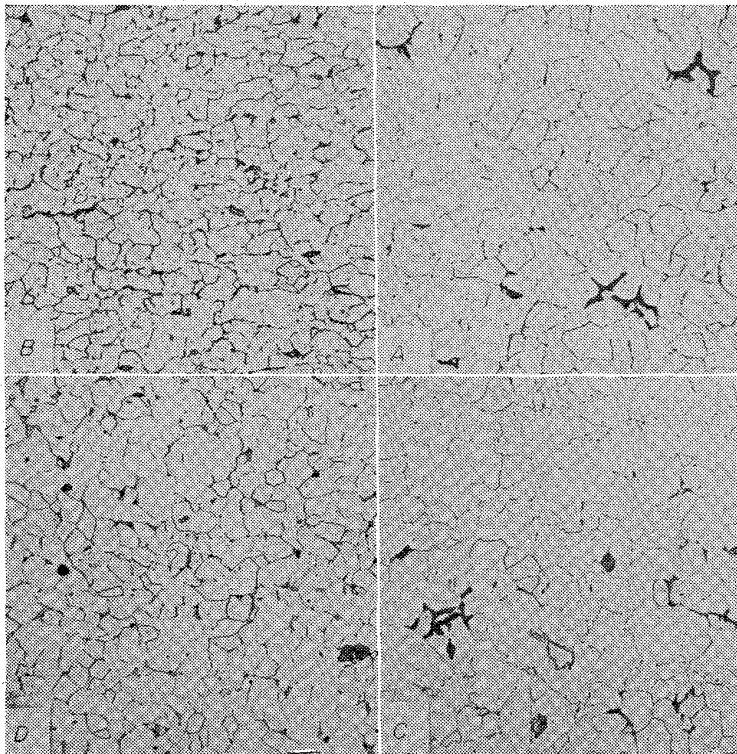


Fig. 3. Dependence of carbon and nitrogen contents in solid solution upon annealing temperature. Cooling rate: 60°C/hr.

低炭素リムド冷延鋼板のパナジウム添加による時効性改善の理由は、アルミキルド・スタビライズド鋼と同様固溶窒素を窒化物として固定し、低炭素鋼の歪時効の主



A and C are coiled at high temperature. B and D are coiled at low temperature.

Photo. 1. Microstructure of hot coil. $\times 400(3/5)$

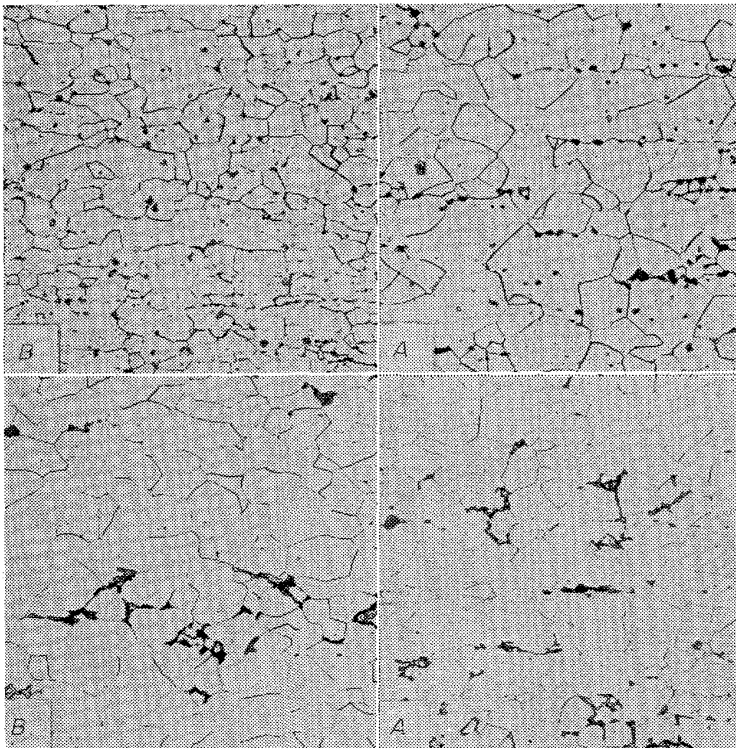


Photo. 2. Annealed microstructure of sample A and B annealed at 700°C (upper) and 780°C (lower). $\times 400(3/5)$

たる原因であると考えられる固溶窒素の含有量を下げることであつた。今 $(C+N)\%$ を $(C)\%$ および $(N)\%$ に分けて焼鈍に温度対する値をプロットすれば Fig. 3 に示す結果を得た。高温熱間巻取りでバナジウム含有量 0.028% の A 試料は 780°C 以上の焼鈍においても $(N)\% = 0.00025$ 以下であり 760°C 以下の焼鈍では固溶窒素 (N) はほとんど検出できない値である。一方固溶炭素量 $(C)\%$ は高い値を示し A 試料はほとんど固溶炭素 (C) により時効が生じたと考えられる。また、低温熱間巻取りでバナジウム含有量 0.025% の B 試料は、焼鈍温度 720°C 以降時効指数が急激に低下し、これもまた固溶炭素量 $(C)\%$ の変化に対応している。一方バナジウム含有量 0.036% および 0.038% の C, D 試料は巻取温度の固溶炭素量 $(C)\%$ への影響は小さく、 $(C)\%$, $(N)\%$ とともに 720°C 以上の焼鈍においてやや増加の傾向はあるが、絶対量は少なく、 $(C+N)\%$ は 0.0007 以下で実用的には非時効性を得ている。したがってバナジウムを含むリムド低炭素冷延鋼板の非時効性は固溶窒素の固定によつてのみ定まるのではなく、固溶炭素量との関係において決まるものと考えられる。すなわちバナジウム含有量 0.03% 以下では熱間圧延巻取温度および焼鈍温度により固溶炭素量が影響され、0.03% 以上を含む場合に固溶炭素量も低下して非時効性を得ることができる。

4. 考 察

A, B 試料は 720°C 以下の焼鈍温度において巻取温度の差が固溶炭素量に影響し、時効指数が巻取温度の高い A 試料で高くするのは、高温巻取ではセメンタイトが凝集して粗大であるのに対し低温で巻取つた B 試料ではセメンタイトは微細に分散しており (Photo. 1) 冷間圧延後の焼鈍温度が A_1 変態点以下では、冷却中固溶炭素原子の析出核となり、微細で様にセメンタイトが分布している B 試料の場合は析出核の数を多く与え、固溶炭素原子の析出核までの平均拡散距離が小さく固溶炭素の析出を容易にするためと考えられる。一方 A_1 点以上の焼鈍温度ではこれらカーバイドは再溶解し焼鈍後の冷却に当つて粗大セメンタイトとして析出し、これは丁度巻取温度の高い場合と同様な効果を与えるため固溶炭素量が増加して巻取温度による差は小さくなる。カーバイドの分散状態を変えることにより焼鈍後の固溶炭素量が変わることを J. F. BUTLER⁵⁾ が半定量的にとりあつかい焼鈍前の熱処理によつて炭素による時効が影響されることを示しているのと同じ効果をこの実験結果は示していると考えられる。(Photo. 2). しかるにバナジウム含有量が 0.035% および 0.038% の C, D 試料については Fig. 3 にみられるごとく 720°C を境に固溶炭素量に若干の差が認められるが、明らかに A, B 試料に比較して固溶炭素量は低く A_1 点以下の焼鈍温度においても巻取温度による差は顕著に生じない。したがってバナジウム添加の効果は 0.03% 近傍を境

にそれ以上の含有量で炭素との相互作用が顕著に現われるものと考えられる。この機構については本実験範囲から論じ難い。C, D 試料の焼鈍組織については特に A, B 試料と炭化物分布について差は認め難い。したがって

(1) 微細なバナジウム窒化物が分散してカーバイドの析出核を与える。

(2) バナジウム量の増加によつて A₁ 点が上昇し高温における固溶炭素量が減少する。

(3) バナジウムカーバイドが生成する。
等の原因が考えられるが根拠はまだつかめていない。

5. 結 言

バナジウム含有量 0.025% ないし 0.038% のリムド低炭素冷延鋼板について焼鈍温度の歪時効におよぼす影響を時効指数および内部摩擦測定により調べたところ次のことが明らかとなつた。

1. 800°C 以下の再結晶軟化焼鈍において非時効性を得るためには少なくともバナジウム含有量は 0.03% 以上必要である。

2. バナジウム含有量 0.03% 以上を添加した場合、固溶炭素量はバナジウム含有量 0.03% 以下のものに比較して減少し炭素による時効をも押える効果を生じる。

文 献

- 1) Eric R. MORGAN, John C. SHYNE: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 209 (1957), p. 781
- 2) W. R. D. JONES, G. COOMBERS: J. Iron & Steel Inst (U.K.), 174(1953), p. 9
- 3) L. R. SHOENBERGER: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 212 (1958), p. 402
- 4) R. W. FOUNTAIN, J. CHIPMAN, Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 212 (1958) p. 737
- 5) J. F. BUTLER: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 224 (1962), p. 89

(181) 高炭素鋼の熱処理特性におよぼす少量の Ni, Cr の影響

(鋼の諸性質におよぼす不純金属の影響に関する研究—V)

金属材料技術研究所 ○吉 松 史 朗
東京大学, 工学部 工博 荒 木 透
金属材料技術研究所 工博 中 川 龍 一

Effect of Ni and Cr on Heat-Treatment Characteristics of High Carbon Steel.

(Studies on effect of metallic impurities on properties of steel—V)

Shirō YOSHIMATU, Dr. Tōru ARAKI and Dr. Ryuichi NAKAGAWA.

1. 結 言

前報¹⁾までに低中炭素鋼の諸性質におよぼす少量の Ni, Cr の影響につき報告してきたが、本報では高炭素鋼について調査をおこなつた結果を報告する。高炭素鋼は比較的需要が少なく、用途はほとんど工具に限られる。そしてとくに切削工具は、生産工程の自動化にともなつて高速軽切削の傾向が大きくなり、合金工具鋼の重要度が増しておりこの方面の研究もさかんである。

これに反して炭素工具鋼の切削工具としての需要は年々減少しているが、その安価なことから軽度の切削用、刃物等の小物用としての需要はまだ捨てがたいものを持っている。炭素工具鋼の不純物許容量は、Ni < 0.25%, Cr < 0.20% と JIS に指定されているが、この値の根拠はあまり明確でない。本報では、炭素工具鋼の代表として SK2 を取りあげ、これに Ni, Cr を単独に添加して主として工具鋼としての諸性質におよぼす影響を調べた。

2. 供 試 材

Table 1 に供試材の化学成分を示す。基本成分は SK2 とし、Ni および Cr を 0, 0.15, 0.30, 0.45% 目標にそれぞれ単独に添加したものである。なお Si は原料の関係で JIS の範囲を越えているが、ほかの基本成分は SK2 の範囲にある。

溶解は 100 kg 高周波溶解炉でおこない 50 kg 鋼塊に分鑄した。鋼塊は 1000°C に加熱し焼割れ試験片用に 55 mm φ, 焼入試験片用に 30 mm φ, 硬さ試験片用に 10 mm φ に鍛造した。さらに電気抵抗測定用には 1.5 mm φ にまでスエーシングと冷間引抜加工をおこなつた。

3. 実験結果および考察

3.1 焼入条件の設定

高炭素鋼は調質の前処理として球状化処理をおこなうのが普通である。本実験ではその範囲を顕微鏡的に求め

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

	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Ni%	Cr%	Al%	Cu%
K 1	1.18	0.39	0.40	0.015	0.019	—	—	0.040	0.09
K 2	1.19	0.38	0.41	0.015	0.019	—	0.16	0.041	0.09
K 3	1.10	0.39	0.41	0.014	0.019	—	0.30	0.040	0.09
K 4	1.10	0.42	0.41	0.016	0.019	—	0.41	0.036	0.09
K 5	1.15	0.39	0.41	0.014	0.020	0.15	—	0.039	0.11
K 6	1.20	0.37	0.41	0.014	0.017	0.30	—	0.040	0.09
K 7	1.28	0.34	0.41	0.014	0.018	0.45	—	0.043	0.10