

4. 結 言

1) アルミキルドの細粒軟鋼で 0.2% C と 0.16% C のものの 10 mm 直径試験片の 1300°C の高温焼入によつて抗張力 (kg/mm²) はそれぞれ 65.8, 70, 降伏点 (kg/mm²) 58.6, 64.6, 硬度 (Hv) 228, 245, 絞り (%) 64, 58.1, 伸び (%) 11.6, 10.1, V ノッチシャルピー衝撃値 (kg·m/cm²) 26.4, 16.8, が得られた。この材力値は同じ炭素含有量の合金鋼に匹敵し、特に衝撃値はそれを凌駕する成績であつた。

2) バーニング温度 (1350°C) にいたるまでの高温加熱で生ずる粗粒オーステナイトは少なくとも常温の靱性には有害な作用を示さなかつた。

3) 硫化物は高温加熱によつて分断、球状化される。

4) 特殊鋼におけると同様に硫黄は有害であつたが、材力的には焼戻し抵抗が強いようであつた。

5) 従来おそれられていた過熱脆性は微粒硫化物のオーステナイト粒界への析出によるが、高温からの水焼入は、その固溶型硫化物の粒界析出を妨げるため、脆性が生じないのであろう。

文 献

1) 萩原: 鉄と鋼, 28 (1942) 11, p. 1209

2) 松原: 鉄と鋼, 51 (1965) 12, p. 2220

(179) 低炭素マルテンサイト鋼の機械的性質におよぼす歪時効の影響

大同製鋼, 中央研究所

○渡辺敏幸・福井彰一・工博 浅田千秋

Effect of Strain Aging on Mechanical Properties in Low Carbon Martensitic Steels.

Toshiyuki WATANABE, Shōichi FUKUI and Dr. Chiaki ASADA.

1. 緒 言

機械構造用合金鋼において、強さ約 100kg/mm² 以上の分野では、良好な強靱性をもつ低炭素マルテンサイトが近来活用されてきている。

低炭素マルテンサイト鋼は強度と靱延性との関係でみると、中炭素系のソルバイト鋼に比べて同等またはすぐれているのであるが、降伏比の点ではやや低いきらいがある。

マルテンサイトの耐力を高める手段として、E. T. STEPHENSON¹⁾は低温焼戻した中炭素系の AISI 4340 を改良した 300M 鋼に少量の永久歪を加えた後、低温時効を施す歪焼戻 (Strain temper) 処理を用いて、著し

く高い耐力値を得ている。これは一種の歪時効と考えられ、彼らは前記処理により低温焼戻状態で析出していた炭化物が、再固溶し転位に雰囲気を形成することによると説明している。また D. V. WILSON は中炭素系の焼入れしたままのマルテンサイトに歪を与えると、その後の焼戻しにおいて、炭化物の析出が抑制され、かつ低温焼戻したマルテンサイトの場合には炭化物の再固溶がみられることを報告している。

われわれは以上の中炭素マルテンサイトにおける歪時効の効果を低炭素マルテンサイトの低合金鋼に適用し、その降伏比上昇効果を検討したところ、焼戻された低炭素マルテンサイトでは、中炭素鋼と同様に耐力の著しい増加が得られ、また焼入れしたままの低炭素マルテンサイトでは、降伏比の増加と同時に靱性の改善が得られたので報告する。

2. 供試材および実験方法

2.1 供試材化学成分

供試材の化学成分を Table 1 に示す。供試材はすべて 200 kg 誘導炉を用いて大気中溶解し、200 kg 鋼塊を皮削りして、熱間圧延で直径 22 mm の丸棒とした。

2.2 実験方法

鋼 A, D および E については、焼入焼戻した低炭素マルテンサイトにおよぼす歪時効の影響について調べるため、直径 22 mm の丸棒で 885°C × 30 min 油焼入れ、300°C × 1hr 焼もどしを行なつた後 JIS 4 号引張り試験片または平行部 10 mm 角の引張試験片に機械加工し、引張試験機で 0~1.0% の永久歪を加えてから 200°C × 1.5hr の低温時効を施して試験に供した。

鋼 B では歪時効前の素材の焼戻し条件の影響を調べるため、焼戻し温度を 0~350°C に変え、予歪を 0.2% として鋼 A の場合と同様な過程で試験片を調製した。

鋼 C では焼入れたままの低炭素マルテンサイトに歪時効を加えることの効果を調べるため、885°C 油焼入れの後予歪を加えないものと、0.2% 予歪を加えた試験片を用意しそれぞれ 200°C で 0~5hr の加熱を行なつて試験に供した。

3. 実験結果

Fig. 1 に鋼 A における歪量と機械的性質との関係を示した。図より焼入焼戻し状態では、0.2% 耐力 72kg/mm², 引張強さ 99 kg/mm² で耐力比 0.73 を示すが、歪時効をほどこすと引張強さはほとんど変化せず、0.2% 耐力の著しい増加がみられ、耐力比も急激に増加し、1% の永久歪でおよそ 1.0 になる。この時引張試験片の破面は良好なカップ状を呈し、高降伏比を有する鋼に一般にみられるような脆化した様相を示していない。また図から明らかなように、予歪が 0.6% 以下では伸びおよび絞りの値には歪時効の影響はほとんど認められない

Table 1. Chemical composition of steels used.

mark	type	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Ti
A	Low C-Si-Mn-Cr	0.17	0.67	1.18	0.015	0.018	0.16	0.06	1.34	—	—
B	ditto	0.18	0.72	1.13	0.014	0.014	0.12	0.08	1.43	—	0.12
C	ditto	0.19	0.76	1.29	0.014	0.014	0.11	0.08	1.72	—	0.08
D	Low C-Mn	0.19	0.50	1.52	0.019	0.022	0.11	0.10	0.50	—	—
E	Low C-Cr-Mo	0.20	0.26	0.72	0.018	0.011	0.11	0.22	1.01	—	—

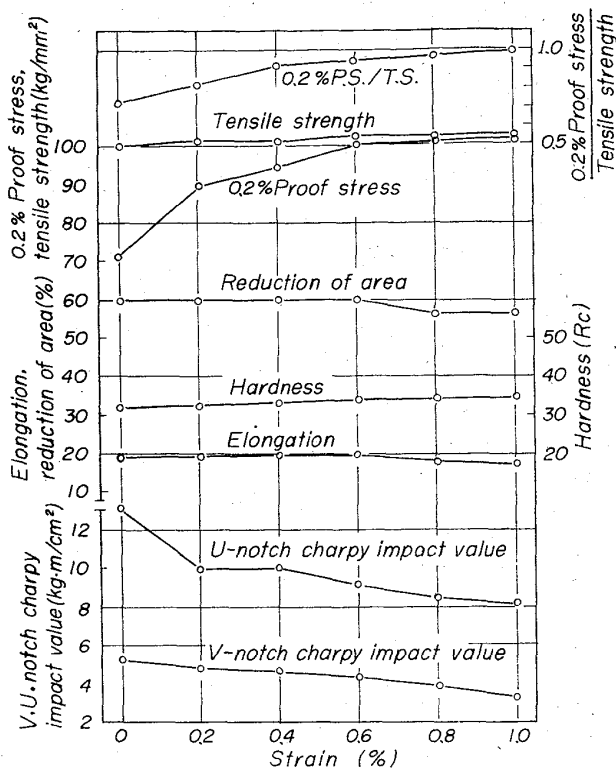


Fig. 1. Effect of pre-strain on the mechanical properties of tempered low carbon martensitic steel (Steel A).

が、シャルピー衝撃値は予歪の増加につれて徐々に低下している。

また低炭素系の Mn 鋼および Cr-Mo 鋼についても実験したところ、同様な結果が得られている。

Fig. 2 に Fig. 1 に対応する応力-歪曲線を示した。永久歪を与えない焼戻マルテンサイトの応力-歪曲線は滑らかな曲線で、明瞭な降伏点は現われず約 2.5% 伸びまで部分収縮せずに均一伸びを示す。このことは永久歪を与えるうえに有利な特性と言える。

また歪時効を施すと 0.2% 耐力が著しく増大し、予歪 0.4% 以上の場合には明瞭な降伏現象が認められ

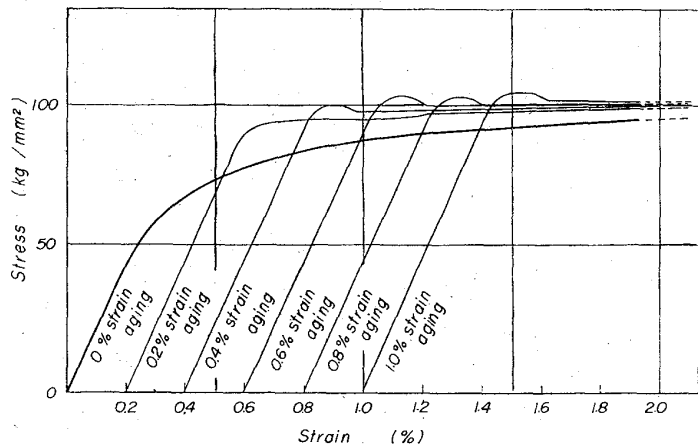


Fig. 2. Stress-strain diagram showing the effect of strain aging in steel A.

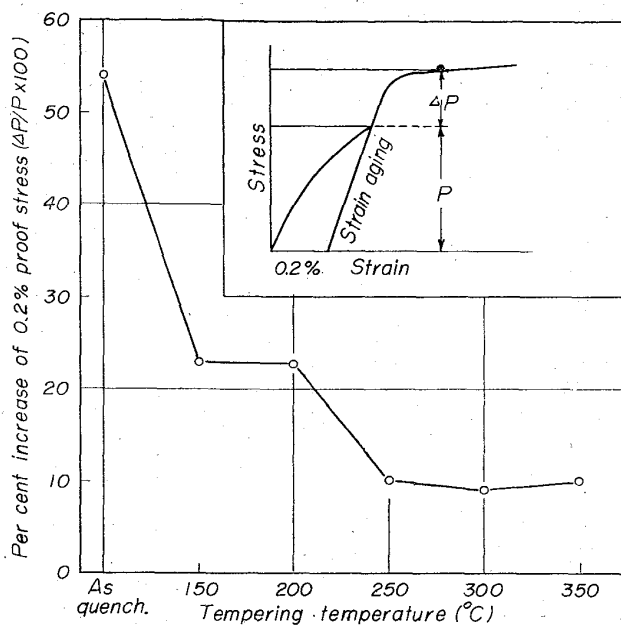


Fig. 3. Effect of tempering temperature on per cent increase of 0.2% proof stress after strain aging (steel B).

た。

Fig. 3 に歪時効による 0.2% 耐力の増加率と焼戻温度との関係を鋼 B について示した。図から焼入れのままに歪時効を施したものが最も効果が大で、0.2% 耐力は 94 kg/mm² から 145 kg/mm² となり増加率 54% を示す。そして焼戻温度が上昇するにつれて 0.2% 耐力の増加率は低下する。

マルテンサイトの歪時効は歪によつて導入された格子欠陥に雰囲気形成されることにより説明されているが¹⁾²⁾、本実験の場合も焼入れされた状態では、焼戻状態に比較して雰囲気の形成に寄与する自由な侵入型固溶原子の量が多いことが焼入れたままのマルテンサイトに対する大なる歪時効効果となつて現われたのではないかと考える。

Fig. 4 に焼入れ状態のマルテンサイトに歪時効を加えたときの効果を示した。耐力は予歪を与えないものでは 30 min の加熱で急激に上昇し、その後加熱時間の延長に伴つて徐々に増加するが、予歪を加えた試片の耐力は予歪なしのものより全般的に高く、また加熱時間 30 min で最大値を示し、その後は過時効現象を示して徐々に耐力を減ずる。

予歪を与えない試料の衝撃値は 200°C 加熱では明らかな効果は認められないが、予歪を与えた試料では短時間の時効により著しく衝撃値が上昇しており、歪時効により約 1.5 kgm/cm² 改善されている。

このように焼入れたままの試料に歪時効処理を行なった場合にのみ耐力が上昇するにもかかわらず衝撃値も増加するが、このような現象は一般の歪時効では認められておらずさらに深く追求する必要があると考える。

また上記と同様焼入れしたままのマルテンサイトに歪時効をほどこす場合、加熱温度を 300°C とした

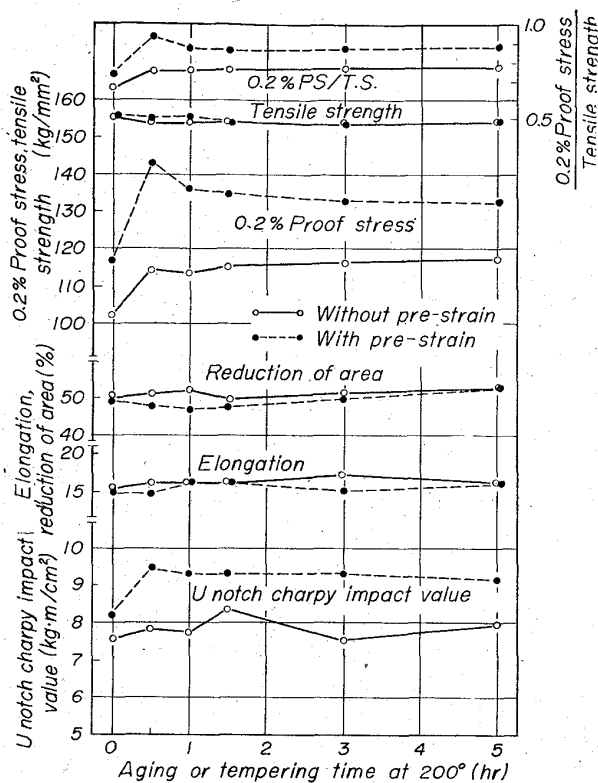


Fig. 4. Comparison between both the mechanical properties with and without pre-straining in relation to holding time at 200°C (steel C)

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度の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