

(265) 高炭素鋼線のレラクセーションにおよぼす鋼中窒素の影響

神鋼鋼線鋼索

土井 明・富岡敬之・林田 博

Effect of Nitrogen in Steels on Stress Relaxation of High Carbon Steel Wires

Akira Doi, Hiroyuki Tomioka and Hiroshi Hayashida

1. 緒 言

平衡状態における α -Fe への C および N 原子の溶解度曲線から、N 原子は C 原子に比べ室温で過飽和になりやすい。室温~300°C の低温度域では C 原子よりも N 原子のほうがはるかに速く α -Fe 中で動くといわれており、鉄や合金元素と化合物をつくって微細析出しやすい。軟鋼または低炭素鋼中の窒素の影響は今井・石崎²⁾が詳しく報告しているが高炭素鋼についてはほとんど研究されていない。高炭素鋼線では伸線前にパテンティング処理がほどこされ、線材がかなり急冷されるので炭素と窒素はかなり過飽和に固溶されていると考えられる。伸線加工中には試料の温度上昇による動的歪み時効 (Dynamic Strain Aging) が起こり、その後のブルーイング処理 (低温焼鈍) においても時効の影響をうける。

本実験では、高炭素鋼線における鋼中窒素の影響をレラクセーションを主として検討した。

2. 実験方法

供試材としては、Al 含有量の異なる線径 5.5 mm の 0.6% C 鋼および N 含有量の異なる線径 9.5 mm の 0.8% C 鋼線材の鉛パテンティング材を用いたが、その化学成分およびパテンティング後の AlN 量を Table 1 に示す。この AlN 量から、他の窒化物の生成量が同じであるとすれば鋼中に固溶している N 量は試料 60A および 80A がそれぞれ試料 60B, 80B に比べて多いと考えられる。

伸線は次のごとく行なつた。0.6% C 鋼は連続伸線機で 5.5 mm → 2.01 mm に 7 回で伸線したが、伸線時の試料の温度上昇を変化させるためにダイスおよびキャプスタンの冷却水を通常どおり多量に流した場合と少量に仕上げた場合とを行なつた。0.8% C 鋼は単頭伸線機で 9.5 mm → 4.22 mm に 8 回でそれぞれ通常どおりの伸線を行なつた。伸線中の試料の表面温度をダイスの入口および出口にてテンピルスティックで判定した。

伸線後およびブルーイング後の各試料について引張り試験、捻回試験、屈曲試験を行なつた。レラクセーション

は自動レラクセーション試験機にてブルーイング温度、初応力、試験温度を種々変えて測定したが、その方法は JIS G-3536 に基づいて行なつた。

3. 実験結果および考察

3.1 伸線加工中の試料の温度上昇について

0.6% C 鋼では伸線の各段階において、ダイス出口での試料の温度は冷却水が少量の場合 (記号 L にて表わす) は冷却水を通常どおり多量に流した場合 (記号 M にて示す) に比べて約 50°C だけ高く、最終ダイス出口ではそれぞれ 200°C および 250°C であつた。0.8% C 鋼では単頭伸線機、連伸機いずれの場合の伸線でも、最終ダイス出口では 200°C 以下であつた。また 0.6% C 鋼、0.8% C 鋼ともに A 材と B 材との間には伸線の各段階において試料の温度にはほとんど差がなく、したがって伸線時の温度上昇が動的歪み時効におよぼす影響は A 材も B 材も同じである。

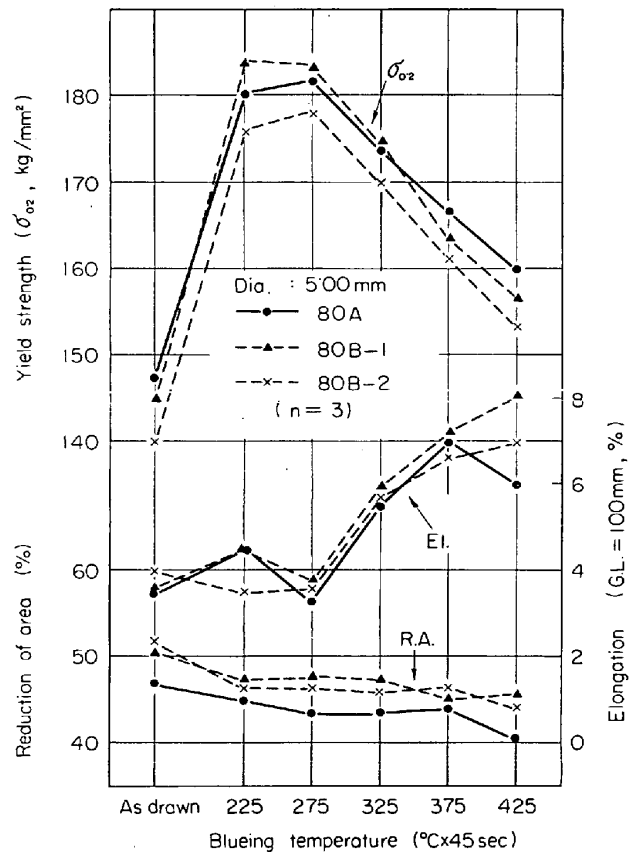


Fig. 1. Effect of nitrogen in steel and blueing temperatures on yield strength, reduction of area and elongation of 0.8% C steel wires.

Table 1. Chemical composition of specimens and AlN content after patenting (wt%).

Specimen	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Al	Total N	AlN
60A	0.63	0.26	0.50	0.015	0.019	<0.10	<0.10	—	0.004	0.0076	0.0008
60B	0.63	0.27	0.51	0.015	0.019	<0.10	<0.10	—	0.033	0.0076	0.0083
80A	0.76	0.22	0.80	0.004	0.008	0.025	0.01	0.03	<0.01	0.0162	0.0053
80B-1	0.80	0.19	0.76	0.008	0.016	0.047	0.02	0.04	<0.01	0.0058	0.0009
80B-2	0.81	0.26	0.86	0.008	0.017	0.050	0.01	0.04	<0.01	0.0058	0.0021

3.2 機械的性質について

0.6% C 鋼, 0.8% C 鋼ともに伸線の各段階および最終線径のブルーイング処理後の試料について引張り強さ, 降伏強さ, 伸び, 絞り, 捻回値, 屈曲値を測定したが, その1例を Fig. 1 に示す. これらの各特性値の測定結果を総括すると次のようになる.

0.6% C 鋼線においては, 60A, と 60B との間の固溶N量の差による動的歪み時効の影響は, 伸線時のダイスおよびキャプスタンの冷却水量が多い場合にはほとんど現われない. しかし冷却水を少量にして伸線中の試料の温度上昇を大きくした場合には伸線の総減面率約60%以上で 60A が 60B に比べてわずかに靱性が悪くなる

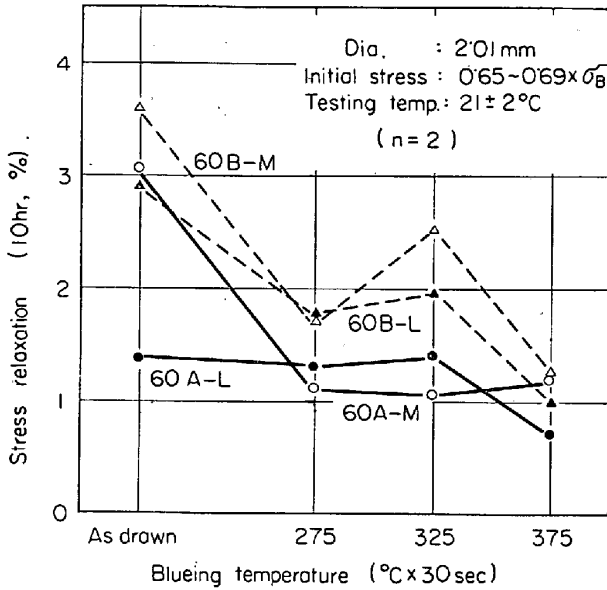


Fig. 2. Effect of nitrogen on stress relaxation of 0.6% C steel wires blued at various temperatures.

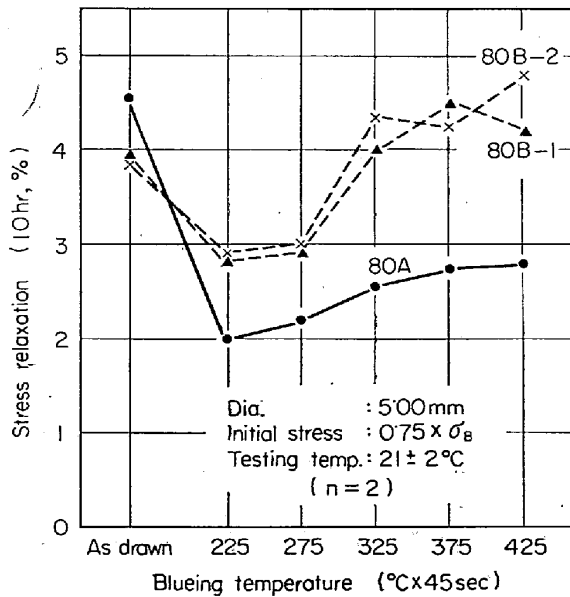


Fig. 3. Effect of nitrogen on stress relaxation of 0.8% C steel wires blued at various temperatures.

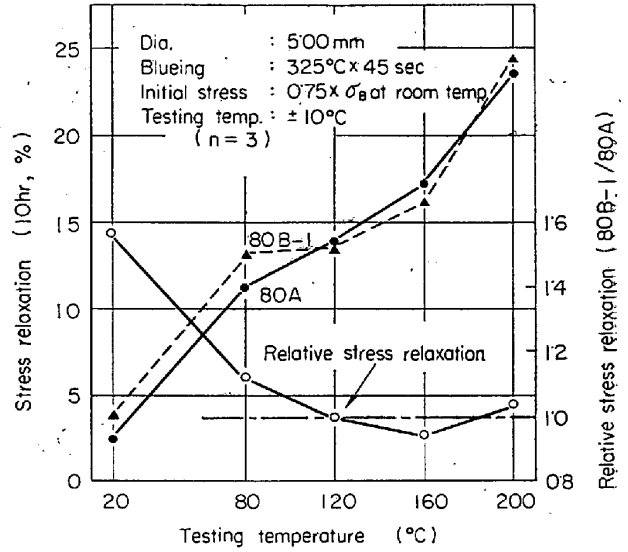


Fig. 4. Effect of nitrogen on stress relaxation at elevated temperatures of 0.8% C steel wires after blueing.

傾向がみられた. 次に, 伸線時の冷却水の多少すなわち試料の温度上昇が動的歪み時効におよぼす影響をみると, 60A も 60B もともに試料の温度上昇が大きいほうが動的歪み時効が大きくなり, 降伏強さはやや大きく, 靱性は悪くなる傾向を示した.

0.8% C 鋼線においては, 固溶N量のより多い 80A が固溶N量のより少ない 80B に比べてわずかに伸線による動的歪み時効が大きくなり, 80A のほうが 80B よりも降伏強さはやや大きくなるが絞り, 捻回値, 屈曲値は多少悪くなる傾向を示した. ブルーイング後においても Fig. 1 に示すように靱性に関しては 80A のほうがやや悪い.

3.3 レラクセーションについて

0.6% C 鋼線の室温での 10hr 後のレラクセーションとブルーイング温度, 固溶N量との関係を Fig. 2 に示す. 伸線後, ブルーイング後ともに固溶N量のより多い 60A のほうが固溶N量の少ない 60B に比べてレラクセーションは小さくなっている. 伸線後では 60A-L が 60A-M よりも, 60B-L が 60B-M よりもそれぞれレラクセーションが小さいが, ブルーイング後では伸線時の試料の温度上昇の影響は明らかではない.

0.8% C 鋼線の場合, 325°C x 30sec のブルーイング処理をした 4.22 mm の試料についてレラクセーションの初応力を降伏強さの 70~90% の範囲で試験したが, 室温での 10hr 後のレラクセーションは固溶N量のより多い 80A のほうがこの初応力範囲で 80B に比べて小さかった.

0.8% C 鋼線の 5.00 mm について, 室温および高温 (200°C 以下) での試験結果を Fig. 3, 4 に示す. 室温でのレラクセーションは伸線後で 80A が 80B に比べてやや大きくなっているが, ブルーイング後ではブルーイング温度の大きな範囲にわたって固溶N量のより多い 80A のほうが固溶N量の少ない 80B に比べてレラクセーションはかなり小さい. また 80A も 80B もともに

ブルーイング温度が高くなるにつれてレラクセーションが大きくなる傾向を示している。80B-1と80B-2はほぼ等しいレラクセーションを示しているが、これはAlおよびN含有量がほぼ同じで固溶N量が等しいことに起因していると考えられる。Fig. 4はブルーイング処理をした試料について、室温での引張り強さの75%の初応力をかけたときの高温での10hr後のレラクセーションと固溶N量の関係および80Aと80Bとの間の相対的なレラクセーションを示す。約120°Cで80Aと80Bはほぼ同じレラクセーションを示し、それ以下の温度では固溶N量のより多い80Aが固溶N量の少ない80Bよりもレラクセーションは小さくなっている。約120°C以上では固溶N量がレラクセーションにおよぼす影響は明らかではない。相対的なレラクセーションから試験温度が高くなるほど80Aと80Bが等しくなっていく傾向がわかる。

以上のように室温～約120°Cの温度範囲ではブルーイング後の10hrのレラクセーションは固溶N量のより多いと考えられるA材が固溶N量の少ないと考えられるB材に比べて小さい結果を得たが、これは0.6% C鋼、0.8% C鋼ともにそれぞれAlおよびN以外の化学成分、実験条件、機械的性質などがほぼ同じであるので、AlおよびN含有量の相違による固溶N量の相違がレラクセーションに影響したと考えられる。すなわち固溶N量が多いとブルーイングによる可動転位数の減少が大きいためレラクセーションが小さいと考えられる。約120°C以上で固溶N量の影響がレラクセーションに現われなかつたのは、微細析出していたNitrideが凝集して転位の運動に対して大きな障害として働かなかつたことに起因すると考えられる。通常200°C以下の温度ではNitrideの凝集は起こらないといわれているが、レラクセーション試験片にはすでにブルーイングが施されていること、高応力のかかった状態に長時間保持されていることなどを考慮すれば凝集の起こる可能性はあると考えられる。

4. 結 言

AlおよびN含有量のことなる高炭素鋼を用いて鋼中の窒素が鋼線の性質におよぼす影響について検討し次の結論を得た。

(1) 伸線時の試料の温度上昇が大きいと動的歪み時効を加速し靱性を低下させる。

(2) 固溶N量が多いと靱性がわずかに低下する傾向がみられるが、一般に含まれている程度の成分では固溶N量の影響は伸線の動的歪み時効とブルーイングによる静的な機械的性質にはほとんど現われなないといえる。

(3) ブルーイング後のレラクセーションには固溶N量がsensitiveに影響し、固溶N量の多いものは少ないものに比べて約120°C以下の温度ではレラクセーションが小さくなる。

文 献

- 1) 今井: 鉄と鋼, 51 (1965) 13, p. 2336
- 2) 今井・石崎: 金属学会誌,
B-14 (1950) 5, p. 37, p. 42
B-15 (1951) 6, p. 258, p. 262
B-20 (1956) 11, p. 619, p. 622
B-20 (1956) 12, p. 673

(267) 3Cr-3Moおよび3Cr-3Mo-3Co鋼の 焼戻し挙動について

(熱間工具鋼に関する研究—Ⅷ)

日本特殊鋼

○西村 富隆・新山 善之

On the Tempering Behavior of 3Cr-3Mo and
3Cr-3Mo-3Co Steels

(Study on hot-working tool steel—Ⅷ)

Tomitaka NISHIMURA and Yoshiyuki SHINYAMA

1. 緒 言

熱間工具鋼の焼戻し時効現象に関する研究結果についてはすでに数回にわたり報告した^{1)~7)}。今回は3Cr-3Mo型と3Cr-3Mo-3Co型の鋼をとりあげ、これらを前報と同様に完全マルテンサイト組織にした後焼戻した際に、その硬度、機械的性質、電気抵抗、炭化物反応、電子顕微鏡組織などがどのように変化するかを調べ、そしてこれらの結果を総合して2供試鋼の焼戻し挙動を比較検討した。

2. 試料および実験方法

供試鋼としては、35kVA高周波誘導炉で溶製した8kg鋼塊を14mmφと14mmφの棒材に鍛伸してから焼鈍したものを使用した。これら試料の化学成分をTable 1に示す。全実験に用いた試験片は、所定の形に切削加工後1,200°Cに1hr保持して炭化物を基地中に完全に固溶させてから油冷し、そしてただちに-73°C×3hrのサブゼロ処理をほどこした後焼戻し時効を行なった。その他の実験方法はすべて前報までの場合とまったく同様である。

3. 実験結果

3.1 硬度および衝撃値

焼入れ硬度H_{RC} 51.9のDKGとH_{RC} 49.8のDKH試料を焼戻し時効した際の硬度とシャルピー衝撃値を焼戻しパラメータ $P = T(20 + \log t) \times 10^{-3}$ に対してプロットすると、Fig. 1のような焼戻し硬度曲線と焼戻し衝撃値曲線が得られる。焼戻し硬度は両鋼種とも類似した傾向を示し、パラメータの増加とともに硬化は進行して $P = 17.5$ 付近で最高になり、ここを過ぎると急激に軟化するが、高温長時間側では含CoのDKHの方が高い硬度を示す。衝撃値は硬度とほぼ逆の経過をたどり、最高硬度に相当する近傍においてかなりの幅にわたり最低値を示す。また衝撃値の急増する点は硬度の急減するところより若干高パラメータ値側にあり、DKHはDKGより全般的に低い値となっている。

3.2 引張特性

Fig. 2は、焼戻し試料に対する引張試験の結果を示したものである。両鋼種の引張強さ曲線は先の硬度曲線とよく似ており、やはり $P = 17.5$ 付近で最大を示している。絞りは、DKGでは $P = 19$ 付近、DKHでは $P = 18$ 付近で急激に増大し、また伸びもこれと同様の傾向を示すが、両者の急増する点は引張強さの急減点よりかなり高パラメータ値側によつている。

3.3 電気抵抗

Fig. 3は、両鋼の電気抵抗を焼戻しパラメータとの関係においてあらわしたものである。比抵抗は基地中の炭