

(5)式に σ_Y を代入した値を K_Y とすればこの値は c/d =一定でも d が大きくなるにつれ増加し, Fig. 4 に示す関係となる. いずれも K が K_Y に達すると general yielding をおこす.

$$K \geq K_Y \dots\dots\dots (7)$$

(6)および(7)の関係から Fig. 4 に示すように $K_Y > K_{IC}$ の温度範囲で脆性破壊をおこすが, これは FATT 以下でおこりやすい. また試験片寸法の大きいものほど K_Y が上昇するので脆性破壊の発生領域は広がるが, 鋭いクラックの場合には $K=K_{IC}$ で破壊がおこり, 機械ノッチ試験片のようにノッチ先端が鈍くなると $K=K_Y$ に近づいていくものと考えられよう. 曲げ試験片で破壊靱性を求めるにあたってはこのようにノッチの鋭さとともに $K_{IC} < K_Y$ で脆性破壊を発生させるような試験片寸法を選ぶことが必要である.

4. 結 言

Ni-Mo-V 鋼について静的切欠曲げ試験より求めた破壊靱性の温度依存性および V シャルピー衝撃遷移温度との関連について検討した. 要約すると次のとおりである.

(1) 破壊靱性は高温で大きく温度の低下とともに小さくなり, ある温度範囲までは破壊靱性 (K_{IC}, G_{IC}) の対数と絶対温度の逆数とはほぼ直線関係を示す. しかしさらに低温になると温度の影響をうけずほぼ一定の値になる.

(2) 破壊靱性 (K_{IC}, G_{IC}) と 2 mm V シャルピー遷移温度 FATT とはある程度相関関係を持ち, 破壊靱性は試験温度が FATT と一致する温度以下では低くそれ以上で急激に増加する.

(3) 本実験で求めた窒化ノッチ試験片による破壊靱性は文献でみられる窒化ノッチ付回転円板破壊試験から求められた結果と一致した. しかし他の機械ノッチ試験片による結果はばらつきも多くかつその値も高く, 本実験のプレスノッチの結果とほぼ同様なばらつきを示した.

(4) 脆性破壊発生領域に関しても検討を行なった.

最後に大型曲げ試験に際して種々御便宜を与えられた金属材料技術研究所岩元部長殿に厚く感謝申し上げる.

文 献

- 1) 佐々木, 正岡, 島田: 鉄と鋼, 53 (1967), p. 546
- 2) D. H. WINNE and B. M. WUNDT: Trans. ASME, 80 (1958), p. 1643
- 3) B. M. WUNDT: ASME Preprint 59-MET-9, (1959)
- 4) 越賀, 今沢, 竹花: 造船協会論文集, 第114号 (1963), p. 200
- 5) 山本, 高橋: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1950
- 6) E. OROWAN: Fatigue and Fracture of Metals (1952), p. 139
- 7) E. OROWAN: Weld. J., 34 (1955), p. 157S
- 8) C. SCHABTACH, E. L. FOGLEMAN, A. W. RANKIN and D. H. WINNE: Trans. ASME, 78 (1956) p. 1567
- 9) A. J. BROTHERS, D. L. NEWHOUSE and B. M. WUNDT: ASTM Paper (1965), GER-2218

- 10) 柱, 渡部, 勝田, 武井: 機械学会誌, 64 (1961), p. 583

21-4N 鋼におよぼす B の影響*

特殊製鋼

工博 日下邦男・石川英次郎・秋田光政

Effect of Boron on the Properties of 21-4N Steel

Dr. Kunio KUSAKA, Eijiro ISHIKAWA and Mitumasa AKITA

1. 緒 言

最近の自動車エンジンは, 高い圧縮比と高オクタン価のガソリンを使用するため, 従来排気弁用鋼として用いられている SUH 31 は, 高 Si のために高温酸化鉛に対する耐食性がわるく, 高オクタン価のガソリンには不相当であることが明らかとなり, 最近では 21-4N 鋼が広く用いられている. 21-4N 鋼は 0.5C-0.3Si-9Mn-4Ni-21Cr-0.4N の成分を有し, とくに酸化鉛耐食性, 高温強度に優れた特性を有している^{1)~5)}. 21-4N 鋼には通常 0.0005% 程度の B が不純物として含有されているが本系合金に 0.005%~0.03% 程度の B を添加し, 含有 B の影響について調査した結果を報告する.

2. 供 試 材

供試材は 125 kVA 高周波誘導炉にて溶製した 100 kg 鋼塊を $\phi 20$ mm に鍛伸したものをを用いた. B の添加は Ferro boron (20B-3Al-1.2Si) を Al 脱酸後添加した. Table 1 に供試材の化学成分を示す.

3. 実 験 結 果

3.1 溶体化硬度

1000~1200°C の各温度に小試片を 1hr 加熱後水冷して溶体化硬度を測定した. B を多く添加した C2~C4 が 1050~1150°C にわたって試料 C1 より HRC 2 程度低い. しかし 21-4N 鋼とほぼ同程度の硬度を保持している. 1150°C では HRC 30.5~32.0 である.

3.2 時効硬度

1150°C × 1hr 水冷後 700, 750 および 800°C で 1~100hr 時効処理をほどこしたものの硬度を Fig. 1 に示す. 析出硬化性はほぼ近似した値を示している. B を多く添加したものは短時間で幾分硬度が低く, 析出硬化を遅らせる傾向を示した. 800°C では各試料とも短時間で過時効の傾向を示した.

3.3 機械的性質

1100°C および 1150°C で溶体化後 750°C × 6hr AC の時効処理した試験片について, 常温および 600~800°C における短時間引張試験およびシャルピー衝撃試験をおこなった. Fig. 2 に結果を示す. B 添加量が多くなるにつれ抗張力, 耐力など幾分低下するが顕著なものでなく, 21-4N 鋼一般水準と同程度である. 常温の衝撃値は若干向上している. 抗張力は溶体化処理温度の高いものが若干優れている.

3.4 酸化鉛試験

* 第72回講演大会にて発表 講演番号 177 昭和41年11月10日受付

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Steel No	Chemical composition (%)								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	B
C 1	0.57	0.22	9.12	0.016	0.018	4.03	20.95	0.36	0.007
C 2	0.57	0.20	9.52	0.019	0.012	4.08	21.08	0.34	0.015
C 3	0.54	0.22	9.22	0.017	0.016	4.08	21.22	0.33	0.021
C 4	0.55	0.22	9.34	0.015	0.016	4.07	21.13	0.31	0.041

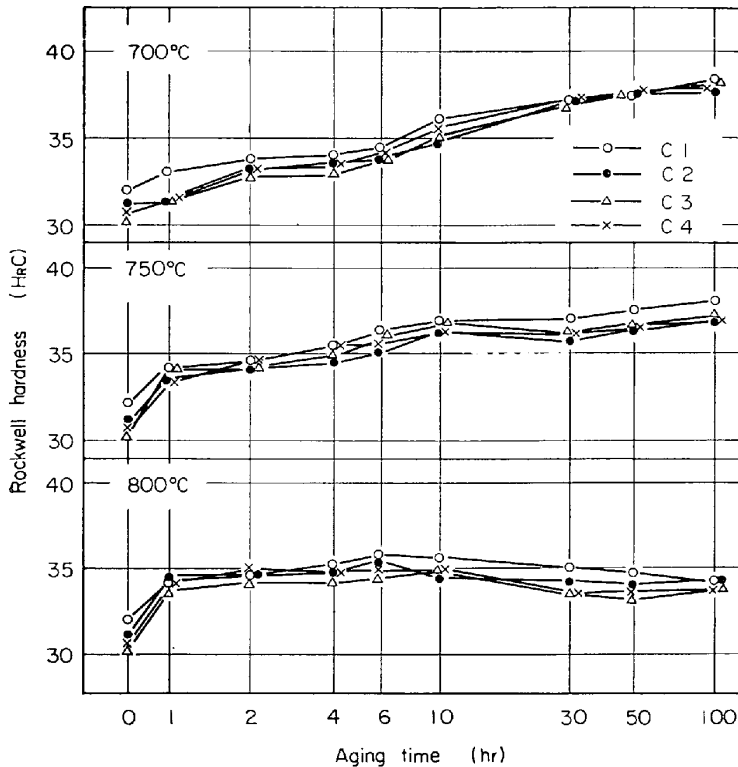


Fig. 1. Age-hardness after 1150°C×1hr WC solution treating of steel tested.

Table 2. Result of oxidation test in air at 900°C.

Steel No	Weight increase (g/dm ²)	
	50 hr	100 hr
C 1	23.6	25.9
C 2	17.9	20.9
C 3	9.9	14.3
C 4	13.6	15.7
21-4N	30.6	31.7

1150°C×1hr WC, 750°C×6hr AC の熱処理をほどこした $\phi 12 \times 12$ mm の試験片を 915°C の溶融 PbO 中に 30 min 浸漬し腐食減量を測定した。各試料間に顕著な差は認められず、21-4N 鋼と同程度であった。

3.5 酸化試験

1150°C×1hr WC, 750°C×6hr AC の熱処理をほどこした後、 $\phi 12 \times 30$ mm の試験片を作成し、管状電気炉内にて、900°C で 100hr まで加熱し、酸化増量を測

定した結果を Table 2 に示す。B 添加量の多くなるにつれ耐酸化性が向上し、C3 は 100hr において、21-4N 鋼の約 2 倍の耐酸化性を示した。

3.6 クリープ破断強度

1150°C×1hr WC, 750°C×6hr AC の熱処理をほどこした試験片について、700°C, 750°C のクリープ破断試験をおこなった結果を Fig. 3 に示す。B 添加量の増加とともに、破断強度が向上している。21-4N 鋼の 100hr の破断強度が、700°C で 21 kg/mm², 750°C で 15 kg/mm² 程度であり、B 添加による破断強度の向上が認められた。

3.7 高温疲労試験

バルブの疲労破壊の問題は、複雑な要素を受けるため単純な疲労データでは解決されない。しかし一応の目安となる。1150°C×1hr WC, 750°C×6hr AC の熱処理をほどこした後 $8\phi \times 20$ mm の試験片を作成した。試験は小野式回転曲げ疲労試験機 (回転数 2760 rpm) により、温度 800°C, 応力 20 kg/mm² および 22 kg/mm² について行なった。結果を Fig. 4 に示す。B 添加により疲労強度が向上し、B 量 0.015% で最大となる。さらに多く添加すると低下するが 21-4N 鋼より優れており、B 添加による改善が認められる。

3.8 据込試験

落下ハンマー圧縮試験機により鍛造性を比較した。C1~C4 および 21-4N 鋼を 1100°C×30 min WC の熱処理をほどこした後、 $10\phi \times 12$ mm の試験片を作成し、1150°C, 1200°C および 1230°C に 10 min 管状電気炉で加熱した後、30 kgm の衝撃エネルギーを加えて据込鍛造を行なった。加熱温度 1150°C の場合の変形量は 47.3~48%, 1200°C では 51~53% の範囲に入り試料間の相違はほとんど認められない。試験後の試料の疵については、加熱温度 1150°C および 1200°C の各試料とも疵は認められず良好であった。加熱温度 1230°C にて据込したものは、B 添加した C1~C4 のいずれの試料も亀裂を生じた。しかし 21-4N 鋼には疵の発生は認められなかった。B を添加したものは 1200°C 以上に加熱すると、熱間加工性を低下させるようである。

3.9 顕微鏡組織

21-4N 鋼の高温溶体化後、750°C 以上の温度に加熱されると層状析出⁶⁾が起こるが、溶体化温度、および時効温度を変化させて層状析出量を調べた結果、B 添加による層状析出の相違は認められない。

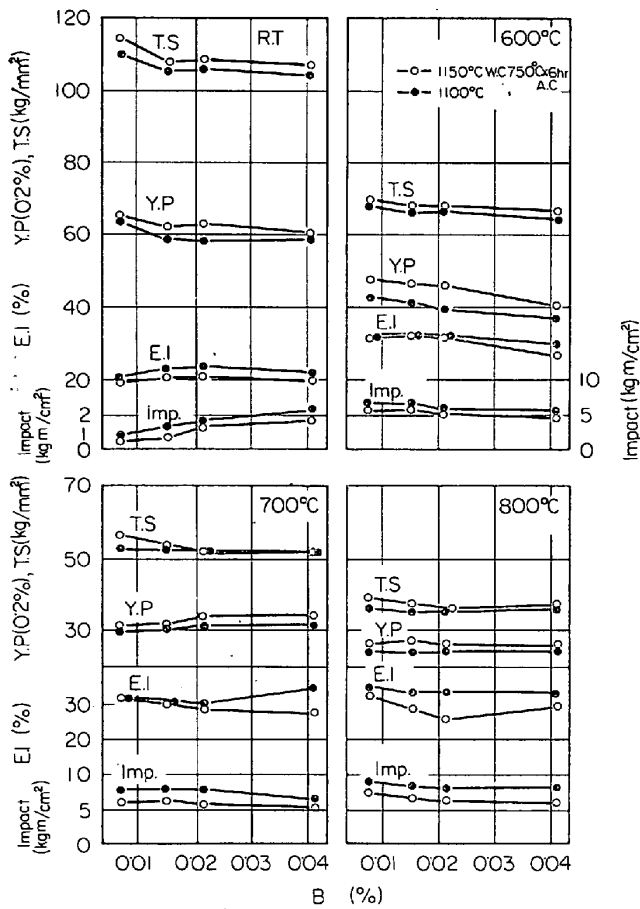


Fig. 2. Effect of boron on the mechanical properties of 21-4N steel at room and elevated temperature.

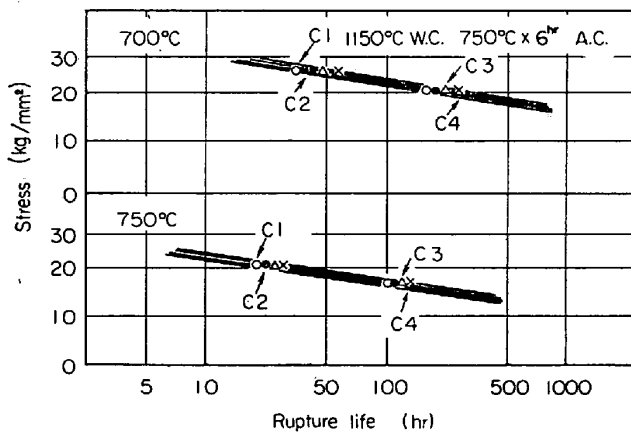


Fig. 3. Effect of boron on the rupture strength of 21-4N at 700°C and 750°C.

4. 結 言

機械的性質、ラプチャー試験のほか、溶体化硬度、時効硬度、酸化鉛腐食試験、酸化試験、高温疲労および据込試験などにつき調査を行ない、次の結果を得た。

(1) 21-4N鋼に、Bを0.005~0.05%添加すると、クリーブ破断強度、高温疲労強度、耐酸化性は若干向上した。常温および高温の引張強度および酸化鉛耐食性などは顕著な変化は認められず、21-4N鋼と同水準を示した。

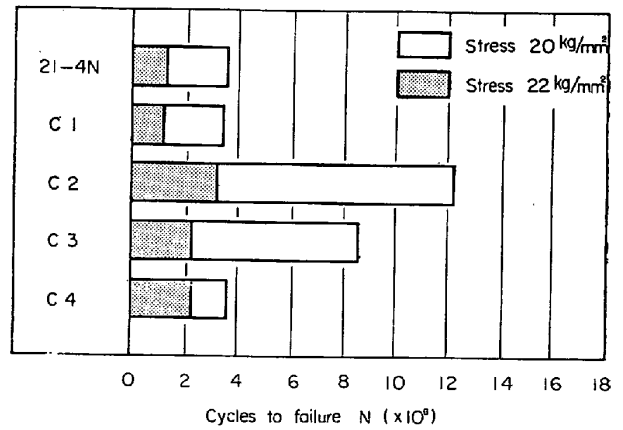


Fig. 4. Effect of boron on the fatigue properties of 21-4N steels.

(2) 1150°C 溶体化硬度は HRC 30~32 が得られ、時効処理により HRC 5~8 程度の析出硬化を示した。顕著な添加の影響はなかつた。

(3) B添加したものは 1230°C 加熱後の据込試験においてワレを生じたので、1200°C 以上の加熱は、熱間加工する場合避ける必要がある。

文 献

- 1) C. H. ALLEN and M. J. JOVSHEK: Automotive Ind., 112 (1955) Jan., p. 52
- 2) R. F. THOMPSON et al.: SAE J. 63 (1955) Aug., p. 54
- 3) T. M. ROHAN: Iron Age, 176 (1955) Aug., p. 55
- 4) Z. S. MICHALEWIZ: Metal Progress, 69 (1956), p. 188
- 5) 山中, 日下, 北原: 鉄と鋼, 46 (1962) 5, p. 573
- 6) C. M. HSIAO and E. J. DULIO: Trans. Amer. Soc. Metals, 50 (1958), p. 787

21-12N 鋼の機械的性質について*

東京都立大学

工博 嵯峨卓郎・工博 宮川大海・渡辺 徹

東京都立大学大学院 小林 光 征

On the Mechanical Properties of 21-12N Steel

Dr. Takuro SAGA, Dr. Ohmi MIYAGAWA

Tohru WATANABE and Mitsuyuki KOBAYASHI

1. 緒 言

析出硬化型耐熱鋼における時効硬化と種々の機械的性質との関連性は、学問的ならびに実用的見地から興味ある問題であるが、これらに関する系統的研究は少ないようである。また高温強度におよぼす前加工の影響についてはかなり多くの報告がみられるが、C, Nなどをかなり多量に含むオーステナイト耐熱鋼は、加工硬化性がき

* 第72回講演大会にて発表 講演番号 179 昭和41年11月10日受付