

物が硫化物の端や側面にくつついた場合には単独で存在する酸化物と同じように、寿命には悪影響をおよぼすものと考えている。

4) スラスト型寿命試験機によるデータのばらつきの因子は少なくないといわれており、筆者のところでも種々の因子に関する経験もある。そこで試験条件はできうるかぎりすべて同一条件とし Weible 函数図にプロットして解析した結果では、1例が Fig. 1 のように試料数が 10 枚程度でも L_{50} 値は 50 枚試料の場合とほぼ同一の値を示すが、 L_{10} 値では deviate しやすいようであつて、各試料群間の寿命特性を比較するには10枚程度の試料数でもよいと思う。したがつて早期破損寿命を問題とするような場合には試料数をできるだけ多く（少なくとも30枚以上）し、各試験片の寿命が L_{50} を越える値になつた時その試験片での寿命試験を中止するようにすれば、比較的試験時間は短かくてすむと考える。

文 献

- 1) たとえば、日本学術振興会ほか：ころがり軸受寿命ところがり疲れに関する講演会資料、(1966)2, 15.

669.14.018.292

(239) 非調質型高張力鋼に関する検討
(低合金鋼の諸特性に影響をおよぼす因子について—II)

日本鋼管技術研究所

久保田広行・大須賀立美・〇城戸 弘
" 本社

太田 正矩・堀内 好浩

Normalized High Strength Steel

(On the factors which affect mechanical properties of low alloy steels— I)

Hiroyuki KUBOTA, Tatsumi ŌSUKA
Hiroshi KIDO, Masanori ŌTA
and Yoshihiro HORIUCHI

1. 緒 言

鋼の機械的諸特性を化学成分によつて推定しようとする研究は古くからなされてお^{1)~3)}、いくつかの式によつてあらわされているが、いまだ十分だとはいえない。最近になつて、これらの関係を統計的手法を用いて整理検討しようとするところみがなされ⁴⁾、当研究室においては、前報において電子計算機を用いた重回帰分析によつて、調質型高張力鋼の諸特性値におよぼす化学成分の影響について検討した結果を報告したが⁵⁾、今回は非調質型高張力鋼について同様の手法を用いて検討した結果を報告する。

非調質型高張力鋼について三好ら⁶⁾はMo-B系の主にベイナイト組織の鋼に対して、実験計画法にもとづき鋼の特性値と化学成分の関係を検討しているが、本報では主にフェライトパーライト組織の焼準鋼に対し重回帰分析をおこなつて、これらの関係を多元素にわたつて検討した。

2. 実験方法

重回帰分析をおこなうにあつて、要因としては化学成分 (C, Si, Mn, P, S, Cu, Ni, Cr, V, Nb, sol. Al, total N, 計12元素) を考え、その他の因子はできるだけ一定の水準に保つた。特性値としては、降伏点、引張り強さ、伸び、絞り、2mm Vノッチシャルピー衝撃試験における 0°C の衝撃値、および 50% 脆性破面遷移温度の6種をとつた。解析に用いたデータとしては、高周波電気炉によつて溶製した約 80 チャージの 50 kg 鋼塊を小型圧延機にて 20 mm 厚に圧延し、900°C で焼準処理後におこなつた各種試験結果を用いた。Table 1 に溶製した供試鋼の化学成分範囲を示す。フェライトパーライト鋼においてフェライト粒度は鋼の機械的性質に大きく影響をおよぼす要因であるが、本実験では、供試鋼にフェライトパーライト組織のほかごく一部にベイナイト混在組織のものがみられたので、同一要因として取り扱うには不相当と考え要因から除いて検討した。引張り試験片には平行部径 9 mm φ, ゲージ長さ 32 mm の試験片を用い、衝撃試験片には 2 mm V ノッチシャルピー試験片を用いた。全ての試験片は板厚中心部の圧延方向より採取した。

3. 実験結果

Table 2 に供試鋼の引張り試験および衝撃試験結果の上限値と下限値を示す。また Table 3 は重回帰分析をおこなつた結果を示したもので、各合金元素の 1 wt% 添加当たりの特性値におよぼす効果係数およびその有意性の検定結果、特性値の平均値 (\bar{y})、寄与率 (r^2)、標準偏差 (σ_E)などを記した。各特性値は Table 3 の各合金元素の係数の影響を1次加算的と考えると次式で表わすことができる。

$$y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i$$

y: 特性値

β_0 : 定数項

β_i : 合金元素 1% 増加によつて生じる特性値の変化

x_i : 合金元素 i の鋼中含含有量 (wt%)

降伏点、引張り強さおよび伸びに関しては、かなり多くの要因が有意であり、寄与率も高く、ほぼ信頼できる式を得たといふことができる。絞りおよび衝撃特性については有意とみとめられる元素も少なく、また全般に寄与率も低いいため、式の信頼度は十分でない。Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 に降伏点、引張り強さおよび衝撃値について計算値と実測値の関係を図示する。これらの図から

Table 1. The range of chemical composition of steels (%).

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	V	Nb	Sol. Al	T. N
0.13 ~0.19	0.12 ~0.75	1.00 ~1.70	0.014 ~0.033	0.004 ~0.021	0.06 ~0.36	0.01 ~0.74	0.02 ~0.57	0.01 ~0.11	0.00 ~0.11	0.002 ~0.077	0.0053 ~0.0201

Table 2. The range of mechanical properties of steels.

Yield strength (kg/mm ²)	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Reduction of area (%)	$\sqrt{E_0}$ * (kg m/cm ²)	$\sqrt{T_{RS}}$ ** (°C)
29.8~49.1	47.9~67.5	34.0~45.2	64~77	2.8~32.2	5~-84

* Impact value at 0°C ** 50% brittle transition temperature

Table 3. The results of the multiple regression analyses.

Pro- perties	β_0	β_i												r^2	\bar{y}	σ_E
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	V	Nb	Sol. Al	T. N			
Y. S kg/ mm ²	**0	**81.5	4.32	5.98	-128	**287	**7.54	**6.22	*3.82	10.4	**30.3	-14.0	*202	0.85	39.4	1.94
T. S kg/ mm ²	**30.3	**97.8	**6.96	**9.62	98.1	**443	*3.68	**5.80	**5.48	*14.0	*3.75	-17.0	-56.1	0.92	56.0	1.46
El %	**59.0	**67.4	-0.21	Δ 3.81	**222	**172	-1.58	**3.83	*2.57	**21.3	*3.63	2.88	30.5	0.83	39.9	1.38
R. A. %	**83.7	**77.2	-2.97	0.50	*228	-68.5	-3.53	-2.06	-1.11	**40.5	11.9	53.2	146	0.51	73.4	2.14
$\sqrt{E_0}$ kg m/ cm ²	**66.8	*78.6	-5.58	-5.29	-264	**1023	-0.44	*6.48	5.85	Δ 51.2	26.9	-21.4	-79.5	0.66	16.6	3.4
$\sqrt{T_{RS}}$ °C	**241	139	29.0	Δ 38.0	Δ 1270	**5626	13.1	2.64	3.86	Δ 250	*188	142	**2128	0.70	-31.4	13.2

Δ 10% 有意 * 5% 有意 ** 1% 有意

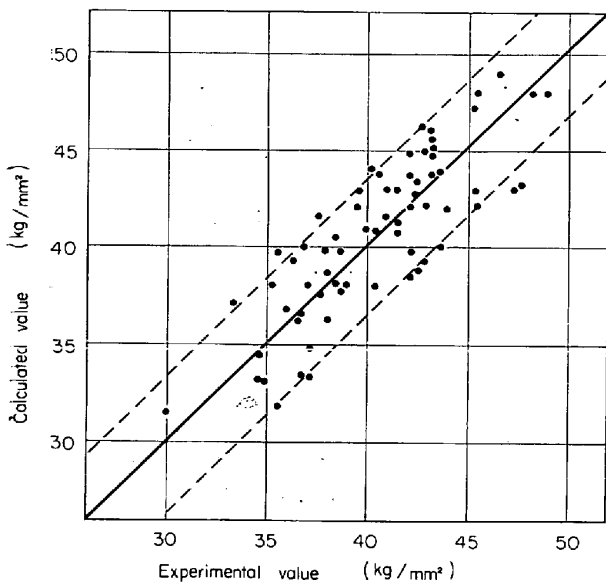


Fig. 1. Calculated vs. experimental value of yield strength.

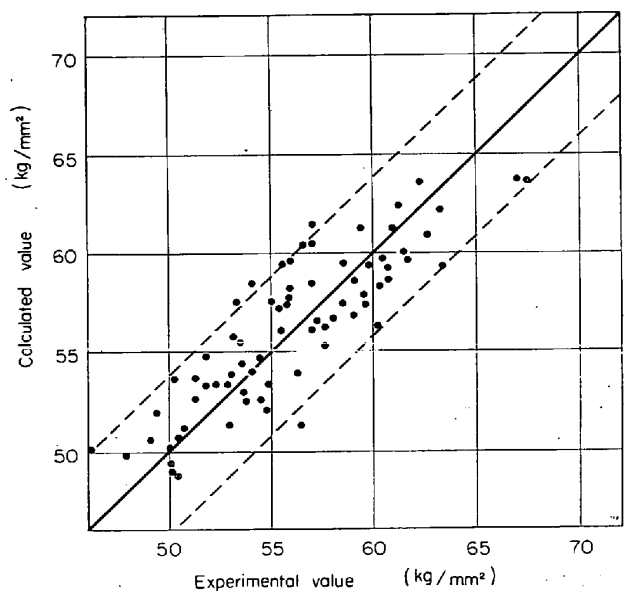


Fig. 2. Calculated vs. experimental value of tensile strength.

わかるように降伏点 (Fig. 1), 引張り強さ (Fig. 2) についてはかなりよく一致した関係を示している。

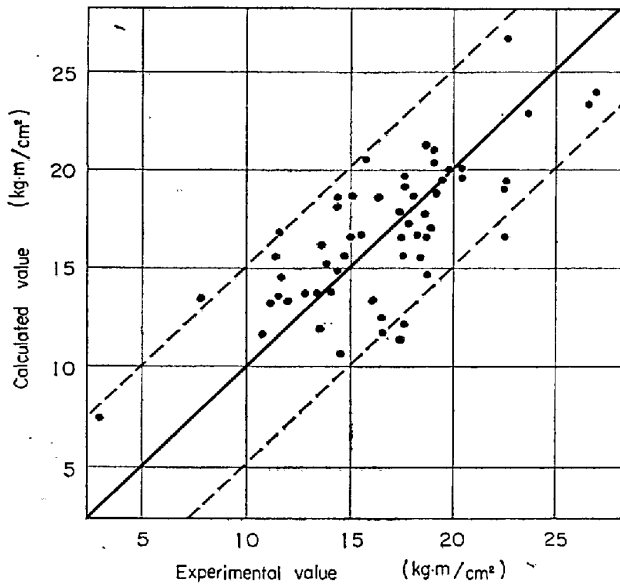
以下各化学成分の特性値におよぼす影響を特性値別に検討をおこなうと、

降伏点については、降伏点を上昇せしめる合金元素として、C, Nb, N の効果が最も大きい。これらの元素

は鋼のフェライト粒の微細化に大きな影響をおよぼす元素であり、自然な傾向を示しているといえるが、Cの係数については、DUCKWORTH⁶⁾らによつて報告されたフェライト-パーライト鋼の降伏点におよぼす、Cの効果係数結果と比較すると、本実験結果の方がかなり高い値を示している。これは解析に使用したデータの一部分に

Table 4. Comparisons among various investigations concerning the effect of alloying elements on the tensile strength.

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	V	Nb	Sol. Al	T. N
Present investigation	97.8	6.96	9.62	98.1	-443	3.68	5.80	5.48	14.0	3.75	-17.0	-56.0
Rinebolt	78.7	12.0	14.8	52.2	-28.2	10.5	3.5	9.2	46.4	—	-18.3	—
Miyoshi	223	18	19	—	—	15	12	18	25	-101	47	—

Fig. 3. Calculated vs. experimental value of vE_o .

ベイナイト混在組織のものを含んでいたことなどが原因だと推測される。ついで降伏点の上昇に効果のある元素を順に列記すると Cu, Ni, Mn, Cr である。S は逆に降伏点を減少させる効果を示している。Si, P, V, sol. Al については有意でなかった。

引張り強さに対しては、Cの効果が最も大きく、ついで引張り強さの上昇に対して効果のある順に元素を列記すると、V, Mn, Si, Ni, Cr の順である。降伏点よりも引張り強さの上昇に効果のある元素は、C, (Si), Mn, Cr, (V) であり、逆に引張り強さより降伏点の上昇に効果のある元素は、Cu, Ni, Nb, T.N である。特に降伏点に大きな効果を示した Nb, T.N は引張り強さに対しては、有意でないがあまり効果を与えていない。S は降伏点の場合と同様に引張り強さも減少させている。P, Nb, sol. Al, T. N に対しては有意でなかった。Table 4 に、本実験結果、RINEBOLT²⁾³⁾ の実験結果および三好⁴⁾ らの実験結果の引張り強さにおよぼす各合金元素の係数を比較した。前 2 者は主にフェライトパーライト組織を対象として実験したものであり、P, S, V の効果はかなり相違しているほかは大体似たような値を示しているが、主にベイナイト組織を対象として実験した後者とは、各合金元素の係数において、かなり大きく相違している。

伸びに対しては、特に悪影響をおよぼす元素は、P, C, V である。S は強度の減少にもよるがむしろ伸びに対して良い結果を示している。

絞りに対しては、伸びの場合と同様に悪影響をおよぼ

す元素として、P, C, V がとりあげられる。

衝撃特性に対して悪影響をおよぼす元素は、C, S, V である、特に S の悪影響は著しい。Nb および T. N は、vTrs に対して非常によい影響を与えている。

以上で鋼の諸特性におよぼす各合金元素の影響について種々の検討を加えたが、これらの結果は全て主にフェライトパーライト組織の鋼を対象としておこなわれたものである。またフェライトパーライト鋼において、フェライト粒度およびパーライト量などは鋼の機械的性質に大きな影響をおよぼすものであるが、実用上を考慮しこれらの要因を除いて解析した。

4. 結 言

解析の結果、非調質型高張力鋼の各特性値は成分元素の影響を 1 次加算的と考え、 $y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i$ という式で表わされ、特に降伏点、引張り強さに関してはかなりの精度で推定することができた。

また鋼中の微量元素である、P, S, N などの効果についても定量的に評価することができた。

文 献

- 1) G. E. SIMS and H. M. BANTA: Welding J. (1949) April, p. 178
- 2) J. A. RINEBOLT and W. T. HARRIS: Trans. Amer. Soc. Metals, (1951), p. 1195
- 3) 山木: 鉄と鋼, 45 (1959) 4, p. 528
- 4) 三好, 邦武, 岡田, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 5, p. 1080
- 5) 久保田, 大須賀, 田中, 他: 鉄と鋼, 52 (1966) 4, p. 607
- 6) W. E. DUCKWORTH: J. Iron and Steel Inst. (U.K.), (1965) November, p. 1108

669.15/293 -194.621.785

(240) Nb 処理鋼の強度におよぼす熱処理の影響について

東北大学金属材料研究所 工博 今井 勇之進
東北大学大学院 ○庄 野 凱 夫

The Influence of Heat Treatment on the Strength of Nb Treated Steel

Dr. Yūnoshin IMAI and Yoshio SHONO

1. 緒 言

Nb は実用の当初 C および N に対する親和力の強いことからオーステナイトステンレス鋼に添加して粒界腐食を軽減することあるいは溶接の際に N を固定することなどを目的として使用されていたが、近年低炭素鋼、中炭素鋼あるいは低合金鋼などに微量添加することにより結