

第 6 会場 (性質・加工)

(128) 熱延帯鋼の機械的性質, 冷間成型性におよぼす Mn, Si の影響 (冷間成型性高張力鋼板の研究—Ⅲ)

日新製鋼, 興製鉄所

岩宮 久・角谷卓爾・入谷喜雄
丸橋茂昭・○長谷川雅司

The Effects of Mn, Si on the Mechanical Properties and Cold Formabilities of Hot Rolled Steel Sheets.

(High strength steel sheet for cold forming quality—Ⅲ)

Hisashi IWAMIYA, Takuzi KAKUTANI,
Yoshio IRITANI, Shigeaki MURAHASHI
and Masaji HASEGAWA.

1. 緒 言

前報¹⁾では Mn, Cr, Si あるいは C を主構成元素とする 50~55 kg/mm² 級高張力鋼について, その機械的性質・成型性と合金元素, あるいは金属組織との関係および金属組織に対する合金元素の影響を調べ, 冷間成型性高張力鋼の主構成元素としては Si, Cr を選ぶべきであることを明らかにした。

前報で調べた合金元素含有量は特に Si については 0~0.33% の範囲にかぎられていたが, 同実験の結果によれば, さらに Si% を高め Mn 含有量を低下させることにより高強度を保持し, かつ冷間成型性を向上させ得る可能性があるものと思われた。

本報では前実験で得られた結論を合金元素, 特に Mn, Si のより広い含有量範囲にわたって確認した。

2. 実験方法

調査に用いた帯鋼試料の化学分析値を Table 1 に示す。なお, これらの試料調整法および各種試験法は前報までと同様である。

ただし本実験ではこれまでの実験と多少異なり, 材料の延性試験の一つとして, 従来の加工性試験のほか、

Table 1. Chemical composition of specimens.

Mark	Chemical composition (%)				
	C	Si	Mn	Cr	Sol. Al
H-535	0.12	0.24	1.08	0.99	0.013
H-536	0.13	0.27	1.09	0.98	0.025
H-516	0.11	0.33	0.96	0.96	0.069
H-518	0.10	0.54	0.75	1.00	0.013
H-542	0.08	0.61	0.80	0.99	0.033
H-520	0.12	0.57	0.86	1.02	0.055
H-538	0.10	1.00	0.56	0.99	0.008
H-524	0.11	1.00	0.52	1.00	0.025
H-543	0.07	0.82	0.67	0.98	0.035

Other impurities {P<0.020%, S<0.015%
{Cu≒0.13%, Ni≒0.03%

切欠引張試験もあわせて行なった (5号引張試片平行部中央に切欠角度 90°, 底部半径 0.25 mm の切欠きをつけたものを用いた)。これまでの加工性試験はその変形状態より推察されるように, 応力集中の高い状態での延性試験と思われる。この条件はまた, 機械的な切欠きを有する引張試験によつても定性的には再現できる。本試験はこのような考え方より, 従来の加工性試験の補足を目的として行なったものである。

3. 実験結果

3.1 圧延のままの機械的性質, 加工性に対する Si, Mn の影響

実験鋼種の引張強さの範囲は C 方向 55.4~60.4 kg/mm², L 方向 54.1~63.6 kg/mm² である。

3.1.1 降伏比に対する Mn/Si の影響

特異な一例を除いて, 一般に降伏比は Mn/Si の減少とともに増大し, Mn/Si が 0.5 程度になると, 降伏比は 80% 以上になる。すなわち降伏応力の増加には Mn より Si のほうが有効である。

3.1.2 伸びに対する Mn/Si の影響

伸び (以下特にことわらぬかぎり, C 方向伸びを意味する) は, 引張強さの増加とともに一般に低下するが, 同一強度値における伸びは, Mn/Si が 0.5~0.8 に属する鋼種は, それが 1.3~1.5 および 2.9~4.5 の鋼種に比べると, 同一引張強さのもとにおける伸びは高いようである (Fig. 1)。

3.1.3 加工性に対する Mn/Si の影響

Fig. 2 に突き曲げ値に対する Mn/Si の影響を示した。曲げ性は Mn/Si の値がほぼ 4.0 より 1.0 まで低下してもほとんど変わらないが, 1.0 以下になるとかなり向上する傾向が認められる。

また, 孔拡率に対する Mn/Si の影響も, 一般的な傾向は前述の曲げ性に対する場合とほぼ等しく孔拡率は Mn/Si が大になるにしたがい低下している。

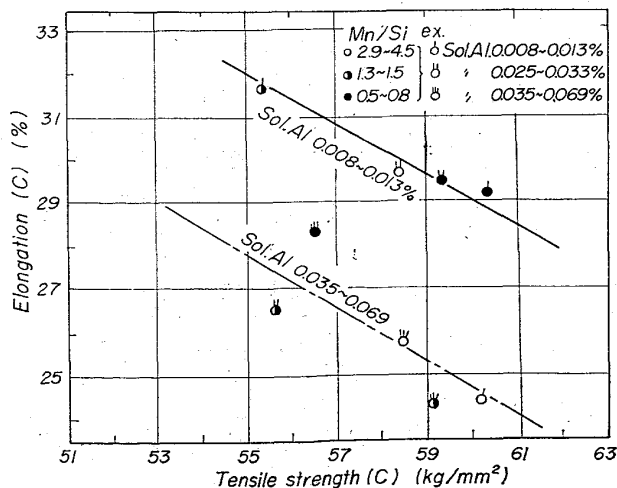


Fig. 1. The relationship between tensile strength and elongation.

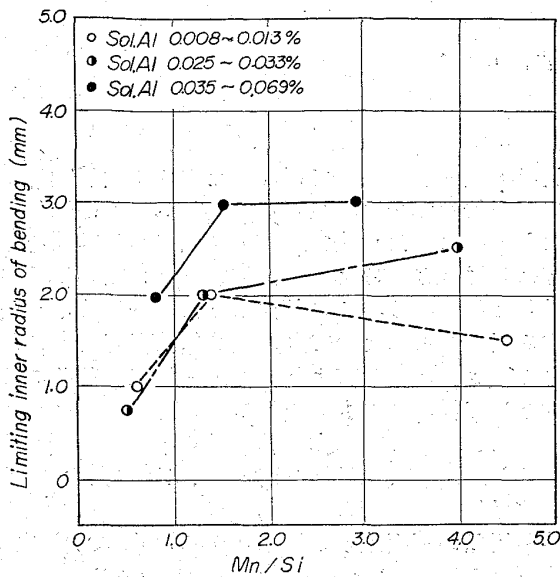


Fig. 2. The effect of Mn/Si on the bending test value.

3.2 焼準状態における機械的性質、加工性に対する Mn, Si の影響

実験鋼種の引張強さは C 方向 $50 \cdot 1 \sim 60 \cdot 2 \text{ kg/mm}^2$, L 方向 $49 \cdot 5 \sim 59 \cdot 9 \text{ kg/mm}^2$ である。

3.2.1 降伏比に対する Mn/Si の影響

圧延のままの材料に対しては、Mn/Si の対数と降伏比がデータの範囲ではほぼ直線的な関係を示すが、焼準状態では必ずしも直線関係は認められない。しかし Mn/Si の増加が降伏比を減少させる傾向は圧延のままの材料に対する場合と同様である。

3.2.2 伸びに対する Mn/Si の影響

圧延のままの材料について得られた結論と同じく、Mn/Si の高いほど同一強度における延性は低下する傾向がある。

3.2.3 加工性に対する Mn/Si の影響

Mn/Si 1.5 以下の範囲では Mn/Si の影響は認められず、いずれも良好であるが、Mn/Si が 1.5 を越えると急激に曲げ性が劣化する。

孔拡率におよぼす Mn/Si の影響も、上述の曲げ性について得られた結果と全く同様である。

3.3 金属組織に及ぼす合金元素の関係

3.3.1 带状組織に対する合金元素の影響

各鋼種の圧延のままの組織の存在する相としてはいずれもフェライト、パーライトであり、フェライト粒度も鋼種によつてほとんど変わらない。しかし、フェライト、パーライトの存在形態は合金元素、特に Si, Mn の含有比によりかなり明りような差が認められる。すなわち Mn/Si が 2.9 以上では、その低いものに比べるとフェライト+パーライトの層状組織の発達が著しい。このことは焼準材についても同様なことがいえる。前報において述べたように、带状組織の発達程度、すなわち带状組織番号と合金元素の関係は少なくとも焼準材に関するかぎり、パラメーター B で説明された。すなわち本実験のごとく C, Cr% ほぼ一定の場合は C%, Mn% が高く Si% の低いものほど带状組織が著しくなっている。

焼準処理後の带状組織の発達程度とパラメーター B の関係につき、前報では $B > 0.40$ に相当するような鋼種についての実験結果を示した。本実験範囲の鋼種はすべて $B < 0.40$ であり、前報で得られた带状組織番号と B の関係を示す直線はほぼ $B = 0$ の付近まで成立しているが、B が負の値以下では B の減少に伴う带状組織番号の低下はかなりゆるやかになっている。この結果より考えて、 $B \wedge -0.04$ に相当するような成分の鋼種では実際上問題となるような带状組織は発生しないものと考えられる。

3.3.2 中間段階組織に対する合金元素の影響

この組織の発生の難易と合金元素の関係は前報で示したように、ある程度まではパラメーター Z で説明し得る。前報に示したフェライト+セメンタイトの混合組織の面積率とパラメーター Z との関係は $Si < \sim 0.30\%$ の鋼種に対しては $Z > 1.00$ ではほぼ直線関係があり、Z の増大とともに面積率は増加する。また、この混合組織の発生の有無を表わす Z の臨界値はほぼ $Z = 1.00$ の付近にあるすなわち $Z < 1.00$ ではこの混合組織は発生しない。本実験における鋼種はほとんど $Z < 1.00$ であり、これらにはフェライト+セメンタイトの混合組織は認められないが、 $Z > 1.00$ を示す 1~2 の鋼種ではかなり多量の混合組織が存在している。

3.3.3 パーライト面積率に対する合金元素の影響

パーライト面積率を支配する合金元素は C 以外、多少とも共析 C 量に影響するものはいずれも考慮しなければならないが、C 量の決定的な影響に比べると、いずれも小さいものと思われる。本実験鋼種の圧延のままの状態および焼準状態について、パーライト面積率と C% の関係は両状態を通じて、パーライト面積率は $C < 0.10\%$ では C% が増加してもそれほど大きな増加は示さないが、 $C \geq 0.10\%$ を越えると、わずかの C% の増加によりきわめて急激な増加を示している。この結果に関するかぎり冷間成型性高張力鋼の C 量は 0.10% をあまり越えるようなものであつてはならないといえる。

3.4 金属組織と加工性の関係

前報では高張力鋼の冷間成型性試験と金属組織の関係はパーライト面積率、带状組織番号、フェライト微小硬度などを考慮したパラメーター P でよく説明されることを示した。本実験材についても同じく焼準材について、この関係を検討した。

3.4.1 パラメーター P と突き曲げ値の関係

本実験におけるパラメーター P と突き曲げ値の関係を Fig. 3 に示す、この図で $P > -80$ の範囲に示されている曲線は、前報の実験鋼種について得られた突き曲げ値とパラメーター P の平均の関係を示すものであるが、本実験について得られた各プロットもこの曲線にほぼ沿つて散布されているから、このパラメーター P と突き曲げ値の関係はかなり再現性があると考えられる。前報で用いた実験鋼種のパラメーター P は最低 -80 程度のものであつたが、本実験材はさらに P の低い鋼種を含んでおり、Fig. 3 によると突き曲げ性は $P > -80$ ではパラメーター P の減少とともに良好となるが、パラメーター P が -80 以下に減少しても突き曲げ値は必ずしも減少せず、ほぼ一定値にとどまる傾向が認められる。

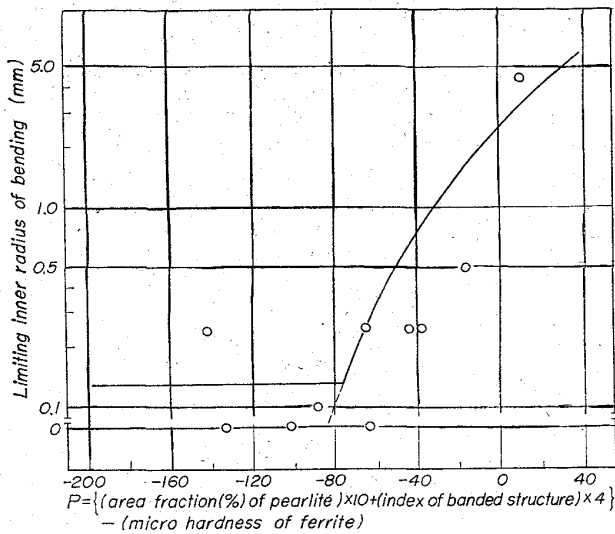


Fig. 3. The effects of microstructural features on the bending test value.

3.4.2 パラメーターPと孔拡率の関係

前報の実験材について得た関係が本実験材についてもほぼ成立している。

この結果によると本実験条件で γ 領域となるような孔拡率を得るには金属組織的にパラメーターPが -60 以下となるようなものでなければならないといえる。

3.5 切欠感受性に及ぼす金属組織の影響

鋼材の金属組織的な切欠き効果を総合的に表現しているものと考えられるパラメーターPと切欠感受性の関係を検討した。

3.5.1 切欠引張試験値と加工性試験値の関係

鋼材の切欠きに対する静的感受性を表わす指数として、次のような切欠非感受性係数を定義した。

$$\text{切欠非感受性係数}(D_n) = \frac{\text{切欠試片の伸び}}{\text{平滑試片(JIS 5号)の伸び}} \times 100$$

従来の突き曲げ値、孔拡率とC方向試片における D_n との関係はいずれの場合もよく対応している。この結果よりいえば切欠非感受性係数が32%以上の材料は突き曲げ値 0.1 mm 以下、孔拡率では初期孔径 $14 \text{ mm } \phi$ のブランクに対して γ 領域を示すようなものに相当することが判明した。

3.5.2 切欠非感受性と金属組織の関係

(D_n)とパラメーターPの関係を図4に示す、パラメーターPの値の増加とともに鋼材の切欠きに対する感受性は直線的に高くなっていく、したがってパラメーターPの高い材料、すなわち金属組織的に潜在的な高い切欠感受性を有する材料は機械的に存在する切欠きに対しても低い抵抗を示すといえる。

4. 結 言

機械的性質、加工性におよぼすC, Si, Mnの影響を前実験より広い含有量範囲について調べ、前報で得られた結論を確認した。すなわち高強度で、かつ、良好な成型性を維持するにはパーライト面積率の少ない均一な金属組織とすべきで、このためにMn/Si, Cは低くする必要がある。

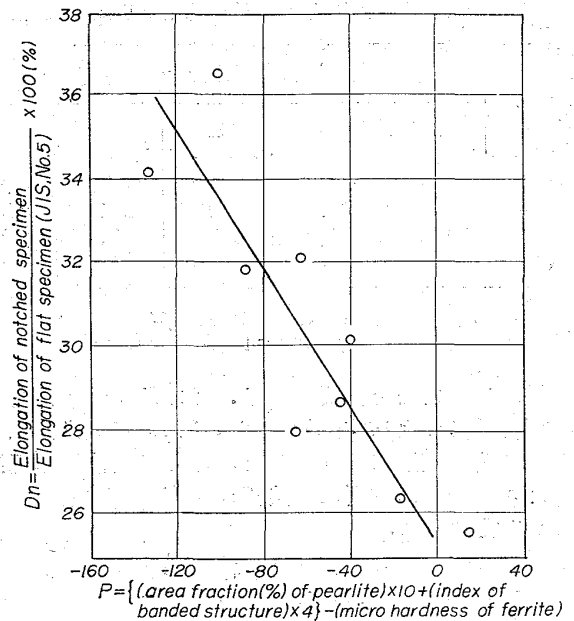


Fig. 4. The relationship between parameter P and D_n .

文 献

- 1) 岩宮, 角谷, 入谷, 丸橋: 鉄と鋼, 51 (1965) 10, p. 2025
- 2) 岩宮, 角谷, 入谷, 丸橋: 鉄と鋼, 51 (1965) 10, p. 2028

(129) 熱延帯鋼の機械的性質、冷間成型性におよぼすAl, Crの影響 (冷間成型性高張力鋼板の研究—IV)

日新製鋼, 呉製鉄所

岩宮 久・角谷卓爾・入谷喜雄
丸橋茂昭・○長谷川雅司

The Effects of Al, Cr on the Mechanical Properties and Cold Formabilities of Hot Rolled Steel Sheets.

(High strength steel sheet for cold forming quality—IV)

Hisashi IWAMIYA, Takuzi KAKUTANI,
Yoshio IRITANI, Shigeki MARUHASHI
and Masaji HASEGAWA.

1. 結 言

前報¹⁾では熱延帯鋼の機械的性質・冷間成型性と合金元素、金属組織と合金元素の関係を特にSi, Mnのより広い含有量範囲にわたり検討した。

本報では、引き続きAl, Crの影響について調べた。

2. 実験方法

調査に用いた試料はAlの影響については前報の実験材を使用し、CrについてはTable 1(C0.10%-Si1.0%-Mn0.5%-Al0.02%を一定としCr%のみ変化)に示すものを使用した。これらの試料調整法および各種試験