

添加元素の影響を実験した。

III. 実験結果

1) Mn-Si 系, Mn-Si-Cr 系に対する B の影響

焼準状態における硬度は Mn-Si 系では B 添加のもので Hv=260 であるが添加しないものも Hv=260 前後であるので両者に差異はないといえる。Mn-Si-Cr 系については B を添加したものは、添加しないものよりも低い。圧延のままの状態の硬度においても全く同じことがいえる。

B 添加は焼準状態または圧延のままでは、抗張力に対しても影響が認められていない。焼入焼戻しの場合、Mn-Si 系では B 添加の効果がやや認められたが Mn-Si-Cr 系では両者にほとんど差異はない。

2) Mn-Si-Mo 系, Mn-Si-Cr-Mo 系に対する B の影響

両系は Mn-Si 系, Mn-Si-Cr 系に B および Mo を合わせ添加したことになり、圧延のままあるいは焼入焼戻しの状態においても硬度は高くなるし、抗張力も圧延のまま 85 kg mm² 以上となり相当高くなり、B 単独ではほとんど効果がなくとも B+Mo となると効果の出ることが認められた。

Fig. 1 は焼入焼戻しにおける各試料の硬度変化を示した

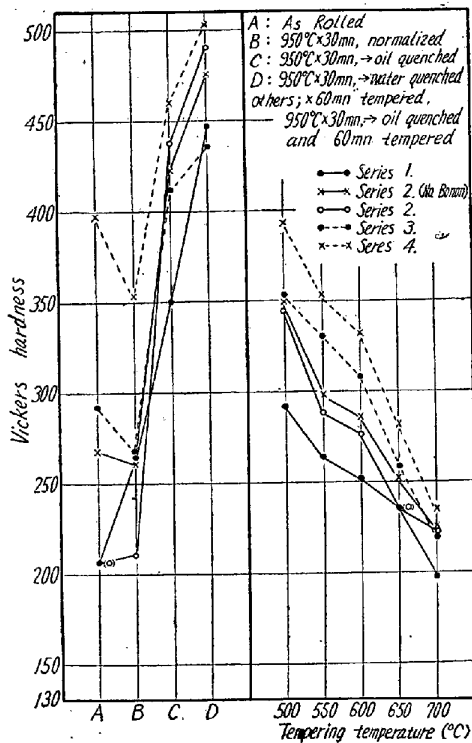


Fig. 1. Hardness changes of series 1~4 steels as rolled normalized quenched and tempered.

もので、上述の傾向がはつきり示されている。

3) 時効硬化

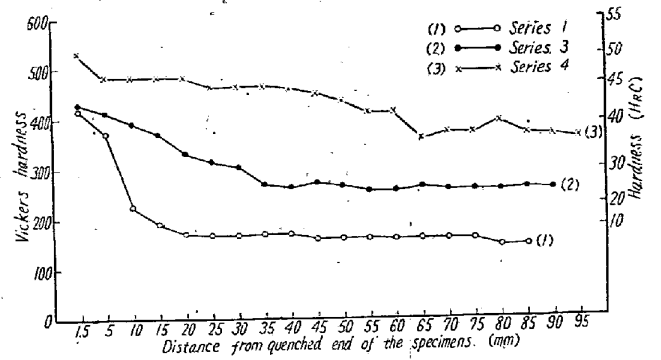


Fig. 2. Jominy H. bands of series 1,3,4 steel

各系列の試料につき焼入焼戻しを行ない 1500 h 常温時効せしめたが、時効硬化は認められなかった。

4) 焼入性におよぼす影響

焼入性におよぼす B, B+Mo の影響も前述の焼入焼戻しにおける機械的性質と同じ傾向がみられ、B 単独の添加よりも、B+Mo 添加の方が焼入性の向上がいちじるしい。その一例を Fig. 2 に示す。

IV. 結 言

実際結果より判断すると Si-Mn 系および Si-Mn-Cr 系鋼に対して、B を単独に添加するのでは、硬度、抗張力、焼入性、などに余り効果は認められないが、B+Mo として添加した場合には、その効果は明瞭であった。この際の B, Mo の添加量についても検討を加えた。

(123) 構造用低合金鋼 (SNCM8) の焼入性能におよぼす合金元素の効果について

(構造用低合金鋼の研究-I)

神戸製鋼所, 神戸研究部

理 中野 平・〇牧岡 稔・前田昌敏

Effect of Alloy Element on the Hardenability of Low Alloy Structural Steel (SNCM8).

(Study of low alloy structural steel-I)

Taira Nakano, Minoru Makioka, Masatoshi Maeda,

I. 結 言

現在、米国および日本においては、Ni, Cr, Mo の合理的な相乗効果を狙つたいわゆる三元合金鋼である SAE 4340 鋼 (SNCM8) が、最高級に属する構造用

Table 1. Chemical composition of specimens tested.

	Mark	Chemical composition (%)								
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
Standard specimen	G-1	0.41	0.23	0.69	0.011	0.007	1.93	0.86	0.28	—
Mo variable	G-2	0.41	0.20	0.73	0.011	0.007	2.04	0.84	0.44	—
	G-4	0.40	0.26	0.66	0.011	0.007	1.96	0.81	0.59	—
Cr variable	G-9	0.41	0.30	0.71	0.011	0.008	1.97	1.27	0.29	—
	G-12	0.41	0.23	0.68	0.011	0.008	2.03	1.65	0.29	—
Ni variable	G-8	0.40	0.31	0.75	0.011	0.008	2.46	0.80	0.29	—
	G-11	0.39	0.22	0.69	0.011	0.008	3.06	0.97	0.29	—
Mo and C variable	G-6	0.36	0.27	0.69	0.012	0.009	1.92	0.81	0.59	—
	G-7	0.33	0.26	0.68	0.011	0.008	1.93	0.80	0.59	—
Mo and V variable	G-3	0.39	0.24	0.65	0.010	0.006	1.85	0.81	0.44	0.12
	G-5	0.40	0.31	0.69	0.011	0.008	1.88	0.84	0.60	0.12

低合金鋼として広く使用されているが、直径あるいは肉厚の増大した場合、また高強度、高靱性の要求せられる場合には、この鋼より一段とすぐれた鋼種の開拓が必要となるので、高強度域および質量が増加した場合の機械的性質におよぼす合金元素の効果を把握する目的で実験を行なった。本報告には SNCM 8 鋼の焼入性能におよぼす合金元素の効果について報告する。

II. 実 験 材

実験材の化学組成は Table 1 の如くで、SNCM 8 を基準成分とし、Ni, Cr, Mo 量をそれぞれ 2.0 から 3.0, 0.8 から 1.6, 0.25 から 0.6 まで変化させ、一部のものには C 量および V 量を変化させ、合計 11 種類の鋼を準備した。実験材は、すべて塩基性 100KVA 高周波炉で熔製し、80 kg 鋼塊に鑄造した後 30 mm φ 材に鍛伸して使用した。

III. 実 験 方 法

実験材の焼入性能は相当大きく、標準ジョミニイ焼入試験では、その焼入性を判断することが出来ないで、焼入冷却速度を広範囲にわたつ変化し得るように設計した特殊な電気炉を使用して、焼入冷却速度 (800~300 °C 間) を概略 440 から 9 °C/mn まで変化させ、焼入硬度および組織から焼入性能を比較した。使用した電気炉は、外形 1040 φ × 1075、炉内マッフル径 320 φ × 700 で、冷却時、マッフルに切込んだスリットから空気を噴射させ、装入した試験材の冷却速度を調節し得るように設計したもので、付属設備として 1P モーターおよび 10m³/mn, 200mm H₂O ファン各 1 台があり、冷却空気量はバタフライ型ダンパーにより調節する。この冷却

炉は、900~300 °C 間平均冷却速度を 40~1.25 °C/mn の範囲に変化出来、PID 温度調節を行い得るので再現性は良好である。使用した試験材は、30 mm φ × 165 mm で、実験には Table 2 に示す 4 通りの冷却条件を採用した。

IV. 実験結果ならびに考察

Table 2 に示す 4 通りの冷却条件で焼入を行なった後焼入硬度および組織を測定したが、焼入組織の判定には J. M. Hodge が示している炭素量—焼入硬度曲線図を参考とした。Fig. 1 は、冷却速度と焼入硬度との関係を

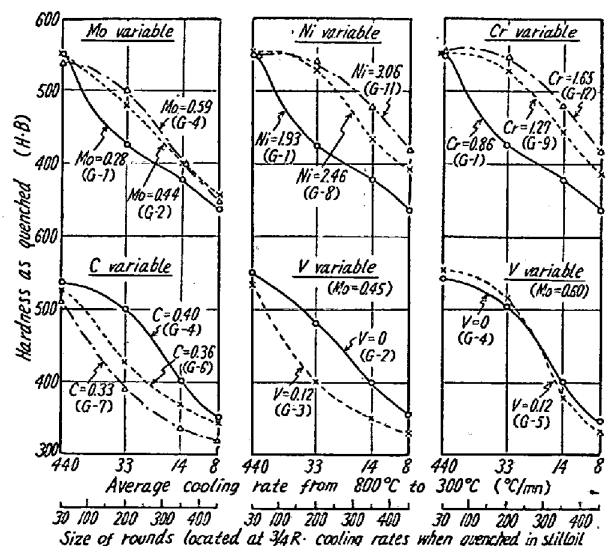


Fig. 1. Effect of alloy elements on quenching hardness.

各合金元素別に比較したもので、横軸には、冷却速度に相当する鋼材の直径を併記した。これは 300 mm φ 鋼材を油焼入した時の冷却曲線を実測し、求められた h-value

Table 2. Quenching method of specimens tested.

Quenching condition	Quenching method	Cooling velocity (°C/mn)		Note.
		Average cooling rate from 800°C to 300°C	Average cooling rate at 700°C	
1.	30mmφ × 165mm oil quenching	440	850	
2	Special cooling (A) cooling air : 850m ³ /h	33.3	70	Correspond to oil quench at 3/4R position of dia. 200 mm material
3	Special cooling (B) cooling air : 300m ³ /h	13.3	29	Correspond to oil quench at 3/4R position of dia. 200 mm material
4	Special cooling (C) cooling air : 180m ³ /h	8.4	15.5	Correspond to oil quench at 3/4R position of dia. 200 mm material

を使用して各種直径の鋼材の油焼入, 3/4R の位置に相当する冷却曲線を計算的に求め, この実験に採用した焼入条件に相当する鋼材の直径を算出したものである。焼入性能におよぼす各種元素の効果を取纏めるとつぎのごとくである。

a) Mo: Mo 量を 0.28, 0.45, 0.60 と変化させた場合 焼入性能は Mo=0.45 付近でほぼ飽和に近くなる傾向を示した。Mo 量が 0.28 から 0.45 に増加すると臨界直径 (油焼入, 3/4R の位置で 50% マルテンサイトの得られる径) は 250mm から 350mm に増加するが, Mo の効果は 14°C/mn 以下の冷却速度 (350mmφ 以上の鋼材) になると効果が少いといえる。

b) Ni: Ni の効果は大きく, 添加量の増加とともに焼入性を増大させる。Ni 2.5% 材および 3.0% 材の臨界直径はそれぞれ 420mm および 470mm で, 0.6% までの Mo の添加に比べ焼入性改善効果がいちじるしく大きい。この実験で認められた Ni の効果は Boyd-Field が示している合金元素の相乗係数といちじるしく相異なることが認められた。

c) Cr: Cr の効果は Ni の場合と同様, 添加量の増加とともに大きな焼入性改善効果を示し, Cr 1.25% は Ni 2.5% 材と Cr 1.65% 材は Ni 3.0% 材とほぼ同等の焼入性能を示した。

d) C: C 量が 0.4→0.36→0.33% と減少するにしたがい焼入性能は段階的に減少し, 臨界直径は 350mm から 200mm に低下した。一方遅い冷却速度範囲 (8°C/mn またはそれ以下) になると, C 量にかかわらず不完全焼入の程度が大きくなるので, 焼入硬度, 組織におよぼす C の効果は小さくなる。

e) V: Mo=0.45 および 0.60% 材に V をそれぞれ 0.1% 添加したが, V の焼入性改善効果は認められず, Mo=0.45% の場合には逆に焼入性の低下することを認めた。この理由としては, 選択した 900°C のオーステナイト化温度におけるカーバイトの固溶の問題が考えられる。

V. 結 言

SNCM 8 を基準成分とし, Ni, Cr, Mo, C, V などの焼入性能におよぼす効果を調べた結果, Ni, Cr, Mo の添加が焼入性向上に最も効果があること, Mo は, その含有量が 0.45% 程度で焼入性改善効果がほぼ飽和に近くなる傾向のあること, したがって大直径の鋼材の焼入性には効果が少いこと, V は焼入性にはほとんど効果がなく, また C の減は焼入性を連続的に減少せしめることなどを認めた。

(124) 構造用低合金鋼 (SNCM 8) の焼入諸性質におよぼす合金元素の効果について

(構造用低合金鋼の研究—II)

神戸製鋼所, 神戸研究部

理 中野 平・〇牧岡 稔・新名英司

Effect of Alloy Elements on Temperability of Low-Alloy Structural Steel (SNCM 8).

(Study of low-alloy structural steel—II)

Taira Nakano, Minoru Makioka, Eiji Niina.

I. 緒 言

さきに報告した構造用低合金鋼 (SNCM 8) の焼入性