

Fig. 2. Brinell hardness at elevated temperature.

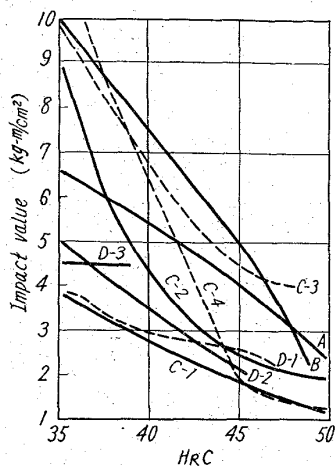


Fig. 3. Relation between hardness and impact value of several hot-work die steels.

3°C/mn の冷却材と B. I. T. 材の組織を比較した場合、matrix には顕著な差が認められないが、若干前者の方が炭化物凝集程度が大いようである。

Mo 系では3°C/mnの冷却材に顕著な粒界炭化物の析出が認められ、これは高温焼入試料ほどいちじるしい。

つぎに、焼入および焼戻硬度は、3°C/mn の冷却材の方が低く、上記組織の差によっても明らかごとく、冷却中の炭化物析出および凝集によるものであろうと考えられる。この3°C/mn 冷却材の硬度の低いことはD試料においてもつともいちじるしいが、D試料では二次硬化域

炭素量と炭化物形成元素の比率について一層の検討を必要とするであろう。Fig. 3 に 600°C 以上の焼戻での硬度と靱性の関係を示す。

IV. 結 言

数種の熱間ダイス鋼の成分と熱処理方法について検討し、つぎの結果をえた。

1. オーステナイト化温度からの冷却速度が小なる場合には、焼入および焼戻硬度が低下する傾向にある。
2. 二次硬化域ではいちじるしく脆化するが、低温焼戻では、一般に比較的優れた靱性を示す。
3. Mo 系ダイス鋼の高温硬度は、低温焼戻試料の方が優れている。
4. 本実験に供した熱間ダイス鋼の焼戻抵抗および高温硬度は鋼種間にいちじるしい差は認められない。

669,151,74,782-194=669,152,26,74
 478,782-194=669,14,018,295;669,28
 28=669,74=669,782;621,785,796=620,78,152
 (136) 低炭素Mn-Si系およびMn-Si-Cr系B処理鋼におよぼす Mo, Si ならびに Mn の影響 623/16

(構造用高抗張力鋼の研究-V)

東都製鋼技術部

工博 浅野栄一郎・石田 徹・丹 秀夫

Effect of Mo, Si and Mn on Boron-Treated Low-C Mn-Si Steel and Low-C Mn-Si-Cr Steel.

(Study on high-strength structural steel - V)

Dr. Eiichirō ASANO, Tōru ISHIDA and Hideo TAN.

I. 緒 言

一般構造物の単位重量を軽減し、かつその性能を向上させるために軟鋼よりも強度の優れた高抗張力鋼が多数開発され、実用化されている。しかし、鋼材を圧延のままあるいは焼ならし処理後使用する場、溶接性および切欠靱性を損なうことなく強度の高い鋼を得ることを各種合金元素の添加のみに俟つのはすでに限界にきた感が深く、Carilloy “T-1” 鋼そのたにみられるごとく、所期の目的を達成するには焼入れ焼戻しの調質処理後使用するの一般的に有利である。

著者らは、わが国の国状よりもつとも有利と思われる Mn-Si 系および Mn-Si-Cr 系鋼に Ni, Mo, V, Ti, B などの合金元素を添加した場合の諸性質におよぼす影響につき一連の調査研究を行い報告してきた。

今回は、若干強度の低減を犠牲にしても溶接性、切欠靱性の向上を目的として、従来の供試鋼よりも C% を低く採つた場合の Mn-Si 系ならびに Mn-Si-Cr 系 B 処理鋼の機械的諸性質、焼入性に対する Mo, Si および Mn 添加量の影響につき調査を進めた。

II. 試料および実験方法

実験に使用した鋼は Table 1 に示したとき 3 系、13 種からなり、すべて高周波電気炉にて溶製し、約 7kg の鋼塊に造塊した。これを 16mm φ および 30mm φ の丸棒、15mm φ の角棒に熱間鍛伸後、920°C × 60mm

での硬度は、両冷却材共ほぼ同一の硬度となる。

3. 焼戻硬度および高温硬度

衝撃試験に供した試験片での焼戻硬度を Fig. 1 に、高温硬度を Fig. 2 に示す。また高温硬度測定用の試料の熱処理および常温硬度を Table 2 に示す。

本実験に供した試料の Mo, V および W の atomic% の和が、ほぼ同一であることから、550°C 以上の焼戻硬度および高温硬度はほとんど同様の傾向を示している。A 試料のみ、550°C までの焼戻硬度が高いのは、C および Cr が高く、焼戻の遅延が大なることによるものであろう。高温焼戻試料に比較し、低温焼戻試料の高温硬度が高いのは、測定中の析出硬化によるものであつて、保持時間を長くすれば、その差はかなり減少するであろう。

4. 衝 撃 値

Fig. 1 の結果によれば、いずれの試料においても二次硬化域での靱性の低下がいちじるしい。この靱性低下のおもな原因は、もちろん硬度の上昇であるが、粒界炭化物の析出も大きく影響しているようである。したがつて粒界炭化物の析出しやすい C-1 および D 試料の脆化がもつとも顕著である。

衝撃値と成分との関係については、本実験の成分範囲内では、低炭素ほど、靱性が優れているようであるが、

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

Series	Marks	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo	Ti	B*
I	M-1	0.09	0.35	1.50	0.014	0.009	0.11	—	—	0.05	0.003
	M-2	0.09	0.35	1.39	0.015	0.009	0.13	—	0.22	0.05	0.003
	M-3	0.09	0.36	1.38	0.012	0.008	0.12	—	0.33	0.06	0.003
	M-4	0.09	0.29	1.32	0.014	0.009	0.12	—	0.45	0.06	0.003
	M-5	0.09	0.32	1.34	0.014	0.009	0.12	—	0.59	0.05	0.003
II	N-1	0.09	0.28	0.88	0.014	0.009	0.13	0.34	0.46	0.05	0.003
	N-2	0.09	0.34	0.98	0.013	0.010	0.12	0.34	0.46	0.05	0.003
	N-3	0.09	0.31	1.29	0.014	0.008	0.12	0.31	0.46	0.05	0.003
	N-4	0.09	0.35	1.58	0.014	0.009	0.12	0.33	0.45	0.05	0.003
	N-5	0.08	0.32	1.73	0.014	0.009	0.12	0.34	0.46	0.05	0.003
III	S-1	0.09	0.07	1.28	0.018	0.009	0.12	—	0.48	0.06	0.003
	S-2	0.08	0.52	1.34	0.013	0.009	0.12	—	0.46	0.05	0.003
	S-3	0.08	0.05	1.21	0.013	0.008	0.12	0.32	0.45	0.05	0.003

* Percentage of addition.

加熱空冷の焼ならし処理を施し、各試験片を切削採取した。

実験方法としては、圧延後再加熱空冷したもののほか、本実験が調質鋼を対象としているため、さらに 910°C より水焼入れしたものにつき 400°C ~ 700°C に焼戻し処理を施して、引張試験、硬さ試験、衝撃試験を行なったほか、シヨミニ一端焼入れ試験を行なって焼入性も調査した。

III. 実験結果および考察

(1) 低炭素 Mn-Si 系 B 処理鋼におよぼす Mo の影響

鋼に B を極めて少量添加すれば、鋼の強度を若干増加させるとともに焼入性をいちじるしく改善せしめるが、その場合 Mo が共存しなければ効果の低いことはよく知られている。しかし、低炭素 Mn-Si 系鋼に関する適正なる Mo 添加量についてはほとんど報告がなされていない。

本系は 0.09% C-Mn-Si 系 B 処理鋼に 0~0.6% の範囲で Mo を添加して機械的諸性質ならびに焼入性に対する Mo の臨界量を求めんとするものである。

Fig. 1 に焼ならしおよび焼入れ焼戻し状態における

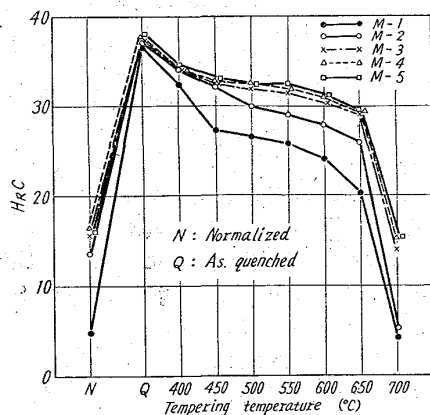


Fig. 1. Hardness change of series-I steels as normalized and as quenched-and-tempered.

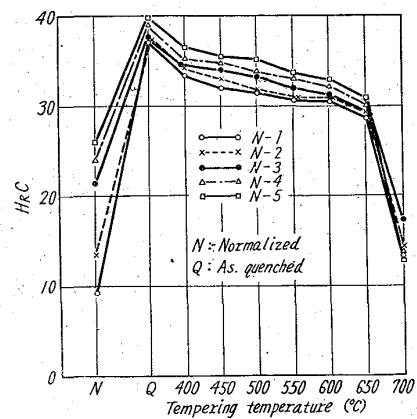


Fig. 2. Hardness change of series-II steels as normalized and as quenched-and-tempered.

硬さの変化を示した。硬さ、引張強さおよび降伏点は Mo 量の増加にしたがい増大し、逆に伸び、絞りおよび衝撃値は低減するが、本系の基本化学組成においては、Mo が 0.4% 以上になると硬さ、引張強さおよび降伏点の増加の割合は減少し、0.4~0.6% Mo における差異が僅少となった。

一方、この系の焼入性は添加 Mo 量の増加とともに向上し、0.2 および 0.3% Mo では両者にほとんど差異が認められないが、Mo 量が 0.4, 0.6% においてはきわめて優れた焼入性を示した。

(2) 低炭素 Si-Cr-Mo 系 B 処理鋼におよぼす Mn の影響

本系の焼ならしおよび焼入れ焼戻し状態における硬さの変化を Fig. 2 に示した。硬さ、引張強さおよび降伏点は添加 Mn 量の増加とともに増大するが、この傾向は焼ならし状態にてとくに顕著に認められた。

Mn は鋼の共析組成の %C と共析温度を低下してオーステナイト変態の速度を遅延せしめるので、鋼の焼きが入りやすくなるとともに組織が緻密になるとされている。

本系の焼ならし状態における N-1 鋼は通常のフェラ

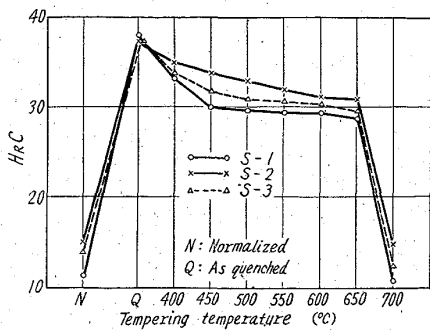


Fig. 3. Hardness change of series-III steels as normalized and as quenched-and-tempered.

イト+パーライト組織であるが、Mn量が1%以上になるとすでにパーライトはソルバイトないしマルテンサイトに変態し、いわゆる軟鋼の異常組織を呈示し、かつMn量の増加にともないその組織は微細化する傾向を示した。

また本系の焼入性はMn添加量の増加にしたがい向上し、とくにこの傾向はMn量が1.3%以上になると顕著に認められるが、1.3~1.7% Mnにおける焼入性の差異は僅少となった。

(3) 低炭素 Mn-Mo 系 B 処理鋼におよぼす Si の影響

本系は低炭素 Mn-Mo 系 B 処理鋼に Si を添加しないもの、Si を 0.5% 添加したものおよび Cr を 0.3% 添加したものを対象とした。

この場合の焼ならしおよび焼入れ焼戻し状態における硬さの変化を Fig. 3 に示した。

本系の S-1, S-2 および I 系の M-4 にて低炭素 Mn-Mo 系 B 処理鋼に、また S-3 と II 系の N-3 にて低炭素 Mn-Cr-Mo 系 B 処理鋼における Si の影響を比較すれば、いずれの場合も Si 量の増加にしたがい強度が増加し、延性、靱性の低下をみたが、Mn-Mo 系に 0~0.5% までの範囲で Si を添加した場合、強度の増加の割合は Si 添加量とともに若干減少する傾向を示し、また Mn-Cr-Mo 系に 0~0.3% の Si を添加した時、焼入れ焼戻し状態における強度の変化は焼ならし状態におけるよりも若干少なくなることが認められた。

一方、本系の焼入性におよぼす Si の影響は、Si 添加量の増加につれて増大するが、その増加量はきわめて僅少で焼入性に対しては Si の効果をあまり期待できないようである。

IV. 総括

鋼の溶接性ならびに切欠靱性の向上を目的とした調質用低炭素 Mn-Si 系および Mn-Si-Cr 系 B 処理鋼に対する Mo, Si および Mn の影響につき若干の調査を試みたが、その結果を要約すればつぎの通りである。

(1) 低炭素 Mn-Si 系 B 処理鋼における Mo の効果は、硬さ、引張強さに対しては添加量が 0.4~0.6% の範囲での差異は僅少であるが、焼入性に対しては 0.6% Mo 添加の場合きわめて向上する。

(2) 低炭素 Si-Cr-Mo 系 B 処理鋼における Mn の効果は、添加量が 1.3% 以上になると焼ならしおよび焼

入れ焼戻し状態とも強度の優れた鋼が得られ、かつ焼入性もきわめて向上する。

(3) 低炭素 Mn-Mo 系 B 処理鋼における Si の効果は、強度はわずかに増加させるが、焼入性に対してはあまり期待できない。

669.15'24'26'292-194.2:66%
74.018.295:621.785.796:520.178.)
746.22

(137) 低 Ni-Cr-V 系高張力鋼の焼き入れ焼戻しについて

大阪大学工学部

62317
工博 山根 寿巳

On the Quenching and Tempering of Low Ni-Cr-V High-Tensile Steel.

Dr. Toshimi YAMANE.

I. 緒言

1458~1460

鉄鋼材料として、より高い強度と靱性を有ししかも加工性と溶接性の良好な鋼は、高張力鋼とよばれ強さ/比重の値が大きい鋼種が使われている。このような高張力鋼はその添加元素の影響で強度、靱性が向上する一方溶接をすると母材あるいは溶着金属にいろいろの欠陥が生ずる。その欠陥生成の因子としての溶接熱影響部の硬化は割れ発生の大きな因子である。合金元素の硬化におよぼす影響は等価炭素量 C_{eq} で表わされ Tremlett の $C_{eq} = C + Mn/6 + Ni/15 + Cr/15 + Mo/4 + V/5$, あるいは Dearden, O'Neil の $C_{eq} = C + Mn/6 + Ni/15 + Cr/5 + Mo/4 + Cu/13$ の値を鋼種により一定以上の値にしないようにしている。このようにして定めた合金組成の高張力鋼の溶接後の急冷による硬化能は溶接部の継手硬度分布を測定して定めている。高張力鋼は上述のごとくして定められた組成の鋼であるからその焼き入れ硬化能は低いことが容易に想像されるが、過去の熱処理の研究は、ほとんど機械的性質のみ調べられ、組織敏感な熱処理に伴う内部摩擦の測定は、2, 3 の例を除いてはほとんど行なはれていない現状である。本研究はかかる観点から、高張力鋼の焼き入れ、焼き戻しによる組織、機械的性質の変化を調べるとともに、内耗を測定し、あはせて高温顕微鏡を用いて組織の変化を調べた。

II. 実験方法

実験に用いた試料の化学組成は Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition of sample in wt.%.
C Si Mn P S Ni Cr V

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	V
0.17	0.17	0.83	0.026	0.014	0.20	0.15	0.17

水焼き入れ、焼き戻し処理をした試料の引張り試験には Fig. 1 に示す引張り試験片を使用した。シャルピー衝撃試験には JIS 3 号 U ノッチシャルピー衝撃試験片を使用した。内耗の測定試験片は 5×10mm 断面×200mm 長さ加工をし

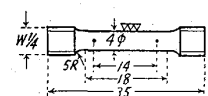


Fig. 1. Tensile specimen.