

669.15'26'28'29'274'782-194

No. 62/30

669.14.018.295.922.23

(130) 超高張力鋼棒の研究

神戸製鋼所神戸工場 浅田 幸吉

中央研究所

西原 守・中野 平

P. 539~585 金田 次雄・山本 俊二
日浦 保

Studies on the Bar of Super-High-Strength Steel.

Kokichi ASADA, Mamoru NISHIHARA,
Taira NAKANO, Tsugio KANEDA,
Shunji YAMAMOTO and Tamotsu HIURA.

I. 緒 言

最近本邦における諸工業の発展にともない、機械構造用をはじめ、建築構造用にいたるまで、使用鋼材の重量軽減、強度増強のため、高張力鋼棒の需用が急速に増加し、従来より一段と高い強度を有する高張力鋼棒が要求されている。筆者らはこれらの要望を満すため、引張強さ 150 kg/mm² 以上を目標とし、熱処理ならびに冷間加工の容易な Ni を含まない鋼種を開拓すべく合金元素を少量ずつ添加した Si-Mn-Cr-Mo-V 鋼を試作し、材質特性の検討を行なつたので報告する。

II. 供 試 材

Table 1 に供試材の化学成分を示す。供試材 A B C D は少量の Si, Mn, Cr, Mo, V 添加の試作材で、それぞれ C, Si, Mn, Cr 含有量を変化させたものである。供試材 E, F は比較材として使用したもので、含 Ni の SAE 8650, 4340 相当材に少量の V を添加したものである。各供試材とも 500 kVA 塩基性高周波炉により 450 kg 鋼塊に造塊後熱間圧延により 300mm φ, 20mm φ および 13mm φ とし、さらに 13mm φ のものは冷間引抜にて 11mm φ に加工し、それぞれの試験に供した。No. B, C, D, E, F の冷間加工性は良好であつたが No. A はかなり困難であつた。なお各供試材とも JIS 法により測定したオーステナイト粒度は Gc 6~8 で細粒を示した。

III. 実 験 結 果

各供試材について自記熱膨脹試験機により Ac1, Ac3 変態点を測定し、焼入温度を決定の上 JIS 法にしたがい Jominy 式一端焼入試験を行ない、焼入性の検討を行なつた。供試材 E の焼入性は最も劣るが、他のすべての供試材は水冷端、空冷端の差が少なく、焼入性はいちじるしく高いことが認められた。

すように、V の添加により硬さはいちじるしく増加するが、V 量が 0.10, 0.14, 0.26% とそれぞれ変化しても 550°C 以下の焼戻しでは、硬さはほとんど変らない。しかし 600°C に焼戻した場合には、かなりいちじるしい二次硬化現象が認められる。この二次硬化の度合は V 含有量の多い試料ほど大である。この二次硬化は炭化物の析出によるものと思われる。

引張り強さは、硬さと全く同様の傾向を示し、600°C で焼戻した場合には、引張り強さはいちじるしく向上する。しかしこの場合衝撃値の低下は避けがたい。

4) 焼入性におよぼす Ni および V の影響。

Series I の鋼では、B 処理をした試料では、処理しないものに比較し、焼入性はいちじるしく向上する。しかし Ni の影響はわずかに認められるにすぎない。

Series II の鋼においても Ni は焼入性には、あまり効果は認められない。

Series III の鋼の焼入性は、V 量の増加とともに増大する。V を添加しないものに比較し、V を添加したものはいちじるしい焼入性の向上が認められ、焼入性におよぼす V の効果の大なることを認めた。

IV. 結 言

以上、Mn-Si-Cr-Mo 系鋼、および Mn-Si-Mo 系鋼の機械的性質におよぼす Ni および V の影響について若干の検討を加えたが、要約すれば、

1) B 処理低炭素 Mn-Si-Cr-Mo 系鋼に Ni を 0.5% 添加しても硬さ、引張り強さは Ni を全く含まない場合とほとんど変らない、Ni を 1.5% 添加すれば、硬さ、引張り強さは、かなり増大する。Ni 量が 1.0% の場合は、600~650°C の焼戻しにより二次硬化現象が認められる。

2) B 処理 Mn-Si-Mo 系鋼に Ni を添加すれば硬さ、引張り強さは増大するが、Ni 量が 0.5~1.0% では、それらに差異は認められない。また焼戻温度が、550°C 以上では硬さ、引張り強さに対する Ni の効果は消失する。衝撃値は Ni の増加とともに若干向上する。

3) B 処理 Mn-Si-Mo 系鋼に V を添加すれば、硬さ、引張り強さは増大するが、V 量が 0.10~0.26% では、それらにほとんど差異はない。しかし 600°C 以上に焼戻せば、二次硬化が認められる。この硬化の度合は、V 量が多くなれば大となる。しかし引張り強さは低下する。

4) B 処理 Mn-Si-Cr-Mo 系鋼の焼入性に対しては Ni は、ほとんど効果がない。一方 B 処理 Mn-Si-Mo 系鋼の焼入性に対しては V はいちじるしい効果がある。

Table 1. Chemical compositions and austenite grain size of materials tested.

Materials tested	Chemical compositions (%)										Austenite grain size (at 925°C)
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	
No. A	0.42	2.44	1.31	0.007	0.019	<0.05	<0.05	1.55	0.41	0.20	6.0
B	0.40	1.13	1.26	0.006	0.011	<0.10	<0.10	1.25	0.38	0.125	7.5
C	0.39	1.10	0.86	0.011	0.011	<0.10	0.16	1.02	0.27	0.107	6.6
D	0.31	1.01	1.20	0.011	0.010	<0.10	0.16	1.51	0.37	0.107	5.9
E	0.53	0.27	1.00	0.017	0.015	0.14	0.66	0.57	0.23	0.101	6.3
F	0.40	0.23	0.75	0.006	0.013	<0.05	1.87	0.88	0.30	0.10	6.2

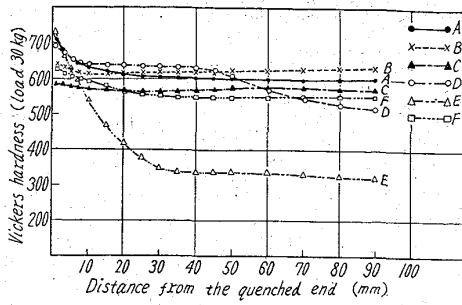


Fig. 1. Jominy curves on the materials tested.

2) 焼モドシ性能試験

各供試材について JIS 4号 9.9mm φ 引張試片ならびに JIS 3号 衝撃試片を製作し、ソルトバス焼入、250°~650°C の各温度にて焼モドシを行なった後、硬度、引張り、シャルピー衝撃試験により、焼モドシ性能を検討した。

各供試材の焼モドシ性能は合金元素により異なるが、Si-Mn-Cr-Mo-V 系の A, B, C, D 各鋼種は比較材の E, F に比し、強度は高目で焼モドシ軟化抵抗は高く、特に Si, Cr 量の高い No. C は 250°~400°C 焼モドシ状態にてすべて 210 kg/mm² の引張強さを有することが認められた。また試作材において含有 Si 量が多くなるにしたがい、焼モドシぜい性範囲を高温側に移行させ、強度の高い低温焼モドシ処理、すなわち 150~200 kg/mm² の引張強度を有する状態にてすぐれた靱性、延性を有することが認められた。なお比較材 E, F は焼モドシぜい化温度が 300°~350°C 付近にあり、特に E (8650V) のシャルピー値はかなり低く、強度の高い状態では靱性が劣ることが認められた。Fig. 2 に焼モドシ温度-硬度曲線を示す。

3) 衝撃遷移温度曲線

各供試材について引張強さを 150, 170, 200 kg/mm² とした状態にて -60°~100°C 間の温度でシャルピー衝撃試験を行ない衝撃特性を検討した。さきに示したごとく、各供試材の焼モドシぜい化温度が異なるので、強度により優劣を異にしているが、各供試材の衝撃遷移曲線の傾向は、ほとんど同様で試験温度による衝撃値の差は少なく、急激な低下は認められなかつた。Fig. 3 に引張強さを 170 kg/mm², 200 kg/mm² とした場合の衝撃遷移温度曲線を示す。Si-Mn-Cr-Mo-V 系試作材はす

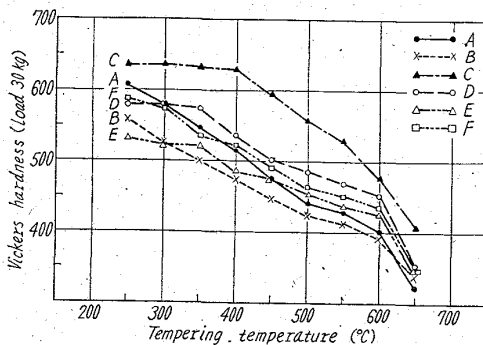


Fig. 2. Relation between the tempering temperature and hardness.

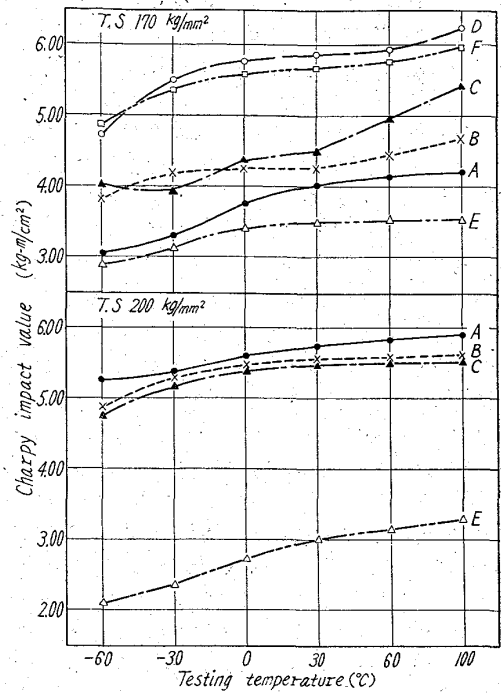


Fig. 3. Results of impact test at various temperatures on specimens with 170 and 200 kg/mm² in tensile strength.

べて強度を高くすることによる衝撃特性がすぐれ、No. A, B, C は引張強さ 200 kg/mm² を有する状態において -60°C でも約 5 kg/cm² のかなり高い衝撃特性を有することが認められた。

4) リラクセーション試験

超高張力鋼棒を P. C 鋼棒として使用することは、耐リラクセーション性がすぐれている必要があるので、50 t オルゼン型リラクセーション試験機を使用して得られた代表的鋼種の試験結果についても述べる。

IV. 結 言

Ni を含まない Si-Mn-Cr-Mo-V 系の超高張力鋼を試作し SAE 8650V, 4340V を比較材として、その材質特性について検討を加えたが Si 含有量がいちじるしく高い No. A の冷間加工性は劣るが試作材はすべて焼入性がすぐれ、焼モドシ軟化抵抗は比較材より高く、焼モドシぜい化温度を高温側に移行し、高強度でかなりの延性、靱性を有することが認められた。