

認した。

最後に本研究の遂行に多大の御援助、御指導を戴いた東京大学教授、工学博士芥川武先生、兵庫県立工業試験

所長工学博士福島政治先生、ならびに電子顕微鏡調査の便宜を与えられた富士製鉄広畑研究所の御一同に深く感謝の意を表する。(昭, 31—8月寄稿)

耐衝撃用工具 Si-Cr-W 鋼におよぼす Mo, V 添加の影響について*

小柴定雄**・九重常男***

EFFECT OF Mo AND V ADDITIONS ON Si-Cr-W STEELS FOR SHOCK-RESISTING TOOLS

Sadao Koshiba, Dr. Eng., Tsuneo Kunō

Synopsis:

To investigate the influence of Mo and V additions on the properties of Si-Cr-W shock-resisting steel containing 0.55% carbon, 1.4% chromium and 2.1% tungsten, the authors measured the transformation point, quenching and tempering hardness, hardenability, rate of deformation, mechanical properties at elevated temperature and microstructures.

From the results of these experiments, the authors ascertained that through the Mo and V additions to the Si-Cr-W shock-resisting steel, its properties were improved remarkably.

I. 緒 言

タガネ、スナップその他繰返し衝撃をうける耐衝撃用工具鋼とし Cr-W 鋼および Si-Cr-W 鋼が多く用いられる。耐衝撃用工具としては硬度も高かつ韌性の大きなことがのぞましい。諸外国ではこの種 Si-Cr-W 鋼がかなり使用されているが、わが国ではまだあまり使用されていない。そこで筆者らは Si 量の異なる 2 種類の Si-Cr-W 鋼に Mo 約 0.5%, V 約 0.3% 添加し、添加しないものとの間の諸性質の相違をしらべた。

II. 実験結果

(1) 試料の溶製および化学成分

実験に用いた試料は 50 kg 高周波電気炉にて砂鉄系原

料鉄を用い、基準成分を C 0.55, Cr 1.4, Mn 0.3, W 2.5% とし Si を 0.25% および 1.0% の 2 種にかえ、さらに Mo 0.5%, V 0.3% を添加した試料合計 4 溶解を行い 30 kg 鋼塊を造り、これを 15 mm 角および 30 mm ϕ に鍛伸して試料として用いた。試料の化学成分を Table 1 に示す。各試料とも C, W はやや低く Si, Mn および Cr は予定成分よりやや高い。

(2) 変態生起状況

15 mm 角試料を 7 mm ϕ \times 70 mm に旋削し、本多式熱膨脹試験機にて加熱および冷却の際の変態生起状況をしらべた。その結果を Table 2 に示す。なお加熱速度および炉冷の際の冷却速度は 5°C/mn とし、空冷の際の最高加熱温度は 950°C とした。Table に示すごとく Si 0.26% を含む Si-Cr-W 鋼においては Mo およ

Table 1. Chemical compositions of samples.

	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Mo	V
S 1	0.53	0.26	0.38	0.010	0.007	1.42	2.13	—	—
SMV1	0.51	0.26	0.39	0.009	0.006	1.43	2.15	0.51	0.30
S 2	0.54	1.02	0.41	0.011	0.008	1.40	2.20	—	—
SMV2	0.52	1.04	0.42	0.008	0.006	1.46	2.14	0.53	0.32

* 昭和 31 年 4 月本会講演大会にて講演 ** 工博, 日立金属工業安来工場 *** 日立金属工業安来工場

Table 2. Transformation points of samples.

Sample	Heating transformation °C		Cooling transformation °C		
	Begin	End	Furnace cooling		Air cooling
			Begin	End	Begin
S 1	767	800	712	681	224
SMV 1	768	802	714	684	211
S 2	807	850	736	712	187
SMV 2	810	854	741	720	141

びVを添加しても加熱変態の開始および終了温度はほとんど変りない。また冷却の際の変態開始および終了温度も同様大差がない。空冷の際の Ar'' 点は Mo, V を添加した場合の方がやや低温で起る。Si の高い S 2 および SMV2 についてもほぼ同様の傾向であるが, Mo, V を含む SMV2 が加熱, 冷却とも変態開始および終了温度はわずかに高い。空冷の際の Ar'' 点はやや低下する。

(3) 焼入温度と硬度との関係

15mm 角試料を長さ 15mm に切断し 800~1,000°C に焼入温度をかえ硬度の変化をしらべた。その結果を Fig. 1 に示す。なお各焼入温度における保持時間は 20mn 間

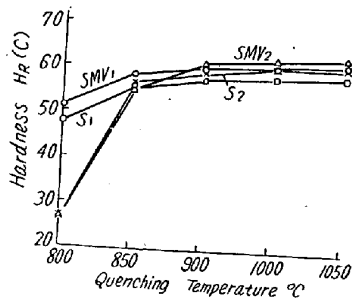


Fig. 1. Relation between quenching temperature and hardness.

とした。各試料とも焼入温度の高くなるにしたがつて硬度は高くなる。Si の低い S1 および SMV1 は 800°C でかなり焼きが入っているが, Si の高い S2 および SMV2 は 800°C では焼きが入らない。これは Table 1 に示す変態生起状況から容易に理解される。また焼入温度 900°C 以上においては Si 量の高いほど焼入硬度は高い。また Mo および V を添加した試料が添加しないものより高い焼入硬度を示す。

(4) 焼戻温度と硬度との関係

各試料を 850~1,000°C に焼入し, 100~700°C に 1 h 焼戻を行つて硬度を測定した。その結果のうち油焼戻の場合を Fig. 2 に示す。850°C 油焼戻の場合は焼戻温度 200°C までは Si の高い試料が低い硬度を示すが, 焼戻温度 300°C 以上になれば Si の高い試料が高い硬度を示す。また Mo および V を含む試料は含まないものより高い硬度を示す。900°C および 950°C 油焼戻の場合は各焼戻温度を通じ高 Si の試料が高い硬度を示す。

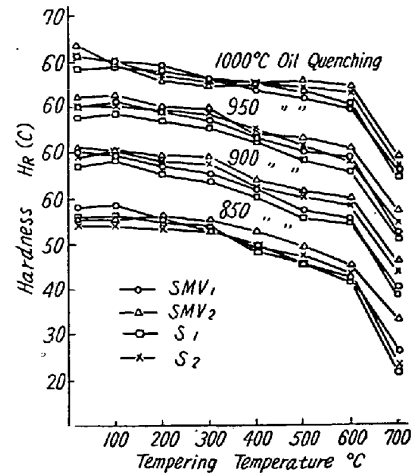


Fig. 2. Relation between tempering temperature and hardness.

また Mo, V を添加した試料が添加しないものより高い焼戻硬度を示す。1,000°C 油焼戻の場合も 950°C 焼戻の場合とほぼ同様の傾向を示すが, Si の高い S 2 および SMV2 は焼戻温度の上昇にともなう硬度低下が極めて小さい。水焼戻の場合は油焼戻の場合とほぼ同様の傾向を示すが油焼戻の場合に比し焼戻硬度は高く, かつ焼戻軟化抵抗も大きい。

(5) 焼入性試験

25 mm φ × 100 mm のジョミニー試験片を製作し, 950°C より一端水冷して硬度を測定した。その結果を Fig. 3 に示す。Si の高いほど焼入性はよく, また同一 Si 量に対しては Mo および V を添加した方が焼入性はよい。しかしその差は Si の少ない場合の方がいちじるしい。

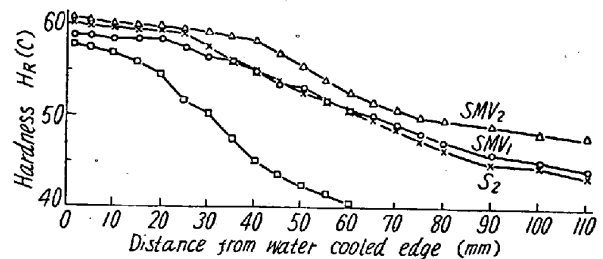


Fig. 3. Quenching-characteristic curves of samples.

(6) 変形率

8 mm φ × 80 mm の変形率試料を作製し 900~1,000°C に油焼戻後 100~700°C に焼戻して直径および長さの変形率を測定した。その結果を Fig. 4 および Fig. 5 に示す。直径および長さの変形率は各試料とも焼戻温度の高くなるにしたがつて収縮の傾向を示す。しかしてこの傾向は焼戻温度の高くなるにしたがつていちじるしい。

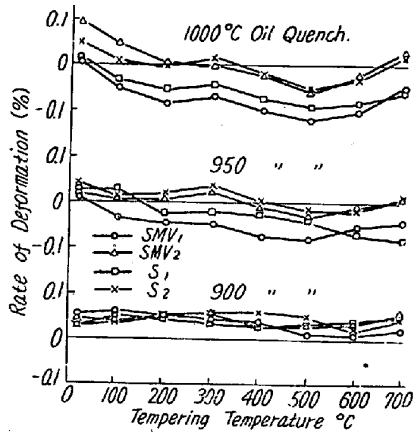


Fig. 4. Relation between tempering temperature and rate of deformation (radial direction)

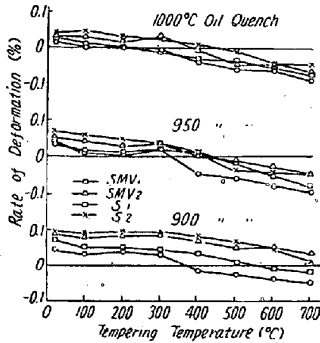


Fig. 5. Relation between tempering temperature and rate of deformation (Longitudinal direction)

つきに直径の焼入変形率をみるに 900°C 焼入の場合は $SMV_1 > SMV_2 > S_1 = S_2$, 950°C では $S_2 > S_1 > SMV_2 > SMV_1$, 1000°C では $SMV_2 > S_2 > S_1 > SMV_1$ の順となり, 900°C 焼入の場合を除けば S_i の高いほど大きい変形率を示す。長さの焼入変形率は 900°C の場合は $S_2 > SMV_2 > S_1 > SMV_1$, 950°C では $S_2 > SMV_2 > S_1 > SMV_1$, 1000°C では $S_2 > SMV_2 > S_1 > SMV_1$ の順となり各焼入温度とも S_i の高いほど大きい変形率を示す。同一 S_i 量の場合直径の変形率においては Mo, V 添加の影響は判然としないが, 長さの焼入変形率には添加の影響が認められ, Mo, V を添加すれば変形率は小さくなる。焼入変形率は直径および長さとも焼入温度により種々変化し S_i 量および Mo, V 添加の影響が判然としない。

(7) 高温機械的性質

平行部 7mm φ の高温抗張試験片およびシャルピー衝撃試験片を製作し各試料を 900°C および 950°C に油焼入後 400°C に焼戻してのち 100~500°C の温度における高温機械的性質を測定した。その結果を Fig. 6 およ

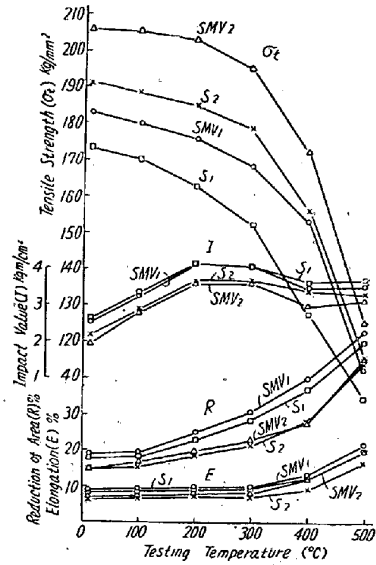


Fig. 6. Mechanical properties at high temperature (900°C oil quench., 400°C tempering)

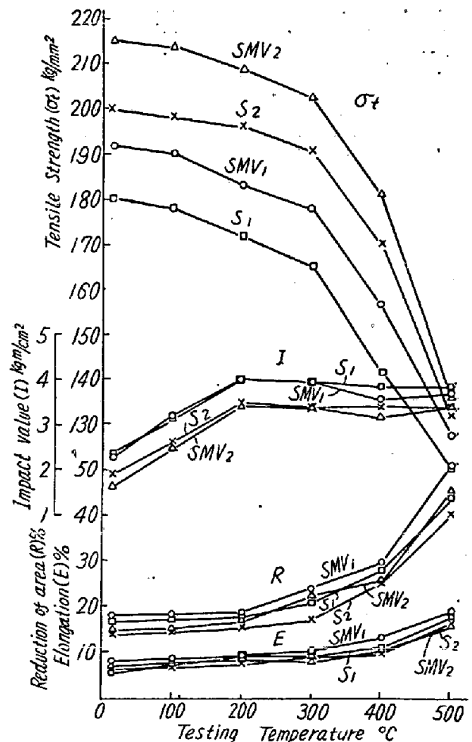


Fig. 7. Mechanical properties at high temperatures (950°C oil quench., 400°C tempering)

び Fig. 7 に示す。900°C油焼入の場合抗張力は各試験温度を通じ S_i の高い試料が高く, 同一 S_i 量の場合は Mo, V を添加した試料が, 添加しないものより高い。伸は各試料とも試験温度 300°C までは温度が上温してもほとんど増大しないが, 400°C 以上の温度ではややいちじるしく増大する。また S_i 量によつては各試験温度

を通じ Si の高い試料が小さい値を示す。また同一 Si 量の場合は Mo, V を添加したものが、大きい値を示す。絞りは伸とほぼ同様の傾向を示すが各試料とも試験温度 200°C 以上でややいちじるしく増大する。衝撃値は各試料とも 200°C まで温度の上昇にともない増大するが、300°C では 200°C の場合とほとんどかわらず、400°C 以上では逆に減少する。また Si 量によつては各試験温度を通じ、Si の高い試料ほど小さく、同一 Si 量の場合は Mo, V を添加した試料がやや小さい衝撃値を示す。950°C 油焼入の場合は 900°C 油焼入の場合とほぼ同様の傾向を示すが、900°C 油焼入の場合に比し各試料とも抗張力は高く、伸、絞りおよび衝撃値は低い。

(8) 顕微鏡組織

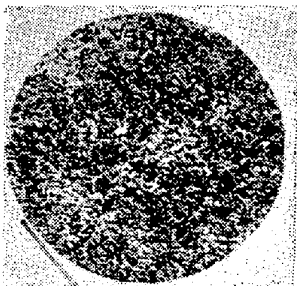


Photo. 1

Microstructure of S1
(950°C oil quench.,
400°C tempering)

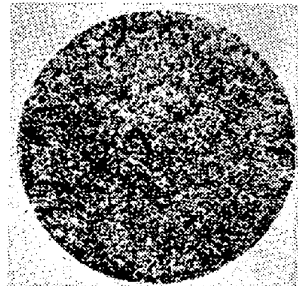


Photo. 2

Microstructure of SMV2
(950°C oil quench.,
400°C tempering)

X 400 (2/3)

Photo. 1 および 2 に S1 および SMV2 の 950°C 油焼入後 400°C に焼戻した場合の顕微鏡組織を示したが、SMV2 が S2 に比しやや組織が細かい。なお Si 量によつては Si の多い試料ほど組織は小さい。

III. 結 言

以上の実験結果を要約するとつぎのごとくなる。

(1) 基準成分を C 0.55, Cr 1.4, Mn 0.3, W 2.5% とし Si を 0.25% および 1.0% の 2 種にかえさらに Mo 0.5%, V 0.3% を添加して変態点、熱処理硬度、焼入性、変形率、高温機械的性質および顕微鏡組織をしらべた。

(2) 変態点は Si の増加により加熱および冷却変態 (炉冷) の開始ならびに終了温度は高温側に移動する。空冷の場合は低温側で生ずる。同一 Si 量の場合 Mo, V の添加によつては加熱および冷却変態 (炉冷) の開始ならびに終了温度はほとんど変りいが空冷の場合は低温側に移動する。

(3) 焼入硬度は Si の高いほど高く、また Mo, V の添加により焼入硬度は増大する。焼戻軟化抵抗は Si の高いほど大きく、また Mo, V の添加により一層増大する。

(4) 焼入性は Si の高い場合が大きく、また同一 Si 量の場合は Mo, V を添加したものが、添加しないものより大きい焼入性を示す。

(5) 変形率は焼入の場合 Si の高い試料が大きい。しかして焼戻変形率および Mo, V 添加の影響は判然としない。

(6) 高温抗張力は Si の高いほど大きく、伸、絞および衝撃値は逆の傾向を示す。また同一 Si 量の場合は Mo, V の添加により抗張力、伸および絞りは増大するが衝撃値はやや減少する。

(7) 顕微鏡組織は Si の高いほど微細な組織を示す。なお Mo, V の添加により組織はさらに微細化する。(昭. 31—5 月寄稿)