高C高Crダイス鋼の諸性質に及ぼすW, MoおよびVの影響

Effect of W, Mo and V on Various Properties of High C High Cr Die Steel

小 柴 定 雄* 清 永 欣 吾**
Sadao Koshiba Kingo Kiyonaga

内 容 梗 概

1. 緒 言

日立金属工業株式会社安来工場では打抜型材として CRD 鋼を製 作しているが、近来トランスフォーマコアーおよびモータコアーの 需要が増加するにつれて、CRD よりもさらに耐摩耗性が良く、し たがって型寿命の長い打抜型鋼が要望されている。これに対する一 つの試みとして当工場では CRD 鋼に 0.20~0.40% Mo, および 0.15 ~0.35% Vを添加した CRP 鋼を製作し(1), すでに市販されている。 本鋼は CRD の耐摩耗性をさらに改善し、しかもそのほかの性能 をそのまま保持しようというねらいである。一方 Vanadium Alloys Steel Co. では耐摩耗性のきわめて優秀な型材として Chrome Wear⁽²⁾ なる新鋼種を発表しており、日立製作所多賀工場ならびに 日立研究所ではその基礎的ならびに実用化研究がかなり進んでい る。このように今後新抜型材を求めて多くの研究がなされるものと 推察されるが、高C高 Cr 系ダイス鋼に及ぼす V, Mo, W, Co, Siなどの単独添加の影響については必らずしも十分な結論が与えら れていない。本研究はW, MoおよびVの単独添加の効果ならびに Mo, V の組合わせ添加の影響を明らかにし、CRD 鋼にまさる抜型 材の探究に資せんとしたものである。

2. 供試材および実験方法

2.1 供試材の条件

各試作鋼は 50 kg 高周波炉によって吹製し、いずれも 30 kg 鋼塊に鋳造した。これらを 12 mm $\rlap \phi$, 20 mm $\rlap \phi$ および 32 mm $\rlap \phi$ に鍛伸後 875° \mathbb{C} で焼鈍を行い、各試験材を削出した。 $\mathfrak{F}1$ 表に供試材の化学成分を示す。焼鈍硬度はいずれも $H_{B}220\sim260$ で大差はない。共晶炭化物の大きさはWおよびVの添加によってやや微細化する傾向が認められるが、試料数がJないので明確ではない。

2.2 実 験 方 法

(1) 変態点の測定

本多式熱膨脹計を用いて最高加熱温度 1,000℃ における加熱および冷却変態点 (5℃/min) を測定した。

(2) 熱処理硬度および組織の観察

12×12×10 mm の試料を 850~1,050°Cの各温度に 20分保持後,油焼入および空冷を行い、焼入温度と硬度の関係を調査した。つぎにこれらの焼入試料を100~750°Cに各 1 時間繰返し焼戻を行い、その焼戻軟化状況を調査し、あわせて上記処理におけるミクロ組織を観察した。

(3) 焼入性試験

12×12×10mmの試料を所定の温度より各種の冷却速度によって

第1表 試料の化学成分 (%)

試 番	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V	Cu
C	2.38	0.37	0.55	0.019	0.011	0.06	11.58	_	_	_	0.02
W	2.24	0.23	0.47	0.020	0.015	0.07	10.72	0.82		-	0.02
M	2.28	0.29	0.45	0.014	0.016	0.03	10.77	-	1.04		0.02
\mathbf{V}	2.34	0.26	0.45	0.021	0.017	0.02	11.34	_		0.83	0.03
MV-1	2.32	0.28	0.43	0.014	0.017	0.07	10.17		0.95	0.46	0.04
MV-2	2.28	0.24	0.43	0.006	0.020	0.03	10.86	_	1.04	0.93	0.04
MV-3	2.14	0.25	0.39	0.006	0.010	0.05	11.43	_	1.55	0.82	0.04

第2表 摩耗試験の条件

荷 重			$60 \mathrm{kg}$					
最	大 圧	縮応	カ				60.5	kg/mm²
潤	ř	骨	油 .				ts	l
1-31 +	4	Sale	nh:	上	試	験	片	65 m/min
回	転 速	度	下	試	験	片	73 m/min	
す 〜		la	vkz	Ŀ	試	験	片	-12.3%
	~	b	率	下	試	験	片	11.0%

第3表 試料の変態点(°C)

	加熱変態 (5℃/min)	冷却変態 (5℃/min)			
С	797~826	734~713			
W	775~815	735~705			
M	817~848	745~725			
\mathbf{V}	790~815	740~723			
MV-1	785~821	714~690			
MV-2	786~816	695~666			
MV-3	809~837	400~340			

(4) 変形率試験

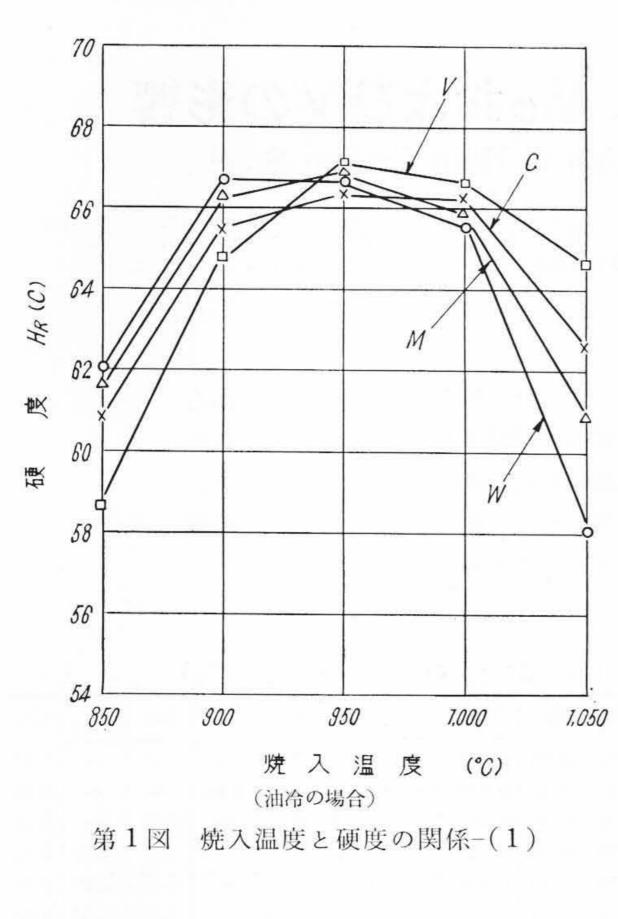
(5) 摩耗試験

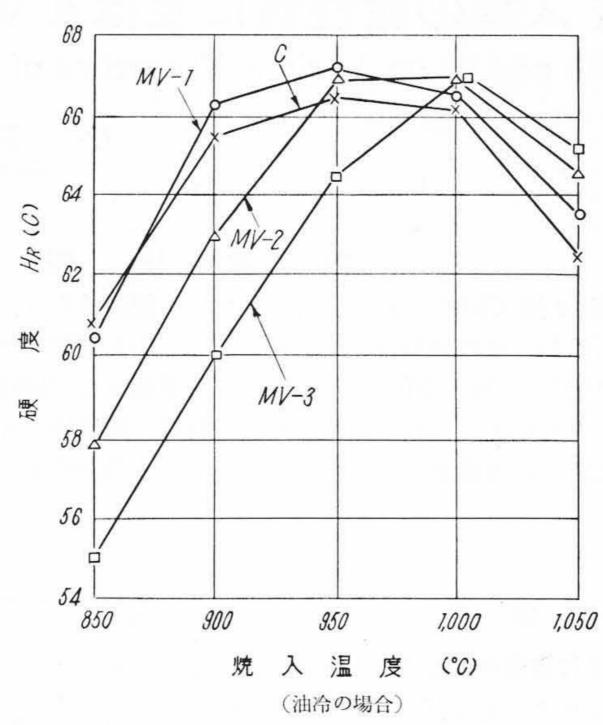
 $32 \text{ mm}\phi$ 材より外径 $30 \text{ mm}\phi \times$ 内径 $16 \text{ mm}\phi \times$ 厚さ 8 mm のリング試料をけずり出し、これらを 950、975、および 1,000°Cで各 30 分加熱保持後油焼入し、 $200\sim300$ °Cで $H_R(C)$ $60\sim61$ の硬度になるよ

^{*} 日立金属工業株式会社安来工場冶金研究所 工博

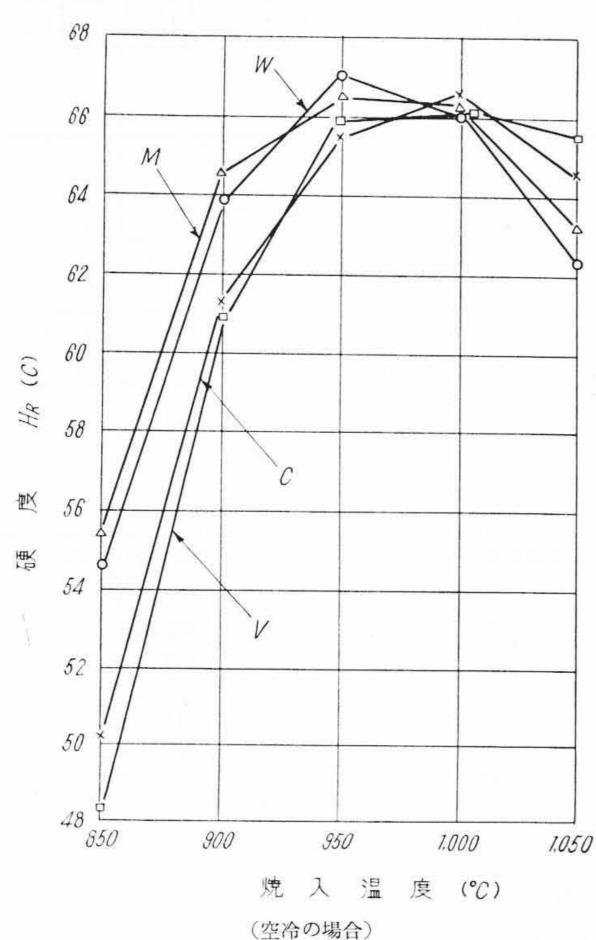
^{**} 日立金属工業株式会社安来工場冶金研究所

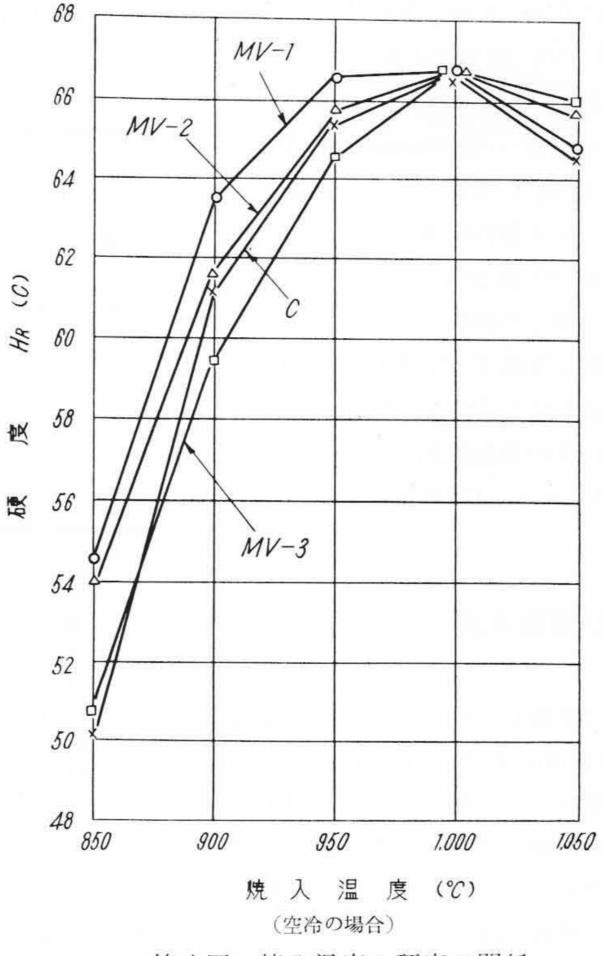
日





第2図 焼入温度と硬度の関係-(2)





第3図 焼入温度と硬度の関係-(3) 第4図 焼入温度と硬度の関係

うに焼戻した。熱処理後,表面仕上げを行い,同鋼種,同熱処理の 試料同志を組合わせて西原式摩耗試験機により試験した。試験の条件は第2表のとおりである。

3. 実験結果およびその考察

3.1 変態点の生起状況

変態点の測定結果を第3表に示す。加熱変態点はおおむね760~840°Cの間に存在し、冷却変態は試料によってかなり差がある。高C高Cr鋼の変態点に及ぼす各種元素の影響については比較的文献は少ないが、従来の知見によればCの増加は Ac_1 の低下、Crの増加は Ac_1 の上昇をきたす。W、MoおよびVはいずれもオーステナイトに対するCの溶解度を減ずるが Ac_1 に対してはほとんど影響を

与えぬとされている。ただし Jones⁽⁴⁾ によればMoは Ac₁ を わずかに上昇させるといわれる。本研究に使用した試料はC および Cr においてかなり差が あるためにほかの元素の影響を 明らかに知ることは困難であるが,第3表により次のことが知られる。

- (1) Wは加熱および冷却変態点にほとんど影響を与えない。この結果は小柴,永島⁽⁵⁾の結果と一致する。
- (2) Mo は加熱変態点を上昇するようである。
- (2) Mo および Vの組合わせ添加により冷却変態点は著しく低下している。これは主として Mo の影響と考えられる。

3.2 焼入硬度

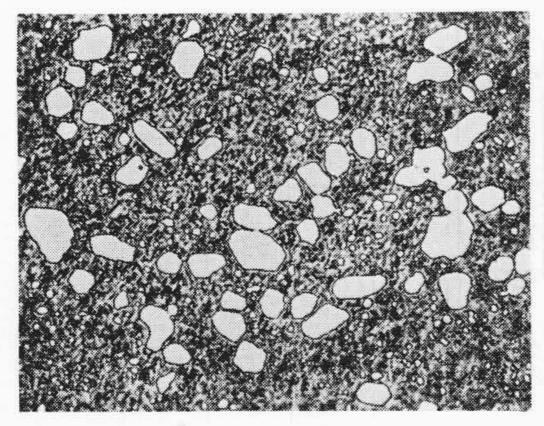
第1図および第2図は各試料 を850~1,050°Cの各温度より油 焼入した場合の焼入温度と硬度 の関係を示す。焼入最高硬度は おおむね950℃付近であるが、 Wおよび Mo の添加は低い焼入 温度における硬度を上昇し,高 い焼入温度側の硬度を低下させ る。一方Vの添加はその逆の傾 向を示し, 高い焼入温度側の硬 度を上昇する。第2図は Mo お よびVの組合わせ添加の影響を 示すが, これらの添加により高 い焼入温度における硬度が増加 している。もちろんこのような 焼入温度と硬度の関係はCおよ びCr量にきわめて大きな影響 をうけるので、上記のような傾 向はW, Mo およびVのみの効 果であるとは判定しにくい。た とえば M, W 試料は Cr 量が低 く,一方MV系試料も Mo, V の 増加とともに Cr 量が増加して

いるのでこれらの傾向は実際よりも強調されていると考えられる。

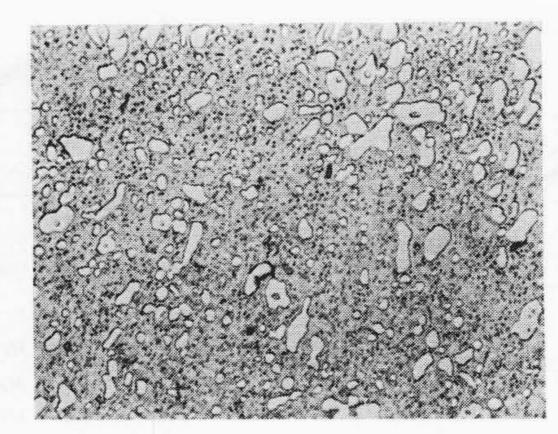
第3図 および 第4図 は空冷の場合の焼入温度と硬度の関係を示す。やはり上記と同様な傾向が認められる。そのほかの特長として W, Mo の添加は低い焼入温度側における空冷時の焼入硬度を高くし、したがって油冷と空冷時の硬度差が少なくなる。

第2図および第4図で MV-1 とC試料を比較すれば前者が広い焼入温度にわたり、つねにC試料より高い焼入硬度を示しているが、これは Mo とVの適当な組合わせによって広い焼入温度範囲を与えることができるであろうことを示している。すなわち、Mo によって低い焼入温度における硬度を、Vによって高い焼入温度における硬度をそれぞれ上昇させるというのである。

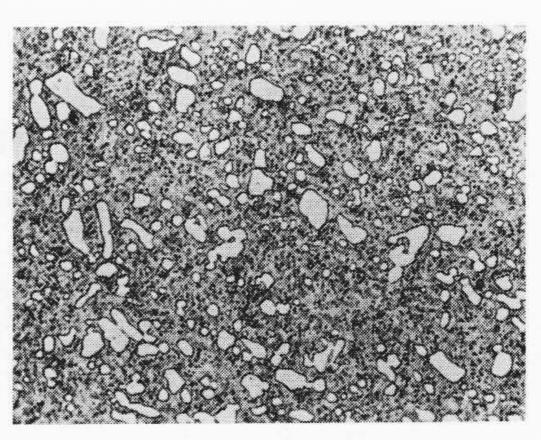
上記のようなW, Mo およびVの焼入硬度特性に及ぼす影響は下



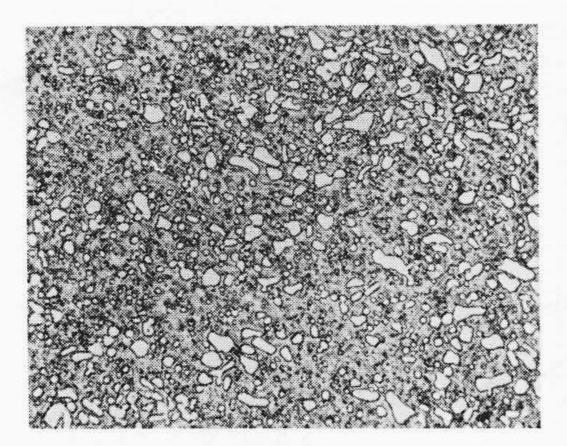
第5図 C試料の950°C油焼入組織 (×420)



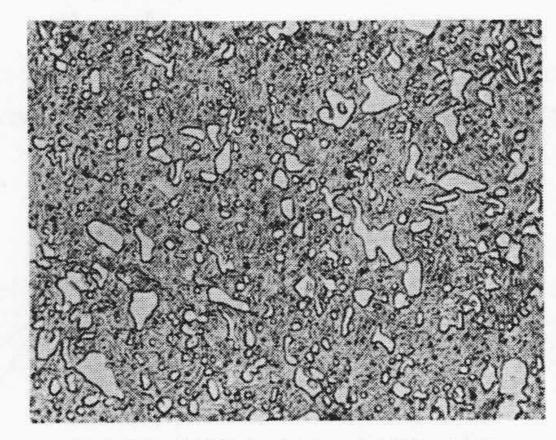
第6図 W試料の950°C油焼入組織 (×420)



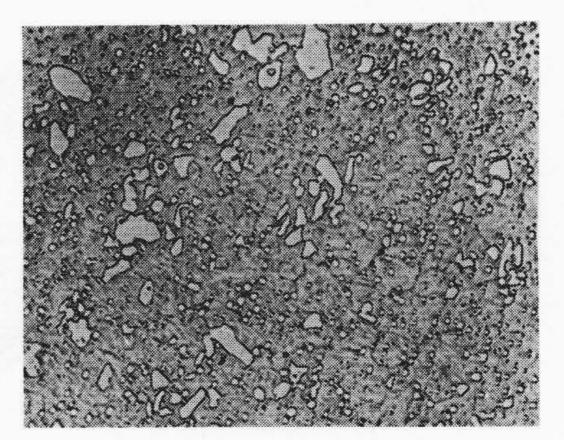
第7図 M試料の950℃油焼入組織 (×420)



第8図 V試料の950°C油焼入組織 (×420)



第9図 MV-1 試料の 1,000°C 油焼 入組織 (×420)



第10図 MV-3 試料の 1,000℃油 焼入組織 (×420)

記のように説明することができる。

佐藤、西沢、村井氏らの研究 $^{(6)}$ によれば高 $^{\circ}$ C高 $^{\circ}$ Cr 鋼中の炭化物は少量の $^{\circ}$ Wあるいは $^{\circ}$ Mo の添加によって著しく影響される。すなわち、 $^{\circ}$ CRD 鋼中の炭化物は $^{\circ}$ Mo の添加されれば $^{\circ}$ Mo が添加されれば $^{\circ}$ Mo が表けとなるという。 $^{\circ}$ Mo は $^{\circ}$ Mo は $^{\circ}$ Mo な $^{\circ}$ Mo な $^{\circ}$ Mo な $^{\circ}$ Mo な $^{\circ}$ Mo より $^{\circ}$ Mo な $^{\circ}$ Mo より $^{\circ}$ Mi より $^{\circ}$ Mo より $^{\circ}$ Mi より $^{\circ}$ Mi より $^{\circ}$ Mo より $^{\circ}$ Mi より $^{\circ}$

第5~10 図に各試料を950°Cないし1,000°Cより油焼入した場合のミクロ組織を示す。なおこれらの試料には無腐食によって検鏡できる炭化物はほとんど検出できなかった。

3.3 焼 戻 硬 度

前項の焼入硬度試料を用いて $100\sim750$ °Cに繰返し焼戻を行った場合の焼戻温度と硬度の関係を 第 $11\sim16$ 図 に示す。試料の焼入温度は油焼入の場合は 950°C と 1,000°C, 空冷の場合は 1,000°Cのものを採用している。

これら各試料の焼戻軟化抵抗は CRD 鋼のそれとよく類似しており、 500° C以上の焼戻温度ではかなり急激な硬度低下を示す。焼入温度の高いほど、また油焼入と空冷では油焼入のほうが軟化抵抗は大である。W, Mo およびVの添加は焼戻軟化抵抗を大きくするが、その効果は

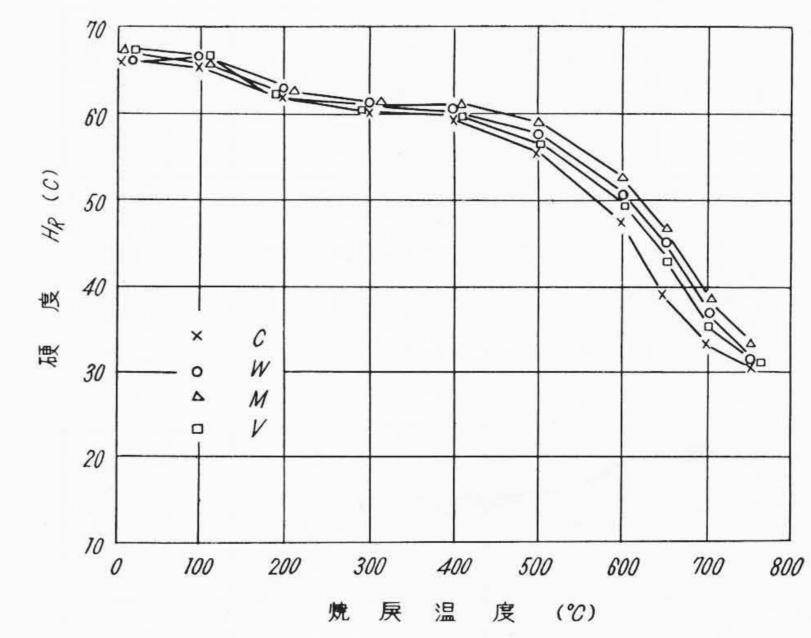
Mo>W>V

の順である。

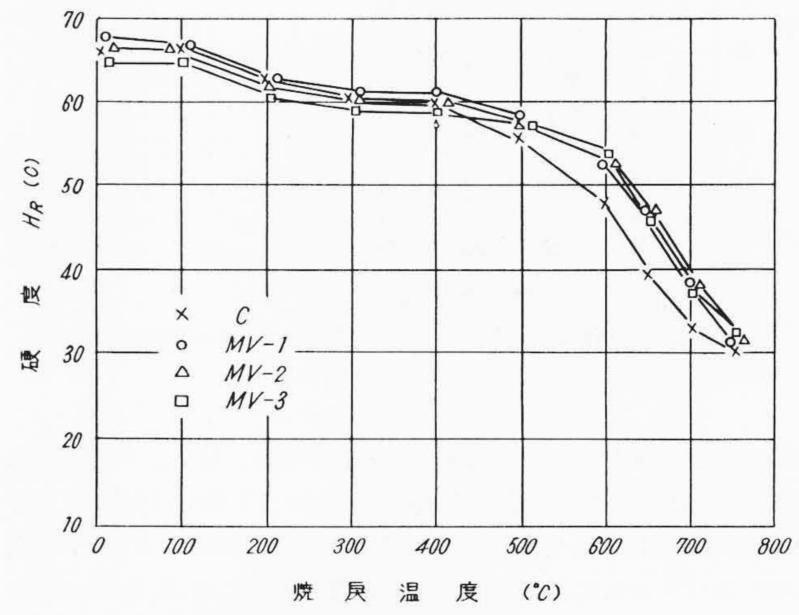
3.4 焼 入 性

各試料の焼入性を比較するために半冷時間と硬度の関係を調査した結果を第17図に示す。この際の各試料のオーステナイト化温度はVおよび MV 系試料が 1,000°C, そのほかは 950°C とした。

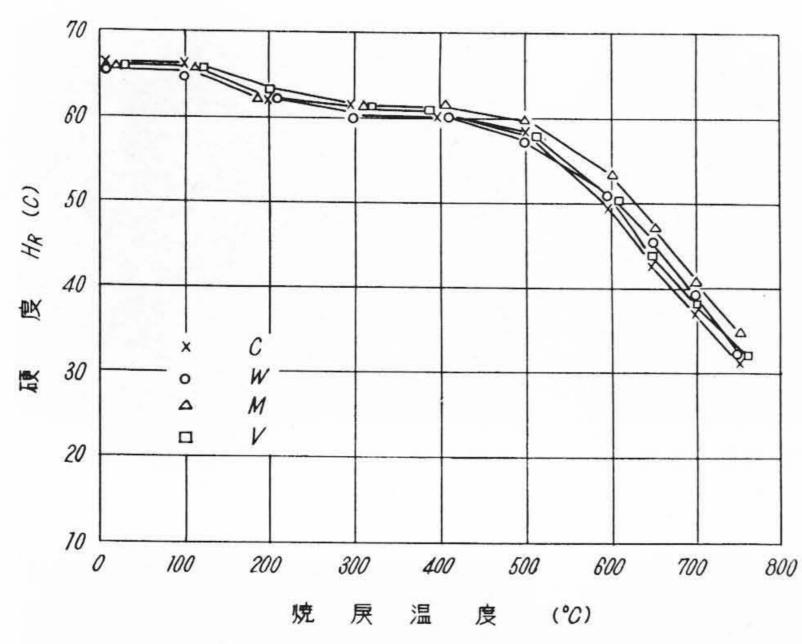
第17図が示すように W, Mo, V などの添加によって焼入性は増加する。しかし各元素の焼入性に及ぼす影響はそれぞれ異なり, Mo



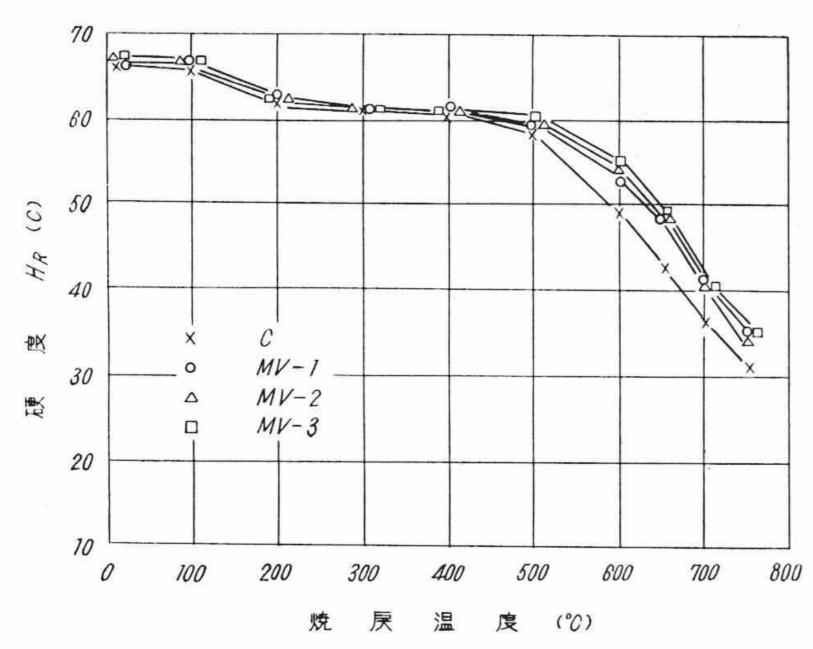
第11図 950℃油焼入試料の焼戻温度と硬度の関係-(1)



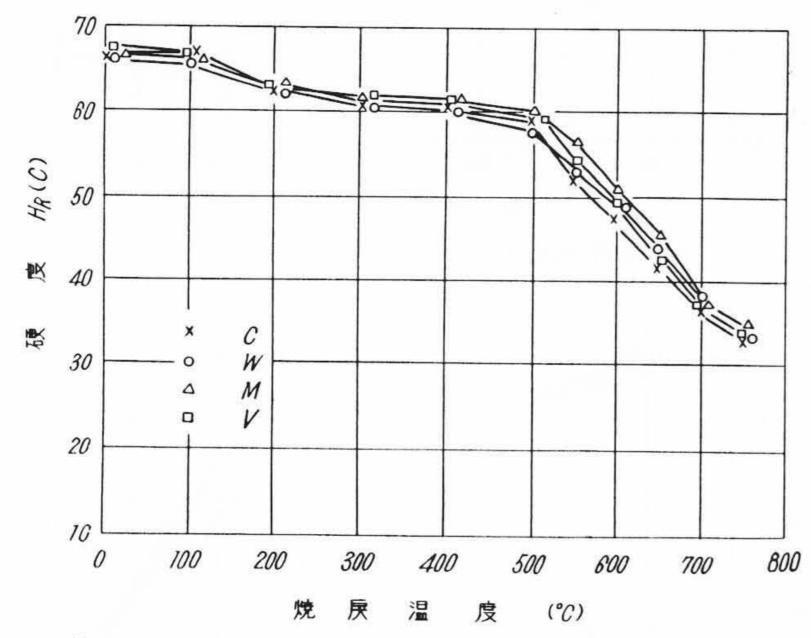
第12図 950℃油焼入試料の焼戻温度と硬度の関係-(2)



第13図 1,000℃油焼入試料の焼戻温度と硬度の関係-(1)

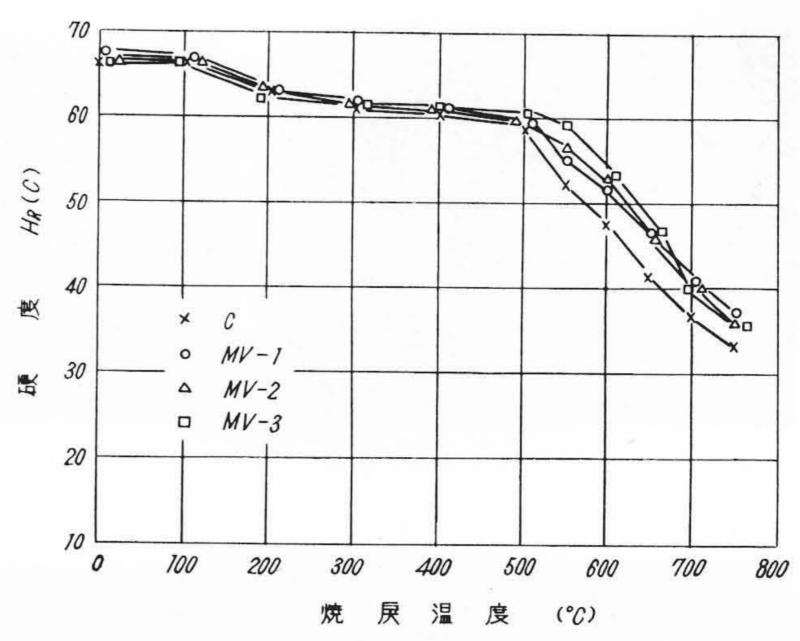


第14図 1,000°C油焼入試料の焼戻温度と硬度の関係-(2)

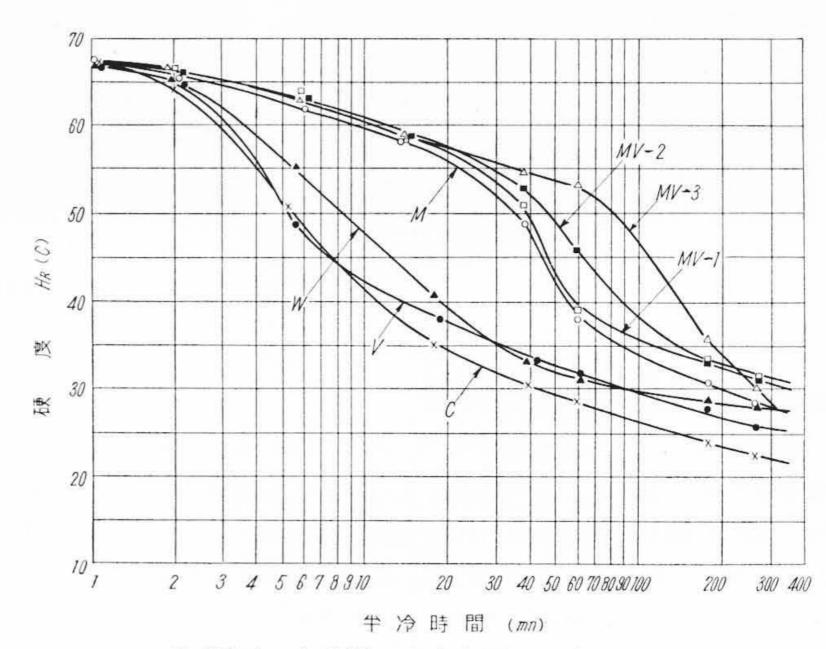


第15 図 1,000℃空冷試料の焼戻温度と硬度の関係-(1)

が特に大きくWおよびVの効果は比較的小さい。Mo と Vを同時に添加した MV 系試料の焼入性は良好で特に 1.5 Mo, 1%V を含む MV-3の焼入性は大である。この結果は炭素工具鋼 (1.0%C) の焼入性に及ぼす合金元素(1.0%)添加の影響を研究した R. E. Shoup⁽⁹⁾ の結果とよく一致している。



第16図 1,000℃空冷試料の焼戻温度と硬度の関係-(2)



第17図 各試料の半冷時間と硬度の関係

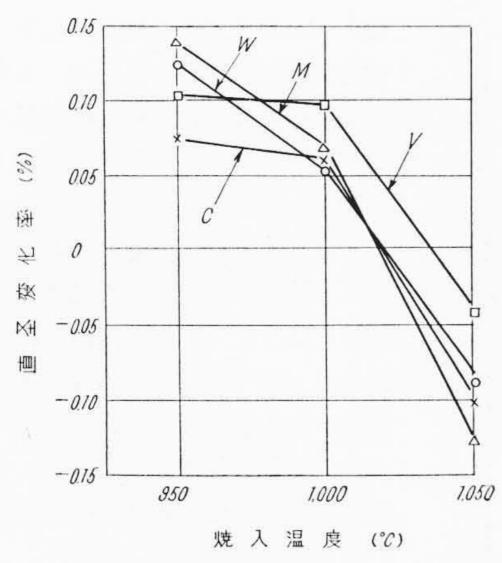
3.5 焼入温度と変形率

 $8\phi \times 80 \,\mathrm{mm}\,l$ の試料について各試料の焼入温度と直径変化率との関係を 第 18 図 および 第 19 図 に, 長さ変化率との関係を 第 20 図 および 第 21 図 に示す。

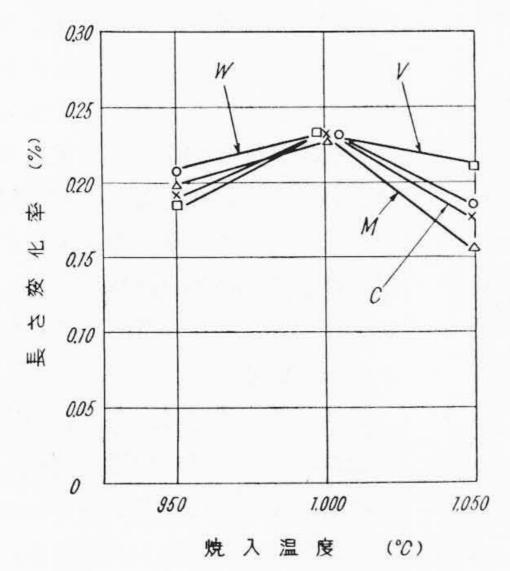
焼入温度の上昇に伴い直径は減少し、1,050℃焼入ではほとんどの試料が原寸に対して収縮を示している。比較的この傾向の少ないのは V および M V 系試料で高い焼入温度で硬度低下の少ない、すなわち、残留オーステナイトの生成傾向の少ない試料である。これらの試料においては焼入温度の相違による変形率の変動が僅少となる。一方長さ変化率は焼入温度が 950~1,000℃に上昇することによって増加し 1,000℃より 1,050℃に上昇すれば逆に減少を示す可能性がある。しかし M V 系試料では 1,050℃においてもなお膨脹の傾向を示している。

焼入によって生ずる変形は熱応力および変態応力の総合結果として理解することができるが、丸棒試料(l>d)に関しては次のことが知られている $^{(10)}$ 。

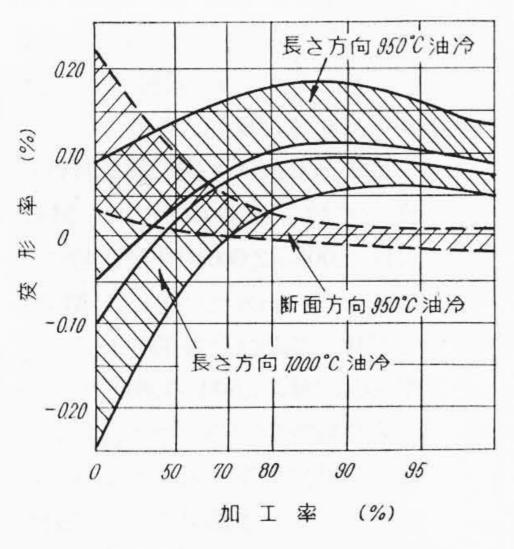
すなわち,熱応力の増加にしたがって直径の膨脹量は大となり,長さは収縮する。これは E. Ameen⁽¹¹⁾ の"球状以外の形状の物体はすべて冷却によって球体に近づく"という仮設と合致する。これにマルテンサイト変態による膨脹が付加されて直径はさらに膨脹し、長さは熱応力による収縮がマルテンサイト変態による膨脹によって相殺されるか、あるいは原寸に対して膨脹を示すこともある。



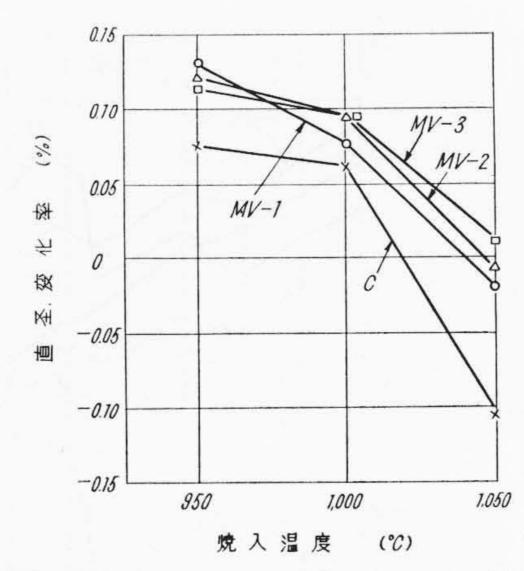
第18図 焼入温度と直径変化率の関係-(1)



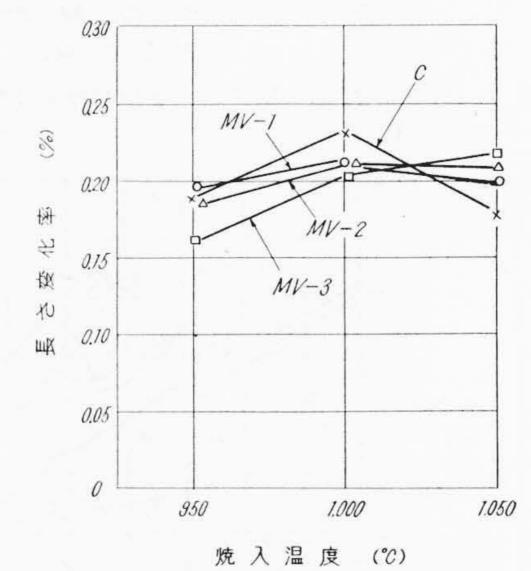
第20図 焼入温度と長さ変化率の関係-(1)



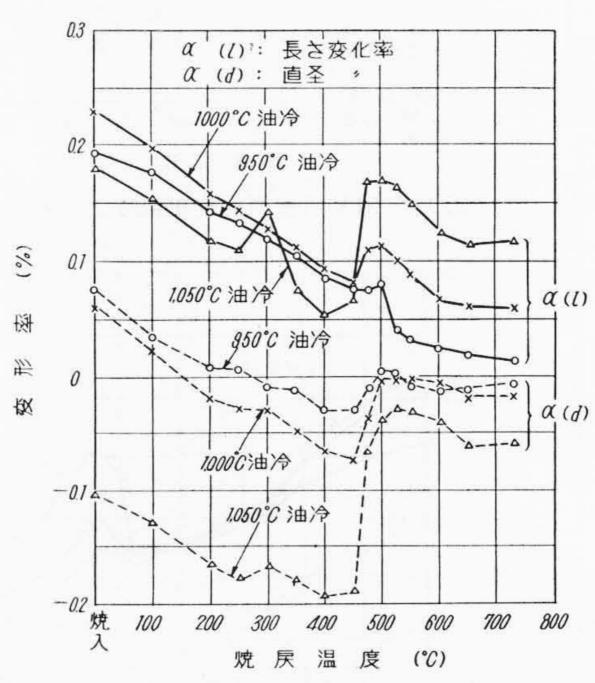
第22図 2.0%C, 12.0%Cr 鋼を焼入した場合の変形率と加工率の関係 (J. Frehser)



第19図 焼入温度と直径変化率の関係-(2)



第21図 焼入温度と長さ変化率の関係-(2)



第23図 C試料の焼戻温度と変形率の関係

しかるに第18~21 図の結果をみれば,直径は焼入温度の上昇に対して漸次減少し、長さは試料によって異なるけれども 1,000℃ 程度でピークを示して 1,050℃ では収縮するというような傾向を示している。しかも長さ変化率は 0.2% の膨脹を示し、直径の膨脹よりもさらに大である。直径の焼入温度の上昇に伴う減少は残留オーステナイトの影響として十分理解できるが、長さ方向の膨脹量の大きさは E. Ameen の仮設からは理解できない。

J. Frehser⁽¹²⁾の研究によれば高C高Cr鋼は加工率の影響をうけや すいとされており, **第22**図に示すように加工率が50%以上になると 鋳造状態とはきわめて相違した変形傾向を示すことが知られている。これは長さ方向に並ぶしま状炭化物の異方性に基くものと考えられる。本研究の加工率はほぼ98%であり、これによつて長さ変化率が直径の膨脹率よりも大となることが容易に推察できる。

3.6 焼戻温度と変形率

つぎに上記焼入試料を100~750°Cに 1 時間焼戻した場合の原寸に対する変形率 の変化の模様を第23~29図に示す。焼 戻の進行にしたがって直径ならびに長さ は次第に収縮するが、300℃および500℃ 近辺で膨脹を示している。試料によって このような二段の膨脹を示すものと第1 段の膨脹を示さず第2段の膨脹のみを示 すものとがある。C試料は第2段が主体 で第1段の膨脹はわずかにみられるに過 ぎないが、W試料では第1段の膨脹が主 体となっている。MおよびV試料では両 方現われるが、V試料の膨脹量は比較的 少ない。MV系試料では Mo, V の増加 に伴い第1段の膨脹は減少し, MV-3で は第2段のみとになる。また焼入温度が 上昇するにしたがって、各段の膨脹量は ともに増大する。

焼戻の際に生ずるこのような二段の膨 脹は、残留オーステナイトの分解が二段 に分離して行なわれることを示すものと 思われる。実際の抜型材は高硬度を保有 させるために焼戻は200℃付近の比較的 低い焼戻温度を採用するが,この場合 300℃付近の分解を伴う鋼種は使用時に 時効変形を起す可能性があり、したがつ て第1段の分解はできるだけないほうが 望ましい。適当なオーステナイトの安定 化処理を行って第1段の分解を除去する ことも考えられるが, 深冷処理あるいは 二段焼入処理によっても満足な結果は得 られていないようである(13)。それゆえ, これを克復するにはやはり適当な化学成 分の配合を選ぶことが先決であろう。

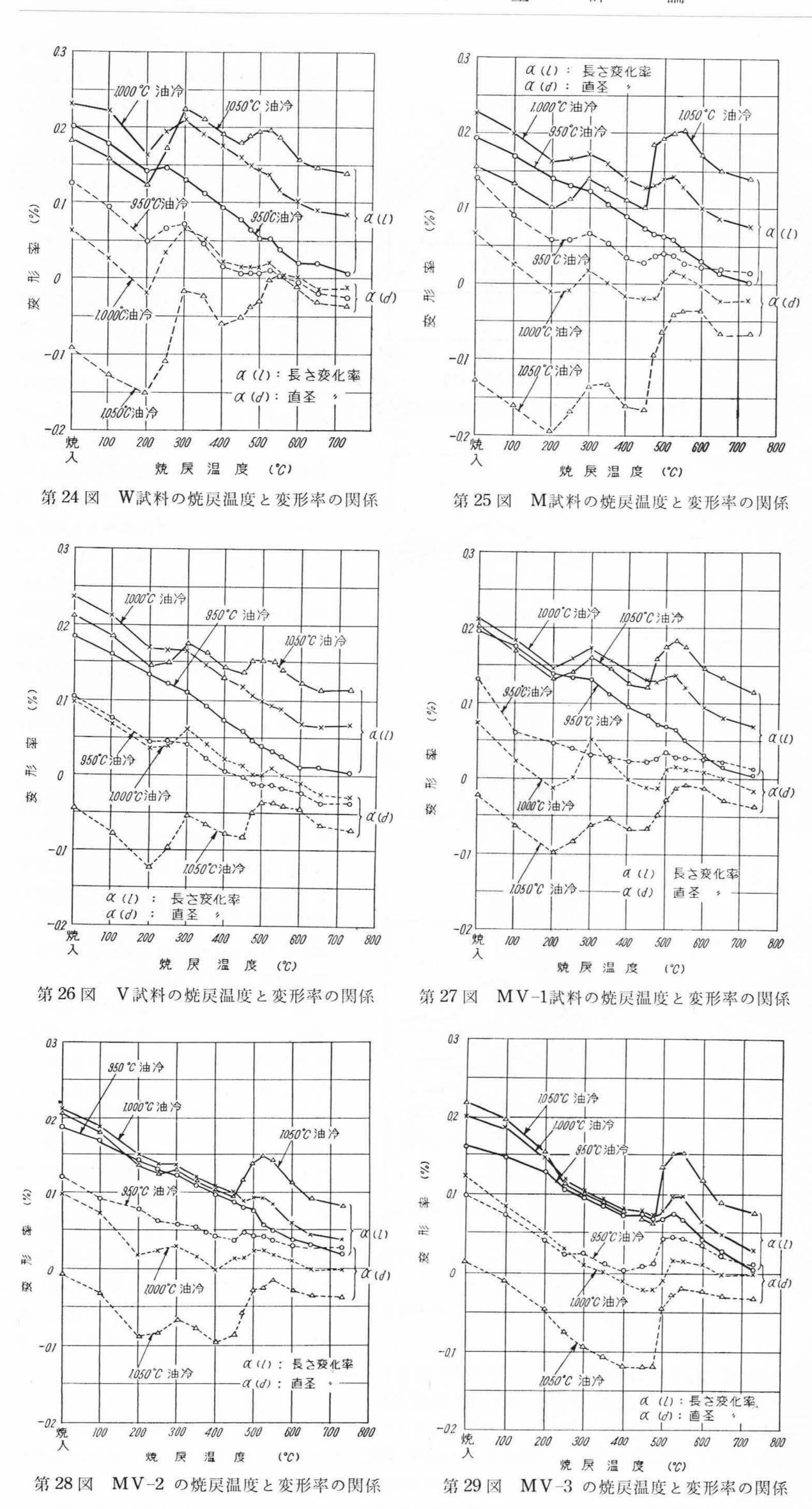
いかなる成分の場合に300℃付近の分解が生じるかは明らかではないが、Cr量が高く、C量の比較的低い場合は起りにくいと思われる。Mo、W、Vなどの影響は明りょうではないが、Wの含有は第

1段の分解を促進するようである。

3.7 耐摩耗性

予備実験において 6×10^4 回転後ほぼ定常摩耗を示したので、試料をまず 6×10^4 回転したのちその重量を秤量し、この値を基準値として 5×10^4 回転おきの重量を回転数総計 31×10^4 まで秤量した。試料はすべて同種、同熱処理のもの同志を組合わせた。第30 図はこの場合の焼入温度と摩耗減量との関係を示す。摩耗減量としては 10^4 回転における上部試料の平均摩耗量(g)を用いた。

第30図から明らかなように焼入温度の上昇につれて試料の硬度



は若干低下しているにもかかわらず摩耗減量はむしろ減少する傾向がある。一般に硬度が高いほど耐摩耗性の良いのが普通であるが、この場合は逆の傾向を示しいてる。これは焼入温度の上昇による残

留オーステナイトの増加の結果, 硬度低下を示すのであるが,本摩 耗試験の条件では試料の線接触で 局部的に著しい温度上昇と強加工 が起り,残留オーステナイトのマ ルテン化が進行するものと考えら れる。焼戻硬度のところですでに 示したように,これら試料の比較 的高温(500°C以上)における焼戻 硬度は焼入温度の高いほど大きい ので,試験条件下では高温度より 焼入した試料ほど耐摩耗性が大き いのであろう。

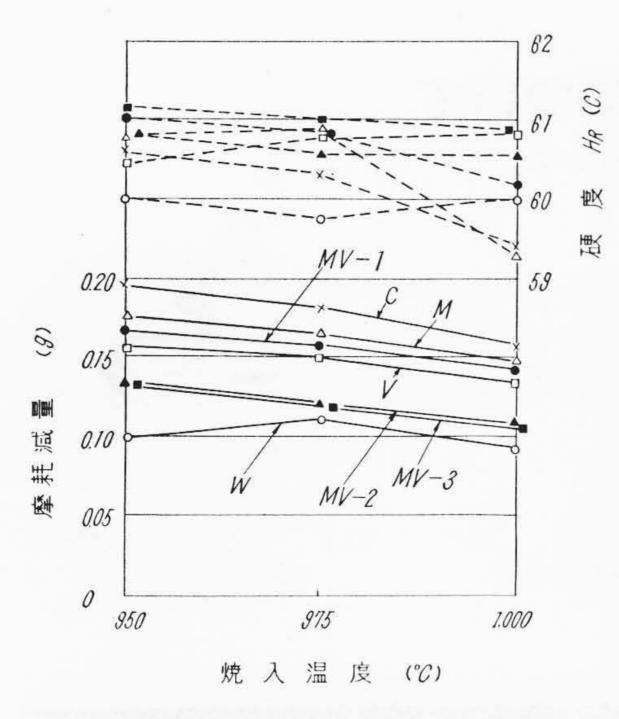
つぎにW、Mo およびVなどの 添加元素の影響をみるに、Mo、V ならびにその組合わせ添加したも のにつき、これら合金量の大なる ほど耐摩耗性は向上する。またW はこの場合きわめて優秀な耐摩耗 性を示している。W、Mo および Vの単独添加の効果はWがもっと も大きく、その次が Mo、V の順 となっている。

摩耗試験の終了後,各試料の摩 耗面の状況ならびに組織を観察し た結果,W試料の上部試験片には 比較的多くの酸化粉末が象眼され ており,またミクロ組織も第31 図 に示すように炭化物がきわめて微 細,かつ比較的多量に存在してい た。これがW試料に耐摩耗性を賦 与した原因と考えられるが,一般 にこれがW含有鋼の特長といえる かどうかまだ疑問である。

従来高C高Cr 鋼の耐摩耗性が良いのは,多量のかたい M_7C_3 (Hv~2,000~2,600) $^{(14)}$ 炭化物によるものといわれているが,MoおよびWの添加は比較的やわらかい $M_{23}C_6$ (Hv~1,500~1,800) $^{(14)}$ 系の炭化物を生ずるので $^{(6)}$, むしろ耐摩耗性は低下することも考えられる。しかし本結果のように耐摩耗性を与えるのは炭化物総量の増加に起因するものであるかもしれない $^{(15)}$ 。

摩耗試験結果によつて示される 耐摩耗性は必らずしも実用時の性 能を示すとは限らない。これはす べりところがり,圧力などの条件, 表面酸化の条件,表面の加工硬化 などの相違によって一条件の結果 から他条件の結果を類推すること

がほとんど不可能であるためである(16)。 実用条件下の試験がもっと望ましいわけであり、したがってこれら試料の耐摩耗性も抜型材としての実地試験の結果によって判定さるべきであろう。



第30図 焼入温度と摩耗減量の関係

第31図 摩耗試験に用いたW試料の組織(×125)

の分解が一段あるいは二段に分れる。すなわち第 1 段は約 300 ℃, 第 2 段は約 500℃ 付近に現われるが, Wは第 1 段の分解を促進する。一方 Mo, V の組合せわ添加は第 1 段の分解を抑制する傾向がある。

(8) W, Moおよび V の添加によって耐摩耗性は上昇するが、その効果は W>V>Mo の順である。 Mo と V を同時に添加した場合も耐摩耗性を増加する。 オ研究によって真 C r ダイ

本研究によって高C高Crダイス鋼に及ぼすW, Mo, Vの効果がほぼ明らかとなったが, 抜型用新鋼種を追求するに当りそれぞれ一長一短の性質を有することが分った。また適当な鍛錬性のことも

考慮して、Cおよび Cr 量と合金量の適当な組合わせ範囲について 吟味する必要がある。本研究項目を通じて、Moと Vの適当な配合 は抜型材として妥当な性能を与えるものと推察される。

終りに臨み,試作鋼の熔製を担当された日立金属工業株式会社安 来工場冶金研究所,九重主任ならびに本研究に従事された三浦鎮夫 君の労に深く謝意を表する。

4. 結 言

以上高 C 高 Cr ダイス鋼 (CRD) に及ぼす W, Mo, V および Mo, V の組合わせ添加の影響について調査した結果を述べたが、これらを要約すると下記のとおりである。

- (1) Mo の添加は Ac_1 の上昇をきたし、Mo および V の組合わせ添加によって冷却変態点は漸次低下する。W、V の変態点に及ぼす影響は比較的小さい。
- (2) Mo および Vの添加によって低い焼入温度における硬度を 高め、高い焼入温度からの焼入硬度を低下させる。また空冷およ び油冷の硬度差をとくに低い焼入温度の場合に減少させる。 Vは 逆の傾向を示し、最高焼入硬度をうる焼入温度を高温側に移動さ せる。 Mo および Vの適当な添加は焼入温度範囲を広げる可能性 がある。
- (3) W, Mo および V の添加によって焼戻軟化抵抗は増大する。その効果は Mo>W>V の順である。
- (4) 合金元素の添加により焼入性は増大するが、とくに Mo の 効果は顕著である。 Mo, V の組合わせ添加により焼入性はかな り改善される。
- (5) 変形試験の結果, V含有鋼は焼入温度の変化による変形率の変動が少ない。一方 Mo およびWを添加した試料はこの変動が 比較的大であった。
- (6) 変形の絶対量は適正焼入温度を選んだ場合, 高C高 Cr 鋼 (CRD) がやはりもっとも少なく, またVおよび Mo-V 系鋼の変形量も比較的少ない。
- (7) 焼戻の場合、試料の化学成分によって残留オーステナイト

参考文献

- (1) 小柴: 機械と工具 3, 17 (1959-1)
- (2) アグネ社: 金属 26, (1956-6)
- (3) 小柴, 清永: 鉄と鋼 44, 487 (1958-4)
- (4) W. Tofaute, C. Küttner, A. Büttinghaus: Arch. f. d, Eisenhüttenwes. 9, 606 (1936)
- (5) 小柴, 永島: 鉄と鋼 39 (1953-2)
- (6) 佐藤, 西沢, 村井: 鉄と鋼 44,565 (1958-5)
- (7) 佐藤: 鋼中の炭化物とその挙動(1956-日本金属学会)
- (8) W. Tofaute, C. Küttner, A. Büttinghaus: Arch. f. d. Eisenhüttenwes. 9, 607 (1936)
- (9) J. P. Gill, G. A. Roberts, H. G. Johnstin, B. George: Tool Steels 282 (1946–ASM)
- (10) J. Frehser, O. Lowitzer: Stahl u. Eisen 77, 1221 (1957–9/5)
- (11) E. Ameen: Trans. A. S. M. 28, 472 (1940)
- (12) J. Frehser: Arch. f. d. Eisenhüttenwes. 24, 483 (1953–11/12)
- (13) 根本: 日立評論 39,617 (1957-5)
- (14) 佐藤, 西沢, 石原: 日本金属学会誌 23, 403 (1959-7)
- (15) 佐藤, 西沢, 村井: 鉄と鋼 44, 1378 (1958-12)
- (16) J. P. Gill, G. A. Roberts, H. G. Johnstin, B. George: Tool Steels 92 (1946–ASM)

訂 正

本誌第42巻第1号「昭和34年度における日立技術の成果」号中に次のよう な写真の挿入間違いがありましたので訂正いたします。

記

- (1) 第123頁第7図は写真,説明とも削除。
- (2) 第148頁第30図の写真と,第149頁第32図の写真は入れ違い。