拔型用鋼の研究(第4報) 拔型用5%Cr鋼に おける W, Mo および V の影響について**

小 柴 定 雄** 九重 常 男*

Sadao Koshida and Tsuneo Kuno: Investigations of Punching Die Steel (IV). The Effects of Tungsten, Molybdenum and Vanadium on 5% Cr Punching Die Steel. In the preceding report, the authors described the effects of carbon, manganese and chromium on 5% Cr punching die steel. In the present investigation the authors studied the effects of W 1.0~3.0%, Mo 0.5~2.0% and V 0.25~0.5% on the properties of die steels of standard composition C 1.1% and Cr 5.0%. The methods of experiment were the same as in the previous investigation. The results of the experiment are summarised as follows: (1) The A_1 transformation point is not varied with the increase of W and Mo but the A_1 point rises when

** 日立製作所安來工場

* 1954年10月本會新居濱大會に發表

the V content increases. (2) The quenching temperature necessary for the maximum hardness is lowered with the increase of the Mo content, but V shows the inverse result, while the temperature is not varied with a change in W content. (3) The tempering hardness increases with the increase of W, Mo and V. (4) The rate of deformation due to heat treatment decreases with the increase of the Mo and V contents but W shows the inverse result.

(Received December 24, 1954)

I. 緒 言

前報⁽¹⁾と同様 C 1.1%, Cr 5.0% を基準成分として W, Mo および V 添加の影響を調べた。実験方法その他前報と全く同様である。

II. タングステンの影響

W 1.0~3.0% の影響を調べるため Table 1 の如き試料を調整した。

Table 1 Chemical composition and transformation points of specimens.

	Chemical composition					Heating transformation		Cooling transformations		
	C	Si	Mn	Cr	W	Begin	End	Furnace cooling	Air cooling	Begin
W1	1.14	0.16	0.38	4.96	0.97	778	815	719	690	90
W2	1.09	0.14	0.40	5.04	2.10	775	812	718	684	82
W3	1.12	0.20	0.34	4.97	3.04	777	814	718	689	90

1. 変態点におよぼす W の影響

本多式熱膨脹計により加熱、冷却における変態生起状況を調べた。その結果を前記 Table 1 に併記した。この範囲内の W 量では加熱および冷却の際の変態点はほとんど變りない。

2. 焼鈍温度と硬度との関係

前述と同様 750~950° における焼鈍温度と硬度との関係を調べた。焼鈍硬度は W 量の増加するほど増大する。また W 量の増加するに従い最低硬度の得られる焼鈍温度は高温側に移動する。

3. 焼入温度と硬度との関係

Fig. 1 Relation between quenching temperature and hardness (Effect of W).

4. 焼戻温度と硬度との関係

前述と同様各試料を 850~1000° に油焼入し、100~700 に焼戻を行って硬度を測定した。その結果を Fig. 2 に示す。何れの場合も W 量の差により焼戻硬度にはほとんど

前述と同様 850~1000° の焼入温度による硬度の變化を調べた。油焼入の場合は Fig. 1 に示す如く W の増すに従って焼入硬度は高くなる。空冷の場合も油冷とほぼ同様の傾向を示す。

差が認められないが、多少 W 量を増すほど焼戻軟化に対する抵抗を増大する。

5. 熱処理と變形率との関係

前述と同様 900° および 950° 油焼入による變形率ならびに焼戻による變形率を調べた。その結果を Fig. 3 に示す。900° 焼入の場合長さの變形率は焼戻温度 300° でやゝ大きくなる。直径の變形率は焼戻温度の高くなるに従って次第に小さくなる。950° 焼入の場合直径の變形率は各試料共焼戻温度の高くなるに従って次第に小さくなるが、長さの變形率は焼戻温度 300° で一度膨脹する。しかしこの傾向は W1 が最も著しい。また前述と同様焼入状態における體積變化を求めれば W1, W2, W3 の順に大きくなる。すなわち W 量を増すに従って變形率は大きくなる。

6. 顯微鏡組織

Photo. 1 に W2 の 950° 油焼入、200° 焼戻の組織を示す。圖に示す如く細かい炭化物とところどころに大きい炭化物の散在する組織であるが、試料間では差が認め難い。

III. モリブデンの影響

Mo 0.5~2.0% の影響を調べるため Table 2 に示す如

Fig. 2 Relation between tempering temperature and hardness (Effect of W).

に併記した。加熱および冷却變態共 Mo 量を増してもほとんど變りない。しかし空冷における Ar'' は Mo の増加に従って高温側に移動する。

2. 焼鈍温度と硬度との関係

焼鈍硬度は Mo 量の増加に従い高くなる。また最低硬度の得られる焼鈍温度は Mo 量の増加するに従い高温側に移

き試料を調整した。

1. 變態点におよぼす Mo の影響

前述と同様加熱および冷却における變態の生起状況を調べた。その結果を前記 Table 2

動する。

3. 焼入温度と硬度との関係

前述と同様 750~1000° の焼入温度による硬度の變化を

Fig. 3 Relation between tempering temperature and rate of deformation (Effect of W).

るに従い低温側に移動する。空冷の場合は油焼入とほぼ同様の傾向を示す。

4. 焼戻温度と硬度との関係

前述と同様各試料を 850~1000° に油焼入し、100~7000 に焼戻を行って硬度を測定した。その結果を Fig. 5 に示す。焼入温度 950° まで Mo の高い試料ほど、高い焼戻硬度を示すが、1000° 焼入の場合は焼

×400

Photo. 1 Microstructure of W2(950° O. Q. 200° temper).

Table 2 Chemical composition and transformation points of specimens.

	Chemical composition					Heating transformation		Cooling transformation		
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Begin	End	Furnace cooling	Air cooling	Begin
O1	1.08	0.17	0.51	5.01	0.46	786	820	723	686	78
O2	1.07	0.16	0.54	4.97	1.04	781	819	727	689	91
O3	1.10	0.21	0.50	4.97	1.57	785	816	720	682	97
O4	1.06	0.16	0.46	4.93	2.10	789	817	731	690	104

戻温度 500° まで Mo の低い試料ほど高い焼戻硬度を示す。Mo の多い 04 および 03 は焼戻温度 550° で硬化し、600° 以上焼戻温度が高くなれば、Mo の多い試料ほど高い硬度を示す。

5. 熱処理と変形率との関係

前述と同様 900° および 950° 油焼入による変形率ならびに焼戻変形率を調べた。その結果を Fig. 6 に示す。900° 焼入の場合直径の変形率は Mo の多い試料ほど大きい変形率を示し、焼戻温度の高くなるに従って各試料とも変形率は次第に小さくなる。長さの変形率は 300° 以上各焼

戻温度を通じ 04 が最も大きい変形率を示す。また各試料共 300° で一度大きくなるがこの傾向は Mo の高い試料ほど著しい。950° 油

Fig. 4 Relation between quenching temperature and hardness (Effect of Mo).

Fig. 5 Relation between tempering temperature and hardness (Effect of Mo).

Photo. 2 に 03 の 950° 油焼入、200° 焼戻の組織を示す。圖の如くやゝ大きい炭化物と小さい炭化物との存在が認められ、 $M+\eta+\theta$ よりなるものと思われるが、Mo 量の差により判然たる差異は認め難い。また Mo は一部は α に固溶し他の一部は η に固溶しているものと考えられる。

IV. バナジウムの影響

V 0.25~0.5 % の影響を調べるため

Table 3 に示す如き試料を調整した。

1. 変態点の生起状況

前述と同様加熱および冷却における変

態におよぼす V の影響を調べた。その結果は前記 Table 3 に併記した。V が高くなれば加熱および冷却変態の開始ならびに終了温度とも高くなる。空冷の場合の Ar'' は V の高い試料が低い温度を示す。

2. 焼鈍温度と硬度との関係

前述と同様焼鈍硬度を調べたが V の高い試料が高い焼鈍硬度を示し、両試料とも 850° で最低硬度を示す。

3. 焼入温度と硬度との関係

750~1000° の焼入温度における硬度の變化を調べた。

油焼入の場合を Fig. 7 に示す。V の高い試料ほど高い焼入硬度を示し、V2 は 950°, V1 は 1000° でそれぞれ最高

Photo. 2 Microstructure of O3 (950° O. Q. 200° temper).

硬度を示す。空冷の場合は両試料とも焼入温度の高くなるに従って次第に硬度も高くなる。しかして V2 が V1 より高い硬度を示す。

4. 焼戻温度と硬度との関係

前述と同様各試料を 850~1000° に油焼入し、100~700° に焼戻を行って硬度を測定し

Fig. 6 Relation between tempering temperature and rate of deformation (Effect of Mo).

が V1 より高い硬度を示すが、400° 以上では両試料間に

Table 3 Chemical composition and transformation points of specimens.

	Chemical composition					Heating transformation		Cooling transformation		
	C	Si	Mn	Cr	V	Begin	End	Furnace cooling	Air cooling	Air cooling
V1	1.10	0.21	0.46	5.31	0.24	769	810	722	689	84
V2	1.14	0.20	0.50	5.26	0.55	780	819	729	703	80

Fig. 7 Relation between quenching temperature and hardness (Effect of V).

大差ない。1000° の場合も 950° の場合と同様の傾向を示すが、硬度の減少が最も少ない。

5. 熱処理と変形率との関係

前述と同様

Fig. 8 Relation between tempering temperature and hardness (Effect of V).

Fig. 9 Relation between tempering temperature and rate of deformation (Effect of V).

形率を調べた。その結果を Fig. 7 に示す。焼入温度 900° の場合直径の變形率は兩者間に大差なく長さの變形率は V1 が V2 より大きい。焼戻温度によつては直径の變形率は兩試料間に大差なく、長さの變形率は焼戻温度 300° で山を生ずるが、各温度を通じ V1 が V2

より大きい變

形率を示す。

950° 油焼入

の場合は

900° 油焼入

の場合とほぼ

同様の傾向を

Photo. 3 Microstructure of V2 (950° O. Q. 200° temper).

示す。

6 顕微鏡組織

Photo. 3 に V2 の焼入、焼戻処理後の組織を示したが、前述せる他の試料に比し細かい組織を示す。これは V の鋼に対する効果の特徴である。なお兩試料間の差異はほとんど認められない。

VI. 結 言

上述の研究結果を要約すると次の通りである。

(1) 變態點は本研究の範圍の W および Mo では變りな

く、V の添加により高くなる。

(2) 焼鈍硬度は W, Mo および V を増せば増大する。

(3) 最高硬度の得られる焼入温度は W 量が増しても變らず Mo および V が高くなれば低温側に移動する。

(4) 焼戻軟化抵抗は Mo を増せば顯著に増大する。W および V は多少焼戻軟化抵抗を増す。

(5) 變形率は焼入状態にあつては Mo および V を増せば小さくなるが、W は逆の傾向を示す。

(6) 上述の研究結果から綜合して拔型用鋼としては、C 0.09~1.1, Mn 0.7~0.8, Cr 5.0~5.3が適當と思われる。また添加元素として單獨で W 1.0~1.5, Mo 1.0~2.0, V 0.25~0.5% が適當と考える。