

抜型用高 C-5Cr-W-Mo, 高 C-8Cr-W-Mo および 高 C-12Cr-Mo 鋼におよぼす V の影響*

小 柴 定 雄**・稲 田 朝 雄***

Effect of V on Properties of High C-5Cr-W-Mo, High C-8Cr-W-Mo and High C-12Cr-Mo Steel for Punching Dies.

Sadao Koshiba and Asao Inata.

Synopsis:

The effect of V addition up to 5% on properties of high C-5Cr-W-Mo, high C-8Cr-W-Mo and high-C-12Cr-Mo steel was investigated in comparison with high C-high Cr steel (CRD).

By the addition of V, each transformation temperature was raised and appropriate quenching temperature range was heightened. At the same time, the amount of the retained austenite was decreased and fine structure was gained.

Such properties as dimensional change, toughness and wear resistance of these specimens were improved as the V content were raised as well as the Cr at the same V content series.

The specimens containing a high V content in 5% Cr and 8% Cr base steels showed better wear resistance, while the toughness was generally inferior to those of CRD steel. However the specimens of a higher V content in 12% Cr-base steels were superior in toughness and wear resistance to CRD steel.

I. 緒 言

最近トランスフォーマコアあるいはモーターコアなどそのほか各種の打抜製品の需要が急増しており、これにともない打抜型用鋼としては型寿命のながいすぐれた材質のものが要望されている。著者らは従来よりいろいろ研究を進めており、さきにその一部を発表したが¹⁾、本研究は引続き高 C-5Cr-W-Mo, 高 C-8Cr-W-Mo および高 C-12Cr-Mo 鋼について打抜型鋼として重要

な性質である靱性および耐摩耗性の向上に効果のある V の影響についてしらべたものである。

II. 試料および実験方法

試料は 50 kg 高周波電気炉を用いて溶製し 35 kg 鋼塊に鑄造した。つぎにこれらを 15mm φ および 32mm φ に鍛伸し 5 Cr 系および 8 Cr 系は 875°C, 12 Cr 系試料は 900°C にて焼鈍した。また比較のために高 C-高 Cr ダイス鋼 CRD (SKD 1) を使用した。Table 1

Table 1. Chemical composition of specimens.

Specimens (marks)		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V	Cu
5Cr-Base	5R-V2	2.30	0.12	0.11	0.032	0.018	0.03	5.07	0.89	1.04	2.39	0.02
	5R-V3	2.23	0.37	0.55	0.029	0.018	0.03	4.99	0.95	1.04	3.21	0.02
	5R-V4	2.26	0.40	0.59	0.029	0.018	0.03	4.93	0.86	1.03	3.90	0.02
8Cr-Base	8R-V2	2.16	0.35	0.45	0.027	0.024	0.06	7.99	0.68	1.03	1.95	0.03
	8R-V3	2.17	0.43	0.56	0.021	0.018	0.05	7.84	0.82	1.08	3.28	0.05
	8R-V4	2.25	0.49	0.51	0.029	0.020	0.04	8.50	0.82	1.10	4.07	0.04
12Cr-Base	12R-V2	2.20	0.22	0.57	0.034	0.023	0.04	11.98	Nil	0.99	1.92	0.06
	12R-V3	2.16	0.30	0.56	0.023	0.019	0.05	12.34	〃	1.01	2.91	0.06
	12R-V4	2.19	0.66	0.62	0.021	0.018	0.05	12.10	〃	0.97	3.81	0.08
	12R-V5	2.16	0.67	0.66	0.037	0.021	0.05	11.89	〃	1.00	4.88	0.07
CRD (1)		2.10	0.22	0.32	0.020	0.005	0.15	13.98	—	—	—	0.03
CRD (2)		2.18	0.24	0.39	0.023	0.004	0.07	13.30	—	—	—	0.04

* 昭和 35 年 4 月本会講演大会にて発表 ** 日立金属工業株式会社安来工場, 工博

*** 日立金属工業株式会社安来工場

にこれらの化学成分を示す。

(1) 変態点の測定 7mmφ×70mm の試料を用いて本多式熱膨脹計により測定した。加熱速度および炉冷の場合の冷却速度はそれぞれ 5°C/mn とし最高加熱温度は 1000°C とした。

(2) 焼入, 焼戻硬度と組織 13mmφ×12mm の試料を用いて 850~1100°C の各温度より油焼入せるものについて硬度および組織をしらべた。ついで 100~700°C の各温度に繰返し焼戻を行ない, そのつど硬度測定を行なつた。

(3) 残留オーステナイト量の測定 8mmφ×20mm の試料を用いて焼鈍せるものおよび 850~1100°C にて油焼入したものについて, 弾動検流計法により飽和磁気の強さを測定し, 焼鈍せるものの残留オーステナイト量を基準として求めた。

(4) 変形率 8mmφ×80mm の試料を 950~1050°C にて油焼入したものおよびこれらを 100~700°C の各温度にて繰返し焼戻した場合の直径および長さ方向の寸法をマイクロメーターにより測定し焼鈍状態のもの寸法を基準として変形率を算出した。

(5) 曲げ試験 5mmφ×70mm の試料を用い各系試料は 950~1050°C の各所定焼入温度に, CRD は 980°C に加熱後油焼入し 200°C にて焼戻した。つぎに 10 t アムスラー試験機を用いて支点間距離 50mm, 押え金具の半径 10mm にて曲げ試験を行なつた。また試験機に 1/100mm のダイヤルゲージを装着して破断のさいの試料の撓みを測定した。

(6) 摩耗試験 外径 30mmφ, 内径 16mmφ, 巾 8mm のリング状試料を用い各系試料は 900~1100°C, CRD は 980°C に加熱後油焼入し, 200°C にて焼戻した。つぎに西原式摩耗試験機を用い荷重 60kg, 下部試料 800 rpm, 上部試料の下部試料に対する滑り度約 9% 潤滑油なしで試験を行なつた。

III. 実験結果

(1) 変態点測定結果

Table 2 に測定結果を示す。すなわち各系試料とも V 量をますにしたがい加熱および冷却の場合の各変態温度は高温側に移行する。つぎに各系試料の同一 V 量のものについて比較した場合には Cr 量の多い系のものほど, その変態温度は高い傾向を示す。

(2) 焼入および焼戻せるものの硬度, 組織および残留オーステナイト量

Fig. 1 に焼入硬度の測定結果を示す。5R-V2 および

Table 2. Transformation point of specimens.

Specimens	Heating (°C)		Furnace cooling (°C)		Air cooling (°C)	
	Begin	End	Begin	End	Begin	End
5R-V2	781	816	700	675	112	—
5R-V3	783	821	710	690	117	—
5R-V4	790	831	717	685	130	—
8R-V2	809	840	716	680	155	—
8R-V3	811	853	712	680	156	—
8R-V4	822	863	730	690	185	—
12R-V2	823	854	711	684	133	—
12R-V3	844	886	737	699	199	—
12R-V4	851	890	746	705	228	96
12R-V5	865	902	763	714	265	170

5R-V3 試料は 925°C, 5R-V4 試料は 950°C にて最高硬度を示し, それ以上の温度においては硬度を低下する。しかし V 量の多いものほどこの硬度低下は少ないまた 8 Cr 系試料は 1000°C 付近, 12 Cr 系試料は 1050°C 付近において最高硬度を示し前述の 5 Cr 系の場合と同様に V 量の多いものほど最高硬度を示す, 温度は高温側に移行しかつ焼入温度の高い場合における硬度の低下も少ない。

つぎにこれらの各試料について, その組織をしらべた。各系試料とも無腐食の状態にて検鏡できる炭化物と, 腐食によりさらに現出する炭化物とがあり少なくとも組成を異にした 2 種類以上の炭化物が存在することが認められる。しかし無腐食にて検鏡できる炭化物は各系試料とも V 量の多い試料ほどその量をま

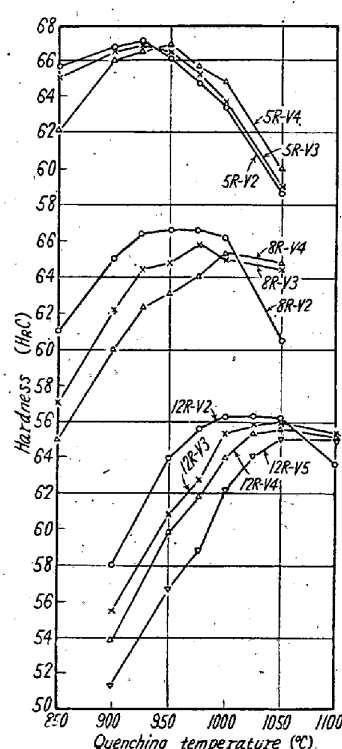


Fig. 1. Relation between oil-quenching temperature and hardness.

していることおよび V_4C_3 (ϵ 相) および V_5C (β 相) は無腐食にても明らかに認められることが発表されていることなどよりして²⁾³⁾, この炭化物は V をベースとしたものであると推定される。一方腐食することにより現出する炭化物は Cr 量の多い系の試料ほどその量をましており, かつ CRD のそれと類似していることなどよりして Cr をベースとした炭化物であると推定される。ま

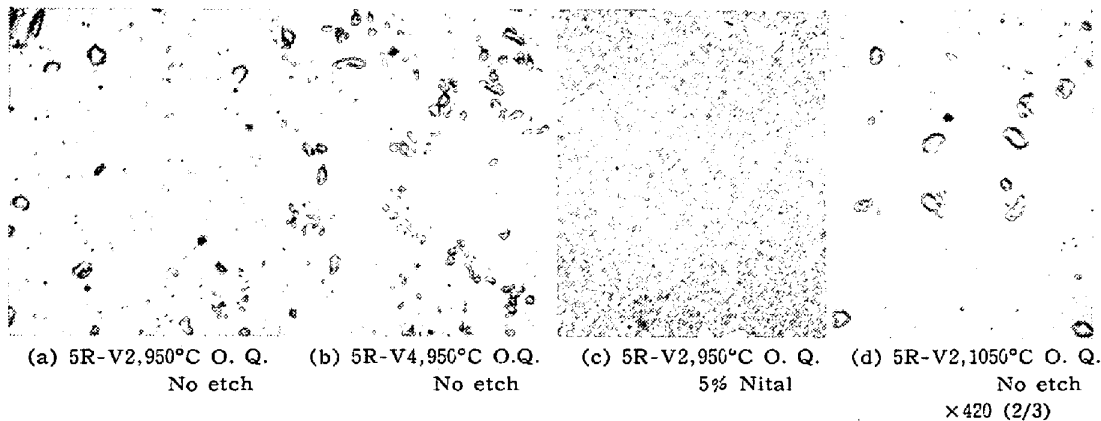


Photo. 1. Microstructure of 5R-V2 and 5R-V4 specimens.

た無腐食にて検鏡できるVをベースとした炭化物はきわめて安定であり、焼入温度の高い場合においても、ほとんど基質中に固溶されず、その残存量は低温にて焼入したものと大差ない。

Photo. 1 は一例として 5 Cr 系試料における各組織を示す。すなわち a および b は 5R-V2 および 5R-V4 の 950°C 油焼入試料の無腐食の場合の組織を示すが 5R-V4 の炭化物量は多い。c は a の腐食後の組織を示す。d は 5R-V2 の 1050°C 油焼入試料の無腐食の状態におけるものであるが、a の 950°C にて油焼入したものと比較した場合その炭化物量はほとんど大差ない。

つぎに Fig. 2 は各系試料における焼入温度と残留オーステナイト量との関係を示す。5Cr 系試料は 950°C 付近、8 Cr 系試料は 1000°C 付近、12 Cr 系試料は 1050°C 付近より急激に残留オーステナイト量をましてあり、また各系試料ともに V 量の多いものほどその量は少ない結果を示す。

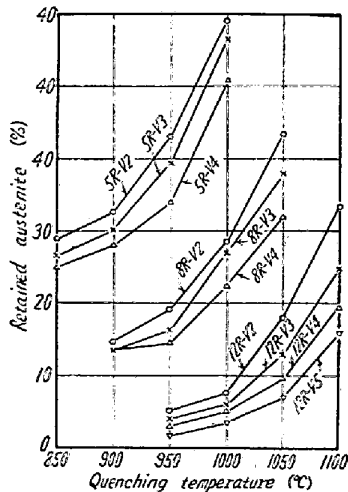


Fig. 2. Relation between oil-quenching temperature and retained austenite.

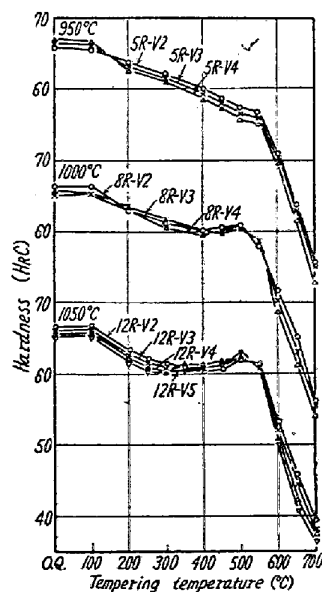


Fig. 3. Relation between tempering temperature and hardness.

Fig. 3 は 5 Cr 系試料の 950°C 油焼入せるもの、8 Cr 系試料の 1000°C 油焼入せるものおよび 12 Cr 系試料の 1050°C 油焼入せるものにおける焼戻温度と硬度の関係を示す。各系試料とも焼戻温度 600°C 付近より

急激にその硬度を低下する。また Cr 量の多い系の試料は焼戻温度 500°C 付近において二次硬化現象を示し、8 Cr 系に比して 12 Cr 系の方がいちじるしい。

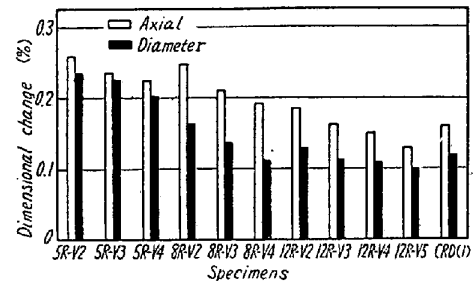


Fig. 4. Dimensional change of specimens.

(3) 変形率

つぎに 5 Cr 系を 950°C、8 Cr 系を 1000°C、12 Cr 系のものを 1050°C よりそれぞれ油焼入したものおよび比較のために CRD (1) を 975°C より油焼入したものの変形率の比較を Fig. 4 に示す。すなわち各系試料とも V 量の多いものほどその変形率は小さく、同一 V 量の場合においては Cr 量の多い系の方が変形が少ない。また 12 Cr 系の V 量の多いものは CRD に比してその変形率は小さい結果を示す。

つぎに Fig. 5 は 100~700°C にて焼戻した場合の直径方向における変形率を示す。いずれも 200°C までの焼戻においては収縮を示し、それ以上の温度にては 300°C および 550~575°C 付近の 2 段に異常膨脹

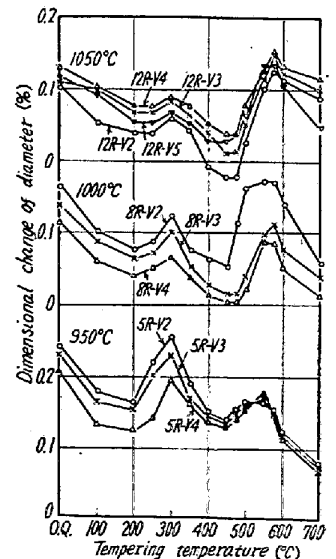


Fig. 5. Relation between tempering temperatures and dimensional changes.

を示す。またこの2段に生ずる膨脹は各系試料によりその生起状態は異なっており、Cr量の少ない5Cr系においては第1段の300°C付近の膨脹量が第2段の550°C付近の膨脹量に比して大きい、8Cr系および12Cr系においては逆に第2段の膨脹の方が大きく、かつ12Cr系においては第1段の膨脹量は僅少である。

なお高C-高Cr鋼の焼戻過程において2段に生ずる膨脹はいずれも残留オーステナイトの分解によるもので各系試料によりその膨脹の生起状態が異なるのはそれぞれのオーステナイトの組成ならびに安定度に差異があるためと思考される。

(4) 曲げ試験

つぎに5Cr系を950°C、8Cr系を1000°C、12Cr系を1050°C油焼入後、200°Cに焼戻したものおよび比較のためにCRD(2)を980°Cより油焼入後200°Cにて焼戻したもののそれぞれの硬度、最大荷重および撓みをFig. 6に示す。すなわち同一V量における各系試料を比較した場合Cr量の多いものほどその靱性は大きく、また同一Cr系においてはV量の多いものほど靱性は大きい。

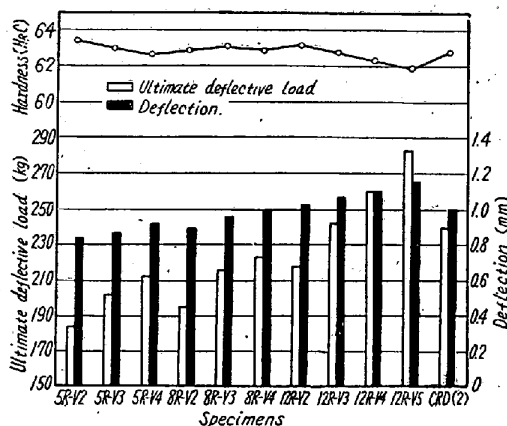


Fig. 6. Ultimate defective load and deflection of specimens.

つぎにCRDと比較した場合12Cr系のV量の多いものの靱性はすぐれた結果を示す。

(5) 摩耗試験

(i) 同種試料の組合せ摩耗

摩擦面直下の層は加工硬化と摩擦熱および雰囲気などの影響によつて漸次変質しいわゆる初期摩耗においては摩耗が変化する。しかしてその変質が一定状態に達したのちにおいては摩耗が定常状態となる。

したがつて5R-V2試料を用いて予備実験を行なつた。その結果 7×10^4 回転以上において、ほぼその摩耗減量が一定となる。よつて 7×10^4 回転後の試料の重量を基準として摩耗減量を計量した。

まず5Cr系を900~1000°C、8Cr系を950~1050°C、12Cr系を1000~1100°Cの各温度より油焼入後200°Cにて焼戻したものについて同一鋼種および同一熱処理せるものを組合せ 7×10^4 の基準回転摩擦後いずれも 6×10^4 回転摩擦した場合における全摩耗減量および硬度をFig. 7に示す。

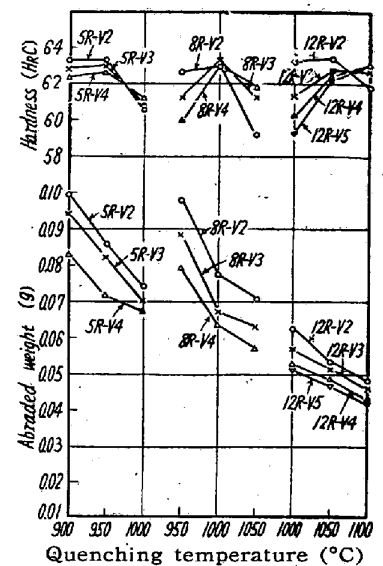


Fig. 7. Relation between quenching temperature and the as-abraded weight (at 200°C tempering).

いずれも焼入温度の高いものほど摩耗減量は少なく、また硬度と摩耗減量とは必ずしも一致しない結果を示す。

一般に耐摩耗性を左右するのは摩擦面の表層部に生ずる変質層であり、試料の物理的性質によつて説明のできない現象の生ずる理由の一つはこの変質層によるとされておる。また一方の考え方として残留オーステナイトの加工硬化により高硬度の表面層が生ずることもあり、これらの現象により硬度は低くても焼入温度の高いものの耐摩耗性はすぐれた結果を示すものと思考される。なお各試料の炭化物の種類とその組成および配分量による影響も考えられる。これらについては別に研究を行なっている。

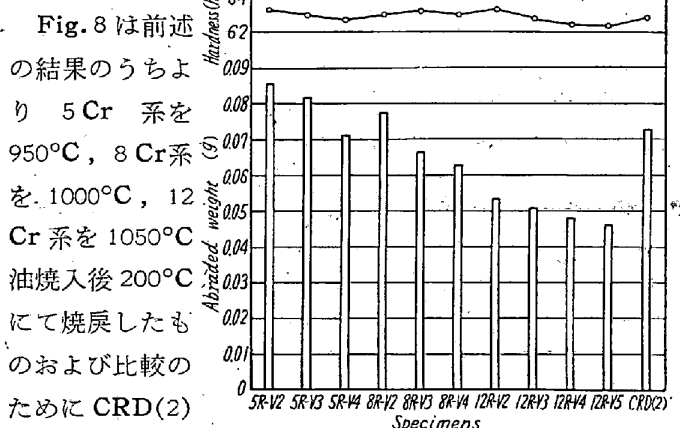


Fig. 8. Comparison of as-abraded weight of specimens.

て焼戻したものについて同一の実験を行なつたものの結果を示す。すなわち各系試料ともV量の多いものほど、また同一V量においてはCr量の多い系のものほど耐摩耗性は大きく、かつCRDに比して12Cr系およ

び 5Cr, 8Cr 系の V 量の多いものはすぐれた耐摩耗性を示す。

(ii) CRD 鋼との組合せ摩耗

つぎに 5Cr 系試料を 950°C, 8Cr 系試料を 1000°C, 12Cr 系試料を 1050°C にて油焼入後 200°C にて焼戻したもの CRD(2)を 980°C にて油焼入後 200°C にて焼戻したものとを組合せ前

述と同様 7×10^4 回転後の重量を基準として, 回転数 6×10^4 の場合における値より CRD を 0.05g 摩耗せしむるに要する各試料の摩耗量の比較を Fig. 9 に示す。

すなわち各系試料とも V 量の多いものほど, また同一 V 量のものにおいては Cr 量の多い系のものほどその耐摩耗性は大きい。

IV. 結 言

高 C-5Cr-W-Mo, 高 C-8Cr-W-Mo および高 C-

12Cr-Mo 鋼の熱処理特性, 変形率, 靱性および耐摩耗性などによぼす V2~5% 添加の影響についてしらべるとともに高 C-高 Cr 鋼 CRD との比較を行なった。

V の添加により各変態温度は上昇し, 焼入温度を高温側に移行する。また組織は微細であり, 残留オーステナイト量も少ない。焼入温度としては 5Cr 系は 950°C, 8Cr 系は 1000°C, 12Cr 系は 1050°C 付近が適当である。変形率は各系試料とも V 量の多いものほど, また同一 V 量にては Cr 量の多いものほど小さく, 焼戻においては残留オーステナイトの分解により 2 段に膨脹を生ずる。

つぎに V の添加は靱性および耐摩耗性を向上するが, 同一 V 量にては Cr 量の多い系のものが良好である。CRD と比較した場合 5Cr および 8Cr 系の V 量の多いものの耐摩耗性はすぐれた結果を示すが, 靱性は一般に劣る。しかして 12Cr 系の V 量多いものの靱性, 耐摩耗性はともにすぐれた結果を示す。

(昭和 35 年 6 月寄稿)

文 献

- 1) 小柴, 清水: 日立評論, 42 (1960), 3, 97
- 2) 小柴: 特殊鋼, (1952), 81
- 3) 大屋: 金属の研究, 7 (1930), 11, 615
- 4) 根本: 日立評論別冊, 16 (1956), 41
- 5) 朝倉: 金属の摩耗, (1948), 43

新らしく寄贈された図書

金属工学講座

金属工学実験法 (第 10 巻)	A 5 版	353 ページ	950 円	朝倉書店発行
高温度測定と溶鋼温度	A 5 版	322 ページ	800 円	學術振興会第 19 委員会編
圧延理論と変形抵抗	B 6 版	266 ページ	500 円	鉄鋼技術共同研究会編
特殊鋼棒鋼の色別標示規定とその解説 (昭和 35 年 6 月 24 日改正)	B 5 版	8 ページ		特殊鋼倶楽部編