

れず、今後さらに微細組織について追求する必要がある。この原因として未分解の残留オーステナイトの影響などが考えられる。

5. 結 言

5%Cr 熱間ダイス鋼の衝撃値について実験を行い、次の結論を得た。

(1) オーステナイト化の保持時間を長くすると衝撃値は改善される。ただし温度が高くなるとその効果は減少する。

(2) 焼戻した場合、二次硬化を越えて多少軟化が起る領域内に衝撃値の極小を示す点が存在する。

(3) 焼戻しパラメータが等しく、したがって同一硬度の場合には、大体において焼もどし温度の低い方がよい衝撃値を与える。

文 献

- 1) 渡辺: 鉄と鋼, 50 (1964) 4, p. 671
- 2) ROBERTS, HAMAKER, JOHNSON: Tool steels, (1962), p. 555
- 3) HOLLOWAY, JAFFE: Trans. Met. Soc. Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 162 (1945), p. 223

(174) 8%Cr 基ダイス鋼の焼戻特性におよぼす θ および η 炭化物の影響

(8%Cr 基冷間加工用工具鋼の研究—Ⅲ)

愛知製鋼

荒川武二・小田昭午・鈴木三千彦・林健次
 Contribution of Cementite to the Tempered Properties of 8% Chromium Die Steels, When Coexists with η -Carbide.
 (Study on the cold working tool steels containing 8% chromium—Ⅲ)

Takeji ARAKAWA, Shogo ODA,
 Michihiko SUZUKI and Kenji HAYASHI.

1. 緒 言

著者らは第 I 報¹⁾において 8%Cr 基冷間ダイス鋼の炭素量を適当に選択することにより、凝固過程で包共晶反応が起り、 θ 炭化物が η 炭化物を分断する結果熱間加工性が改善されることを報告し、さらに従来行なわれていなかった ($\eta+\theta$) 炭化物共存鋼の利用に対する有効性を示唆した。

これら ($\eta+\theta$) 炭化物と η 炭化物を有する鋼の材質特性の中で、工具鋼として要求される焼鈍状態での諸性質および焼入に關与する諸性質の相異については、すでに第 I 報²⁾で明らかにした。すなわち炭化物量が同一の場合、 θ 炭化物を含有する鋼の被削性は η 炭化物のみの鋼に比べてすぐれており、また焼入れに際しては θ 炭化物の優先溶解によつて、最高硬度を与える焼入温度は低温で得られ、実際の熱処理作業に有利であるが、その場合オーステナイト中の Cr 濃度が低下するため焼入性が減少する結果が得られた。さらに組織的には焼鈍および

焼入状態ともオーステナイトに未溶解の η 炭化物の外殻には θ 炭化物が存在している事実が発見された。

本報では工具の実用状態である焼入焼戻を行った場合の諸性質におよぼす η および θ 炭化物の影響について実験した結果を報告する。

2. 実験方法および結果

本実験に用いた試料は前報と同一の 8%Cr 鋼および SKD1 の他に、各種の性質を比較するためのダイス鋼として SKD11, SKH9 ならびに 1.3CMV の 3 種を適時選んだ。それらの化学組成を Table 1 に示す。いずれの試料も前報と同様の球状化焼鈍後、最高硬度を与える焼入温度から油焼入して各種の温度に焼戻し実験に供した。

2.1 焼戻硬度変化と γ_R の分解

最高硬度を与える温度から焼入れた試料を 0~600°C の各温度に焼戻しをすると、 θ 炭化物を有する 2.3C 試料は焼入マルテンサイト中の Cr 濃度が約 3% で 1.3C や SKD1 鋼の約 5~6% に比し低いために、焼戻温度が上昇するにつれて漸次軟化し、1.3C や SKD1 にみられるような軟化の遅滞現象はない。焼戻し後の γ_R の変化を 10 ϕ \times 25mm の試料を用いて継鉄法により測定すると (ただし磁場の強さ 3400 Oe) Fig. 1 のように 2.3C 試料では 200°C から γ_R の分解が起りはじめ、300°C では全量が分解する。しかし 1.3C や SKD1 のような Cr 濃度の高い γ_R は 600°C の高温焼戻しにより初めて全量が分解し、SKD11 のような二次硬化を示すダイス鋼と同様の特性を示す。とくに 1.3C は 200°C からの低温分解と 400°C 以上の高温分解の両方

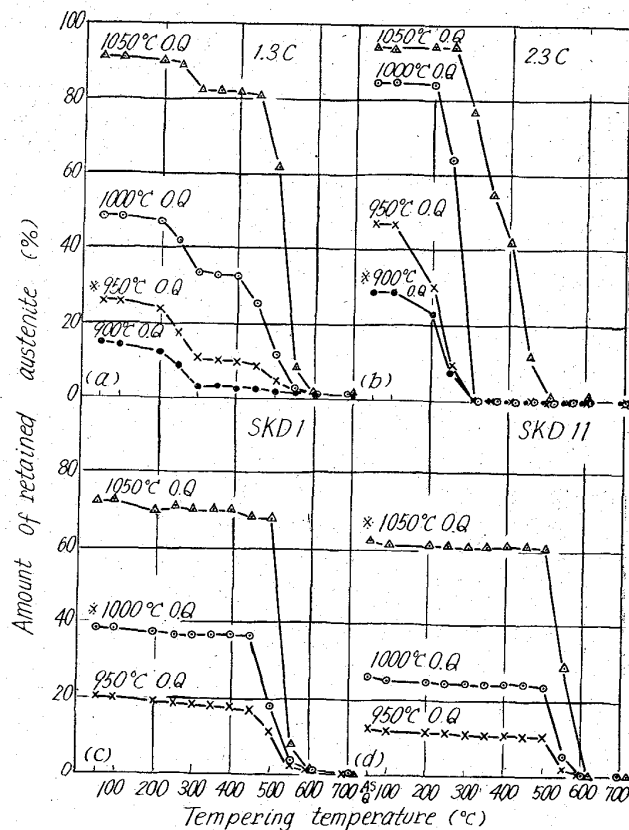


Fig. 1. Relation between tempering temperature and amount of retained austenite.

Table 1. Chemical composition of specimens.

Designation	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Through harden. temp. (°C)	Undissolved carbide	
									Type	Wt. %
1·3C	1·32	0·26	0·37	8·05	—	—	—	950	η	7·5
2·3C	2·27	0·25	0·31	8·03	—	—	—	900	$\eta+\theta$	22
SKD 1	2·04	0·59	0·49	12·77	—	—	—	1000	η	20
1·3CMV	1·23	0·27	0·40	7·11	0·96	—	0·28	950	$\eta+\kappa$	9
SKD11	1·55	0·28	0·29	11·82	1·14	—	0·30	1050	κ	20
SKH 9	0·95	0·24	0·20	4·23	5·68	6·16	2·14	1200	MC+M ₆ C	8

Table 2. Carbide precipitation after tempering.

Specimen	Annealed	Hardened (Undissolved)	Tempered for 1 hr.						
			200°C	250°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C
1·3C	M ₇ C ₃	M ₇ C ₃ 950°C, O.Q.	ϵ	ϵ	M ₃ C	M ₃ C	M ₃ C	M ₇ C ₃ +M ₃ C	M ₇ C ₃
2·3C	M ₇ C ₃ +M ₃ C	M ₇ C ₃ +M ₃ C 900°C, O.Q.	ϵ	ϵ	M ₃ C	M ₃ C	M ₃ C	M ₃ C	M ₃ C+M ₇ C ₃
SKD 1	M ₃ C	M ₇ C ₃ 1000°C, O.Q.	ϵ	ϵ	M ₃ C	M ₃ C	M ₃ C	M ₃ C+M ₇ C ₃	M ₇ C ₃

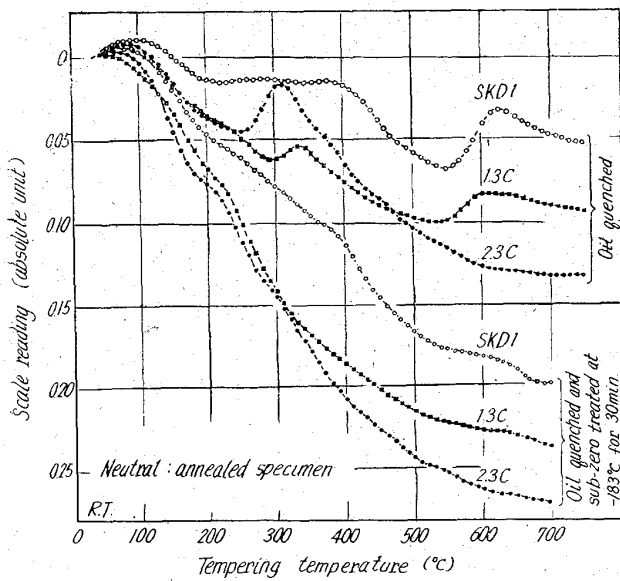


Fig. 2. Differential dilatation curves of each steel after oil-quenched and sub-zero treated.

が顕著に現われている。これら γ_R の分解は、焼入試料の示差熱膨張曲線にも Fig. 2 のように認められるが、油焼入後直ちに $-183^\circ\text{C} \times 30\text{min}$ の深冷処理をした場合には明瞭には現れない。

2.2 焼戻しによる炭化物の変化

焼入過程でオーステナイトに固溶したCが各温度 1hr 空冷の焼戻し処理によって炭化物として析出する過程を調べると Table 2 のように、いずれも 250°C 以下では ϵ 炭化物、300°C から M₃C 型の θ となり、さらに焼戻温度を上昇すると 1·3C と SKD 1 の両者には 600°C で (M₇C₃+M₃C) が認められ、700°C では M₇C₃ の安定炭化物のみとなる。2·3C では 700°C で初めて (M₃C+M₇C₃) の安定炭化物となる。

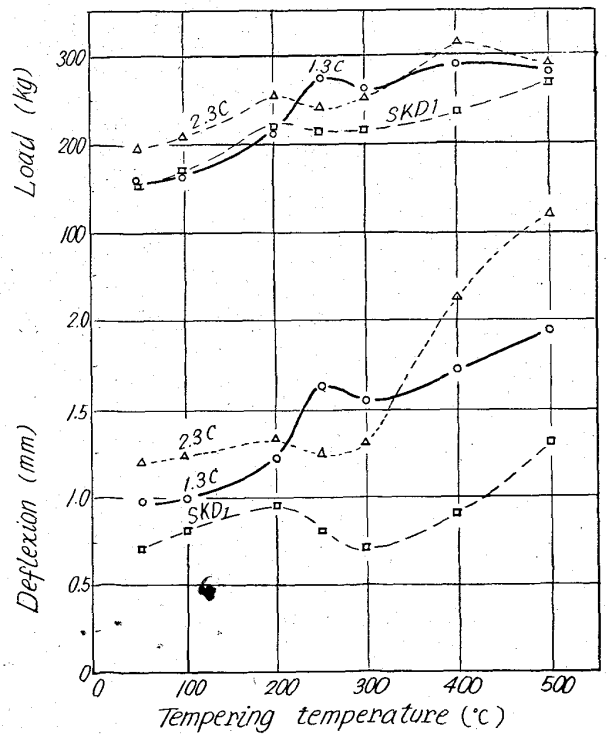


Fig. 3. Result of static bending test.

すなわち 焼戻過程においては一般の場合は $\epsilon \rightarrow \theta \rightarrow \eta$ と変化する過程は全く同一でない。

2.3 曲げ試験

5mm $\phi \times 80\text{mm}$ の試料を 50mm の支点の中央で荷重をかけ曲げ試験を行った。なお支点および荷重点は 3mm ϕ の超合金製コロを用い、試験片と支点との摩擦を極力少なくした。試験結果を Fig. 3 に示す。

破断荷重および撓み量は実用の焼戻温度である 200°C において 2·3C が最も大きい。SKD 1 の破断荷重は

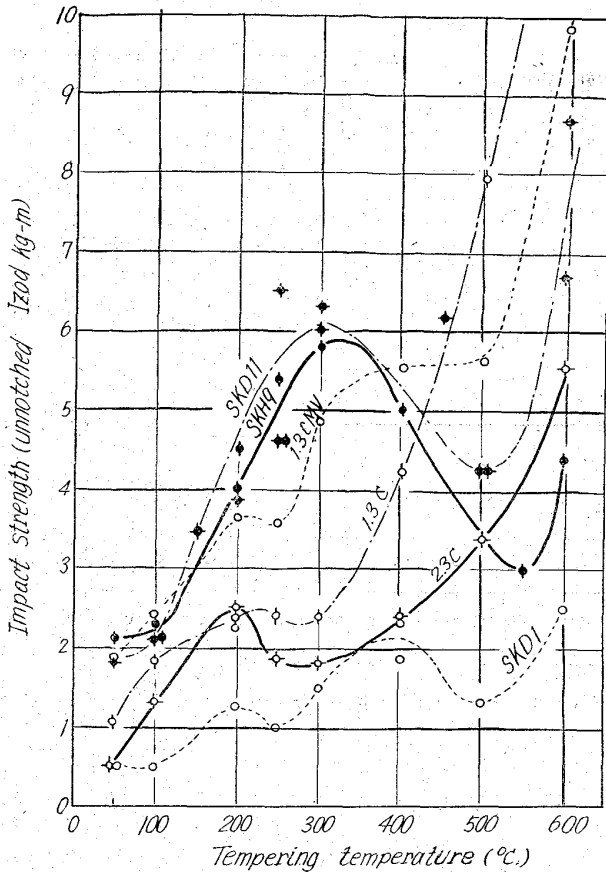


Fig. 4. Change of Izod impact value by tempering.

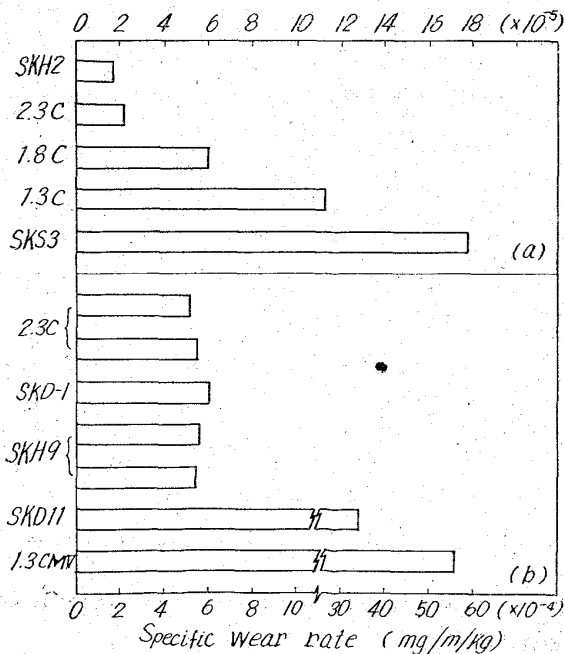


Fig. 5. Result of wear test at room temperature without lubrication.

200°C以下の焼戻の場合 1.3C とほぼ同程度であるが、それ以上の焼戻では劣っている。撓みは全焼戻温度で最も低い。

2.4 衝撃試験

切欠なしの Izod 衝撃試験を行ない衝撃値と焼戻温度との関係を見ると Fig. 4 のように、200°C 焼戻では 1.3C と 2.3C とはほぼ同程度の衝撃値がえられ、SKD1 に比べて衝撃に対する抵抗が大きい結果がえられた。250~300°C 焼戻ではいずれの試料も A 脆性が現われるが、SKD1 はさらに 500°C の高温焼戻で再び脆性が現われる。これは約 18% の γ_R がこの温度で分解するためで、1.3C もこの γ_R の二段分解が始まるが、分解する γ_R の量が約 6% と少ないため、衝撃値に脆性は現われなかった。なおこれらの試料の衝撃値は SKD11 や SKH9 に比べて低い水準にある。

2.5 圧縮破壊強度

焼入後各種の温度に焼戻した 12mm ϕ × 16mm l の試験片に圧縮荷重を加え、破壊する強度を求めると焼戻温度が 175°C 以下の場合には 2.3C の強度が最も大きく 1.3C、SKD1 の順に弱くなるが、175°C 以上ではこの逆となる。175°C 焼戻における圧縮破壊強度は 380kg/mm² で三試料とも同一強度であった。一般には圧縮破壊強度は硬度の変化と同じ傾向を示す。

2.6 耐摩耗性

大越式迅速迂り摩擦試験機により圧力および摩擦距離をそれぞれ変化させ、乾燥状態で試験した。固定子は Table 1 の試料を最高硬度に焼入れした後 200°C で焼戻したものを主体にしたものを用い、回転子は試料より若干軟かいものとしては軸受鋼 SUJ2 を HRC 56~57 に焼戻したものを、また試料よりも硬い JIS-SACM1 窒化鋼に窒化処理を施し Hv 1200 程度のものである。

摩耗試験結果を Fig. 5 に示す。Fig. 5-a は回転子が軸受鋼の場合であるが 8%Cr 鋼では C 量が増加する程耐摩耗性が直線的に向上するのは未溶解炭化物の量が増加するためとみなされる。比摩耗量を他の一般の鋼と比較すると、1.3C は JIS-SKS3 の約 1/2 であり、2.3C は JIS-SKH2 とほぼ同等の値を示した。一方回転子が窒化鋼の場合には Fig. 5-b のように 2.3C とほぼ等量の未溶解炭化物を含む SKD1 とは同等の耐摩耗性を示し、硬度が HRC 59 と 63 の場合で大差は現われなかった。Mo 系高速度鋼 SKH9 は 2.3C とほぼ同程度の比摩耗量を示したが、SKD11 や 1.3C に 1%Mo-0.3%V を添加した 1.3CMV は若干低い値を示し耐摩耗性は劣っている。

3. 結 言

以上 8%Cr 鋼で η および $(\eta+\theta)$ 炭化物を含有する鋼と SKD1 の三種を主体に焼戻特性を調べた結果次のことが明らかになった。

(1) γ_R の焼戻による分解は γ 中の Cr 濃度に依存し、焼鈍時の安定炭化物が $(\eta+\theta)$ の 2.3C は Cr 濃度が約 3% の場合は約 200~300°C の一段分解であるが、Cr 濃度が約 6% の η 炭化物を有する 1.3C と SKD1 は 500°C 以上で二段目の分解をする。

(2) 焼戻による炭化物の変化は $\epsilon \rightarrow \theta \rightarrow M_7C_3$ の過程をたどり安定炭化物に到達する焼戻温度は 700°C である。

(3) 静的曲げ強度および撓みは 2.3C が最もすぐれており、SKD1 は撓みが劣っている。しかし Izod 衝

669.14.018.27:669.15'26'27'292-194
 :669.15'26'74-194:669.15'74'782-194:

621.785.6/199.01
 :621.784.6.06

撃試験によると衝撃に対する抵抗は 200°C 焼戻の実用状態で 2.3C および 1.3C が SKD1 より大きい。一方圧縮破壊強度は 175°C の焼戻で全試料がほぼ同一の約 380kg/mm² となり、それ以下の場合では 2.3C, 1.3C, SKD1 の順に強度が低下し、それ以上の温度では焼戻軟化抵抗の大きいもの程強度は大となる。

(4) 耐摩耗性は 8%Cr 鋼では未溶解炭化物の量、すなわち C 量が増加するにつれて耐摩耗性は増加する。2.3C は SKD1 や SKH9 とほぼ同程度の耐摩耗性を示す。

文 献

- 1) 赤沢, 小田, 鈴木: 鉄と鋼, 50 (1964) 4, p. 673
- 2) 荒川, 小田, 鈴木, 林: 鉄と鋼, 50 (1964) 12, p. 1493

(175) 9%W-Cr-V 鋼系, Mn-Cr 鋼系 および Si-Mn 鋼系 バネ材料の 焼入剤による焼入効果および焼戻性等について

(バネ材料に関する研究—XIII)

熊本大学工学部 工博○堀 田 秀 次
 Study on the Quenching Effect in Several Media and the Temperability of Spring Materials made of 9%W-Cr-V Steel, Mn-Cr Steel and Si-Mn Steel.

(Study on the spring materials—XIII)

Dr. Hideji HOTTA.

1. 緒 言

バネ材料の研究として従来発表されたもの¹⁾²⁾があるが、著者は高温用バネ材料に関する研究として既往において種々の研究発表^{3)~7)}を行なつたが、前回の第12報⁸⁾においては 9%W-Cr-V 鋼系合金工具鋼 (SKD5) および Si-Mn 鋼系 (SUP7) については焼入性試験後の焼戻硬度分布試験、また 9%W-Cr-V 鋼系 (SKD5) には恒温熱浴処理および焼入焼戻の熱処理を施し、Si-Mn 鋼系 (SUP7) については、焼入焼戻を施したものであるについて、曲げ試験、圧壊試験および高温シャルピー衝撃試験その他について報告を行なつた。

今回はこれが第13報として高温用バネ材料として 9%W-Cr-V 鋼系 (SKD5) および Mn-Cr 鋼系 (SUP9) につき異なる焼入剤による焼入効果および焼戻性を調査し、併せて 9%W-Cr-V 鋼系 (SKD5), Si-Mn 鋼系 (SUP7) のほかに新たに Mn-Cr 鋼系 (SUP9) を追加し、9%W-Cr-V 鋼系 (SKD5) には、恒温熱浴処

理および焼入焼戻の熱処理を施し、Si-Mn 鋼系 (SUP7) および Mn-Cr 鋼系 (SUP9) には、いずれも焼入焼戻の熱処理を施したのにつき圧壊試験、曲げ試験ならびに高温衝撃試験等を施行したのでこれら諸試験の経過の概要を報告する。

2. 供 試 材 料

2.1 化学成分

供試材料は、次の Table 1 に示す化学成分を有する 9%W-Cr-V 鋼系 (SKD5), Si-Mn 鋼系 (SUP7) のほかにさらに Mn-Cr 鋼系 (SUP9) を追加試験した。

3. 試験の経過ならびに成績

3.1 焼入剤の相違による焼入効果

3.1.1 試験方法

9%W-Cr-V 鋼 (SKD5) と Mn-Cr 鋼 (SUP9) の両鋼種は、それぞれ 10φ×25mm, 15φ×40mm および 20φ×50mm の形状寸法に切削加工後 Mn-Cr 鋼 (SUP9) では、焼入温度 850°C×20min, 9%W-Cr-V 鋼 (SKD5) では焼入温度 1100°C×3min にそれぞれ保熱して、菜種油、ひまし油の植物油およびギア油の鉱物油に焼入した。焼入後中央部にて切断し研磨後、中心より円周方向に 2mm 間隔にてビッカース硬度を測定した。

3.1.2 試験結果

9%W-Cr-V 鋼 (SKD5) および Mn-Cr 鋼 (SUP9) の両鋼種につき菜種油およびひまし油の植物油に焼入れた場合の断面の焼入硬度分布は、いずれも断面直径が 10φmm, 15φmm および 20φmm と大となるにしたがい硬度は低く、ひまし油の方が菜種油に比して焼入効

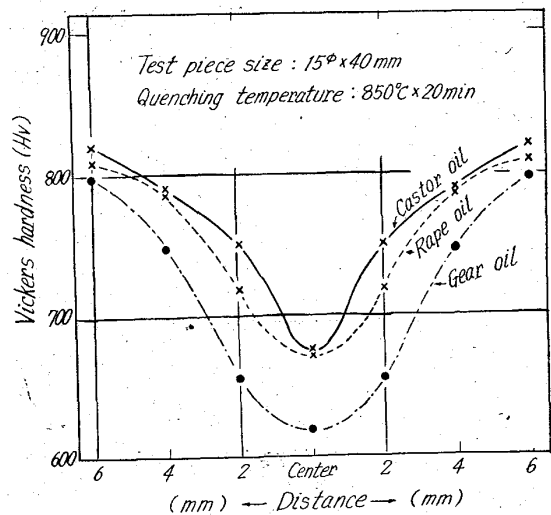


Fig. 1. Hardness curves of Mn-Cr Steel (SUP9) in several media.

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

Steels	JIS	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	V	Cu
Si-Mn Steel	SUP7	0.65	1.97	0.86	0.014	0.008	—	—	—	—	—
Mn-Cr Steel	SUP9	0.52	0.30	0.72	0.014	0.010	0.11	0.76	—	—	0.15
9%-W-Cr-V Steel	SKD5	0.29	0.17	0.29	0.025	0.013	—	2.45	9.10	0.41	0.09