

Table 2. Rockwell C scale hardness (HrC) by repeated water and air annealing (800°C × 5 mn)  
(High speed steel SKH 2)

No. of repeating of annealing	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Air annealing	54.1	40.2	39.4	37.6	37.4	37.7	37.6	36.4	35.5	35.2
Water annealing	55.5	45.0	39.6	41.1	38.2	38.5	37.2	36.9	36.4	35.2

#### a) 完全焼鈍温度の影響

焼入を施した SKH 2 および SKH 9 の試験片寸法 12φ × 15 mm につき、適当な完全焼鈍温度を定めるため、加熱温度をそれぞれ 750°, 800°, 850°, 900° ないし 950°C とし、各温度にいずれも 30 分間保熱後炉中徐冷を行い、いずれもそれぞれロツクウェル C スケール硬度 (HrC 値) およびピツカース硬度 (Hv 値) を測定した。本成績によると完全焼鈍温度 880°~900°C の硬度 (HrC 値) が SKH 2 および SKH 9 共に最小のそれぞれ 32.5 ないし 31.4 を示した。

#### b) 水鈍、空気鈍温度および冷却方法の影響

試験片寸法 12φ × 15 mm の SKH 2 および SKH 9 の油焼入のままならびに 700°, 750°, 800° および 900°C にそれぞれ加熱後、水鈍および空気鈍したもののロツクウェル C スケールおよびピツカース硬度を測定した。本成績によれば一般に各水鈍、空気鈍温度の硬度は焼入の儘より低く、焼鈍温度 700°, 750° および 800°C の順に軟化の程度大で変態点直下の 800°C より水鈍および空気鈍したものの硬度が最も低い。殊に空気鈍の方が水鈍よりも硬度がやゝ小である。ただし変態点を越した 900°C となると焼きが入るやうになつて却て硬度がいちじるしく上昇する傾向を示す。

#### c) 繰返し水鈍および空気鈍の影響

SKH 2 および SKH 9 の繰返し水鈍および空気鈍の温度を最低の硬度を示した温度たる各 800°C とし、5 分間の短時間保熱を 10 回繰返した場合と、連続 30 分間保熱の場合の各回毎に HrC 値と Hv 値を実測した結果は Table 2 に示すごとくで、SKH 2 では空気鈍回数 2~4 回で軟化し、5 回より 10 回までは繰返回数が増す程概ねやゝ軟化する。また SKH 9 では空気鈍回数 2 ないし 5 回で軟化する傾向があるが、これ以上空気鈍を繰返しても差程軟化は認められない。

#### d) 加熱温度 800°C における保熱時間の影響

高速度鋼 SKH 2 および SKH 9 の加熱温度をいずれも 800°C とし、これが保熱時間を 30 mn より 540 mn まで種々変化した場合の HrC 値と Hv 値を測定した結果、SKH 2 では保熱時間 120 mn までは保熱時間の

増加と共に軟化するが、240 mn 以上では保熱時間を増してもさして軟化しない。

#### (3) 顕微鏡試験

両高速度鋼を顕微鏡試験の結果、いずれも油焼入のものは概ね残留 austenite, martensite と複炭化物が存在し、これを 800°C より水鈍および空気鈍したものはがいして sorbitic pearlite と複炭化物等が存在する。

#### IV. 結 言

高速度鋼第 2 種および第 9 種の各油焼入したものを 800°C から水鈍および空気鈍すると、完全焼鈍法に比較すれば軟化は少いが機械加工の可能な硬さとなり、簡易迅速軟化法の目的をおおむね達しうる。

### (105) 高速度鋼の炭化物に関する研究 (I)

#### Study on Carbides in High Speed Steels (I)

S. Kimura, et alius.

日立金属工業、安来工場

工博 小柴 定雄・○木村 伸

#### I. 緒 言

高速度鋼中の炭化物については、古く Bain, Grossmann が、また最近では Kuo, Goldschmidt 等によつて研究がなされ、わが国では東北大、佐藤教授等によつて研究が行われつゝあるが、高速度鋼中の炭化物はきわめて複雑であり、なお多くの研究が必要である。

本研究では各種の高速度鋼について炭化物の挙動を究明する目的で、まず低 W 高速度鋼 (X 1) および低 W-Co 高速度鋼 (X 00) について、焼鈍組織、焼入組織ならびに焼戻組織中の炭化物を電解分離法によつて抽出し、炭化物の量、化学組成ならびに結晶構造等について検討した。

#### II. 試料および実験方法

実験に用いた試料の化学組成を Table 1 にしめす。また試料の熱処理は、

Table 1. Chemical composition of specimens.

Specimen No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	V	Mo	Co
A (X 1)	0.80	0.21	0.29	0.017	0.003	0.06	4.18	10.91	1.79	0.16	—
B (X 00)	0.83	0.14	0.49	0.024	0.004	0.05	3.70	12.24	1.82	0.23	4.35

Table 2. Metallographic analysis of carbides and ferrite (specimen No. A)

Heat treatment	Amount of carbide (wt%)	Composition of carbides (%)					Composition of ferrite (%)				
		C	Cr	W	V	Fe	C	Cr	W	V	Co
Annealed at 860~870°C	20.21	4.01	10.88	49.10	7.72	27.36	—	2.48	1.24	0.29	—
Quenched at 1270°C	8.44	2.73	3.47	26.91	2.09	60.48	0.63	4.25	9.44	1.76	—
Tempered at	300°C	9.13	4.60	3.95	38.54	2.51	46.75	0.42	4.20	8.13	1.72
	500°C	10.24	5.75	4.93	44.14	3.51	37.87	0.23	4.10	7.12	1.59
	575°C	14.46	4.64	8.79	46.05	6.38	30.42	0.15	3.40	4.97	1.02
	650°C	16.59	4.40	9.02	47.92	7.69	27.27	0.08	3.26	3.55	0.61
	750°C	18.80	4.10	10.56	49.53	7.60	26.77	0.04	2.70	1.97	0.44

Table 3. Metallographic analysis of carbides and ferrite (specimen No. B)

Heat treatment	Amount of carbide (wt%)	Composition of carbides (%)					Composition of ferrite (%)				
		C	Cr	W	V	Fe	C	Cr	W	V	Co
Annealed at 880~890°C	21.75	3.88	8.53	52.55	7.14	25.37	—	2.35	1.04	0.35	5.25
Quenched at 1280°C	9.80	2.44	2.95	37.64	2.67	49.71	0.68	3.79	9.50	1.73	4.58
Tempered at	300°C	9.86	4.78	3.13	42.57	2.98	40.61	0.40	3.77	8.93	1.70
	500°C	10.85	5.85	4.12	46.71	3.96	35.48	0.22	3.65	8.01	1.56
	575°C	17.54	4.13	7.26	48.30	5.87	27.75	0.13	2.95	4.57	0.96
	650°C	19.20	4.00	7.56	50.03	7.02	26.96	0.07	2.78	3.25	0.58
	750°C	21.04	3.87	8.01	51.40	7.09	25.78	0.03	2.55	1.81	0.42

焼鈍: A (X 1) ... 860~870°C × 4~5 h.  
 B (X 00) ... 880~890°C × 4~5 h.  
 焼入: A ... 1270°C 油冷. B ... 1280°C 油冷.  
 焼戻: 300, 500, 575, 650°C および 750°C × 1 h  
 なお電解分離における装置は佐藤教授等の使用されたものと同様な装置を用い、塩酸法によつた。その電解条件は、

電流密度: 10 mA/cm<sup>2</sup>  
 電解液: 0.2 NHCl + 5% クエン酸  
 電解時間: 20~50 h  
 試料寸法: 10 mm φ × 90 mm

III. 実験結果

2 種類の高速度鋼の各熱処理試料から電解分離法によつて電解抽出した炭化物の化学分析結果、ならびにこの炭化物の量および化学組成から計算によつてもとめた基質の化学組成をしめすと Table 2 および Table 3 のごとくである。

また Table 2 および Table 3 の結果から、各種熱処理による炭化物量および合金・元素の炭化物への濃縮率の変化をしめすと Fig. 1 および Fig. 2 のごとくで

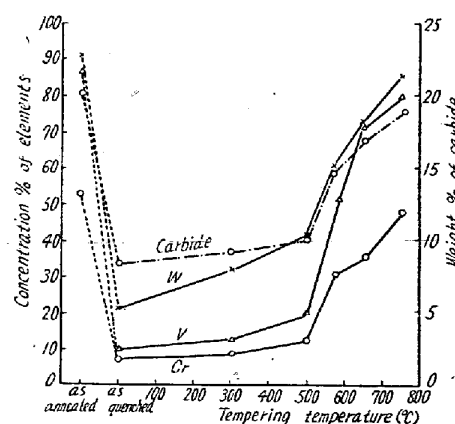


Fig. 1. Relation between tempering temperature and concentration percentage of elements in carbides, weight percentage of carbide. (specimen No. A)

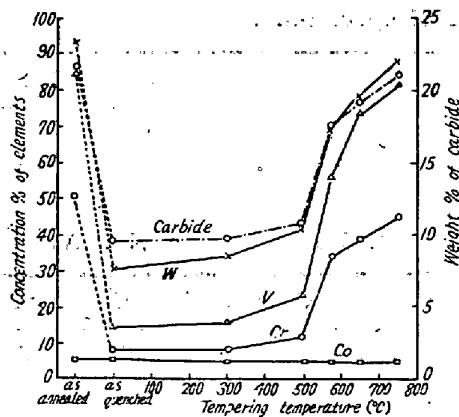


Fig. 2. Relation between tempering temperature and concentration percentage of elements in carbides, weight percentage of carbide. (specimen No. B)

ある。

なお炭化物の X 線分析結果は、焼入状態では W を主体とする未溶解炭化物  $M_6C$  のみが存在し、 $300^\circ C$  以上の焼戻においては  $M_6C$  のほかに V を主体とする特殊炭化物 MC の存在をみとめ、焼鈍状態では  $M_6C$ , MC のほかに Cr を主体とする  $M_{23}C_6$  の存在をみとめた。

さらにこれらの電解抽出炭化物を電子顕微鏡によつて観察した結果、焼入状態では比較的粒度の大きい炭化物のみが存在し、この未溶解炭化物が一部遊離炭素を包含した形状をしめしている。 $300^\circ C$  以上の焼戻によつて微細な薄片状炭化物が析出して焼戻温度の上昇とともにこれらが凝集し、 $575^\circ C$  付近で粗大な炭化物となつてくる。さらに焼戻温度が上昇すると、ふたたび新しい微細な薄片状あるいは針状炭化物を析出、一部凝集を行なつており、焼鈍によつて粒度は比較的均一となり球状化してくる。

#### IV. 結 言

以上低 W 高速度鋼 (X 1) および低 W-Co 高速度鋼 (X 00) の、各熱処理試料の炭化物を電解抽出して化学分析、X 線分析を行い、その化学組成、構造を究明し、さらに電子顕微鏡によつて炭化物を観察した結果。

(1) Co の有無による鋼種の差異は、Co を含有する X 00 鋼が炭化物量および焼入のさい基質の C 量がわずかに高いほかあまり差異がない。また Co はほとんど基質に固溶し熱処理によつても変化しない。

(2) 焼入によつて、焼鈍における炭化物量の約 40% が未溶解炭化物として残存し、60% は基質に固溶する。この未溶解炭化物はほとんど  $M_6C$  である。

(3)  $300^\circ C$  以上の焼戻では MC ( $V_4C_3$ ) の析出が

みとめられた。

(4) 低温焼戻においても炭化物反応は進行し、微細な薄片状炭化物を析出している。

(3)  $575^\circ C$  付近から炭化物量が急増し、炭化物中の各元素含有率も増加し、合金元素の炭化物への濃縮率が増大する。また炭化物の凝集最大となり粗大炭化物となる。

(6) さらに高温焼戻によつて粗大炭化物の分解あるいは微細な薄片または針状の炭化物を析出、凝集して、炭化物量も次第に増加し焼鈍における平衡状態に近づく。

(7) 焼鈍状態では  $M_6C$ , MC のほか  $M_{23}C_6$  の析出をみとめ、炭化物の形状も粒度均一となり球状化する。なお焼鈍状態における各元素の炭化物への濃縮率は Cr 50~55%, W 90~95%, V 85~90%, Co 5% で、W, V はほとんど炭化物中へ濃縮している。

### (106) 実用特殊鋼中の炭化物の電解分離による研究 (VIII)

(高速度鋼の炭化物について—その 2)

Study on Carbides in Commercial Special Steels by Electrolytic Isolation (VIII)

(Carbides in High Speed Steels, part 2)

T. Nishizawa et alii.

東北大学工学部金属工学科

工博 佐藤知雄・工〇西沢泰二・村井弘佑

#### I. 緒 言

前報において、W-Cr-V 系高速度鋼の焼鈍組織および焼入組織中に存在する炭化物は、W を多量に含有する  $M_6C$  と、V を多量に含有する MC、ならびに Cr, W の複炭化物  $M_{23}C_6$  の三種類の炭化物よりなることを明かにした。本研究においては、さらに二三の高速度鋼の炭化物について同様の実験を行い、炭化物の量と組成、結晶構造を決定するとともに、これらの結果を総合して高速度鋼中に存在する  $M_6C$ , MC ならびに  $M_{23}C_6$  の量比および化学組成について考察を行った。

#### II. 研究結果

(1) 各種の高速度鋼中に存在する  $M_6C$ , MC ならびに  $M_{23}C_6$  の量比

Table 1 に示すごとき組成の高速度鋼の焼鈍組織ならびに焼入組織中より電解分離した炭化物は、いずれも  $M_6C$  と MC ならびに  $M_{23}C_6$  の三種類の炭化物よりなることが X 線的に確認された。