

**(81) 高 W 高速度鋼および Mo 高速鋼度における熱処理と炭化物の挙動について**

(高速度鋼の炭化物に関する研究—Ⅱ)

Behavior of the Carbides and Heat-Treatment in the High-W and Mo High-Speed Steels

(Study on carbides in high speed steels—Ⅱ)

S. Kimura, et alii.

日立金属工業安来工場

工博 小柴定雄・○木村 伸・理 原田英樹

**I. 結 言**

各種の高速度鋼中における炭化物の挙動を究明する目的で、前報において、低 W 高速度鋼および低 W-Co 高速度鋼中の各組織における炭化物を電解分離法によつて抽出し、炭化物の量および化学組成、構造ならびに形状などについて報告したが、本報告では、さらに高 W 高速度鋼および Mo 高速度鋼について、同様に焼鈍組織ならびに焼入、焼戻組織中の炭化物中を電解分離し、炭化物の量と組成、結晶構造などについて検討した。

**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

焼鈍: D 860~870°C × 3h

E 870~880°C × 3h

焼入: D 1280°C 油冷

E 1250°C 油冷

焼戻: 300, 500, 575, 650°C および 750°C × 1h

なお電解分離における装置は前報と同様で、佐藤教授等の使用されたものとほぼ同様な装置を用い、塩酸法によつた。その電解条件も前報と同様で

電流密度: 10mA/cm<sup>2</sup>

電解液: 0.2N-HCl+5% ケエン酸

電解時間: 20~50h

試料寸法: 10mm φ × 80mm

**III. 実験結果**

2種類の高速度鋼の各種熱処理試料から、上記の実験方法にしたがつて、電解分離法により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状態における各合金元素の炭化物への濃縮率(試料中の含有量に対する炭化物中の含有量の百分比で表わしたものを)をしめすと Fig. 1 および Fig. 2 のごとくである。

なお炭化物の X 線分析結果については、焼入状態では、試料 No. D では W を主体とする未溶解複炭化物 M<sub>6</sub>C のみが存在するが No. E では、このほかに V を主体とする特殊炭化物 MC が一部存在することを認めた。また焼戻によつて試料 D では 750°C 焼戻から M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> の析出をみとめ、E では MC の増量とともに 575°C 焼戻から同様に M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> の析出を認めた。そして焼鈍状態では、ともに M<sub>6</sub>C, MC, M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> の三者が共存しており、M<sub>6</sub>C が主体で 86~94% をしめている。

Table 1. Chemical composition of specimens.

Specimen No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V
D	0.79	0.16	0.29	0.018	0.005	0.08	4.06	17.88	0.51	0.80
E	0.86	0.13	0.29	0.022	0.006	0.03	3.85	7.19	4.91	1.47

Table 2. Metallographic analysis of carbides and matrix. (specimen No. D)

Heat treatment	Amount of carbide (wt %)	Composition of carbides (%)					Composition of matrix (%)					
		C	Cr	W	Mo	V	C	Cr	W	Mo	V	
Annealed at 860~870°C	30.00	2.63	10.37	57.25	1.35	2.17	—	1.36	1.00	0.14	0.21	
Quenched at 1280°C	14.04	2.14	2.34	43.05	1.29	1.08	0.57	4.34	13.77	0.38	0.76	
Tempered at	300°C	16.54	2.41	2.45	46.24	1.31	1.04	0.47	4.37	12.26	0.35	0.75
	500°C	18.08	2.95	3.69	49.60	1.41	1.12	0.32	4.14	10.88	0.32	0.73
	575°C	23.54	3.03	6.60	54.93	1.38	1.97	0.10	3.28	6.47	0.25	0.44
	650°C	25.86	2.94	7.76	55.22	1.40	2.11	0.04	2.77	4.86	0.20	0.34
	750°C	29.32	2.67	9.23	55.85	1.33	2.14	0.01	1.90	2.12	0.17	0.24

Table 3. Metallographic analysis of carbides and matrix. (specimen No. E)

Heat treatment	Amount of carbide (wt %)	Composition of carbides (%)					Composition of matrix (%)					
		C	Cr	W	Mo	V	C	Cr	W	Mo	V	
Annealed at 870~880°C	22.85	3.78	9.85	29.75	19.40	5.36	—	2.07	0.51	0.62	0.32	
Quenched at 1250°C	10.03	2.39	3.09	21.54	16.25	2.35	0.68	3.93	5.59	3.65	1.37	
Tempered at	300°C	11.57	3.91	3.11	26.72	17.46	2.91	0.46	3.95	4.64	3.27	1.28
	500°C	12.88	4.73	3.66	28.49	18.26	3.42	0.29	3.88	4.04	2.94	1.18
	575°C	17.67	4.19	7.19	28.52	20.52	3.91	0.15	3.13	2.61	1.55	0.95
	650°C	19.89	4.02	8.35	28.96	20.45	4.58	0.07	2.73	1.79	1.05	0.70
	750°C	21.84	3.80	9.16	29.03	19.52	5.06	0.04	2.37	1.09	0.83	0.46

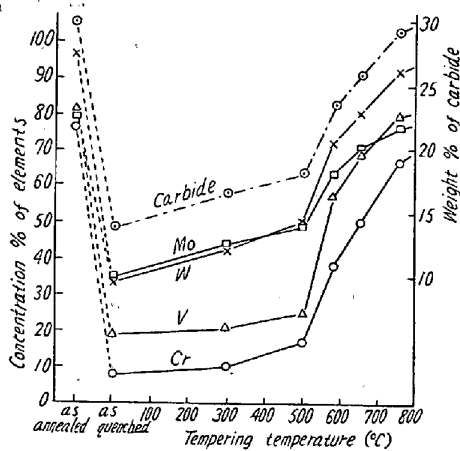


Fig. 1. Relation between tempering temperature and concentration percentage of elements in carbides, weight percentage of carbide. (specimen No. D)

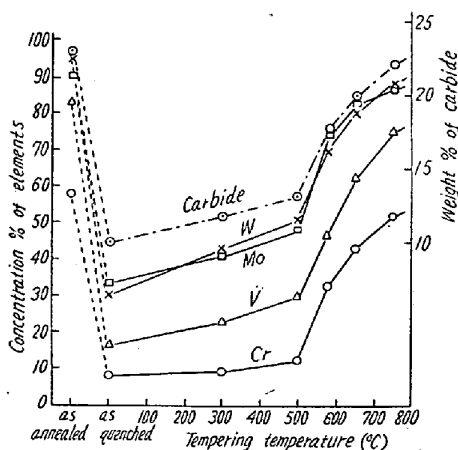


Fig. 2. Relation between tempering temperature and concentration percentage of elements in carbides, weight percentage of carbide. (specimen No. E)

さらにこれらの電解抽出した粉末状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、低温焼入においても微細な炭

化物が析出しており、焼入温度の上昇とともに析出、凝集を行い 575°C 付近で粗大な炭化物を形成している。さらに焼入温度の上昇によりふたたび新しい微細な炭化物を析出し、焼鈍によつて球状化している。

#### IV. 結 言

以上高W高速度鋼およびMo高速度鋼の各種熱処理試料の炭化物を電解分離し、化学分析、X線分析によつて炭化物の組成、構造を究明し、電顕によつて観察した結果、

(1) 焼鈍状態における炭化物量はW量に比例して多く、高W高速度鋼では30%で、Mo高速度鋼もW量は低いがMoが代用として作用し約23%存在し低W高速度鋼に匹敵している。いずれも $M_6C$ が主体で、これにMCおよび $M_{23}C_6$ が存在し、W、Mo、Vの炭化物への濃縮率は、それぞれ95%、80~90%、80%をしめし、炭化物の形状は球状化している。

(2) 焼入によつて焼鈍時の炭化物量の55~60%が基質に固溶し、40~45%が未溶解炭化物として残存している。この未溶解炭化物の高W高速度鋼では約14%で、 $M_6C$ のみであるが、Mo高速度鋼では炭化物量約10%で、 $M_6C$ のほかMCがわずかに存在している。炭化物の形状は、比較的粒度の大きいもののみが残存している。

(3) 焼入によつて炭化物の析出量は増加する。とくに575°C付近から析出量急増し、焼入温度の上昇とともに焼鈍状態の炭化物量および化学組成に近くなる。高W高速度鋼では750°Cから $M_{23}C_6$ が析出し、Mo高速度鋼ではMCの増量とともに575°Cから $M_{23}C_6$ が析出しはじめる。低温の焼入においても微細な炭化物を析出、凝集を行い、575°C付近では粗大な炭化物を形成しており、高温焼入ではさらに新しい微細な炭化物が析出している。