

(82) 高速度鋼の焼入条件と炭化物の挙動について

Behavior of Carbides in Quenching Process of High-Speed Steel

K. Tsuji, et alius.

神戸製鋼所大久保工場

工〇辻 克巳・永見 晋

I. 緒 言

高速度鋼の炭化物については近年多くの研究が行われているが、高速度鋼には M_6C , $M_{23}C_6$, MC の三種類の炭化物が存在することが明らかにされている。これら炭化物はその形状分布状態が直接高速度鋼の諸性質に影響をおよぼすばかりでなく焼入加熱の際 matrix に溶解し matrix の成分に影響を与え、ひいては matrix の組成により定まる高速度鋼の焼入特性および焼戻特性に影響をおよぼす。

本研究においては現在最も普通に使用されている 18-4-1 型高速度鋼を対象として、これを実用範囲で温度および時間を変えて加熱するとともに冷却方法を変えて焼入し、その間に生起する炭化物の溶解ならびにこれともなう matrix の組成変化について検討した。

II. 試料および実験方法

実験に使用した試料の分析値は Table 1 にしめす通りである。

まず焼入加熱温度および時間の影響を見るために $10\phi \times 50\text{mm}$ の大きさの試験片を

1170°C, 1190°C, 1210°C, 1230°C, 1250°C,
1270°C, 1290°C, 1310°C

の各温度でそれぞれ

1mn, 1.5mn, 2.5mn, 4mn, 7mn, 12mn と時間を変えて加熱した後油冷した。つぎに冷却速度の影響を検べるため、同じ大きさの試験片を 1280°C, 3mn 加熱した後、灰冷, 空冷, 鉛冷 (500°C), 油冷, 水冷と冷却方法を変えて焼入した。焼入した試験片は下記の電解条件が炭化物を電解抽出し、未溶解炭化物の量を測定するとともに抽出炭化物の組成, 形状, 結晶構造などを調べた。

電解条件 電解液 HCl 1
H₃PO₄ 1

アルコール 8
電流密度 0.3A/in²
電解時間 10h

Table 1. Chemical composition of specimen.

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	W	V
0.75	0.17	0.30	0.019	0.012	0.09	0.10	4.17	0.40	18.24	0.97

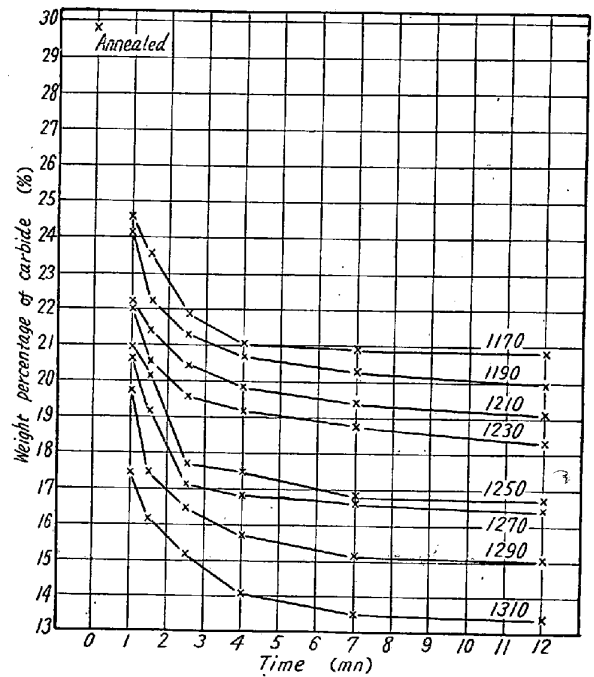


Fig. 1. Weight percentage of total carbides in 18-4-1 high speed steel after oil quenching.

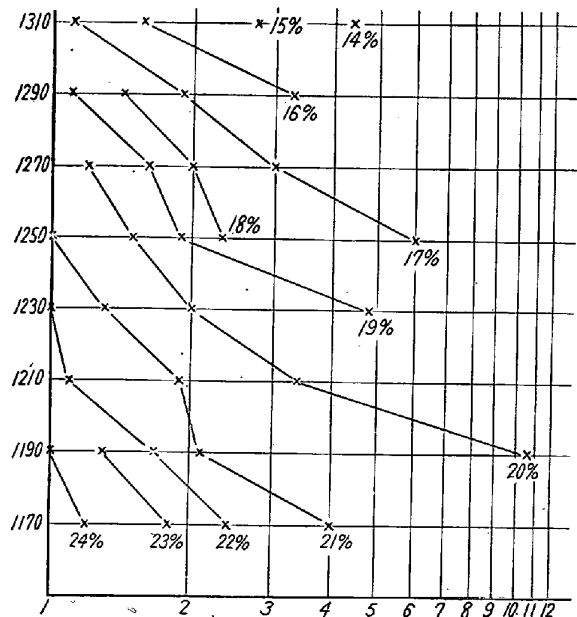


Fig. 2. Relation between austenitizing temperature and time for carbides dissolution.

III. 実 験 結 果

(1) 焼入温度および加熱時間の影響

18-4-1 高速度鋼は焼鈍状態で 30% 近くの炭化物が存在するが、焼入温度に加熱した場合 Fig. 1 のごとく時間の経過とともに炭化物に逐次 matrix に溶解し約 4 mn で未溶解炭化物の量はほぼ一定量に達する。これより同一炭化物量に対する温度および時間の対数をグラフにとれば Fig. 2 のごとくほぼ直線的な関係をしめす。つぎにこれら未溶解炭化物の組成を化学分析により求め、未溶解炭化物の量および炭化物中の各元素の分析値から計算により matrix の組成を求めたが、これを Table 3 にしめす。

未溶解炭化物の組成は焼入温度および時間により若干異なるがその変化は僅少である。matrix の組成は焼入温度の上昇とともに C および W が増加する。また一定の焼入温度に保持した場合加熱後 4mn までは W が逐次増加し 4mn でほぼ一定値に達する。C は時間の経過とともにわずかつつ増加してくる。Cr は 2.5mn まで減少しその後ほぼ一定値に達す。V, Mo はほとんど変化がない。

また抽出炭化物を X 線分析した結果焼鈍状態では Cr を主成分とした炭化物 $M_{23}C_6$ が認められるが焼入状態ではこれは完全に matrix に溶解する。なお焼入後未溶解のまま残留する炭化物のほとんどは W を主成分とした複炭化物 M_6C で焼入加熱温度および時間が変わっても結晶構造に変化は認められない。

(2) 冷却速度の影響

高速度鋼を 1280°C に 3mn 間加熱し油焼入した場合 16.5% 程度の未溶解炭化物が認められている。今同じく 1280°C に 3mn 加熱し同じ様に炭化物を austenite 中に溶解しても焼入冷却方法が異なれば Table 4 のごとく未溶解炭化物の量は変化し、冷却速度が早くなるにつれて未溶解炭化物の量は少くなる。

なお空冷した場合の同一炭化物量に対する温度時間線図は油冷の場合と大差ないがやはり若干右につれる傾向をしめす。つぎに灰冷、空冷、鉛冷、油冷、水冷と冷却方法を変えて焼入した場合の未溶解炭化物の組成ならびに計算により求めた matrix の組成を Table 5 にしめす。これによると加熱条件は等しくても冷却方法が変れば抽出炭化物の組成は若干変るし、また matrix の組

Table 2. Chemical composition of carbide and matrix in annealed steel.

Amount of carbide (wt %)	Composition of carbide						Composition of matrix				
	C	Fe	Cr	V	W	Mo	C	Cr	V	W	Mo
29.828	2.35	30.73	7.73	2.90	55.30	0.90	0.06	2.66	0.15	2.49	0.19

Table 3. Chemical composition of carbide and matrix in quenched steel.

Austenitizing temperature	Holding time	Composition of carbide						Composition of matrix				
		C	Fe	Cr	V	W	Mo	C	Cr	V	W	Mo
1290°C	1 mn	2.30	28.33	2.85	2.02	63.47	1.02	0.37	4.95	0.71	7.15	0.25
〃	2.5	2.17	28.31	2.79	1.97	63.77	1.01	0.47	4.44	0.77	9.32	0.28
〃	4	2.12	28.27	2.76	1.94	63.93	0.96	0.49	4.43	0.79	9.71	0.30
〃	7	1.98	28.27	2.75	1.91	64.12	0.92	0.53	4.42	0.80	10.06	0.31
〃	12	1.85	27.45	2.71	1.91	65.17	0.90	0.56	4.43	0.80	9.92	0.31
1170°C	12 mn	2.32	28.89	2.97	2.09	62.64	1.03	0.34	4.48	0.67	6.56	0.23
1190	〃	2.31	28.86	2.96	2.07	62.71	1.02	0.36	4.47	0.70	7.17	0.25
1210	〃	2.17	28.75	2.94	2.04	63.11	0.93	0.41	4.46	0.72	7.75	0.28
1230	〃	2.12	28.28	2.89	1.97	63.81	0.91	0.44	4.46	0.75	8.02	0.28
1250	〃	1.98	28.30	2.77	1.94	64.08	0.91	0.50	4.45	0.78	9.02	0.30
1290	〃	1.85	27.45	2.71	1.91	65.17	0.90	0.56	4.43	0.80	9.92	0.31

Table 4. Weight percentage of total carbide in 18-4-1 high speed steel quenched in various media.

Ash	Air	Lead (500°C)	Oil	Water
18.265	17.383	16.903	16.495	14.802

Table 5. Chemical composition of carbide and matrix after quenching in various media.

Quenching media	Composition of carbide						Composition of matrix				
	C	Fe	Cr	V	W	Mo	C	Cr	V	W	Mo
Ash	2.16	28.09	2.88	2.24	63.65	0.90	0.43	4.46	0.69	8.09	0.29
Air	2.04	28.04	2.85	1.98	64.11	0.90	0.48	4.45	0.76	8.59	0.29
Molten lead	2.11	27.69	2.65	1.84	64.80	0.88	0.47	4.48	0.97	8.77	0.30
Oil	2.00	27.95	2.82	1.84	64.43	0.90	0.50	4.44	0.80	9.12	0.30
Water	1.96	24.41	2.60	1.84	68.25	0.90	0.53	4.39	0.81	9.44	0.31

成も変化する。

IV. 実験結果の考察

18-4-1 高速度鋼を实用範囲で焼入温度および時間を変えて加熱したが、炭化物の中 $M_{23}C_6$ は完全に matrix に溶解し M_6C , MC が一部未溶解のまま残留する。K. Bungardt および R. Oppenheim によれば高速度鋼中のこれら炭化物 M_6C および MC は加熱温度ならびに時間を変つてもこの中のいずれかが選択的に matrix に溶解するという事はなく両者は同じ割合で溶解して行き、また温度時間を変つても未溶解炭化物の結晶格子の変化は認められず、未溶解炭化物の組成は焼入温度、時間に関係なくつねに一定であると述べている。本実験の結果も未溶解炭化物の組成は加熱温度、時間により多少の変動はあるがきざられた範囲内でほぼ一定と見做し得る。このように炭化物の組成が焼入温度時間に関係なく一定であるとすれば、一つの高速度鋼については matrix の組成というものはまったく炭化物の溶解量のみにより定まり、焼入温度および時間を変つても炭化物の溶解量が等しければ matrix の組成は等しく、したがって matrix の組成により定まる高速度鋼の熱処理硬度特性は等しいと考えられる。

実際の高速度鋼工具の熱処理において、材質の欠陥のため局部的溶融を生じ焼入温度が上げられない場合があり、また形状的にみて焼割れを生じやすく温度を上げられない場合がある。このような場合温度を下げて而も同一の熱処理硬度を得るのに Fig. 2 の同一炭化物量に対する温度時間線図を利用すればこの温度に対する加熱時間を求めることができる。なお高速度鋼は自硬性が強くこれを焼入温度に加熱放冷するだけで容易に硬化するた

め一般に高速度鋼の焼入では冷却速度は軽視されがちである。しかし加熱条件を同じくし炭化物の austenite への溶解量が同じであつても冷却方法が変れば冷却過程において析出する炭化物の量が変わるため matrix の組成は変化し熱処理硬度特性は変つてくる。

(83) Mo-, W-Mo- および Co-高速度鋼の炭化物について

(实用特殊鋼中の炭化物の電解分離による研究—Ⅸ)

On Carbides in Mo-, W-Mo- and Co-High Speed Steels

(Study on carbides in commercial special steels by electrolytic isolation—Ⅸ)

T. Sato, et alii.

東北大学工学部金属工学科

工博○佐藤知雄・工西沢泰二・工村井弘佑

I. 緒 言

前報 (Ⅶ, Ⅷ) において、各種の W-Cr-V 系高速度鋼中の炭化物を電解分離し、その諸性質 (存在量, 組成, 結晶構造, 硬度, 比重など) についての測定結果を報告したが、さらにひきつづいて、Table 1 にしめすような化学組成の Mo 高速度鋼 (0-9-4-2 型), W-Mo 高速度鋼 (6-5-4-2 型) および 2 種類の Co 高速度鋼 (SKH 4) の焼鈍組織ならびに焼入組織中に存在する炭化物について同様の実験を行い、高速度鋼における Mo および Co の役割を追究した。

Table 1. Chemical composition of specimens.

Steel	C	Si	Mn	P	S	W	Mo	Cr	V	Co
Mo	0.90	0.30	0.36	0.021	0.027	—	9.55	4.55	2.19	—
W-Mo	0.89	0.26	0.42	0.030	0.025	6.72	4.73	4.49	2.51	—
Co-No. 1	0.84	0.27	0.34	0.023	0.026	21.89	—	4.23	1.40	12.10
Co-No. 2	0.45	0.22	0.31	0.025	0.023	19.24	—	4.60	1.45	19.60