高速度鋼の熱處理硬度におよぼす炭素の影響

片 桐 幸 吉* 町 耕 一*

Koukichi Katagiri and Kouichi Machi: On the Effect of Carbon Content High Speed Steel.

Quenched and tempered hardness, micro-structure and grain size of the high speed steel (16-4-1 type) were studied. The carbon content of the specimen varied from 0.63 to 0.92 %. The specimens were oil-quenched after heating for 1 min, at various temperatures from 1260 to 1290°. From this research, the following results were obtained.

1. The quenched hardness is lower, as the carbon content of the steel is higher, and as the quenched temperature is higher. 2. The tempering temperature, at which the steel gains the highest secondary hardness, is higher as the carbon content is higher and as the quenched temperature is higher. 3. High speed steel partially melts above 1270° when the carbon content is 0.90 %. 4. All specimens quenched at the same temperature gain nearly the same hardness when the specimen is tempered at a special temperature.

(Received February 11, 1954)

I. 緒 言

高速度鋼の焼入焼戻硬度におよぼす含有炭素量の影響については、既に 1900 年ごろから相當多くの實驗結果が發表されているが、いづれも斷片的であり、近年、菊田、小柴兩博士は炭素量 0.27~1.00 % の 18-4-1 型高速度鋼について、焼入温度と焼入直後の硬度との関係および 1290° 焼入の場合の焼戻温度の影響を求めておられる⁽¹⁾。また Bain は 0.38 %, 0.50 %, 0.60 % の炭素量の 18-4-1 型高速度鋼について、焼入温度と焼戻温度の影響を求めている⁽²⁾。最近になつては Grobe と Roberts は 18-4-1 型高速度鋼に對し、同様な影響を 0.52~0.78 % C の 6 試料について求めている⁽³⁾。

しかし、いづれも研究した炭素含有量範圍の廣い割に試料の種類が少なかつたり、實用炭素量範圍から外れていて實際作業に當り不明の點が多く、從來の研究のみでは豫想に反することが多い。著者は品質管理上から焼入焼戻後の硬度と焼入温度、焼戻温度との關係の研究を痛感したので

切削工具に必要な炭素量 0.63~0.92 % の範圍でさらに詳細な研究を行つた。下記はその研究の概要である。

II. 試料および試験方法

試験に使用した高速度鋼は不二越鋼材工業株式會社東富山製鋼所で 500 kg 高周波爐で熔解した 170 kg 型鋼塊で

Table 1 Chemical composition of the specimens prepared.

Specimen	Chemical composition (%)							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V
No. 1	0.63	0.35	0.39	0.028	0.030	4.15	16.23	1.12
No. 2	0.65	0.29	0.34	0.025	0.017	3.97	15.34	1.15
No. 3	0.70	0.28	0.41	0.028	0.021	4.17	15.21	1.16
No. 4	0.73	0.28	0.40	0.029	0.019	4.14	16.42	1.18
No. 5	0.75	0.27	0.41	0.026	0.015	4.09	16.04	1.17
No. 6	0.78	0.27	0.39	0.025	0.012	4.10	16.52	1.13
No. 7	0.81	0.34	0.40	0.026	0.013	4.07	15.93	1.14
No. 8	0.83	0.28	0.44	0.021	0.017	4.09	16.31	1.12
No. 9	0.85	0.29	0.34	0.025	0.034	4.22	15.70	1.12
No. 10	0.88	0.31	0.39	0.027	0.014	4.07	16.15	1.10
No. 11	0.90	0.32	0.43	0.025	0.021	3.95	16.05	1.20
No. 12	0.92	0.33	0.43	0.022	0.030	4.01	15.94	1.07

×300

(a) Specimen No. 3 (0.70% C)

×300

(b) Specimen No. 7 (0.81% C)

×300

(c) Specimen No. 10 (0.88% C)

Fig. 1 Micro-structure of the specimens prepared (annealed).

* 不二越鋼材株式會社

(1) 菊田, 小柴, 本誌, 7 (1943), 354.

(2) M. A. Grossmann. E. C. Bain. *High Speed Steel*, (1930).

(3) A. H. Grobe, G. A. Roberts, *Trans. A. S. M.*, 45 (1953), 475.

約 100 mm 角に鍛鍊した後 15~20 mmφ に壓延し約 900° に焼鈍したものである。硬度はいづれもロックウェル B 98~100 で、鍛鍊によつて複炭化物共晶を完全に破壊分散したものである。その代表的な顯微鏡組織を Fig. 1 に示す。化學成分は Table 1 の通りで、C 0.63 % から

C 0.92 % にわたり、12 種類の試料を採つた。試験片寸法は 10 mm×10 mm×10 mm の立方體である。焼入は 1 個づつ針金で結び、BaCl₂ のソルトバス中にて各温度に 1 分間保持後油焼入を行つた。焼戻は NaNO₃ のソルトバス中で各温度に 30 分保持し空冷した。焼入温度は 1260°, 1270°, 1280°, 1290° の 4 種類を選び、焼戻温度は常温から

500° までは 100° 置き、500° から 600° までは 10° おきにとつた。

III 実験結果

1. 同一焼戻温度について

同一焼戻温度について炭素含有量と焼入焼戻温度との関

係を求めた。その結果を Fig. 2~Fig. 17 に示す。縦軸に硬度をロックウェル C で、横軸に炭素含有量を % で示した。この結果によれば (1) 焼入直後および 300° までは焼入温度の低いほど硬度が高くなつており、100° 焼戻では焼入直後より約 Rc 0.3~1.8 高くなつてゐる。200° 以上では焼戻温度の高いほど硬度は低い。300~400° 焼戻では硬度は最低で、500° ではやや高い。400° から 500° までは焼戻温度の上昇に従つて焼入温度の高いものほど早く硬度が高くなり、500° で硬度の順序は大體焼入直後の順序と逆になつてゐる。

(2) 焼戻温度 300° まで

Fig. 2 Quenched.

Fig. 3 Tempering temperature 100°.

Fig. 4 Tempering temperature 200°.

Fig. 5 Tempering temperature 300°.

Fig. 6 Tempering temperature 400°.

Fig. 7 Tempering temperature 500°.

Fig. 8 Tempering temperature 510°.

Fig. 9 Tempering temperature 520°.

Fig. 10 Tempering temperature 530°.

は焼入温度にかかわらず炭素量の高いほど硬度低く、焼入温度の高いほど炭素量による硬度差が大きい。焼入温

度が上昇すると硬度は下る。これは焼入温度と炭素量に無関係である。

Fig. 11 Tempering temperature 540°.

Fig. 12 Tempering temperature 550°.

Fig. 13 Tempering temperature 560°.

Fig. 14 Tempering temperature 570°.

Fig. 15 Tempering temperature 580°.

Fig. 16 Tempering temperature 590°.

Fig. 17 Tempering temperature 600°.

度 400~500° では焼入温度の高いものから硬度の上昇が起つていて、0.85 % C 以下のものは 500° で硬度の順序が逆轉しているが 0.90 % C 以上ではその逆轉温度はさらに高い。焼入温度が 500° 以上では二次硬化が始まり、その硬度上昇は炭素含有量の大なるほど著しい。

(3) 540° を越えると低炭素のものは硬度が下り始めるが、高炭素のものは依然硬度の上昇を續け、570°, 580° で最大硬度となり 590° から下り始め、600° からは全般的に硬度が下る。

2. 同一焼入温度について

同一焼入温度のものについて焼入温度と硬度との関係をとると Fig. 18~21 の如くなる。この結果によれば

(1) 焼入温度 100° で硬度は極大となり、さらに焼入温

(2) 焼入温度 300~400° で硬度は最低となる。これも焼入温度および炭素量に無関係である。

(3) 本実験の炭素量範囲では各焼入温度において炭素含有量に差があつても硬度のほとんど同一になる。焼入温度があり、その温度は焼入温度が高いほど少々高い。その温度を Table 2 に示す。

(4) 炭素含有量の高いほど二次硬度は

Table 2

Quenching temp. (°C)	Tempering temp. (°C)	Hardness (Rc)
1260	520	62.3~63.0
1270	530	62.8~63.2
1280	530	63.5~64.2
1290	540	63.8~64.8

高く、かつ最高硬度を得る焼入温度は高くなる。

(5) 以上の結果は炭素含有量 0.90 % では小柴博士⁽¹⁾および Grobe⁽³⁾の結果よりも焼入による硬度變化大であり、0.60~0.70 % C では小柴博士の結果よりも硬度高く Grobe の結果に近い。

IV. 顯微鏡組織について

本研究範囲の炭素量および焼入温度では顯微鏡組織について特記すべき点はないが、炭素量が高くなるほど、また焼入温度の高くなるほど針状マルテンサイトが粗くなる。すなわち 1280° 焼入では 0.92 % C のものは結晶粒界が一部熔融した組織を示し、0.88~0.90 % C のものは粗い針状マルテンサイト、0.85 % C 以下のものは微細なマルテンサイトである。代表的な顯微鏡組織を Fig. 22 に示す。

なお焼入直後のオーステナイト粒度は炭素量高く、焼入温度の高いほど大きく、炭素量よりも焼入温度の影響が大

V. 結 論

Fig. 18 Quenching temperature 1260°.

Fig. 19 Quenching temperature 1270°.

Fig. 20 Quenching temperature 1280°.

Fig. 21 Quenching temperature 1290°.

きい。この関係を Fig. 23~24 に示す。Fig. 24 に示す数字は倍率 440 倍で顕微鏡の一視野の任意の直径の横断する結晶数である⁽⁴⁾。

(4) 高速度鋼の結晶粒度は一般に實長 0.005" の線を切る結晶粒の数であらわすから、その数値に換算するには Fig. 24 の数字に 0.378 を掛ければよい。

高速変鋼(16-4-1 型)において、その含有炭素量と焼入温度、焼戻温度とが硬度に及ぼす影響を詳細に検討した。そ

(2) 焼戻温度 300~400° で硬度は最低となる。これは焼入温度および炭素含有量に關係ない。

(a) Specimen No. 3(0.70%C)
Quenched from 1280°
and 560° tempered.

(b) Specimen No. 5(0.75%C)
Quenched from 1280°
and 560° tempered.

(c) Specimen No. 10(0.88%C)
Quenched from 1280°
and 560° tempered.

Fig. 22 Micro-structure of the quenched and tempered piece.

(a) Specimen No. 3(0.70%C)
Quenched from 1280°.

(b) Specimen No. 6(0.78%C)
Quenched from 1280°.

(c) Specimen No. 8(0.83%C)
Quenched from 1280°.

Fig. 23 Austenite grain of the quenched piece.

Fig. 24 Relation-ship between grain size, quenching temperature and carbon content of the specimens (etched by 5 % nital).

の結果は下記の通りである。なお研究範囲は、炭素含有量 0.63~0.92%，焼入温度 1260~1290°，焼戻温度は常温~600°である。

(1) 焼入後、焼戻温度 100° で硬度は極大となる。これは焼入温度と炭素含有量に無關係である。

(3) 各焼入温度において炭素含有量の如何にかかわらず、焼戻硬度のほとんど同一になる焼戻温度があり、その温度は焼入温度 1260° で 520°，1270° および 1280° で 530°，1290° で 540° である。そのときの硬度はロックウェル C 62.3~64.8 である。

(4) 炭素含有量によつて二次硬度の最高は異り、0.63% C では焼入温度 1290° 焼戻温度 530° でロックウェル C 64.2 を示し、0.92% C では焼入に 1290°，焼戻 580° で硬度 Rc 66.7 を示す。

(5) 炭素量 0.92% C のものは 1280° 焼入でも既に結晶粒間が一部溶解し始め過熱組織を生ずる。

(6) 焼入直後のオーステナイト粒度は焼入温度ならびに炭素量の高くなるほど大きく、かつ炭素量より焼入温度の影響が大きい。

實驗に當り御懇切な御指導を賜つた澁谷熱處理工場長、近藤研究所長に厚くお禮申し上げます。なお實驗を援助された高田 清君に感謝致します。