

## (3) 焼入組織中の基質の組成

上述した焼入組織中の炭化物の存在量ならびに化学組成より、焼入組織中の基質（マルテンサイト+オーステナイト）の組成を計算した結果は Fig. 2 のごとくである。焼鈍状態における基質（フェライト）の組成は 1.9% Cr, 0.8% W であるが、焼入温度の上昇とともに炭化物が基質中に溶解し、1000° の焼入における基質の組成は約 0.6% C, 6.5% Cr, 1.9% W である。

## (4) 焼戻によつて析出する炭化物

焼戻に際して基質中に析出する炭化物を研究するため、前報におけると同様、本ダイス鋼の焼入基質と同一の組成を有する基地鋼を熔製して実験試料とした。

Table 3 は基地鋼の化学組成であつて、1000° における本ダイス鋼の基質と類似した組成を有している。

Table 3. Chemical composition of matrix steel, which is similar to the matrix of the die steel at 1000°C.

| C    | Si   | Mn   | P     | S     | Cr   | W    |
|------|------|------|-------|-------|------|------|
| 0.60 | 0.19 | 0.59 | 0.026 | 0.021 | 6.46 | 1.97 |

焼戻に際して析出する炭化物の組成は焼戻温度あるいは焼戻時間に依存しており、焼戻の進行とともに Cr ならびに W 濃度の増加することは前報までに報告したと同様である。

## III. 総 括

高 C 高 Cr ダイス鋼に W を添加した SKD2 鋼 (1.91% C, 14.27% Cr, 2.77% W) の炭化物を電解分離法によつて研究しつぎの結果をえた。

(1) 本鋼の焼鈍組織中には約 25 重量 % の (Cr, Fe, W)<sub>23</sub>C<sub>6</sub> と約 5% の (Cr, Fe, W)<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, 計約 30% の炭化物が存在する。

(2) 焼入温度に加熱すると炭化物はオーステナイトに溶解するが、(Cr, Fe, W)<sub>7</sub>C<sub>3</sub> よりも (Cr, Fe, W)<sub>23</sub>C<sub>6</sub> の方が溶解し易く、同時に加熱に際し (Cr, Fe, W)<sub>23</sub>C<sub>6</sub> → (Cr, Fe, W)<sub>7</sub>C<sub>3</sub> なる炭化物反応が進行するによつて、1050°C の焼入においては未溶解炭化物がすべて (Cr, Fe, W)<sub>7</sub>C<sub>3</sub> であつた。

(3) 本鋼の 1000°C における基質の組成は 0.6% C, 6.5% Cr, 1.9% W である。よつて、これとほぼ同一の組成を有する基地鋼を熔製し、この基地鋼について焼戻実験を行い、焼戻に際して析出する炭化物の挙動を考察した。  
(文献省略)

## (125) 実用特殊鋼の炭化物の電解分離による研究 (VI)

—熱間ダイス鋼の炭化物について—

## Study on Carbides in Practical Special Steels by Electrolytic Isolation (VI)

(On Carbides in Hot Work Die Steel)

T. Nishizawa, et alii.

東北大学工学部 教授 工博 佐藤 知雄  
〃 金属工学科 工〇西沢泰二・工 村井弘佑

## I. 緒 言

本報においては熱間加工用ダイス鋼 (SKD4) の炭化物を電解分離法によつて研究した結果につき報告する。本鋼は特殊元素として W, Cr ならびに V を含有しておくために鋼中に存在する炭化物の種類も多く、また炭化物の挙動も極めて複雑多彩であるが、反面、鋼の高温強度耐磨耗性に対する炭化物の役割、あるいは鋼の焼戻硬化に際しての炭化物の析出に関する問題等を究明する上には好個の実験試料であるといひうる。なお、この種の鋼の炭化物についてはすでに K. Kuo による X 線の研究があるので、本研究においては主として熱処理による炭化物の化学組成の変化を追求した。

試料の組成は Table 1 に示すごとくである。

Table 1. Chemical composition of specimen.

| C    | Si   | Mn   | P     | S     | Ni   | Cr   | W    | V    |
|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 0.36 | 0.16 | 0.23 | 0.015 | 0.016 | 0.12 | 2.15 | 4.13 | 0.68 |

## II. 実験結果ならびに考察

## (1) 焼鈍組織中の炭化物

試片を 800°C にて 5h 焼鈍してえた組織中の炭化物量と炭化物の化学組成、ならびにこれより計算した地鉄の組成は Table 2 に示すごとくである。

Table 2. Metallographic analysis of carbide and ferrite in annealed steel.

| Amount of carbide (wt%) | Composition of carbide |      |      |     | Composition of ferrite |     |     |     |
|-------------------------|------------------------|------|------|-----|------------------------|-----|-----|-----|
|                         | C                      | W    | Cr   | V   | C                      | W   | Cr  | V   |
| 7.88                    | 4.53                   | 7.91 | 10.7 | 7.6 | —                      | 1.2 | 1.4 | 0.1 |

焼鈍組織中の炭化物は M<sub>6</sub>C (W を多量に含有する複炭化物), M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> (Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub> を主体とした炭化物), ならびに MC (V<sub>4</sub>C<sub>3</sub> を主体とした炭化物) なる 3 種類の炭化物の混合したもので、それぞれの炭化物の存在する割合

は重量比にて大約つきのごとくであることが X 線分析結果から推定せられた。

$$M_6C : M_{23}C_6 : MC = 50 : 40 : 10$$

(2) 焼入組織中の炭化物

Fig. 1 は試片を 800~1050°C より焼入した組織中の炭化物の存在量とその W, Cr, V 濃度を示す。M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> 炭化物は 850°C 焼入において殆どオーステナイトに溶解するために、未溶解炭化物中の平均 Cr 濃度は急減し、反対に W, V 濃度は増加する。950°C 以上の焼入においては MC 炭化物の溶解がいちじるしくなるために、未溶解炭化物中の平均の V 濃度が減少し、W 濃度は増加している。

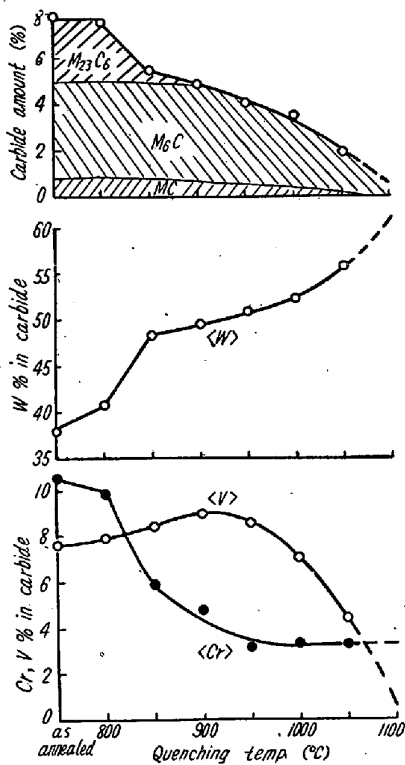


Fig. 1. Amount of carbide in quenched steels, and W, Cr and V concentrations in it.

(3) 焼戻組織中の炭化物

試片を 1200°C より焼入後、400~800°C の各温度に 1h ずつ焼戻した組織中の炭化物の量とその平均の W, Cr, V 濃度は Fig. 2 のごとくである。焼戻温度の上昇とともに炭化物の W, Cr, V 濃度は増加する傾向にあるが、焼戻に伴う析出炭化物の種類の変化は極めて複雑であつて、Fig. 3 のごとくに考えられる。

すなわち、400°C 以下の焼戻においては炭素鋼におけると同様に稠密立方晶炭化物 (ε) についてセメンタイト (θ) が現われるが、450°C 以上においてはセメンタ

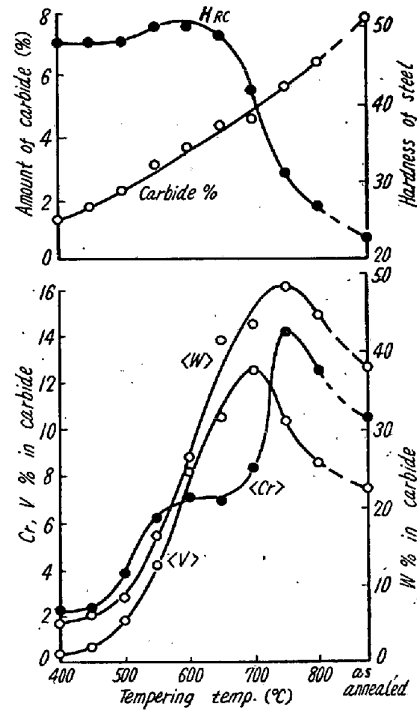


Fig. 2. Amount of carbide in tempered steels, and W, Cr and V concentrations in it.

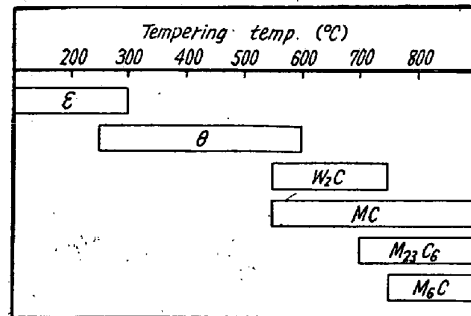


Fig. 3. Carbide phase changes during tempering.

イトに対する Cr, W, V の固溶濃集が行われる。550°C に達すると微細なる W<sub>2</sub>C ならびに V<sub>4</sub>C<sub>3</sub> が析出し、この結果焼戻硬化が起つておることは Fig. 2 の上図に見るごとくである。この段階においては炭化物の W, V 濃度が急増するに反して Cr 濃度は停留しておる。さらに焼戻温度が上昇して 700°C 以上となれば平衡組織における炭化物 (M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> および M<sub>6</sub>C) が形成され、これに伴つて炭化物中の Cr 濃度の再増加が見られる。

なお、750°C 以上において炭化物中の W, Cr, V 濃度が減少しておるのは、W<sub>2</sub>C → M<sub>6</sub>C なる炭化物反応の結果全析出炭化物量が増加したために、炭化物の平均の W, Cr, V 濃度が減少したものと考えられる。

III. 総 括

熱間加工用ダイス鋼 (0.36% C, 2.15% Cr, 4.13%

W, 0.68% V) の炭化物を電解分離法によつて研究しつぎの結果をえた。

(1) 焼鈍組織中には約 7.9 重量 % の炭化物が存在し、この炭化物のうち 50%が  $M_6C$ , 40%が  $M_{23}C_6$ , 10%が MC 型である。

(2) 焼入に際しては、先ず  $M_{23}C_6$  炭化物がオーステナイトに溶解し、ついで MC 炭化物が溶解し、 $M_6C$  炭化物は最も溶解し難い。

(3) 焼戻に際しては、稠密六方晶炭化物 ( $\epsilon$ )、セメント型炭化物 ( $\theta$ ) について  $W_2C$  および  $V_4C_3$  が微細に析出し、焼戻硬化の原因となる。焼戻温度が  $700^\circ C$  以上においては  $M_{23}C_6$  および  $M_6C$  が形成される。

(文献省略)

### (126) 電解分離による鋼中炭化物の研究 (I)

(クリンガー、コツホ法による炭素鋼中の炭化物の電解分離について)

#### Study on Carbides in Steel by Electrolytic Isolation (I)

(Electrolytic Isolation of Carbide from Carbon Steel by Means of P. Klinger. & W. Koch's Method)

K. Tasaka, et alii.

住友金属工業、製鋼所技術部研究課

宮内弘平・荒川三千夫・○田坂鋼二・鬼武立郎

#### I. 緒 言

鋼中の炭化物をできるだけ純粋にそのままの形で抽出し、直接的に研究せんとする電解分離法は、わが国においては主として塩酸法により昨年より東北大学佐藤教授をはじめとし、各所において行われ既に多くの興味ある結果が報告されている。当所においても最近 P. Klinger, W. Koch の考案になる電解分離装置を入手し本研究を開始した。この装置はクエン酸ソーダ法を用いるもので、不安定な炭化物でもほぼ完全に鋼中から分離する

ことができるのが特徴であると言われている。本報告では、この装置により先ず各種の炭素鋼について行つた電解条件と分離結果の検討ならびに分離炭化物中の Mn 濃度の測定結果その他について述べる。

#### II. 供 試 材

Table 1 の化学組成を有する炭素鋼の焼鈍 (層状パーライト組織) および球状化組織のものを用いた。試料は  $20\text{ mm } \phi \times 75\text{ mm}$  に圧延後熱処理を行い  $15\text{ } \phi \times 75\text{ mm}$  に仕上げたものである。

#### III. 実験 結果

上記の炭素鋼について  $CO_2$  雰囲気中で電解分離を行い、えられたセメントの収率および残渣中の C% と電解の諸条件との関係を調べた。その結果の一部を述べると以下のごとくである。

##### (1) 電流密度の影響

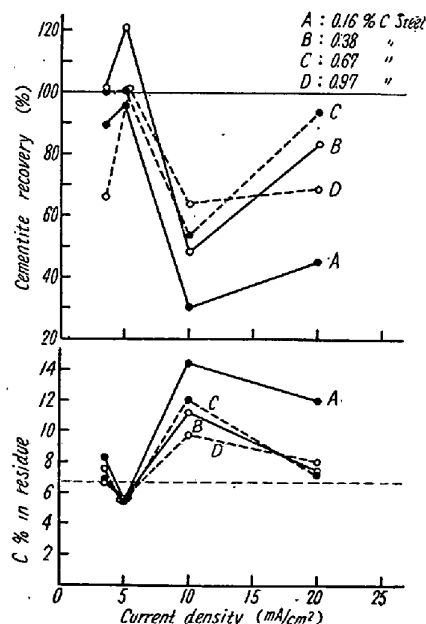


Fig. 1. Effect of current density on the isolation products of annealed C steels.

Fig. 1 および Fig. 2 は層状および球状パーライト組織のもの、分離セメントの収率ならびに残渣の C% におよぼす電流密度の影響を示したものである。電解時間は A, B, C, D の試料についてそれぞれ 40, 30, 24, 10h とし、電解液は 5% Na-Citrate + 1.2% KBr + 0.6% KI

Table 1. Chemical composition of specimens.

| Specimen marks | C (%) | Si (%) | Mn (%) | P (%) | S (%) | Cu (%) | Cr (%) |
|----------------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| A              | 0.16  | 0.22   | 0.42   | 0.018 | 0.018 | 0.13   | 0.10   |
| B              | 0.38  | 0.25   | 0.80   | 0.013 | 0.027 | 0.17   | —      |
| C              | 0.67  | 0.29   | 0.68   | 0.034 | 0.034 | 0.16   | 0.09   |
| D              | 0.99  | 0.32   | 0.37   | 0.018 | 0.009 | 0.16   | 0.12   |