

械的性質を測定した。各 Si 量共 Mo, V を添加した場合抗張力は著しく高い, 伸, 絞は大差ない。なお抗張力は各試料共試験温度約 400°C よりやや急激に低下する。伸, 絞は逆に試験温度の上昇と共に増大する。特に 400°C 以上やや著しい。高温衝撃値は各試料共試験温度約 200°C で最高を示し, 300°C では 200°C とあまり変わりなく, 400°C で減少し, 500°C 以上僅かに増大する傾向を示す。

なお各試料の熱処理したものの顕微鏡組織を見るに, 他の成分ほぼ一定ならば Si 量高いほど微細な組織を呈する。また同一 Si 量の場合 Mo, V を添加した方が添加しないものにくらべてやはり組織はこまかい。

### (45) 実用特殊鋼の炭化物の電解分離による研究 (II)

(高 C 高 Cr ダイス鋼の炭化物について)

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

(On Carbides in High C High Cr Die Steel)

Tomo-o Sato, Dr. Eng., et alii

東北大学金属工学科 教授

○工博 佐藤 知雄

東北大学金属工学科 本田 裕

〃 〃 西沢 泰二

#### I. 緒 言

前報に於いては (Fe, Cr)<sub>2</sub>C 型炭化物を含有する軸受鋼 (1.13% C, 1.42% Cr) の炭化物の熱処理による挙動を報告したが, 本報告は (Cr, Fe)<sub>7</sub>C<sub>3</sub> 型炭化物を含有すると推定される高 C 高 Cr ダイス鋼 (2.25% C, 12.03% Cr) を使用し, 種々なる熱処理を行つた後, 炭化物を前報と同様の方法によつて電解分離し, これについて化学分析, X線分析および電子顕微鏡観察を行つて鋼中に於ける炭化物の挙動を研究したものである。

#### II. 実験結果および考察

##### (1) 焼鈍鋼中の炭化物ならびに地鉄の化学組成

後述する如く焼鈍状態に於いてはダイス鋼の炭化物は (Cr, Fe)<sub>7</sub>C<sub>3</sub> 型であつて, 25.8% (重量) 存在し, その Cr 濃度はダイス鋼の Cr 含有量 (12.03%) に比して極めて高く 43.0% である。これに対して地鉄の Cr 濃度は 1.2% に過ぎない。

##### (2) 焼入鋼中の炭水化物ならびに基質の化学組成

Fig. 1 は焼鈍したダイス鋼を 800°C~1050°C の各温

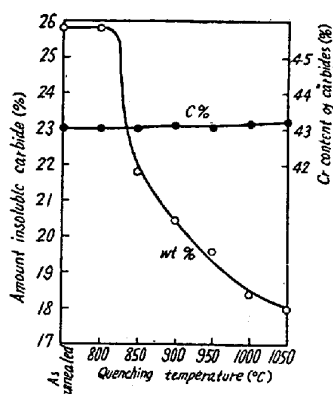


Fig. 1: Amount of insoluble carbides and the Cr contents in the quenched die steel.

度に 1 h 加熱した後水焼入した場合, 基質に未溶解のまま残存する炭化物量およびその Cr% の焼入温度による変化を示す。ダイス鋼第 1 種の焼入温度は一般に 900°C~950°C であるが, この場合約 6% の炭化物がオーステナイトへ溶解し, 約 20% の炭化物が未溶解炭化物として残存することが Fig. 1 から知られる。

Fig. 2 は焼入温度と

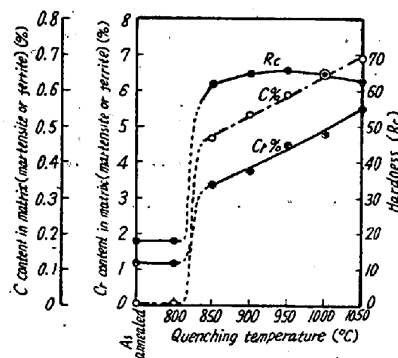


Fig. 2. The Cr and C content of matrix in the quenched die steel.

基質 (地鉄或はマルテンサイト+オーステナイト) に固溶している Cr および C 量との関係曲線である。但し焼入鋼の基質中の C 量は前報にて述べた理由により精確に実測することが困難なので, 未溶解炭化物の C 量が常に一定 (8.72%) と仮定して, この値と未溶解炭化物量とより算出したものである。同図に明らかな如く基質中の C 濃度ならびに Cr 濃度は焼入温度の上昇と共に増加し, 950°C 焼入に於いては 0.59% C, 4.4% Cr となる。

##### (3) 焼戻による析出炭化物の化学組成

ダイス鋼第 1 種は焼入状態に於いて多量の未溶解炭化物を含有しているから (Fig. 1), 焼戻の際に基質から析出する炭化物の挙動を精密に研究することは, この未溶解炭化物に隠蔽されて困難である。従つて本研究に於いてはダイス鋼の焼入組織中の基質 (マルテンサイト+残留オーステナイト) とほぼ同一の組成を有する鋼を熔

製し、これを焼戻実験に使用するよう試みた。即ち通常の焼入温度 950°C に於ける基質の組成は前述した如く 0.59% C, 4.4% Cr であるから、この組成に近い鋼 (0.59% C, 4.73% Cr) を溶解製作した。以下この鋼を基地鋼と呼ぶ。

Fig. 3 はダイス鋼および基地鋼を各々 950°C に 1 h 加熱して水焼入した

後、各温度に 1 h 焼戻した場合、炭化物の Cr 量ならびに硬度の焼戻温度による変化を示したものである。同図に明らかな如く基地鋼中の炭化物の Cr 量は焼戻温度 400°C ~ 500°C に於いて 8 ~ 9% 程度であるが、550 ~ 650°C にて急激に増大し、700°C 以上の焼戻温度に於いて焼鈍状態の Cr 量 (45.0%)

に近づく。ダイス鋼の場合には常に未溶解炭化物が多量に存在するために炭化物全体の平均 Cr 量には著しい変化は認められないが、基地鋼の炭化物の変化と対応して 600°C ~ 650°C の焼戻により若干増加している。

(4) 焼鈍組織ならびに焼戻組織中の炭化物の X 線分析

X 線分析によれば 750°C に焼鈍したダイス鋼から電解分離した炭化物は  $(Cr, Fe)_7 C_3$  型であり、炭化物を完全にオーステナイトへ固溶させた基地鋼を水焼入し、これを焼戻することによつて析出した炭化物は、400°C ~ 550°C の焼戻にて  $(Fe, Cr)_3 C$  型であり、650°C 以上にて  $(Cr, Fe)_7 C_3$  型である。以上の結果から明らかな如くダイス鋼を焼戻した場合に基質中に析出する炭化物は、焼入の際残留する炭化物又は焼鈍状態に於ける炭化物  $(Cr, Fe)_7 C_3$  とは異り、400°C ~ 550°C の焼戻では  $(Fe, Cr)_3 C$  型炭化物であり、650°C 以上の高温焼戻によつて始めて  $(Cr, Fe)_7 C_3$  型炭化物に遷移するものと考えられる。従つて 580°C ~ 650°C の温度範囲では両者が混在する。

(5) 電子顕微鏡による観察

ダイス鋼又は基地鋼から電解分離した炭化物を透過型電子顕微鏡によりレプリカを用いず直接的に観察し、熱処理に伴う形状の変化を明らかにした。

### III. 結 言

(1) ダイス鋼 (2.25% C, 12.03% Cr) 中の炭化物は焼鈍状態では  $(Cr, Fe)_7 C_3$  型であつて、25.8% (重量) 存在し、その Cr 含有量は 43.0% である。

(2) 焼鈍状態に於いては基質 (地鉄) 中に 1.2% Cr を固溶し、950°C から焼入すると基質 (マルテンサイト+残留オーステナイト) 中の Cr 量は 4.4% 程度となる。

(3) ダイス鋼を焼戻した場合、析出する炭化物は 400°C ~ 550°C 焼戻では  $(Fe, Cr)_3 C$  型であり、650°C 以上では  $(Cr, Fe)_7 C_3$  型である。580°C ~ 650°C の温度範囲内に於いては両炭化物が存在し、焼戻温度の上昇と共に  $(Fe, Cr)_3 C$  型から  $(Cr, Fe)_7 C_3$  型へ遷移するものと思われる。

(4) 電解分離した炭化物を透過型電子顕微鏡により直接的に観察し、熱処理による炭化物の形状の変化を明らかにした。

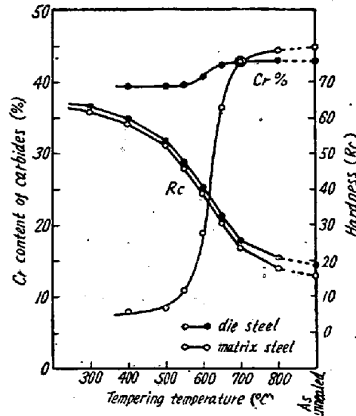


Fig. 3. Change of the Cr content of the precipitated carbide by tempering.

### (46) 実用特殊鋼の炭化物の電解分離による研究 (III)

#### (二、三の強靱鋼の炭化物について)

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

(On Carbides in Several Constructional Steels)

Taiji Nishizawa, et alii

東北大学工学部 教授 工博 佐藤 知雄

東北大学大学院 特研生 工〇西 沢 泰二

東北大学大学院 学生 工大 橋 正昭

### I. 緒 言

鋼に2種類以上の特殊元素を複合添加した場合には、単独添加の場合に比して、各元素の効果が更に顕著となる場合が少なくないことは古くから知られている。単独に特殊元素を含有する特殊鋼の炭化物については既に報告したので、本研究においては、Ni-Cr, Cr-Mo, ならびに Si-Mn 強靱鋼を実験試料とし、2種類以上の特殊元素が鋼中に共存する場合の炭化物の組成、構造、及び形態を電解分離法により追究した。試料の化学組成は Table 1 の如くである。