

冷間ダイス鋼における熱処理と炭化物の挙動について

——ダイス鋼の炭化物に関する研究 第1報——

Behavior of the Carbides and Heat-Treatment in Cold Die Steels

——A Study on the Carbides in Die Steels, 1.——

木村伸*
Shin Kimura

内 容 梗 概

各種冷間ダイス鋼について、電解分離法によって鋼中から炭化物を分離定量し、炭化物の種類、化学組成などを究明するとともに、炭化物と鋼の諸性質との関係についても検討した。本報告は特に各熱処理を行なった場合の炭化物の挙動について追求した。

その結果、焼鈍組織の炭化物量は、19～30%で、CRDは、 M_7C_3 炭化物のみが存在するが、SLD、CRQは M_7C_3 が主体で、 $M_{23}C_6$ 炭化物も存在する。しかしWRDは逆に $M_{23}C_6$ が主体となり、 M_7C_3 も共存する。またHVDは $M_{23}C_6$ 、 M_7C_3 とともにVを多く含有するMC炭化物が相当量存在する。

焼入によって、 $M_{23}C_6$ は基質に固溶しやすく、MCはほとんど固溶しない。焼入温度の上昇とともに残存する未溶解炭化物量はしだいに減少し、SLD、CRQはほとんど M_7C_3 形炭化物のみとなる。

また焼戻により炭化物が析出するが、特に500℃以上の焼戻によって基質中の各元素の炭化物への濃集がさかんとなり、微細炭化物の量が急増する。

1. 緒 言

ダイス鋼は主として引き抜き、打ち抜き、押し出し、伸延などに用いられ、その特性として機械加工性が良いこと、熱処理による不変形、じん性などとともにかたくて耐摩耗性の大きいことが要求される。したがってこれらの諸性質に影響する鋼中の炭化物の挙動も重要な一因をなす。

本研究は、各種ダイス鋼の各種熱処理組織の炭化物を電解分離法により鋼中から分離定量し、化学分析、X線回折、電子顕微鏡などによって、炭化物の種類、構造、形態あるいは化学組成などを究明し、鋼の熱処理による炭化物の挙動を追求するとともに、鋼の諸性質に及ぼす影響についても考察した。本報告は、主として当日立金属工業株式会社安来工場で吹製した各種冷間ダイス鋼、CRD (SKD 1)、WRD (SKD 2)、SLD (SKD 11)、CRQ および HVD などについて、焼鈍、焼入および焼戻、各熱処理による炭化物の変化を究明した。以下にその詳細を述べる。

2. 試料および実験方法

2.1 試 料

実験に用いた各種冷間ダイス鋼の化学成分を第1表に示す。

2.2 熱 処 理

前述各試料の熱処理は次のように実施した。

焼 鈍 各鋼種とも 900℃×2時間炉冷
焼 入 各鋼種とも実用の焼入温度および保持時間を基準として、3種の焼入温度を採用した。

CRD、WRD、HVDは、950℃、980℃、1,050℃に各20分保持後油焼入。

SLD、CRQは、975℃、1,025℃、1,075℃に各20分保持後油焼入。

焼 戻 100～600℃×1時間空冷。(焼入温度：CRD、WRD、HVDは980℃、SLD、CRQは1,025℃)

2.3 炭化物の電解分離

上記各熱処理試料を10mmφ×80mm lに仕上げて、炭化物電解装置⁽¹⁾を用い、次の電解条件で炭化物を電解分離した。

* 日立金属工業株式会社安来工場冶金研究所

第1表 試 料 の 化 学 成 分

試料	J.I.S	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V
CRD	SKD 1	2.08	0.21	0.33	0.015	0.005	0.09	13.43	—	—	—
WRD	SKD 2	1.93	0.21	0.33	0.020	0.005	0.08	13.11	2.84	—	—
SLD	SKD11	1.52	0.15	0.34	0.028	0.005	0.12	12.88	—	0.97	0.28
CRQ	—	2.13	0.23	0.37	0.019	0.013	0.09	12.68	—	1.53	1.03
HVD	—	2.23	0.33	0.66	0.022	0.011	0.30	5.02	1.33	1.20	4.69

電 流 密 度 10 mA/cm²
電 解 液 0.2 N HCl+5% クエン酸溶液
電 解 時 間 20～50時間

なお電解分離した炭化物は真空乾燥して、化学分析、X線回折、電顕観察などの試料とした。

2.4 炭化物の化学分析

電解分離によって鋼中から得た炭化物を、微量化学分析法によって化学分析し、炭化物の化学組成を検討した(各元素分析法省略)。

2.5 炭化物のX線回折

炭化物のX線回折には、島津製作所製GX-II形自動記録X線回折装置を使用し、対陰極としてCu(filter Ni)を用いた。なお回折線の角度、強度を測定してA. S. T. M. X-ray Diffraction Data Cardそのほかの文献により回折線を解折した。

2.6 炭化物の電子顕微鏡写真撮影

鋼中から分離した炭化物の形状を観察するために、粉末状炭化物をコロジオン膜上に分散させ、Cを真空蒸着し、日立製作所製HU-8透過形電子顕微鏡を用いて数視野撮影した。

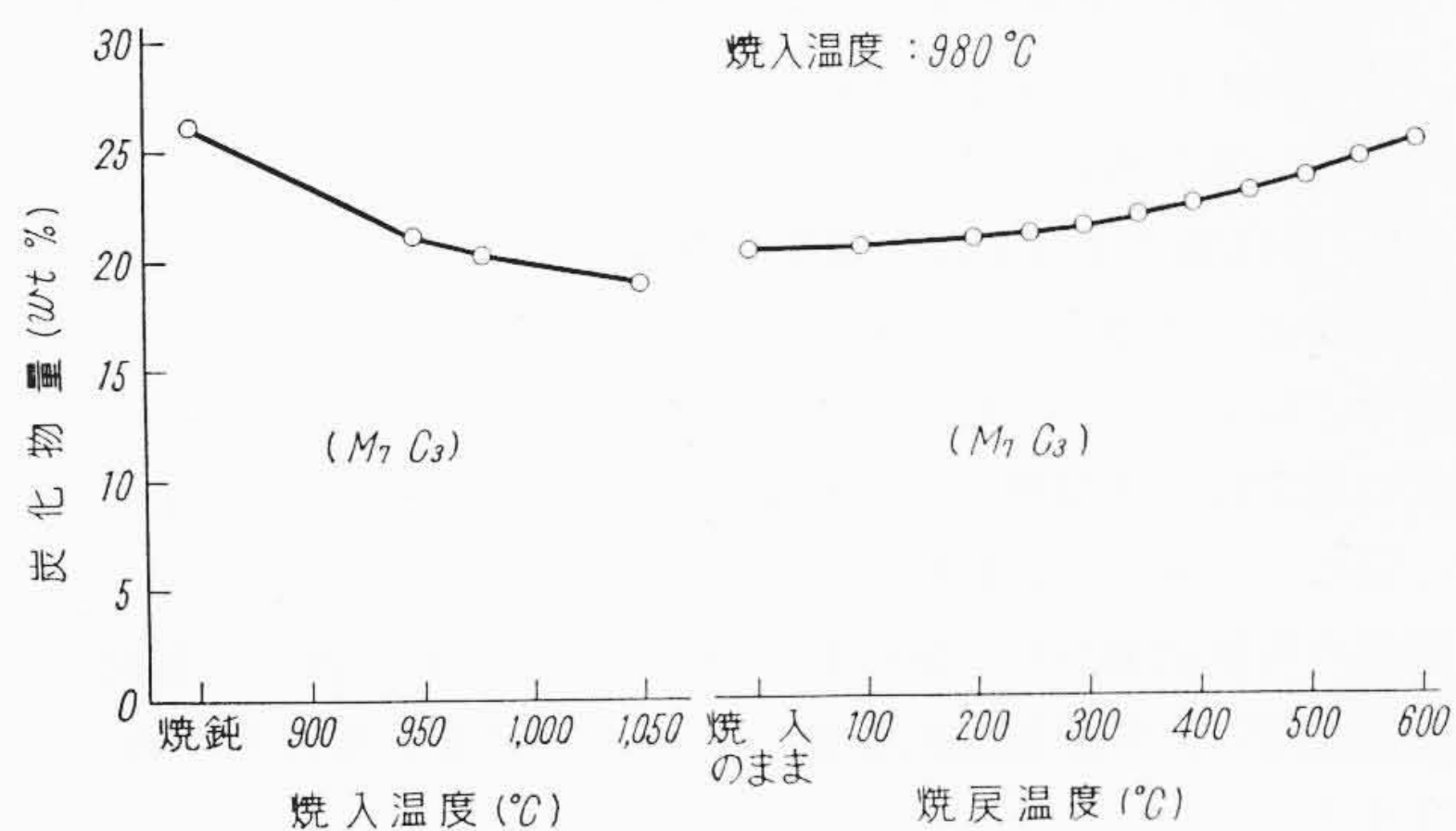
3. 実 験 結 果

前述の実験方法に従って熱処理した各試料を電解して得た炭化物の量、化学分析およびX線回折の結果、さらに電子顕微鏡によって観察した結果などを以下に述べる。

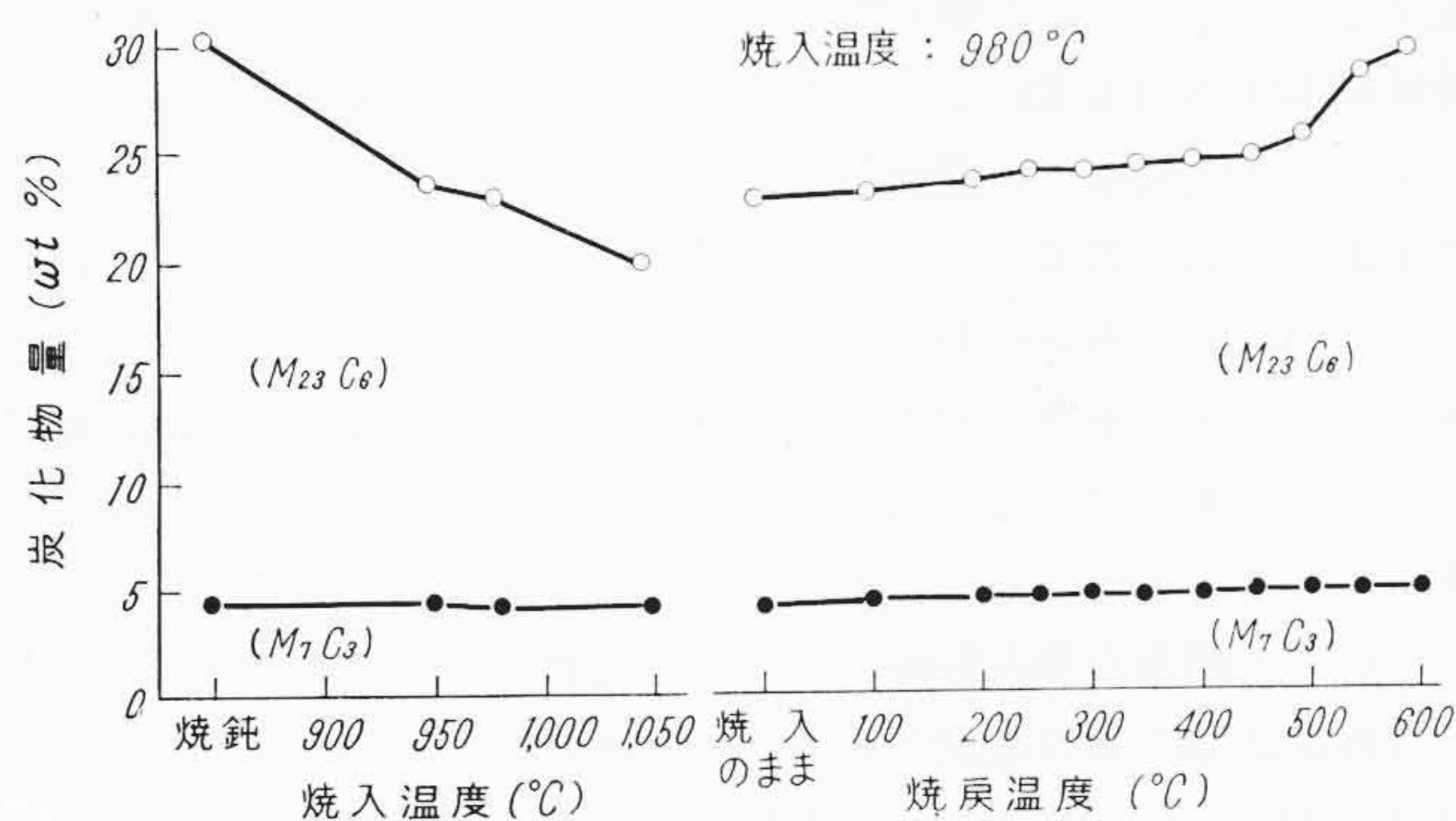
3.1 炭化物の化学分析結果

各鋼種を焼鈍ならびに各温度に焼入および焼戻した試料から電解分離して得た炭化物の、量および化学分析結果を第2～6表に示す。

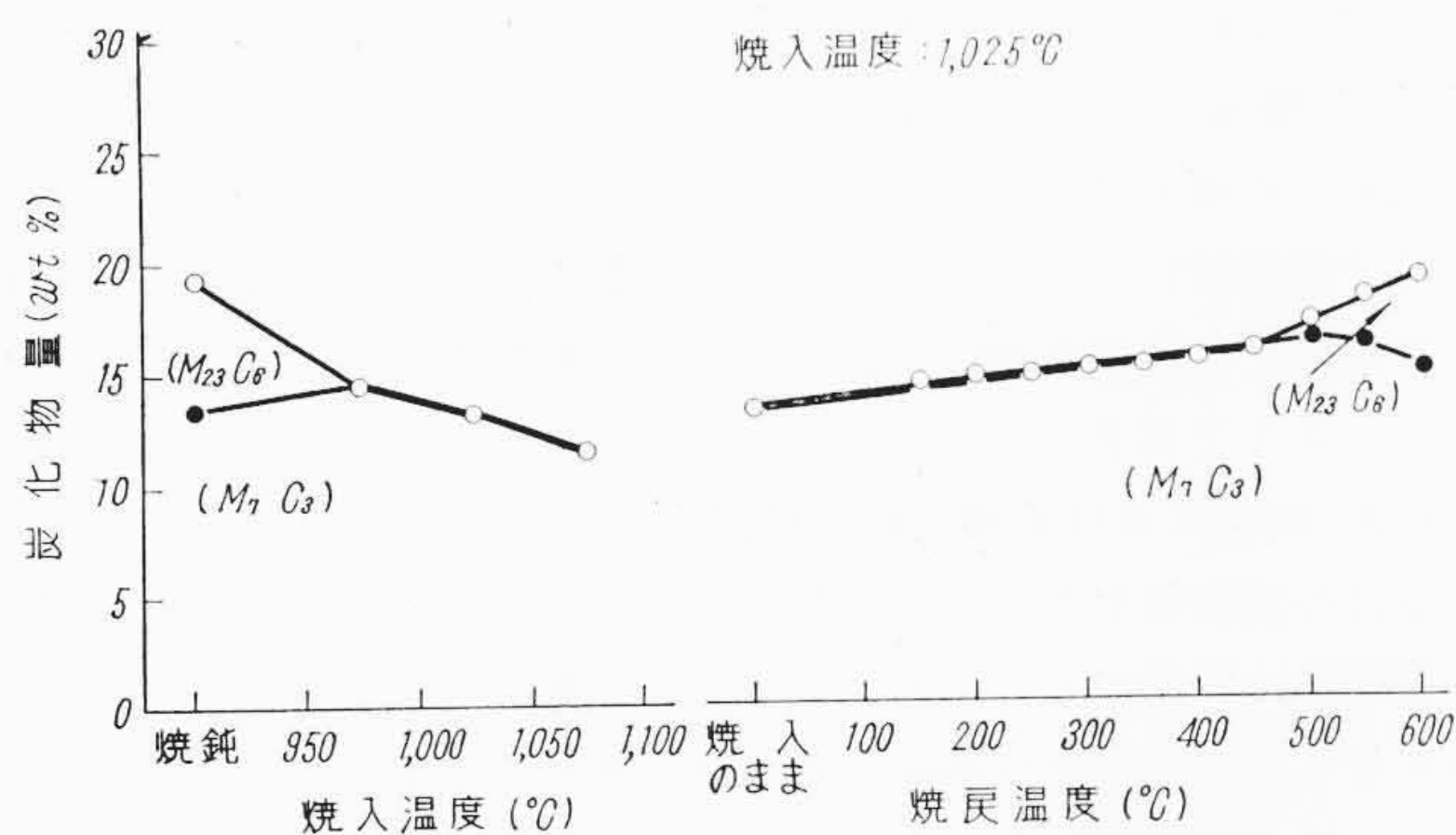
炭化物量は焼鈍状態においてWRDが最も多く、鋼中の約30%を含有し、以下HVD約28%、CRQ約27%、CRD約26%、SLD約



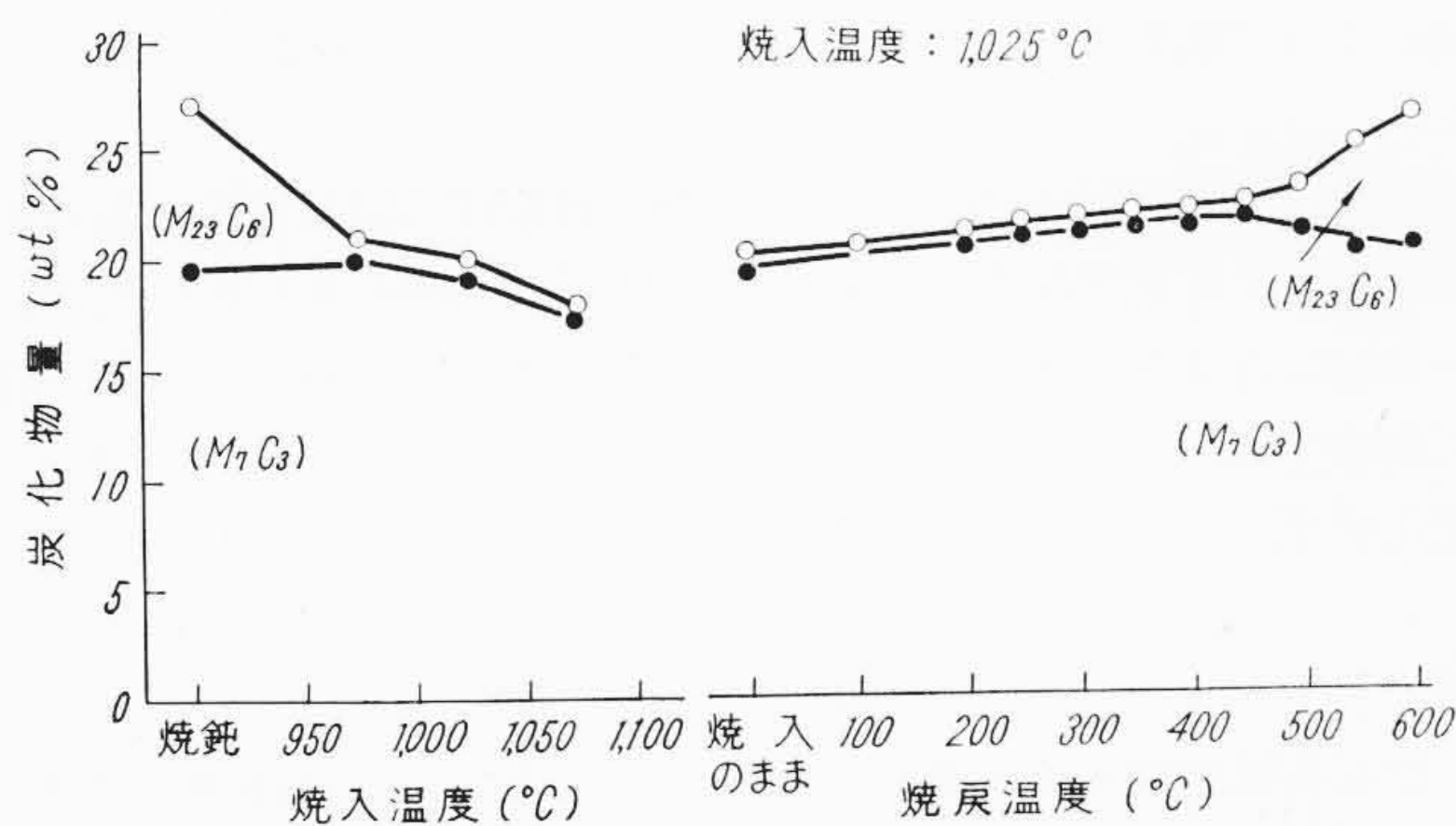
第4図 熱処理温度と炭化物量および炭化物の組成との関係(CRD)



第5図 熱処理温度と炭化物量および炭化物の組成との関係(WRD)

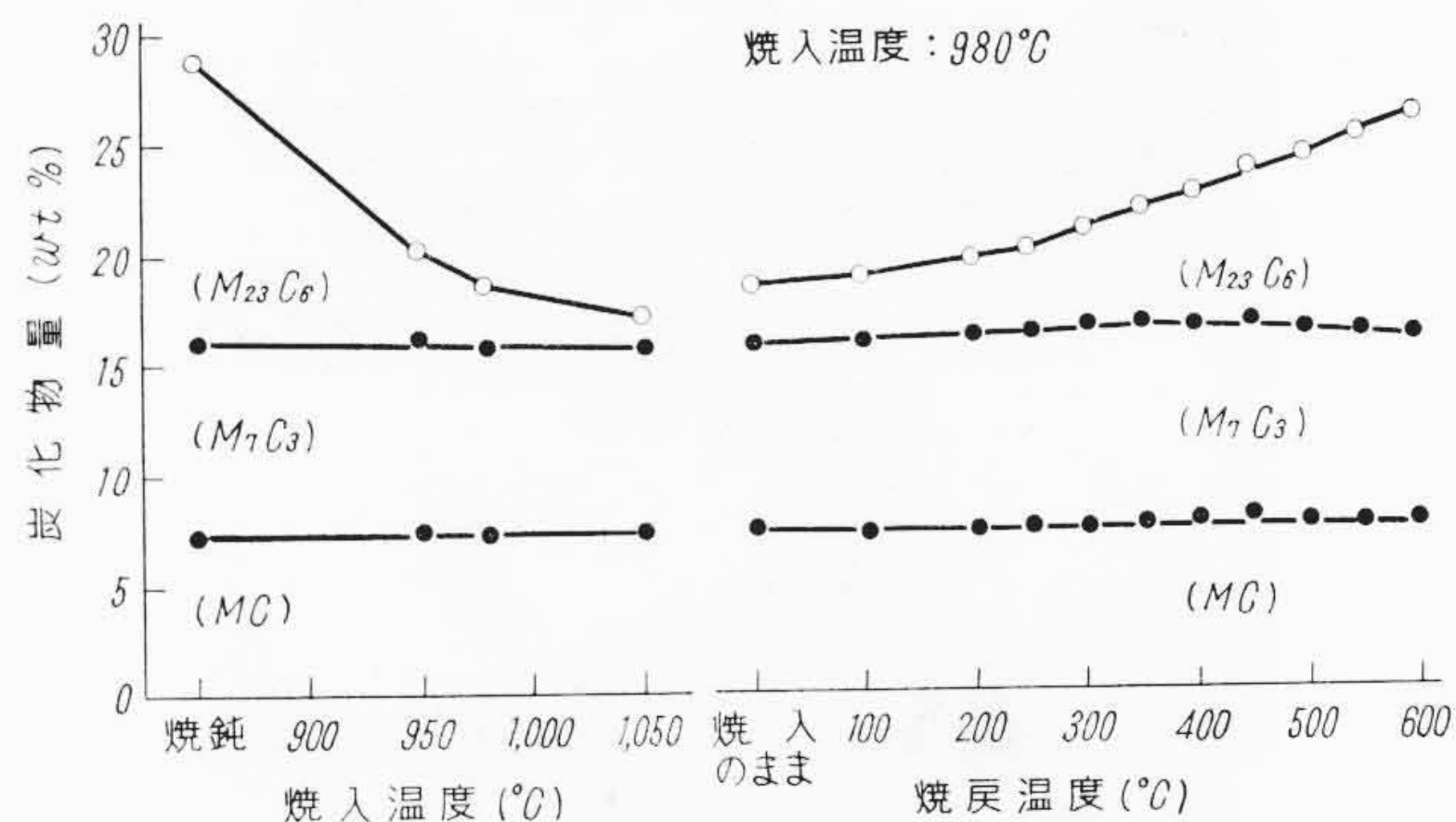


第6図 熱処理温度と炭化物量および炭化物の組成との関係(SLD)

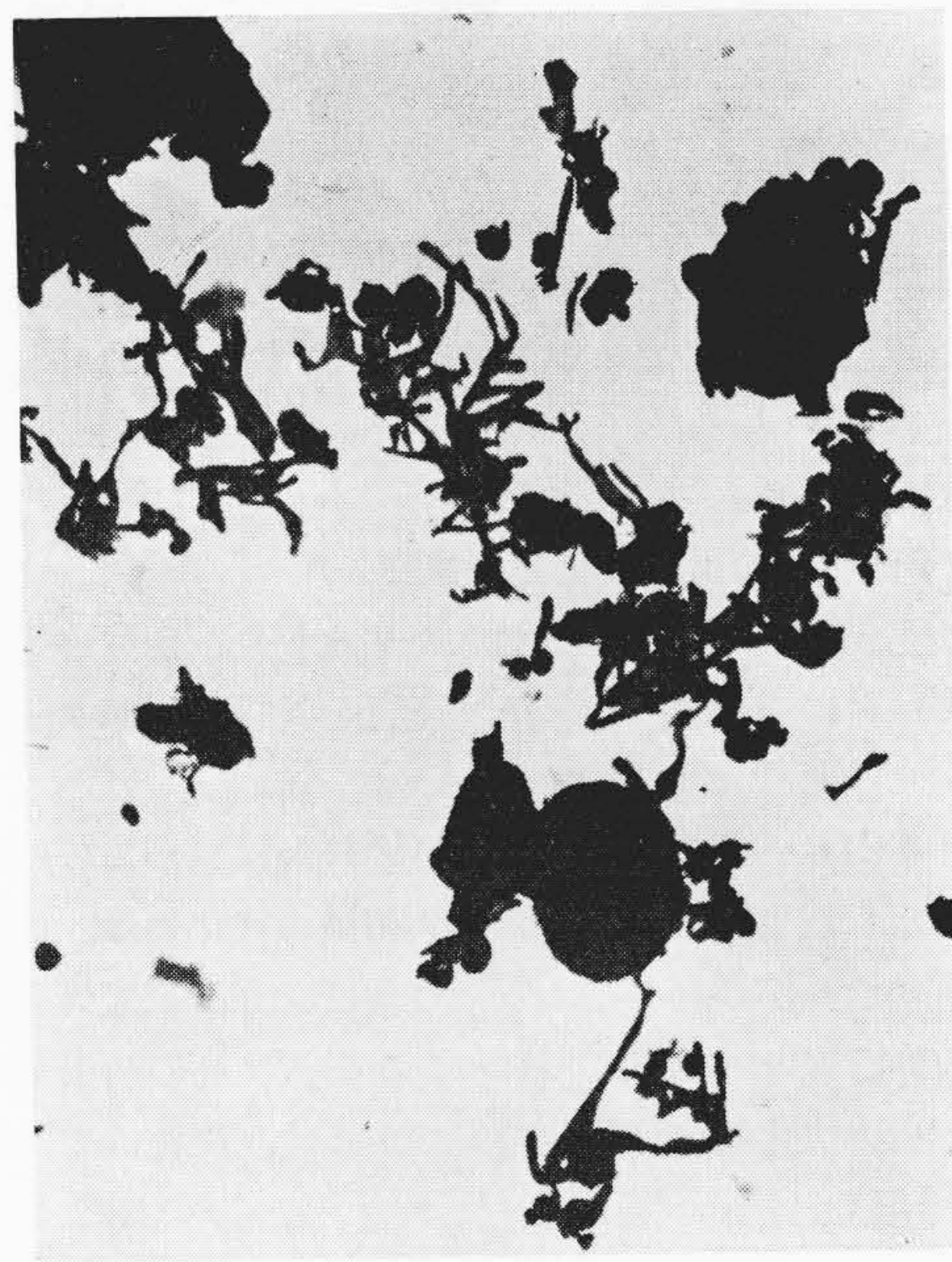


第7図 熱処理温度と炭化物量および炭化物の組成との関係(CRQ)

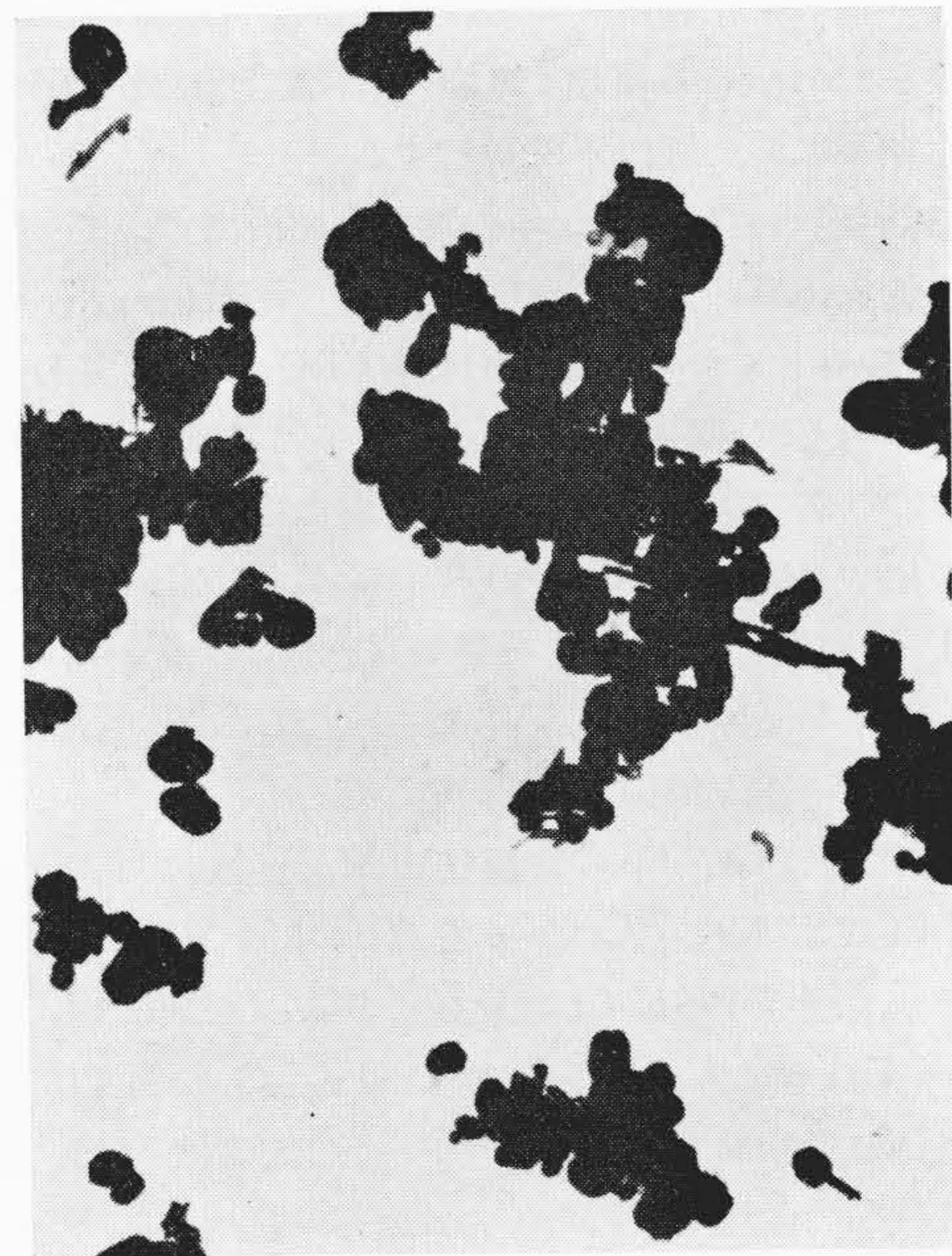
物である $M_{23}C_6$ 形炭化物も共存する。しかしこの $M_{23}C_6$ は焼入によってほとんど基質に固溶し、また焼戻すれば析出しはじめる。なお WRD は逆に $M_{23}C_6$ が主体となり M_7C_3 も少量存在し、さらに HVD はこれら M_7C_3 , $M_{23}C_6$ 形炭化物とともに V の炭化物とみなさ



第8図 熱処理温度と炭化物量および炭化物の組成との関係(HVD)



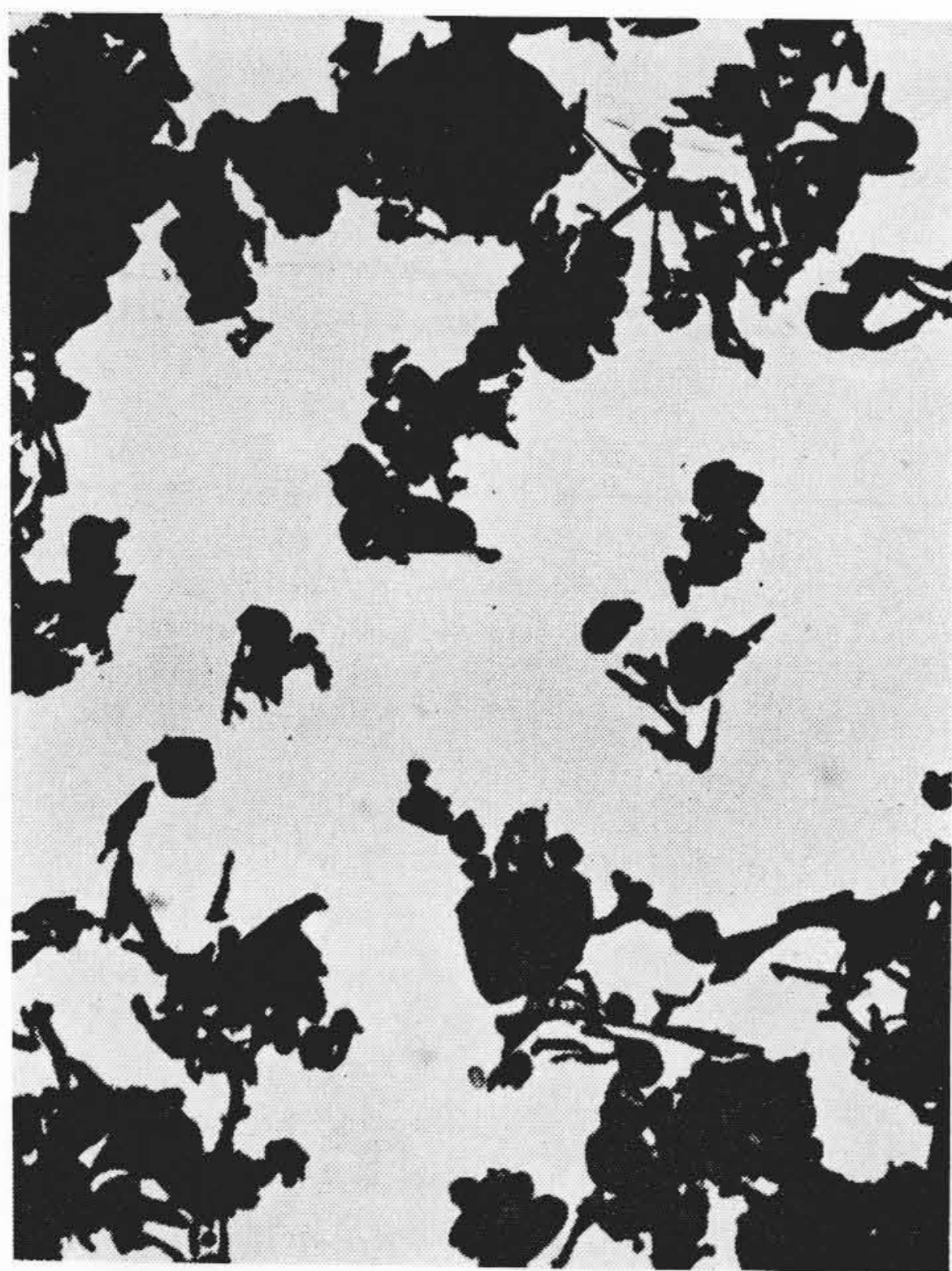
第9図 炭化物の電子顕微鏡写真(CRD 焼鈍×5,000)



第10図 炭化物の電子顕微鏡写真(WRD 焼鈍×5,000)

れる MC 形炭化物も存在している。

第4～8図は各種熱処理試料における全炭化物量と、このなか存在する炭化物の種類とその組成とについて、また熱処理による変化



第 11 図 炭化物の電子顕微鏡写真 (HVD 焼鈍×5,000)

について示してある。

3.3 電子顕微鏡による炭化物の観察

各鋼種の各熱処理試料から分離した炭化物を、前述の実験方法に従い電子顕微鏡にて観察した。その結果の一例を第 9～11 図に示す。

写真は、CRD, WRD および HVD の焼鈍試料から分離した炭化物の形態を示したものであるが、焼入組織の炭化物は、比較的粒度の大きいもののみが残存しており、焼戻により微細な炭化物が析出し、特に 500℃ 以上の焼戻において微細炭化物の析出量が多くなる。これら析出炭化物は薄片状のものが多く、焼鈍により球状化する。

4. 考 察

各種ダイス鋼の炭化物については種々研究されているが⁽²⁾⁽³⁾、当工場で吹製した、前述各種ダイス鋼の各熱処理組織における炭化物を究明した結果について以下に考察する。

4.1 焼鈍組織における炭化物の種類と組成について

各鋼種の焼鈍組織における炭化物量は、WRD が最も多く、試料の約 30% を含有している。以下 HVD, CRQ, CRD, SLD の順序で、SLD が最も少ない。原子量の多い W を多量に含む WRD が炭化物量の多いのは当然で、SLD は C 量低く炭化物量も少ない。

炭化物の化学組成は、試料中の含有量が高い Cr が主成分となっており、HVD の炭化物は V 含有量が高いため炭化物中の V 量も多い。これら Cr, W, Mo および V は、いずれも炭化物形成元素であり、90% 以上が炭化物中に存在している。

CRD の炭化物は Cr, Fe の複炭化物 M_7C_3 のみであるが、SLD, CRQ は M_7C_3 とともに、Cr を多く含有する $M_{23}C_6$ 形炭化物も約 30% 含有している。Fe-C-Cr 状態図よりも、これら SLD, CRQ は $\alpha + (Cr \cdot Fe)_7C_3 \sim \alpha + (Cr \cdot Fe)_7C_3 + (Cr \cdot Fe)_{23}C_6$ の領域に属し、かつ同鋼種では Mo を少量含有しており、この元素は M_7C_3 よりも $M_{23}C_6$ に固溶しやすいことから $M_{23}C_6$ が共存するものと考えられる。またこの SLD, CRQ は少量の V を含有しているが、V のみの特殊炭化物は見いだされず、V もまた $M_{23}C_6$ に固溶して存在すると思われる。なお WRD は、W 量多く、W の特殊炭化物の存在が予想されたが、X 線分析の結果では見いだされず、W は Cr, Fe の複炭化物に固溶されて、 $M_{23}C_6$ が炭化物の主体をなすものと考えられる。

さらに HVD は、多量の V によって MC 形炭化物が形成されており、W, Mo も含有するために、これらが $M_{23}C_6$ に固溶してその量を高めていると思われる。

4.2 炭化物に及ぼす焼入温度の影響

焼入によって鋼中の炭化物は基質に固溶するが、焼入温度、保持時間などによってその固溶量は一定ではない。本実験における焼入温度の選定は、各鋼種の実用的焼入温度を中心とし、焼入保持時間を一定にした場合の炭化物の固溶状態を検討したものである。

前述の実験結果から、炭化物は焼入温度の上昇に伴って基質への固溶量を増し、未溶解炭化物量は減少して焼鈍状態の 60～80% が残存する。

しかし炭化物の組成は、上記焼入温度範囲内において大差なく、C は試料中の 65～85% が炭化物中に存在し、15～35% が基質に存在する。同様に Cr は 50～75% が炭化物中に存在し、また W, Mo では試料中の含有量によって若干異なるが、40～80% と、焼入温度によって炭化物中への濃縮率が異なっている。このことは、これらの元素が基質に固溶しがたい特殊炭化物を形成しているのではなく、Cr と Fe の複炭化物に固溶されているためである。しかし V を多量に含有する場合 (HVD) には特殊炭化物を形成するために焼入においても基質にほとんど固溶せず、焼鈍状態の炭化物中の V 含有量とほとんど差異がなく、90% 以上が炭化物中に存在している。

これら各鋼種の焼入組織における炭化物は、前述の X 線分析結果から焼鈍状態における炭化物の組成と比較して、CRD は変化なく、やはり M_7C_3 のみであるが、SLD, CRQ では焼入によって $M_{23}C_6$ がほとんど基質に固溶し、 M_7C_3 のみとなり、焼入温度の上昇とともにその量を減ずる。また WRD も M_7C_3 の量はほとんど変化しないが、 $M_{23}C_6$ は焼入温度の上昇に伴って基質への固溶量を増す。なお HVD は焼入により、 $M_{23}C_6$ の一部が基質に固溶するが、 M_7C_3 , MC は基質に固溶せず、実験の焼入温度範囲では変化がない。

電子顕微鏡によって焼入組織の炭化物を観察した結果では、比較的粒度の小さい炭化物は基質に固溶し、粒度の大きいものが残存しているようである。

4.3 焼戻における炭化物の析出

前述の実験結果から、鋼の焼入によってオーステナイトに固溶した炭化物は焼戻によって析出するが、比較的低温の焼戻においては析出量もわずかで化学組成、炭化物の種類にも変化がない。焼戻温度が上昇するに従い Cr, W, Mo などの炭化物形成元素が炭化物に濃縮して析出炭化物量を増加し、炭化物の組成も変化してくる。特に 500℃ 付近の焼戻においては炭化物の析出量が急増し、電子顕微鏡によって観察すれば、微細な薄片状炭化物が多量に析出している。

CRD では焼戻を行なっても炭化物の種類は M_7C_3 のみであるが、他の鋼種では焼戻温度の上昇に伴い $M_{23}C_6$ が析出または一部 $M_7C_3 \rightarrow M_{23}C_6$ なる炭化物反応により析出量を増加し、500℃ 付近より特に急増する。しかし HVD に存在する MC は焼入によってもあまり変化せず、したがって焼戻においてもほとんど変化しない。

5. 結 言

以上各種冷間ダイス鋼の焼入および焼戻における炭化物の挙動について究明した結果を要約すれば次のとおりである。

(1) 焼鈍組織における炭化物量は、実験した 5 種の冷間ダイス鋼のうちで WRD が最も多く、以下 HVD, CRQ, CRD, SLD の順序である。CRD の炭化物は M_7C_3 形炭化物のみであるが、SLD および CRQ は M_7C_3 を主体として Mo, V を固溶している $M_{23}C_6$ 形炭化物も共存する。また WRD においては Cr, W を多く含有した炭化物 $M_{23}C_6$ が主体で M_7C_3 が少量存在し、HVD はこれら Cr

主体の両炭化物のほかに V を多く含有する MC 形炭化物が多量に存在する。

(2) 焼入によって炭化物の一部は基質に固溶し、焼入温度の上昇とともに未溶解炭化物量は減少する。この焼入によって固溶する炭化物は主として $M_{23}C_6$ で、MC は焼入処理してもほとんど基質に固溶しない。その結果、SLD, CRQ の焼入組織ではほとんど M_7C_3 のみとなり、WRD, HVD における未溶解炭化物中の $M_{23}C_6$ も一部基質に固溶して減量する。

(3) 焼戻により炭化物が析出するが、特に 500°C 以上の焼戻によって基質中の C, Cr, W, Mo, V などの炭化物への濃縮がさかん

となり、微細な薄片状炭化物が多量に析出し、 $M_{23}C_6$ の析出が急増する。しかし MC 量は焼戻温度の変化によってもほとんど差異がない。

終わりに本研究は前冶金研究所長故小柴博士のご指導を仰いだものであり、また実験に協力された当冶金研究所稲田朝雄氏に深じんの謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 佐藤, 金子, 西沢: 日本金属学会誌, 19, 336, 385 (1955)
- (2) 佐藤, 西沢: 鉄と鋼, 42, 1118 (1956)
- (3) 佐藤, 西沢: 鉄と鋼, 44, 565 (1958)



特 許 の 紹 介



特 許 第 264436 号

前 川 愛 一

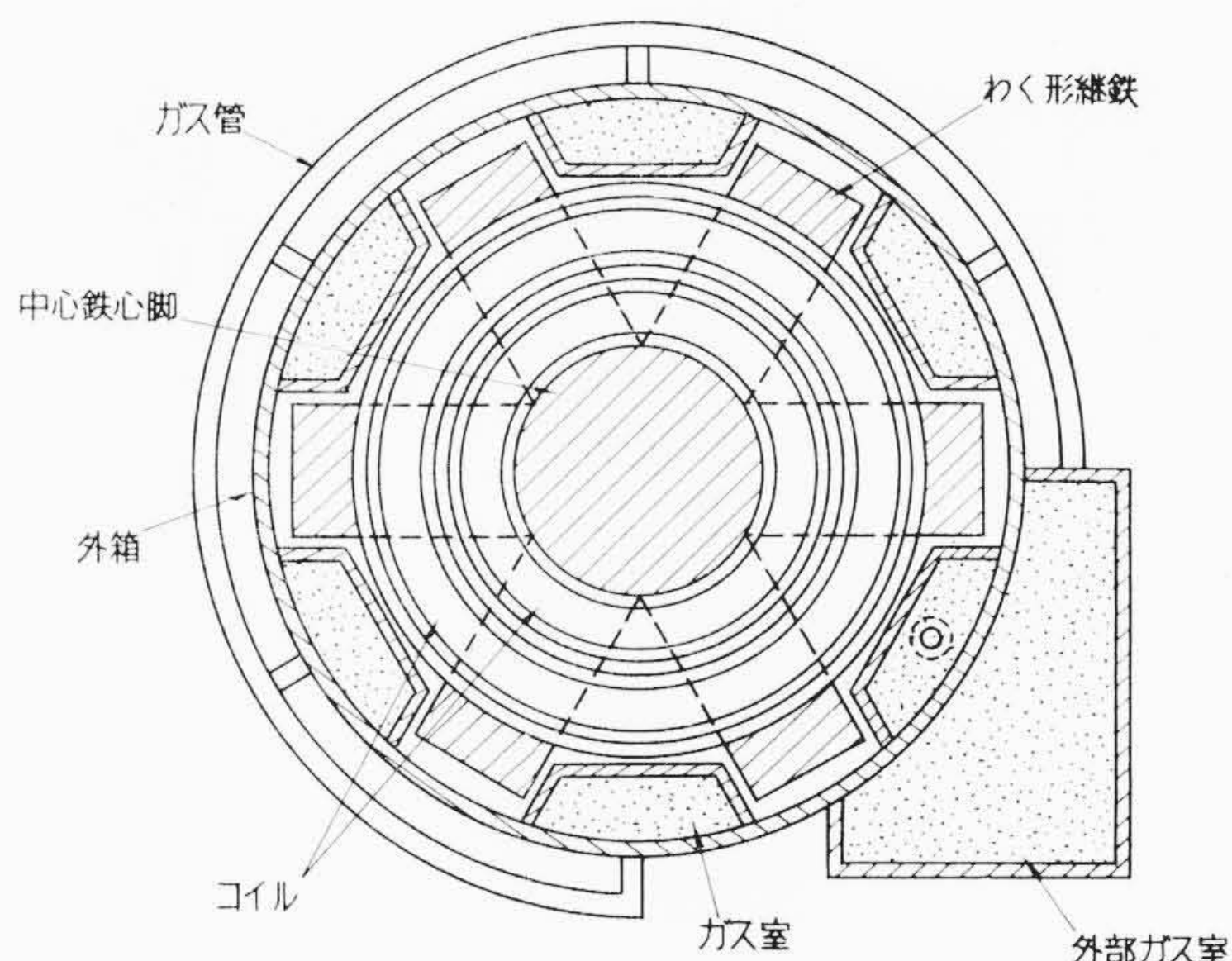
電 車 用 密 閉 形 変 圧 器

交流電気機関車および電車などに積載して使用される主変圧器は、外態を圧縮して小形かつ軽量に設計しなければならず、特に電車用は床下へ設備されることから高さを可及的低くすることが必要である。

この目的から、通常この種変圧器は中心鉄心脚と放射状わく形継鉄とよりなる放射状鉄心構成が採用される。

この発明は、このような鉄心を外箱内に収めた場合に隣接する放射状わく形継鉄相互間に当然形成される比較的広い空間を利用し、これらの各空間を占有するように外箱内面へ複数のガス室を突設し、各ガス室内をガス管により連通させてそのガス室の 1 個に底部を外箱内に充てんした絶縁油に連通させることなく各ガス室底部を外箱内の充てん油にそれぞれ連通させ、外箱内の充てん油の温度変化による膨張収縮に伴う内圧力の変化をガス室に封入した不活性ガスを圧縮することにより調整し、過大内圧力の発生による外箱の破壊を防止するようにしたものである。

このように、この発明においては、外箱内の鉄心の放射状わく形継鉄相互間に形成される空間を利用してガス室を設けたことから、変圧器の外態を増大することなく必要容積のガス室を外箱内部へ内蔵でき、また外箱内に充てんする高価な不燃性絶縁油の所要量をも減少し得て主変圧全体を軽量化できる。(須 田)



特 許 第 281271 号

森 山 昌 和

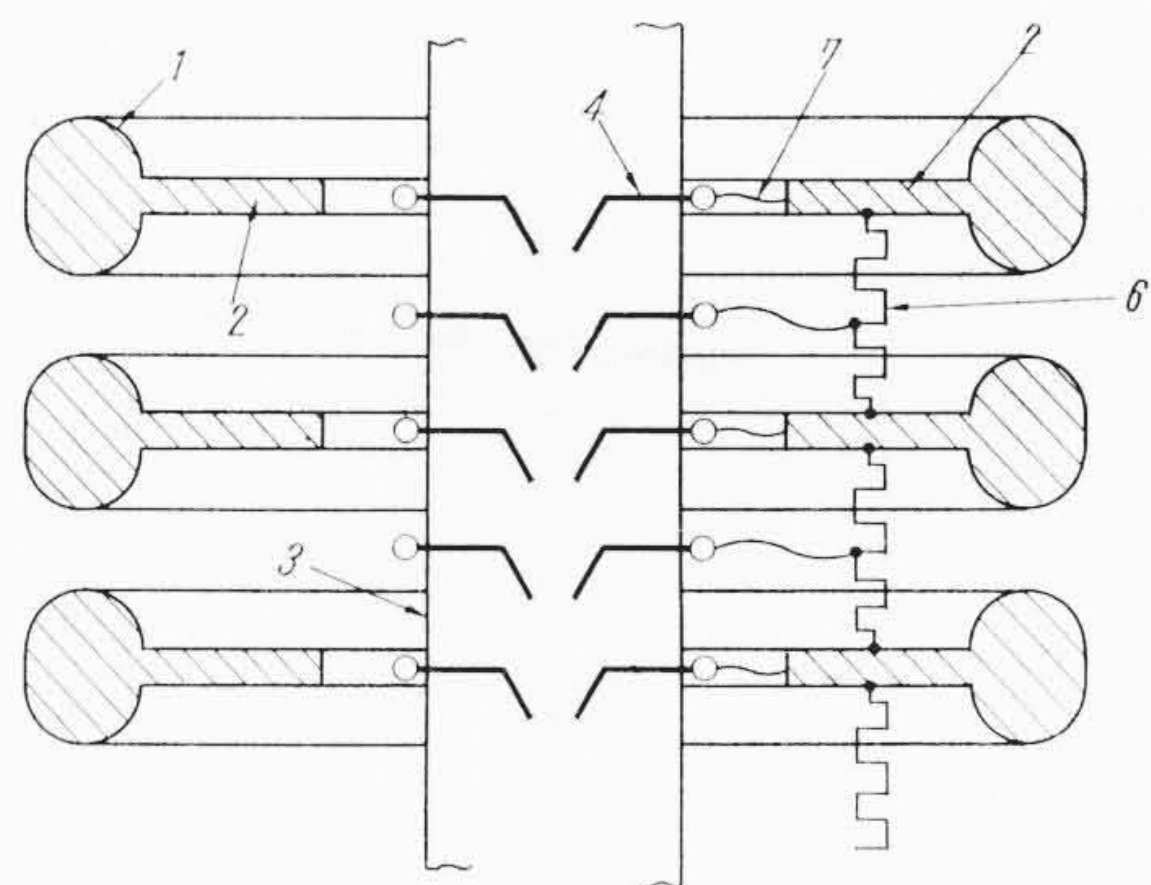
粒 子 加 速 装 置

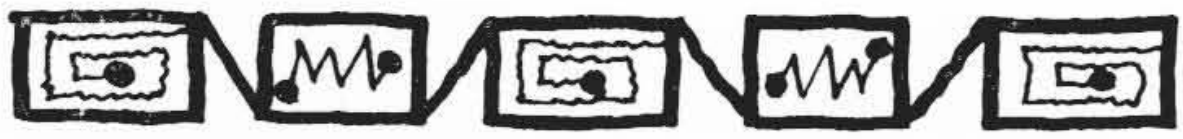
ファンデグラフ形粒子加速器は円筒形の加速管を有し、その内部には一定の間隔ごとに加速電極が多数設けられ、さらにその外側へは、電界強度を一様にする目的で、金属製フープをいく段か加速電極数と一定の対応比で設けられるが、このフープの断面を長軸方向が粒子走行方向と平行となるような円形とし、加速粒子の走行方向に垂直な方向の電界強度を下げるが行なわれている。

しかしフープ断面を円形にするとフープと電速管電極の対応比が 1 対 1 あるいは 2 対 1 であるならば加速管電極の段間の間隔も大きくなり、全体の段数が減少することとなる。

この発明は、これを改良する目的で提案されたもので、加速電極 4 の間に新たに加速電極 5 をそう入し、フープ 1 の支持板 2 相互間に取り付けた分圧抵抗 6 によって、フープ 1 間の電圧を 2 分し、この中間電圧を加速電極 5 に加えるようにしたものである。

このようにすることによって、フープ対加速電極の対応比は 1 対 2 となり、電極段数は倍加し、この段数を減らすことなく、円形フープを採用することができ、したがってファンデグラフ加速器の半径方向の耐圧と単位長さ当たりの加速管電極間耐圧の両者を同時に向上できる。(須 田)





登録新案 第554245号

田 鎖 香

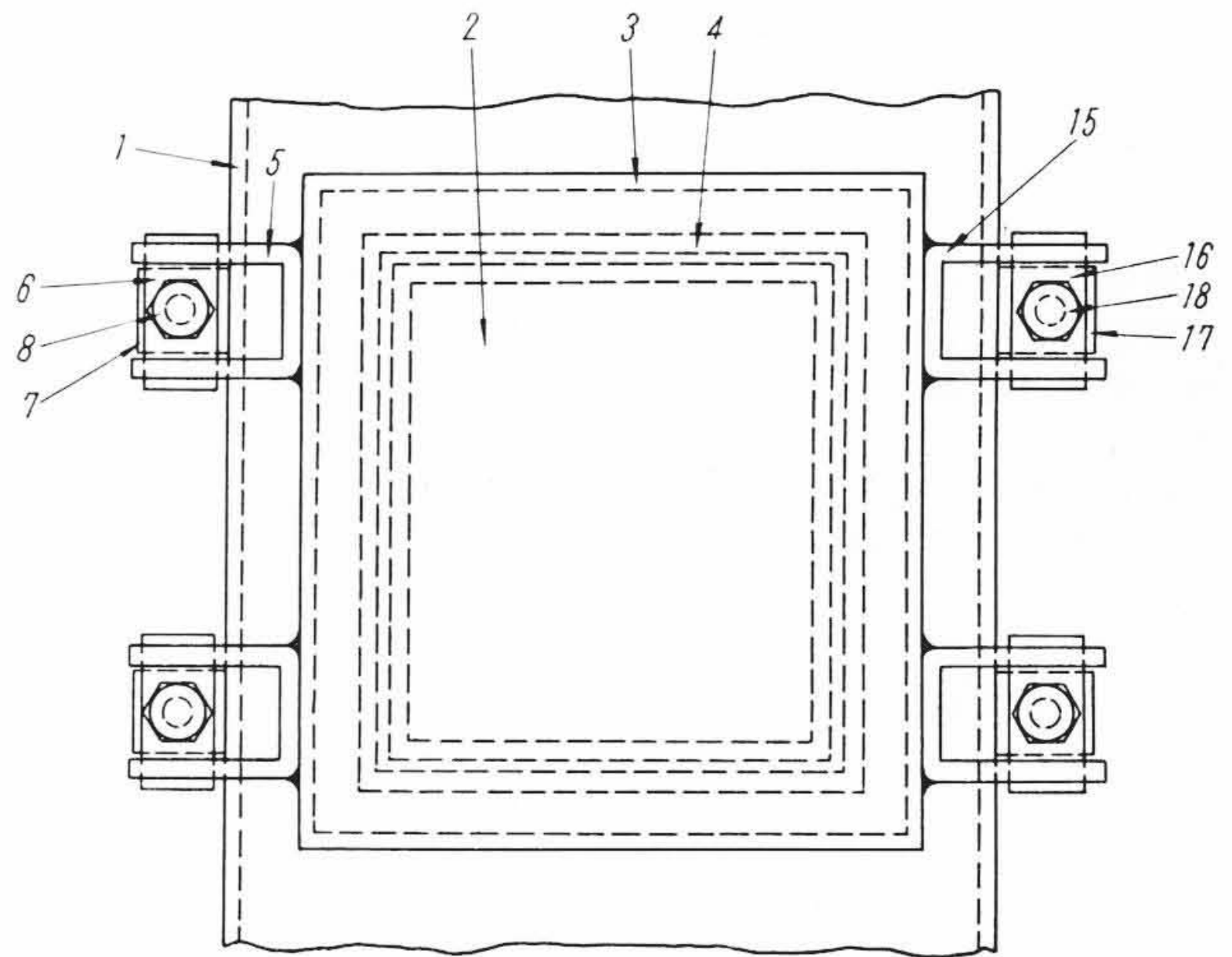
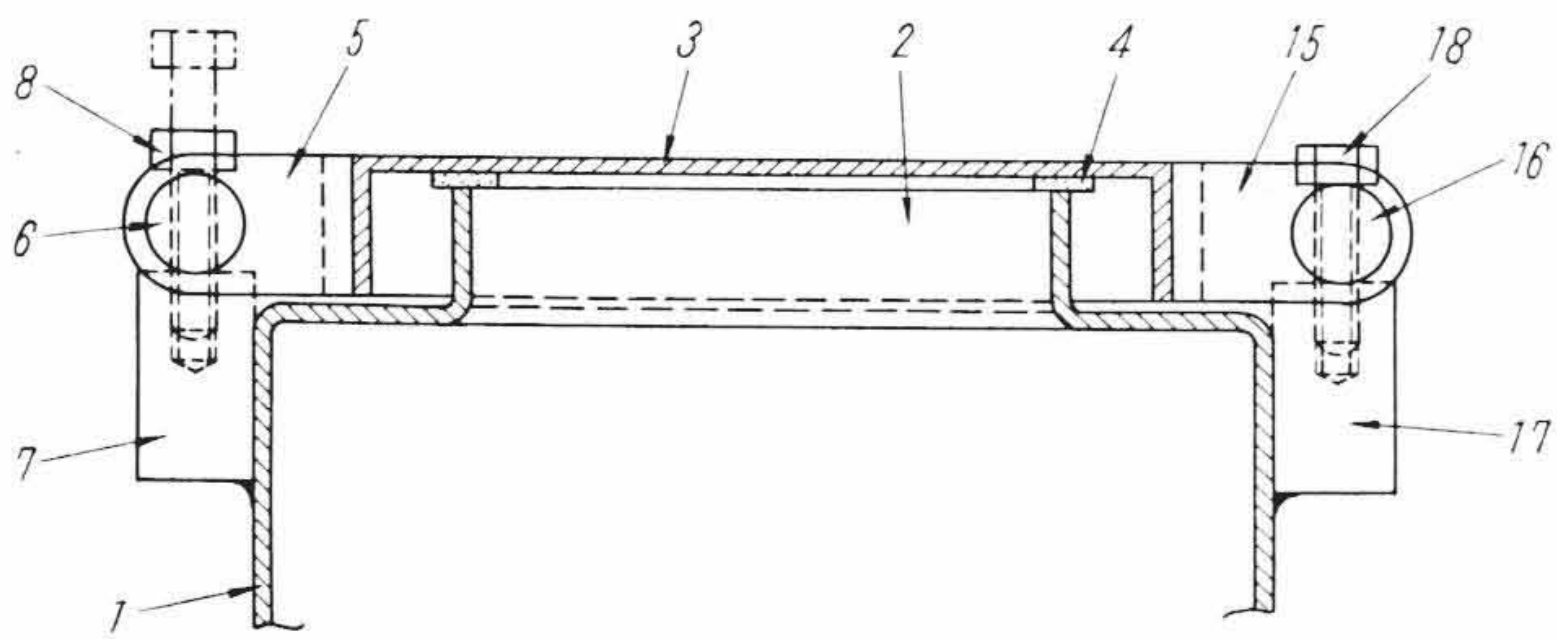
屋外用密閉母線箱の点検窓蓋取付装置

この考案の構成を説明するに、1は内部に導電線を通した密閉母線箱、2は箱に設けた点検窓、3は窓を密閉する窓蓋、4はパッキングである。5、15は窓蓋の両側にそれぞれ固定したU字形の耳金、6、16は耳金に回転自在に貫通したヒンデピン、7、17は箱1の両側にそれぞれ固定したヒンデピン受台、8、18はヒンデピンを受台に固定する締付ボルトである。図は窓蓋3の両側に設けた耳金5、15のヒンデピン6、16をそれぞれ締付ボルト8、18により、箱1の両側に設けた受台7、17に締着した状態を示すもので、箱1内部の点検のため窓蓋3を開く場合はたとえば窓蓋3の左方における締付ボルト8を図に鎖線で示す位置まで抜き出すと、締付ボルト8の先端

と受台7との螺合がはずれるゆえ、抜き出した該締付ボルト8をつまんで窓蓋3を右方のヒンデピン16を中心として上方に開くことができる。

また反対に左方の締付ボルト8はこれを締め付けたままとし、右方の締付ボルト18を上方に抜き出しボルト18の先端と受台17との螺合をはずすことにより、窓蓋3を左方のヒンデピン6を中心として上方に開くこともできる。

このように本案の窓蓋取付装置によれば、窓蓋3を右方へも、また左方へも任意に開きうるから箱1の内部点検に至便である。
(諸角)



登録新案 第548288号

小野寺 進・高橋 信之

電器具収納抽出わく体

この考案は電気記録計、調節計などにおいてケースの内部から内部機構を引き出したり、ケース内部に機構を押し入れるときに都合がよいわく体に関するものである。

第1図においてケース1には計器の機構が載せられる基盤3があり、そのピン6～9が並行レバー12、12'のみぞ14～17にはめられている。ピン7には錠止レバー18が固定され常時はバネ21によりそのピン19がストッパー2に突き当たり基盤3がケース外部に出るのを防いでいる。

ここで基盤3をにぎり10により引き出す場合には、第2図に示すように錠止レバー18が棒13により反時計方向に回転され、ストッパー2との係合がはずれ容易に引き出しうるし、基盤3をケース1中に収納する場合にはにぎり10を押すのみで自動的にピン19とストッパー2が係合され、一度基盤3が収納された後はケース1が傾いても内部機構が外部に飛び出すことがない。

(手島)

