

高速度鋼の鍛造方法による組織の改善

The Structure Improvement of the High Speed Steel

橋 本 善 利* 武 本 円 十*

内 容 梗 概

高速度鋼の大型ホブ材料はマイクロ組織において複炭化物の形状と分布の均一性が基準になっているので、鍛造方法による組織の改善について研究した。

複炭化物の形状と分布状態の改善は鍛造比の増加によつて行われるが、大型材料については不明である。よつて鍛造方法の要素として鋼塊の大きさ、鍛造比および据込鍛造を変えた場合について改善の程度、複炭化物の変化などを検討した。

その結果、マイクロ組織は鍛造比が同じであれば小型鋼塊がよく、また鍛造比に比例して改善される。

同一鍛造寸法であれば組織は大差ない。すなわち鋼塊断面積比だけ鍛造比を増加すれば、ほぼ同じ組織がえられる。

据込鍛造を行うとわずかに改善されるが、大型材料ではあまり明らかでない。

鍛造によつて組織改善を行うには据込鍛造の可能最小断面まで鍛伸して最後に据込鍛造を行うことが最良である。

〔I〕 緒 言

高速度鋼の大型ホブ材料はマクロ組織が良好で、マイクロ組織は外周より直径の $\frac{1}{5}$ 深さにおいて複炭化物の形状と分布状態の均一であることが要求されている。

複炭化物の形状と分布状態は⁽¹⁾鍛造の度合、すなわち鍛造比によりある程度までは改善されるが、鋼塊の大きさによつて必要な鍛造比の程度を異にするものである。

大型材料においては、組織が不均一になりやすいから、できるだけ小さい鋼塊を用いて十分に鍛造を効かせなければならぬので、据込鍛造により鍛造比を大きくしなければならぬ。しかるに大型材料に対する鍛造比または据込鍛造による複炭化物の変化、および鋼材の表面よりどの程度まで組織が改善されるかについて明らかでない。

著者等は鍛造方法の要素として鋼塊の大きさ、鍛造比および据込鍛造の回数を変えた場合における内部組織、改善される深さなどについて研究するとともに簡単なる切削試験を行い、その内部組織との関係について検討した。

〔II〕 研究の方法

内部組織は化学成分ならびに鋼塊の大きさによりかなりの差異があるので

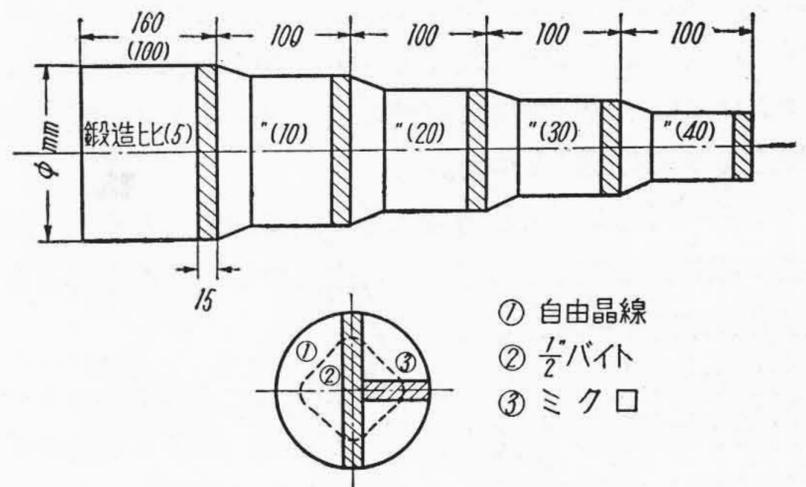
低W系としてMo高速度鋼(XMI)鋼、高W系として高速度鋼第3種(SKH3鋼)の2品種について研究した。

XMIは1t高周波、SKH3は5tエルー式電気炉で熔製のものである。試料の化学成分を第1表に示す。

試料鋼塊の大きさは

XMI	—, 250, 500 kg
SKH3	150, 250, 500 kg

* 日立製作所安来工場



第1図 試験片採取位置
Fig. 1. Position of Test Piece Obtained from Forged Material

その形状は

150 kg	190 ² × 450 mm
250 kg	215 ² × 600 mm
500 kg	320 ² × 500 mm

第1表 試料の化学成分
Table 1. Chemical Composition of Specimen

鋼種	熔番	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V	Co
XMI	A5899	0.76	0.15	0.36	0.015	0.007	0.14	4.15	6.39	4.71	2.04	—
SKH3	54580	0.72	0.15	0.35	0.025	0.003	0.13	4.07	18.35	—	0.82	3.63

第2表 鍛造寸法
Table 2. Dimensions of Forged Material

鋼塊	F.R					
	5	10	20	30	40	50
150 kg	95φ	65φ	45φ	—φ	—φ	—φ
250	110	75	55	45	—	—
500	** 160	110	* 80	65	* 55	50

備考 ** 鍛伸後3回繰返し据込鍛伸
* " 1回 "

これら鋼塊を鍛造比4まで分塊して鋼塊の頭部側より試材を熱間切断し、さらに第1図に示すごとく鍛造比5, 10, 20, 30, 40, 50の階段状に鍛伸し丸型仕上した。この場合2.5tハンマを使用した。鍛造寸法を第2表に示す。

また、SKH3については鍛造比5, 20, 40に対し各々1回宛長さの1/2据込鍛伸を行い、鍛造比5はさらに繰返し2回(計3回)の1/2据込鍛伸を行った。

(1/2据込鍛伸とは長さの1/2まで据込鍛造後再びもとの長さに鍛伸することをいゝ1回として算える)

つぎに900°C×2h 800°C×2hの焼鈍を行った。その硬度はXMI, HB217, SKH3, HB248である。

試片の割出しは第1図に示す各位置より行った。据込鍛伸のものは最初の鍛伸時の切出し側とした。なお、3回据込鍛伸を繰返したものは、1回ごとに前述の同じ側より採取した(したがって連続繰返し鍛造後の端面とは異なる)試験位置は鍛造端面より15mm内側の断面とし、マクロ組織は鍛伸方向に直角の横断面、ミクロ組織は鍛伸方向の縦断面にとつた。

ミクロ試料の割出し方向は第1図に示すごとく角型鋼塊の自由晶部の影響を予想し自由晶の対角線を中心とし割出し方向を一定とした。

比較の基準位置は外周より直径の $\frac{1}{10}$ (以下 $\frac{D}{10}$ という)および直径の $\frac{1}{5}$ (以下 $\frac{D}{5}$ という)深さとし基準組織と比較してその順位をミクロ値として示す。

(基準組織はミクロ、マクロともに1~4の段階に級を分け番号が大きくなるほど悪くなることを示す)

〔III〕 研究結果と検討

(1) 鋼塊の大きさとマクロ組織

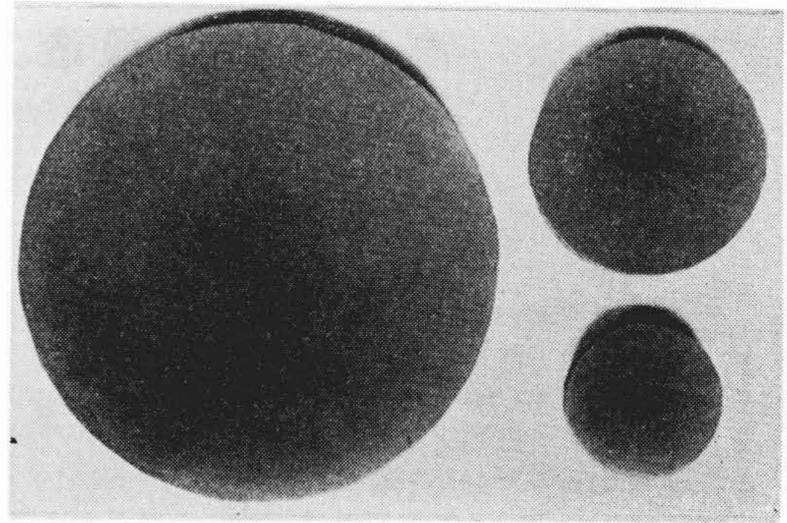
第1図に示した各位置の横断面を塩酸1:1溶液で腐蝕した。その結果を第2図、第3図に示す。

XMIは第3図に示すごとくマクロ値は良好であり、鋼塊大きさの差もほとんどない。

SKH3は各鋼塊ともに第2図に示す偏析がかなりあつてマクロ値は悪い。鋼塊大きさ別では小型鋼塊ほどしだいに偏析は少なくなつている。大型鋼塊の鍛造比の大なるものと鍛造寸法の同一の場合の小型鋼塊から製作した鍛造比の小さい場合の組織の級は大差なく、ダイス鋼に見られるような鍛造比の大きさによる改善効果は認められない。すなわち同一寸度の鍛造品を造るのに必要以上の大型鋼塊を使用し鍛造比を大きくして改善を望むことは困難である。

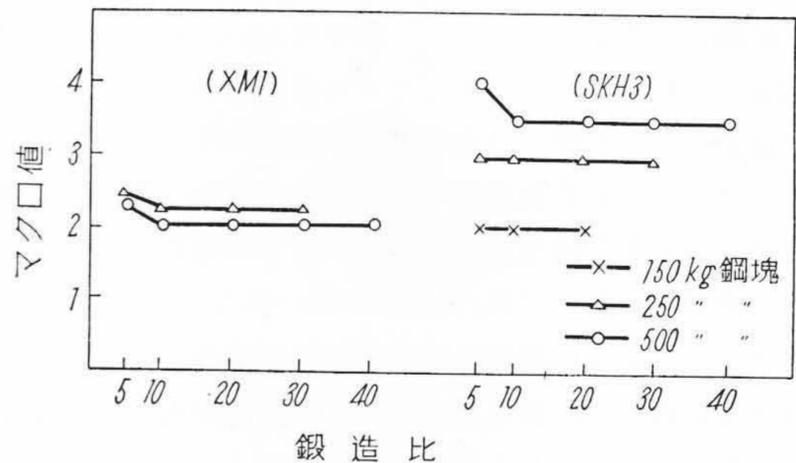
(2) 鍛造比とマクロ組織

前述のごとく各鋼塊とも鍛造比による差異は認め難いが、鍛造比10以上に増加した場合SKH3における偏析



第2図 SKH3: マクロ組織 (500 kg 鋼塊)
鍛造比 5 20 40
鍛造寸法 (φmm) 160 80 55
マクロ値 4.0 3.5 3.5

Fig. 2. SKH3: Macrostructure (500 kg Ingot)
Forging Ratio 5 20 40
Dimension (φmm) 160 80 55
Macrostructure Value 4.0 3.5 3.5



第3図 鍛造比とマクロ値
Fig. 3. Relation between Macrostructure No. and Forging Ratio

群は分散せず逆にしだいに鼓状輪廓を示してくる。さらに据込鍛伸を加えても1~3回の据込ではいづらか分散する位で改善されない。XMIにおいては変化が認められない。

据込鍛伸による偏析の分散は他の熔解においても同様の傾向であつて、鍛造比または鍛造方法によつて大なる改善は期待できない。マクロ値をよくするにはできる限り小型鋼塊にすべきである。

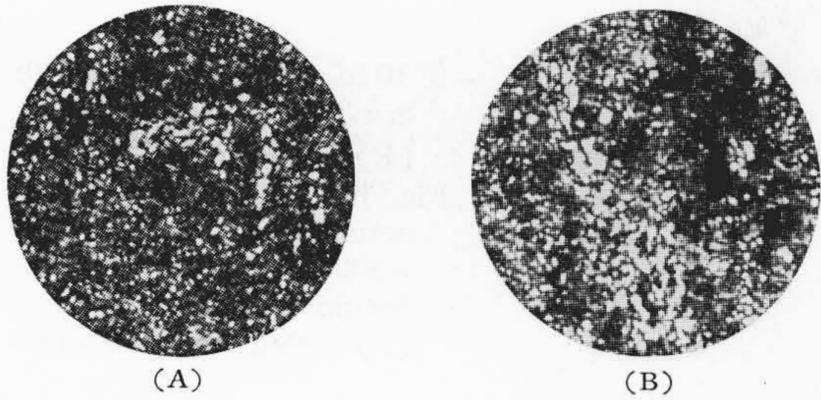
マクロ組織と含有成分量についてP量0.025%以上の場合不良率が高い傾向にある。このSKH3試料もP量は高かつたのでマクロ改善が困難な要因の一つになつていゝと考える。

(3) 鋼塊大きさとミクロ組織

前述した焼鈍試料について縦断面における $\frac{D}{10} \sim \frac{D}{5}$ 位置を比較した。

(A) XMI

複炭化物の分布状況は250 kg鋼塊はやゝ網状であり、



第4図 XMI 鍛伸 (F.R. 5) のマイクロ組織 ×200
 (A) 250 kg 鋼塊 110 φmm
 (B) 500 kg 鋼塊 160 φmm
 Fig. 4. XMI; Microstructure (Forging Ratio 5) ×200
 Specimen (A) 250 kg Ingot→110 φmm
 Specimen (B) 500 kg Ingot→160 φmm

500kg 鋼塊は縞状の傾向を示しているが鋼塊大きさの差異とは認め難い。複炭化物の形状は各鋼塊ともにほとんど変わらず球状化しており良好である。第4図に鍛造比5における $\frac{D}{5}$ 位置の状況を示す。

(B) SKH3

250~500 kg 鋼塊における複炭化物は層状に群集しその一部に網状のところがある。150kg 鋼塊における網状の部分は少なく層状を示している。

複炭化物の粒は鋼塊が大型になるほど角状で大きくなる。500kg 鋼塊ではこの傾向が著しい。

これらからマイクロ値よりみた鋼塊大きさの差は150~250 kg 鋼塊では大差なく、おゝむね良好であるが、500kg 鋼塊では複炭化物の偏析が著しく良好でない。第5図に鍛造比5における $\frac{D}{5}$ 位置の複炭化物状況を例示した。

(4) 鍛造比とマイクロ組織

鍛伸鍛錬における鍛造比とマイクロ値の関係を第6図、第7図に示す。

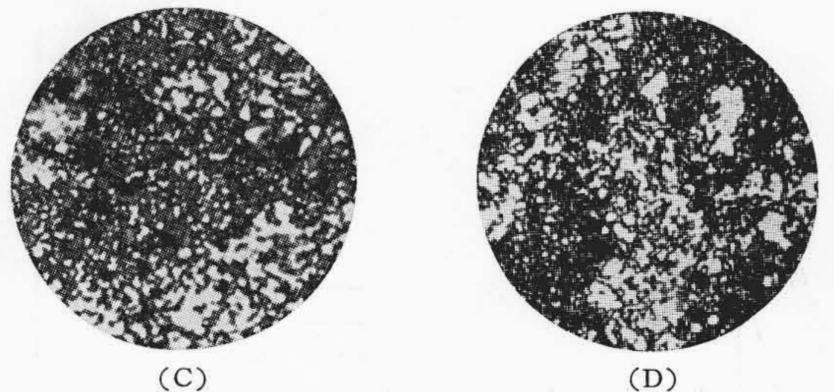
XMI は鍛造比 20 までは改善されるが、これ以上増加しても変化は見られない。

SKH3 では鍛造比の増加に比例し改善が進行している。鋼塊大きさ別では 150~250kg 鋼塊がやゝ顕著に改善される。

据込鍛造の効果について SKH3 500kg 鋼塊において鍛造比 5, 20, 40 より $\frac{1}{2}$ 据込鍛伸におけるマイクロ組織の変化を第8図に示す。鍛伸鍛造比 20, 40 は1回の据込鍛伸で明らかに改善が見られるが鍛造比5よりの据込鍛伸では僅かである。

鍛造比5のものについてさらに2回 $\frac{1}{2}$ 据込鍛伸(計3回)を加えた。第8図、第9図(次頁参照)に示すごとく据込回数の増加によつて僅かに改善されている。

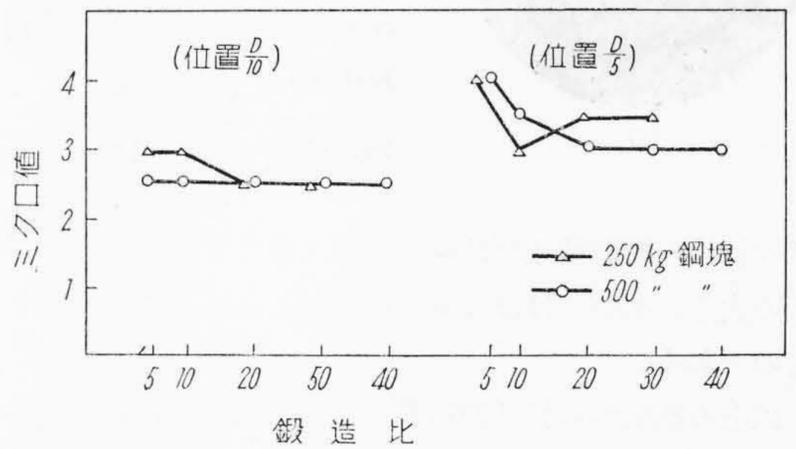
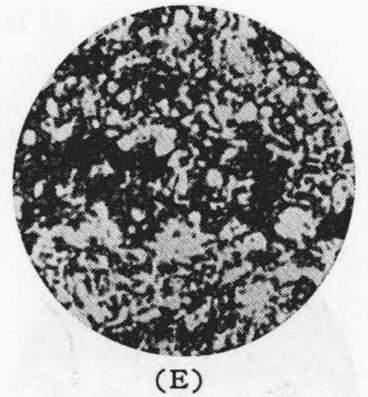
据込鍛伸3回で鍛造比40となるが、それと鍛伸のみで鍛造比20にしたもの第10図(次頁参照)と組織を $\frac{D}{5}$ 位置で比較するとほぼ同じ組織を示した。これは据込鍛伸



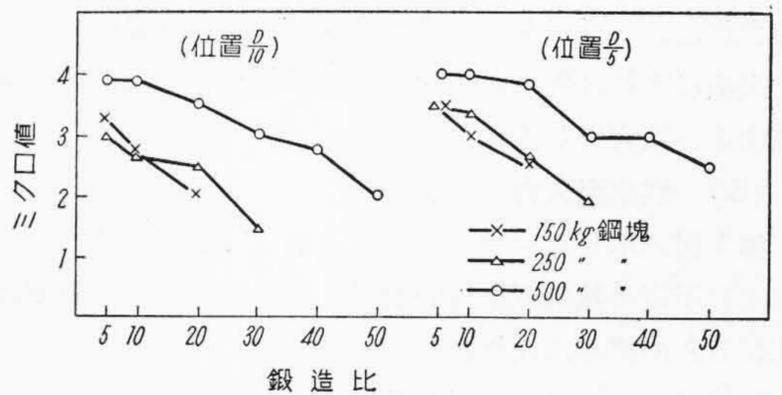
第5図 SKH3 鍛伸 (F.R. 5) のマイクロ組織 ×200
 (C) 150kg 鋼塊→95φmm
 (D) 250kg " →110φmm
 (E) 500kg " →160φmm
 Fig. 5. SKH3; Microstructure (Forging Ratio 5) ×200

Specimen

(C) 150kg Ingot→95φmm
 (D) 250kg Ingot→110φmm
 (E) 500kg Ingot→160φmm



第6図 XMI 鍛造比とマイクロ値
 Fig. 6. XMI; Relation Between Microstructure Value and Forging Ratio

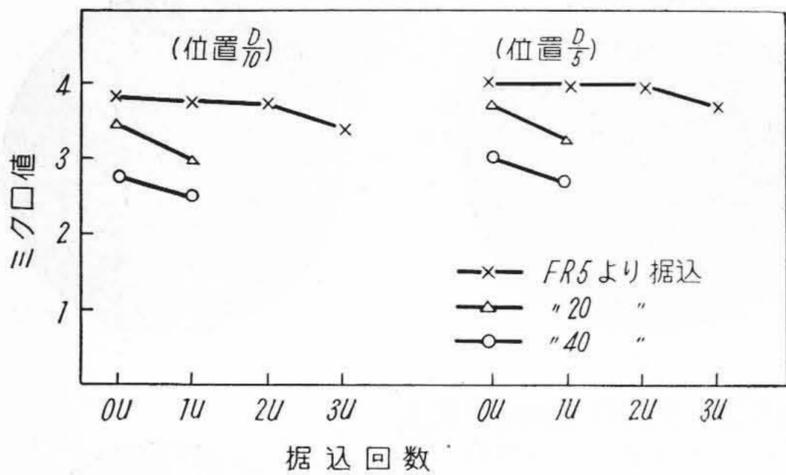


第7図 SKH3 鍛造比とマイクロ値
 Fig. 7. SKH3; Relation Between Microstructure Value and Forging Ratio

の場合よりも鍛伸で鍛造比を増すのがマイクロ組織改善の大きいことを示すものである。

また、分塊鍛造比の大きい場合に鍛造割れの発生率が少い実績をえている。

鍛造寸法とマイクロ値の関係を求めると第11図(次頁参照)のごとく鍛造寸法が同じ場合は鋼塊大きさが異つても



第8図 据込回数とマイクロ値 (SKH3 500kg 鋼塊)
Fig. 8. Relation Between Microstructure Value and Upset Forging (SKH3 500 kg Ingot)



第9図 SKH3 据込鍛造のマイクロ組織 (G) 鍛造比 $5 \rightarrow \frac{1}{2}$ 据込 $\times 3$ 位置 $\frac{D}{5}$ $\times 200$
Fig. 9. SKH3; Microstructure (Upset Forged) Specimen (G) Forging Ratio $5 \rightarrow \frac{1}{2}$ Upset $\times 3$ Position $\frac{D}{5}$ $\times 200$

ほとんどの鋼塊の断面積比だけ鍛造比を大きくとれば500kg以下の大きさにおいてはほとんど同じ組織がえられることを示すものである。

以上の結果から据込鍛造前の分塊比は据込可能の最小断面までとることが効果的である。

なお含有成分量の関係について高W系 (SKH3) は低W系 (XMI) に比較し鍛造によつてマイクロ組織を改善することは困難であり、かつ据込鍛伸を行つてもあまり改善されないようである。また高W系における量産品の検査実績によればW量にかなり影響があり低いほどマイクロ値はよい傾向である。

(5) 切削耐久力

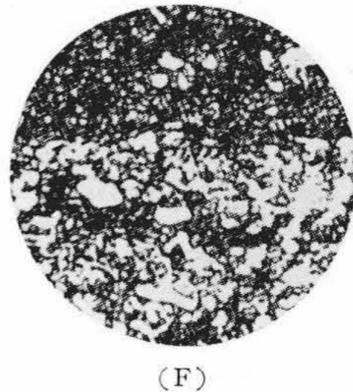
第1図に示したマクロ試験片より $\frac{1}{2}$ in 角バイト材を切出し所定の熱処理を行い剣バイトに仕上げた。硬度はHRC0.5の範囲に入れた。

切削試験は旋盤を使用し各々3回宛行つた。

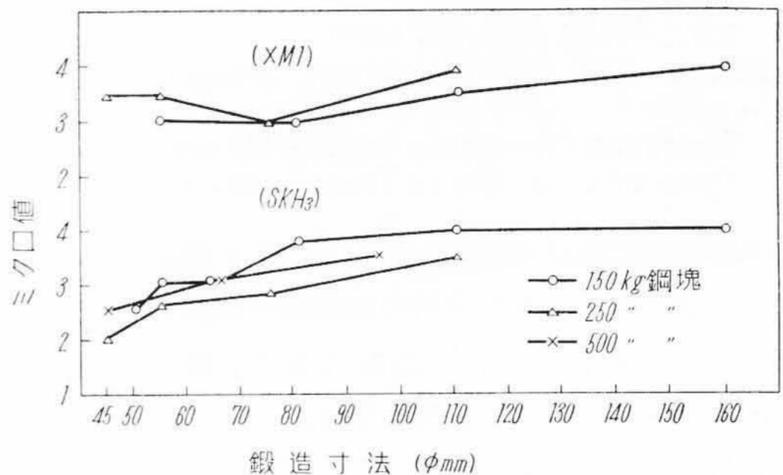
切削耐久力の限界はバイト刃先尖端が欠け切削不良になる瞬間までの耐久時間をもつて比較した。

この数値から鋼塊大きさ鍛造比などの各関係につき平均値および分散の差の検定を行つたが、いずれも予想に反して有意差は認められなかつた。

小柴⁽²⁾によれば鋼塊は小型ほど、また鍛造比10ぐらいまでは切削耐久力は鍛造比とともに増加するが、ある限度以上においては必ずしも鍛造比に比例しないと発表している。



第10図 SKH3 鍛伸 (F.R. 20) のマイクロ組織 $\times 200$ (F) 500kg 鋼塊 $\rightarrow 80\phi$ mm
Fig. 10. SKH3; Microstructure (Forging Ratio 20) $\times 200$ Specimen (F) 500kg Ingot $\rightarrow 80\phi$ mm



第11図 鍛造寸法とマイクロ値 (位置 $\frac{D}{5}$)
Fig. 11. Relation Between Dimensions of Forged and Microstructure Value (Position $\frac{D}{5}$)

今回の実験は鍛造比5以上いずれにおいても有意差が認められなく、また複炭化物の状態と切削耐久力の関係についても今回程度の差では明確な相関関係は見出されなかつた。

[IV] 結 言

以上の研究結果を要約するとつぎの通りである。

(1) 鋼塊大きさ

低W系 XMI 鋼は鋼塊大きさによる差異、あるいは鍛造比を増加しても、鋼塊の大きさによる組織改善の度合はほとんど変わらない。高W系 SKH3 鋼の場合は小型鋼塊ほど良好であるが、大型 (500 kg) 鋼塊の複炭化物は小型鋼塊に比し分散し難い。

(2) 鍛造比

マクロ組織は鍛造比10程度までは改善されるが、それ以上に鍛造をしても、また鍛造方法を変えても改善し難い。

マイクロ組織はある程度まで鍛造比に比例し改善される。鍛造寸法を同一にすれば 500 kg 鋼塊以下の大きさにおいてはほとんど同じ組織がえられる。

(3) 鍛造方法

据込鍛造に比し鍛伸で鍛造比を増した場合が改善効果

が大である。据込鍛造では回数を増加しても、あまり改善されない。据込鍛造前の分塊鍛造比は大きいほど改善度合は大であり、かつ鍛造割れの発生も少い。最小限分塊鍛造比6は必要である。

鍛造によつて組織の改善される層を厚くするには据込の可能な最小断面まで分塊し、最後に据込鍛伸を行うことが最良である。

(4) 成分

高W系 (SKH3 鋼) の内部組織はWおよびP含有量にかなり影響があり、低いものほどよい傾向を示す。高W

系は低W系 (XMI 鋼) に比し鍛造によつて改善し難い。

(5) 切削性能

鋼塊大さ、鍛造比、鍛造方法などによる明確な差異は認められず、また本実験程度のマイクロ組織の差においては切削耐久力との明確な相関関係も見出されなかつた。

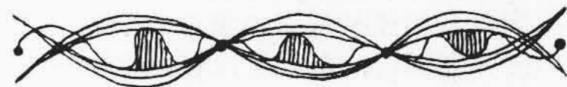
最後に本研究に対し御指導を賜つた矢野部長、小柴研究所長、御協力を戴いた田村、鈴木、野口各主任に深謝する。

参考文献

- (1), (2) 小柴: 高速度鋼 13 (昭 25 4)



特許と新案



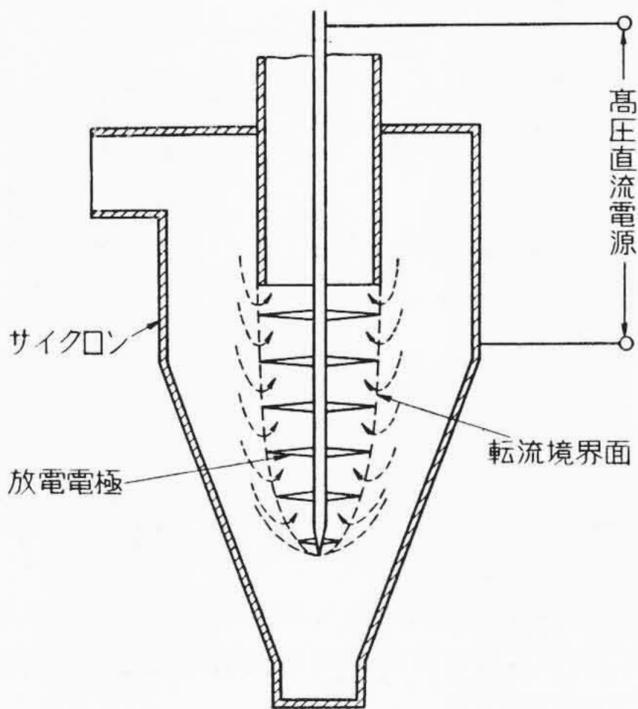
特許第 214413 号

橋本清隆・諫早典夫

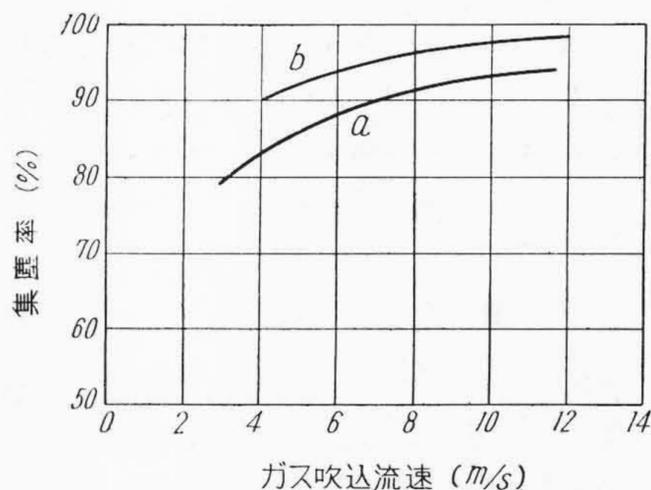
遠心電気分離装置

この発明は第1図のようにサイクロンの旋回気流の転流境界面に沿つてコットレルの放電電極を配置したものである。旋回気流の速度は転流境界面で最小となるから、塵粒子はここでコロナ電界によるイオン化作用を十分に受けて通常のコットレルにおける収塵作用が行われ

るとともに帯電粒子と未帯電粒子との吸引による凝集およびサイクロン器壁に向つて吸引せられる帯電微粒子と旋回気流の最外層中の比較的粗大な粒子との衝突による凝集により粒子は一層粗大化してサイクロンの遠心力による分離効果を増大する。サイクロンは一般に低負荷において能率がいちぢるしく低下するのに対しコットレルは低負荷において高能率特性を示すが、この発明は上に述べたような両者の特殊な組み合わせにより従来のサイクロンの第2図 a 曲線に示すような集塵率特性に比べて b 曲線のように広い負荷範囲にわたつて高能率をえたものである。(原田)



第1図



第2図

継手は

印

日立鐵管継手

許 第七五四
JIS B 2301

東京・大阪・名古屋・福岡・仙台・札幌

日立製作所



電 気 車 総 括 制 御 装 置

カム軸制御器を備えた電気車を2両以上連結し、前端および後端車両の主幹制御器により総括制御を行う電動列車において、逆転器が動作不能となつた故障電気車を、ほかの電気車で逆方向に牽引すると、故障電気車の主回路に横流が流れ、主電動機を焼損することがある。

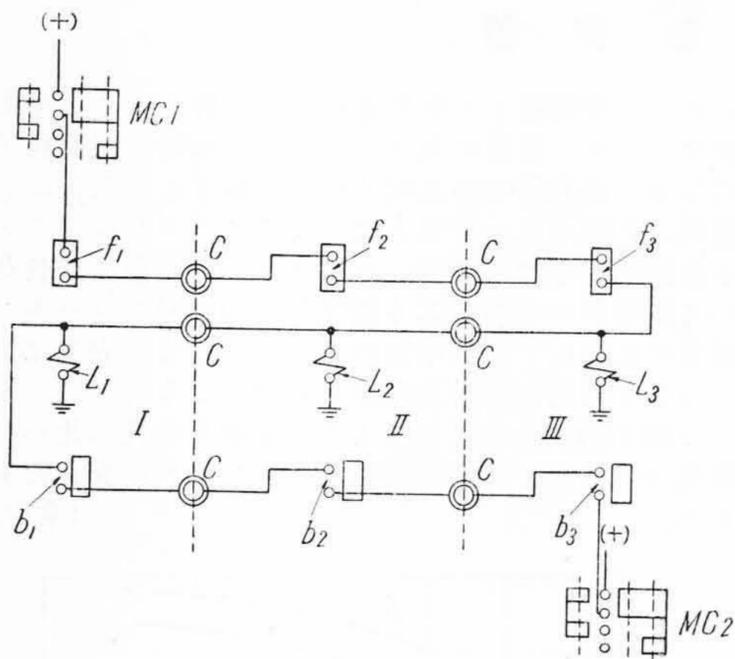
この考案は、故障電気車がある場合は主幹制御器による総括制御を無効とし、運転手の注意を促し、前記主電動機焼損事故を防止せんとするものである。

図は3両連結運転の場合を示し、MC1は前端電気車の主幹制御器、MC2は後端電気車の主幹制御器、I, II, IIIは各車両、L₁, L₂, L₃は各車両の断流器、Cは連結栓である。f₁, f₂, f₃およびb₁, b₂, b₃は、主電動機の

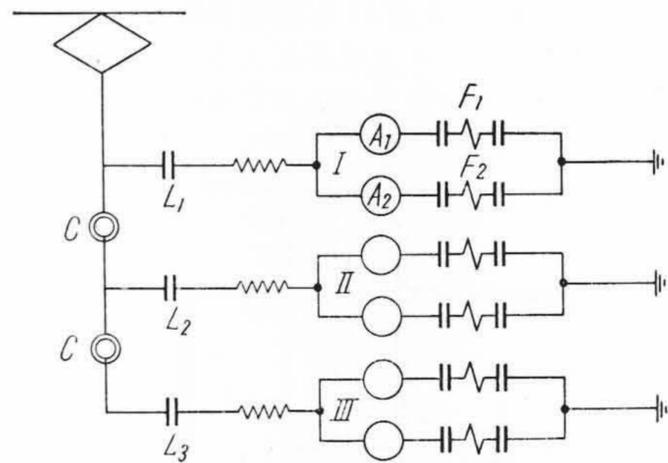
界磁 F₁, F₂ の極性を転換する逆転器に新たに附加した補助接点であつて、前進運転の場合は第1図に示すように f₁, f₂, f₃ は閉合し MC1 の第1ノッチで各車両の断流器 L₁, L₂, L₃ が励磁されるから電動列車の総括制御が可能となる。もし第2車両IIの逆転器が故障で、界磁の転換ができない場合は、補助接点 f₂ が開かれているから、MC1 の操作は無効となり、発車できない。よつて運転手は故障電気車のあることを知り、第2車両IIの逆転器を手動操作で転換させ f₂ を閉合させることにより、発車可能となる。

MC2 の操作による後進運転の場合は、逆転器の補助接点 b₁, b₂, b₃ が全部閉合した状態で総括運転が可能となる。したがつてこの考案によれば運転手が故障電気車のあることに気付かずに運転して故障電気車の主電動機を焼損させる不都合を未然に防止することができる。

(滑川)



第1図



第2図

日 立 評 論

船 用 機 器 特 集 号

別 冊 No. 14

我国の造船技術は戦前より高く評価されていたが、最近の造船界は外国船主よりも続々大型貨物船および大型タンカーを受注し、未曾有の活況と建造記録を示している。このことは我国の造船技術の優秀さは勿論であるが加えて造機技術の実績も深く認められていることを示すものである。

今回弊社では造機技術の成果集ともいべき船用機器特集号を計画し、来る8月下旬発行の予定で編集を進めている。何卒その発行を御期待乞う。

目 次

次 目

- ◎ 船用機関の艤装について
- ◎ バブコック日立船用ボイラ
- ◎ 大型油槽船アレキサンドラ号 15,000 HP ボイラ
- ◎ 船用オイルバーナ
- ◎ 最近の日立船用蒸気タービン
- ◎ 艦艇用蒸気タービンの諸問題
- ◎ 発電用補機タービン

- ◎ 最近の船用発電機および電動機
- ◎ 船用配電盤および制御装置
- ◎ 電動揚貨機の最近における進歩
- ◎ 船用計器および継電器
- ◎ 日立船用 D-F 型遠心清浄機
- ◎ 船用ハイドロフオワ装置用機器
- ◎ 船用無線送受信装置

東京都千代田区丸の内1ノ4
(新丸の内ビルディング7階)

日 立 評 論 社

誌代特価1部 ¥100(送料12)