

# 鉄 粉 の 瞬 間 抵 抗 焼 結

Studies on Resistance Sintering of Iron Powder

坂 井 徹 郎・原 善 四 郎

加圧下の金属粉に直接通電し、その抵抗発熱によって金属粉を焼結する瞬間抵抗焼結法は、型を加熱する必要がないので、他のホット・プレス法に較べて大きな加圧力を使用して在来の冷間加圧・焼結法およびホット・プレス法にまさる高密度で機械的強度の高い粉冶製品を得る可能性がある。

筆者らは試作した抵抗焼結機（電力容量 45 kVA, 最高加圧力 2.5 t/cm<sup>2</sup>）を使用して、鉄粉について瞬間抵抗焼結を試み、得られた焼結体の金属組織、密度、引張り強さに及ぼす各種要因（入力、加圧力、鉄粉の粒度、試料の形状）の影響を検討した。

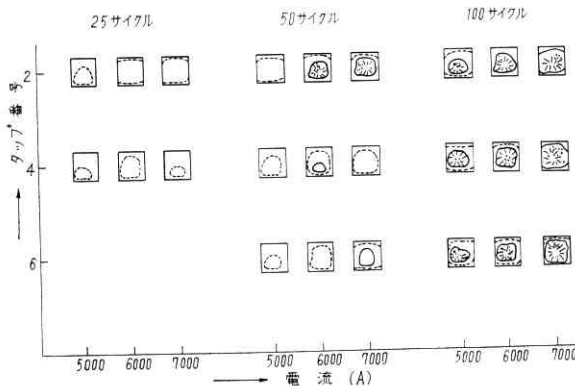
## 実 験 方 法

鉄粉はヘガネス鉄粉、電解鉄粉の 2 種、試料形状は加圧方向の断面積が円形（直径 10 mm）および長方形（3.5 mm×47 mm）の 2 種を用いた。各試料形状に応じた金型（雲母箔で絶縁）に所定重量の鉄粉（円柱形試料のとき 7 g, 長方形試料のとき 14 g）を装入し、圧力制御弁によって加圧力を、変圧器タップによって印加電圧を、イグナイトロン制御ダイヤルによって有効電流を、シーケンス制御ダイヤルによって通電時間をそれぞれ設定して所要条件の抵抗焼結を行ない、得られた焼結体について金属組織、密度、引張り強さなどを検査、測定した。

## 実 験 結 果

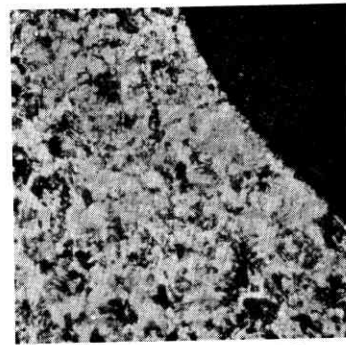
### (1) 入力の影響について

組織：粒度 -100+150 メシンの電解鉄粉を加圧力 2

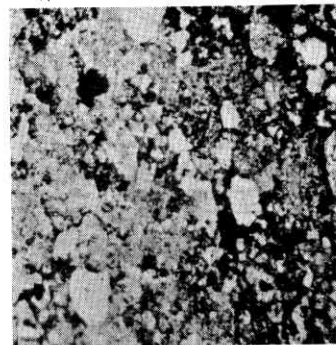


第 1 図

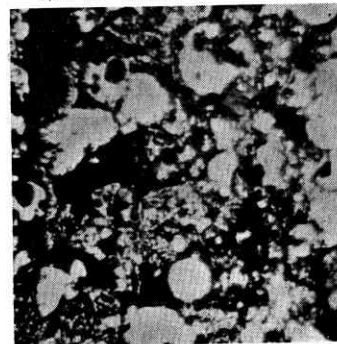
ton/cm<sup>2</sup> の下で印加電圧、有効電流、通電時間をそれぞれ 3 種類に変えて円柱形焼結体を作り、縦断面のマクロ組織を調べた結果を第 1 図に示した。同図において点線は完全焼結範囲を、実線は溶融範囲を示す。この図からみると、印加電圧が高く、通電時間が長くて、試料に加えられた入力の大きい場合には、試料中央に溶融部（金属板の抵抗溶接の場合にはこのような溶融部をナゲットと呼んでいる）が表われる。顕微鏡組織を観察すると、入力が高い場合にはナゲット中に黒色の斑点が見える（第 2 図）。この部分は X 線回折によれば金属鉄とマグネタイトの共析組織であり、高温で生成したブスタイトが冷却分解したものと考えられる。ナゲットおよびその周辺には、多数の気孔も観察される。ナゲットの周囲には焼結組織が見られる（第 3 図）。試料端部には



第 2 図 硝酸アルコール腐食



第 3 図 硝酸アルコール腐食

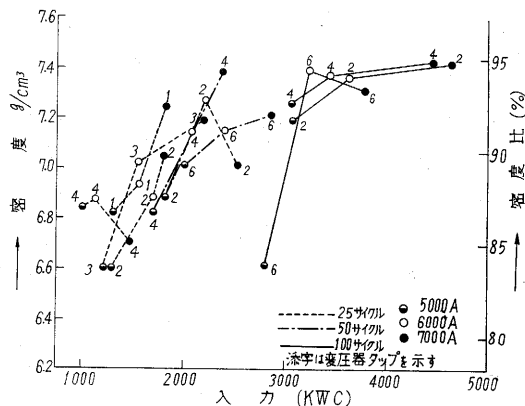


第 4 図 硝酸アルコール腐食

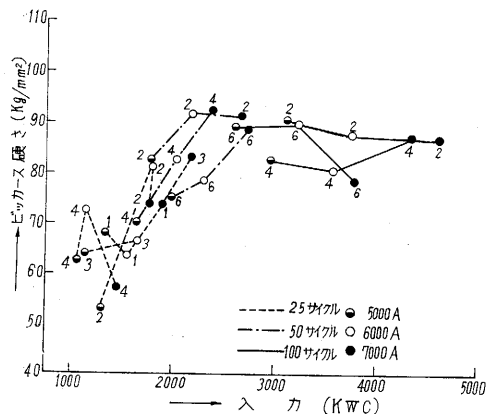
粒子形状が原形から変化して丸味を帯びたものが見られる（第 4 図）。

研究速報

**密度：**これらの試料の密度を測定した結果を第5図に示した。これによれば密度に大きな影響を与えるのは入力(電圧・電流・サイクルの相乗積)であって、低入力



第5図



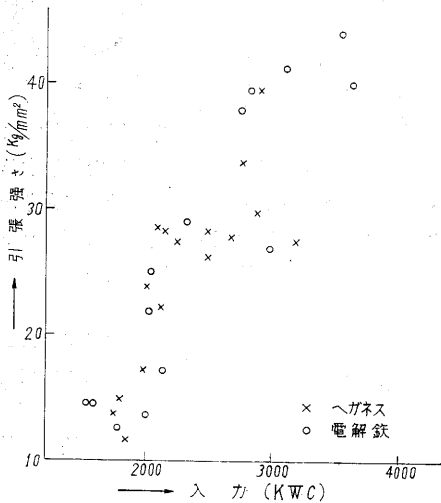
第6図

では密度の上昇率が大きく、高入力では理論密度よりもやや低い値に飽和する傾向がある。これはナゲットの生成に気孔の発生が伴うためと考えられる。

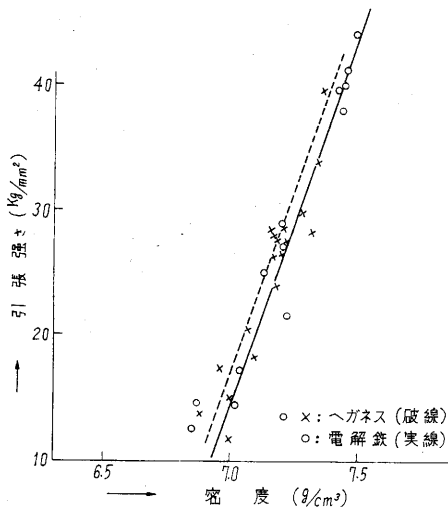
**硬さ：**第6図には入力と硬さの関係を示した。硬さの測定はマイクロピッカースにより、図には4カ所の測定値の平均値を示した。傾向は密度の場合と類似している。

**引張り強さおよび伸び：**以上に述べた円柱形試料の場合と同様の条件(使用粉末：電解鉄粉、粒度：-100+150メッシュ、加圧力：2 ton/cm<sup>2</sup>)で印加電圧、有効電流、通電時間を種々に変えて抵抗焼結した長方形試料からJIS 7号試験片(幅6 mm、厚さ3.5 mm、標点距離20 mm)を切り出して引張り試験を行ない引張り強さと伸びを調べた。引張り強さと入力との関係をプロットしてみると(第7図(a))、バラツキが大きいが引張り強さは入力に比例して増加している。なお、この場合、

試料密度と引張り強さの関係をプロットすると良い相関が見られる(第7図(b))。さらに焼結雰囲気(引張り強さ、伸び)に与える影響を調べるために、空気中と水素



第7図(a)



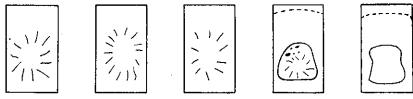
第7図(b)

中で焼結を行なった試料について上述のような引張り試験を行なったが、バラツキが大きく特に顕著な相違は認められなかった。

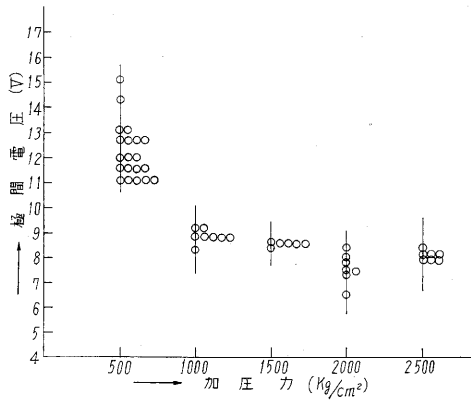
(2) 加圧力の影響について

粒度、印加電圧、有効電流、通電時間を一定とし、加圧力を0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 ton/cm<sup>2</sup>の5種に変えて加圧力の影響について調べた。マクロ組織を調べてみると、第8図に示したように低圧力の際は全面が一樣に熔融するが、高圧力になると熔融範囲が減少する。顕微鏡組織をみると、高圧力になるほど、気孔が減少している。低圧力では高圧力の場合と同じ変圧器タップを使用

しても極間電圧が高くなるのが認められるので(第9図),その結果として入力が大きくなり全面的な溶融が見られるのではないかと考えられる. また,有効電流も低



第 8 図



第 9 図

圧力では粒子の接触抵抗の大小によって極端にバラツクことがみられる. これらの結果から所定密度の焼結体を安定に得るためには,少なくとも 1 ton/cm<sup>2</sup> 以上の高圧力を加える必要があると考えられる.

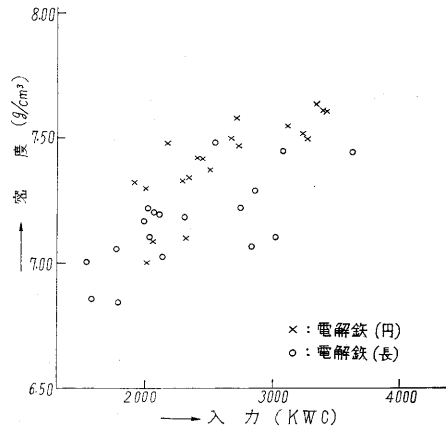
(3) 粒度の影響について

粒度以外の焼結条件をすべて一定に保ち,種々の粒度(-60~-325 メッシュ)の焼結試料についてマクロ組織を調べると,細粒はどナゲットの大きさが小さくなっていることが認められる. また,顕微鏡組織を調べると細粒試料の組織は緻密であって粗粒の場合には蜂の巣状の気孔が見られ,粒子の接触部から溶融したのではないかと考えられることから,細粒の時は全面にわたって焼結が進行するが,粗粒の場合には局部的溶融が発生するよ

うに考えられる.

(4) 試料の形状による影響

電流以外の焼結条件を一定とし,同一電流密度の円柱形および長方形試料をつくり,その密度を測定すると第10図のように,密度は円柱形試料の方が長方形試料のそれよりも大きく表われている. 顕微鏡組織は,長方形試料では円柱形試料よりも黒色斑点が小さく一様に分布している. これは型の放熱面積の相異によるものと考えられる.



第 10 図

結 論

- (1) 焼結体の密度,硬さ,強度を支配する要因は入力であり,特にサイクル,電流の影響は大きく,極間電圧の影響は少ない.
- (2) 加圧力は少なくとも 1 ton/cm<sup>2</sup> 以上でなければ安定な焼結ができない.
- (3) 粒度が細かいほど,組織は緻密かつ均一である.
- (4) 試料の形状が大きくなると一般に密度は低下し,黒色の斑点や気孔の大きさが小さくなって分散する. (1962年12月28日受理)

次 号 予 告 (4月号)

研 究 解 説

粒体メカノケミカルピストンの諸特性.....	森松	島	政	弘
吸着法による放射性廃液の処理.....	河	添	正	太
ダイオード型パラメトリック増幅器.....	竹	内	邦	朗
	黒	川	兼	行

研 究 速 報

貯水池の滞砂の問題の水理模型による研究について.....	井	口	昌	平
粉体の表面積測定に関する研究.....	福	田	義	民
	河	添	邦	朗
	池	田	憲	治
	竹	沢		進