

鉄粉の半連続抵抗焼結

Semi-continuous Resistance Sintering of Iron Powder

坂井 徹郎*・板橋 正雄*・原 善四郎*

Tetsuo SAKAI, Masao ITABASHI and Zenshiro HARA

1. ま え が き

長尺型に装入した鉄粉に、つぎつぎに抵抗焼結を繰返して長尺焼結体を作る半連続抵抗焼結法は、長尺焼結体の製造法^{1)~8)} および抵抗焼結による粉末圧延法⁹⁾¹⁰⁾ の基礎的研究として重要である。筆者たちは、電解鉄粉を使用して、長さ 200 mm, 幅 10 mm の長尺焼結体を製造する場合の最適条件(板厚, 重ね合わせ量および通電量)を決定するため、これらの条件が試料の密度, 硬さ, 引張強さ, マクロ組織並びに加工性などに与える影響を調べた。

この焼結法では、長尺型内における粉末の流動状況がパンチの形状によって左右されるから、予備実験として、ガラス製(肉厚 15 mm)の透明ダイス(型穴高さ 40 mm, 幅 10 mm, 長さ 200 mm)の中に、鉄粉とアルミナ粉をそれぞれ縦方向のみに層状に装入した場合と横方向のみに層状に装入した場合について、二種類形状のパンチで加圧して粉末の流動状況を観察し、粉末の流動量が最少になる図 1 のようなパンチの形状を決定した。

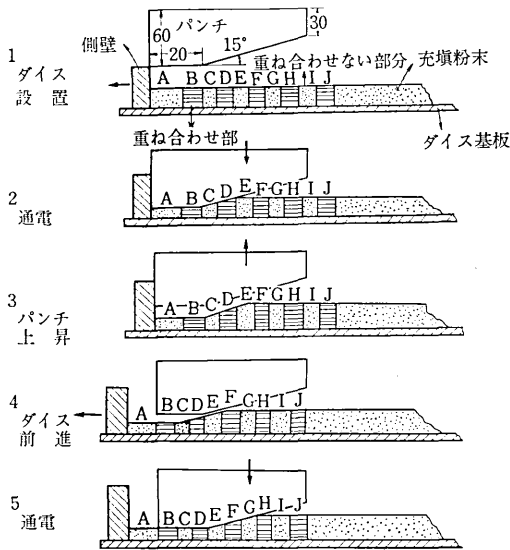


図 1 半連続式抵抗焼結法

2. 実験方法

ダイス内面を雲母箔で絶縁し、この中に 600°C で 30 分間水素炉中で還元を行なった粒度 -250~+300 ユーシンの電解鉄粉を、それぞれ 27, 54, 81, 108 g ずつに粗天秤で秤量して装入し、粉末の表面を平に均したのちプレスで予圧 (0.2 t/cm²) を行ない、つぎに 2, 4, 6, 8 mm の重ね合わせと重ね合わせを持たせない場合とについて、ダイスを適当な距離だけ移動し、ほぼダイスの長手方向の中央部まで半連続的に抵抗焼結(極端電圧 6V, 通電時間 50 サイクル=1 秒)を繰返したのち、ダイスを反転して再び同様な操作を行なって長尺焼結体を製造した(図 1)。これらの試料を長さ 100 mm に切断し、さらにそれぞれを約 6 等分して見掛け密度を測定し、また同じ製造条件の試料から JIS 7 号引張試験片を切削加工して引張試験を行ない、さらには長尺焼結体の長手方向の側面および長手方向に切半した断面を研磨腐食し、これらの断面に現われる縞状模様を肉眼や顕微鏡で観察し、ついで焼結試料の側面について HR_F 硬さを測定した。なお、板厚 6 mm の試料については圧延加工を行なって、加工性を調べた。

3. 実験結果および考察

(i) 板厚の影響

図 2 には板厚をそれぞれ 2, 4, 6, 8 mm として、1 回だけ通電焼結したときの試料の密度比と通電量との関係を示した。この図によれば、板厚が 4~6 mm の場合に最高密度を示し、板厚が 8 mm, 2 mm の場合には密

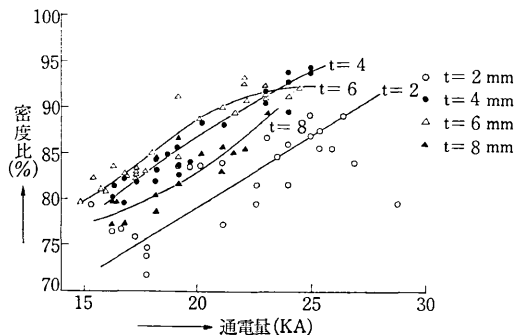


図 2 通電量と密度比との関係

* 東京大学生産技術研究所 第 4 部

研 究 速 報
 度のバラツキも大きく低密度となっているが、何れの場合にも通電量の増加と共に密度比は増加し、次第に飽和状態に達する傾向を示している。

(ii) 重ね合わせ量の影響

図 3 には板厚がそれぞれ 2, 4, 8 mm の場合に、重ね合わせ量を 2, 4, 6, 8 mm に変化させて製造した焼結試料 (長さ 100 mm) を約 6 等分して見掛密度を測定した結果を図示したものである。板厚が 4 mm で重ね合わせ量が 6 mm の場合に最高の密度分布を示し、また各種の重ね合わせ量による密度変化のバラツキも最小となっている。板厚が 8 mm や 2 mm の場合もほぼ同様な傾向を示しているが、板厚が 2 mm の場合には密度のバラツキが最大を示している。この原因は、次のように考えられる。

- (1) 試料の厚さが薄いために通電量は多くなるが、抵抗がほとんど零となり、結局入力が増加したこと。
- (2) 重ね合わせ量が多い程、既焼結部にほとんど通電されたこと。
- (3) 発熱量も少なく、放熱速度が大であったこと。

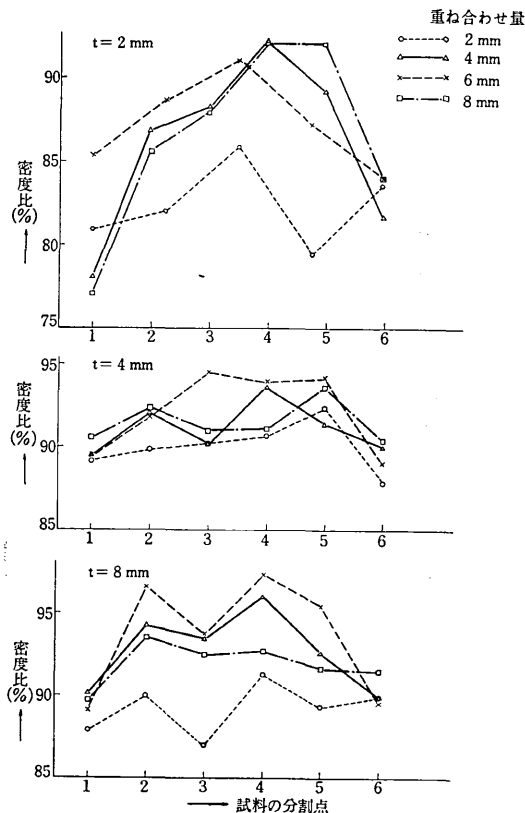


図 3 焼結試料の密度比、厚さおよび重ね合わせ量との関係

図 4 には、上述の三種の板厚の焼結試料における側面硬さの測定結果を図示した。この図によれば、重ね合

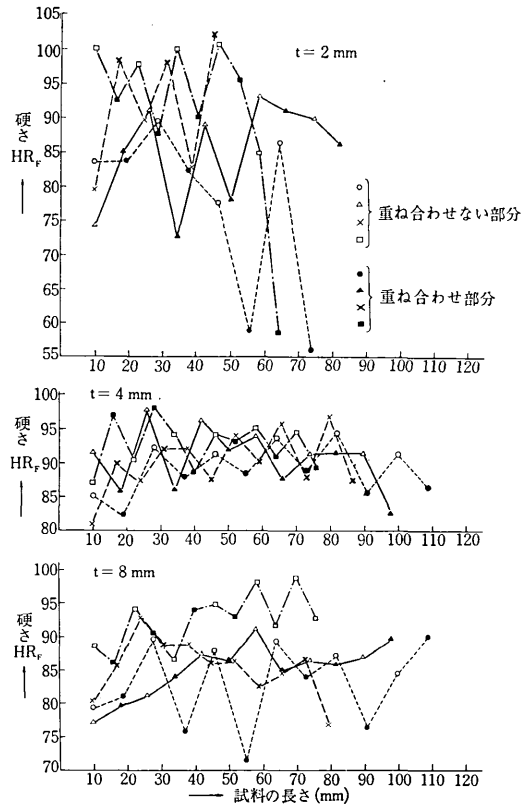


図 4 焼結試料の硬さ、厚さおよび重ね合わせ量との関係

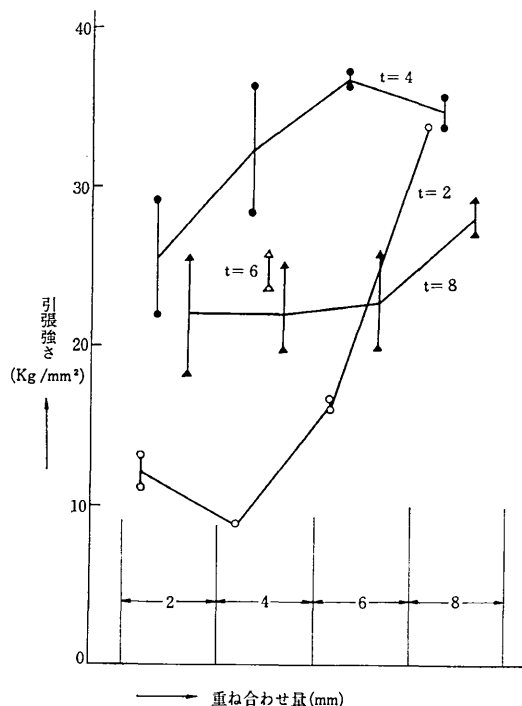


図 5 引張強さと重ね合わせ量、板厚との関係

せない部分の硬さ値が大きく、重ね合わせた部分の硬さ値は小さくなっており、板厚が 4 mm の場合には硬さ値のバラツキは最小で、板厚が 8 mm, 2 mm となる程、そのバラツキも大きくなっている。この事実は図 3 の密度分布の測定結果と良く対応している。硬さ値の大小は、板厚が 8 mm や 2 mm の場合についてもほぼ同様な結果を示している。硬さ値の測定結果が上述のようになった原因は、重ね合わせた部分が再加熱されて焼鈍されたためと考えられる。

図 5 は、種々の板厚、重ね合わせ量で製造した焼結試料から、JIS 7 号試験片を切削加工して、引張試験を行なった結果を図示したものである。この結果は、図 2 の結果とほぼ良好な対応を示し、重ね合わせ量が多くなる程、板厚が薄くなる程、引張強さは上昇する傾向を示している。

図 6 も図 5 と同様な対応を示し、重ね合わせ量が多くなる程、板厚が薄くなる程、見掛密度は高くなり、板厚が厚くなる程、重ね合わせない部分（マイナス記号）を多くしても連続した板が得られることを示している。

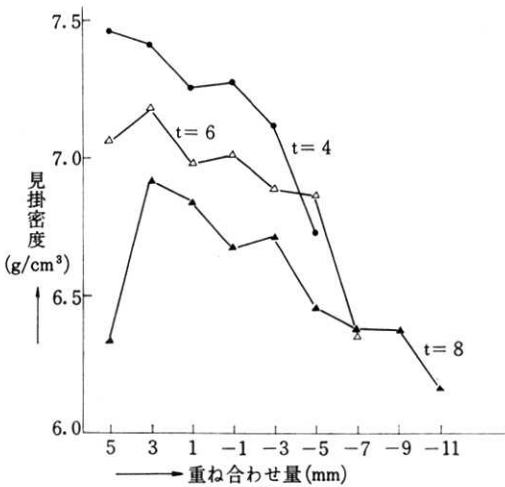


図 6 見かけ密度と重ね合わせ量、板厚との関係

図 7 は、板厚 6 mm の場合に四種の重ね合わせ量を持たせて製造した試料の圧延加工性を調べた結果である。この図によれば、重ね合わせ量が少ない程、加工性は良好で、中間焼鈍を行なうことなく約 1~4% ずつ圧下しながら、全圧下率 80% まで冷延を行なうことができた。P. Evans¹¹⁾ も銅粉製の焼結試料を、全圧下率 75% まで冷延後焼鈍を行なったことを報告している。

写真 1 には、板厚を 8 mm とし、2, 4, 6, 8 mm の重ね合わせを持たせて製造した焼結試料の縦断面のマクロ組織を示した。写真から分かるように、各試料断面には船形の縞状模様を生じ、これが互に重畳されて連続的な焼結板が得られているが、試料の表面部や底面部では

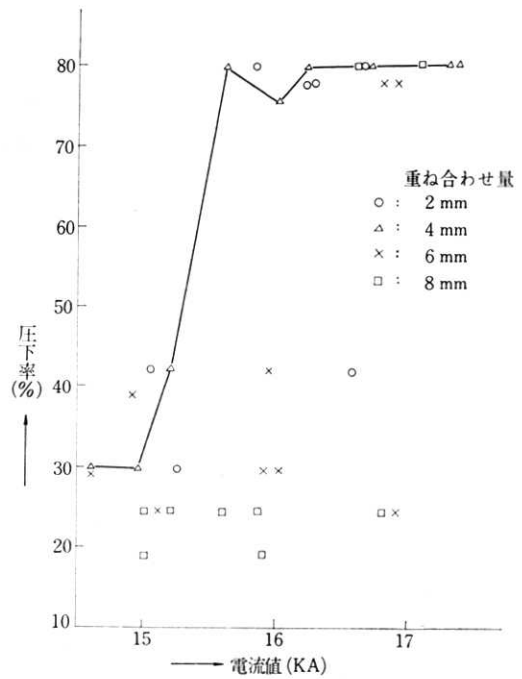
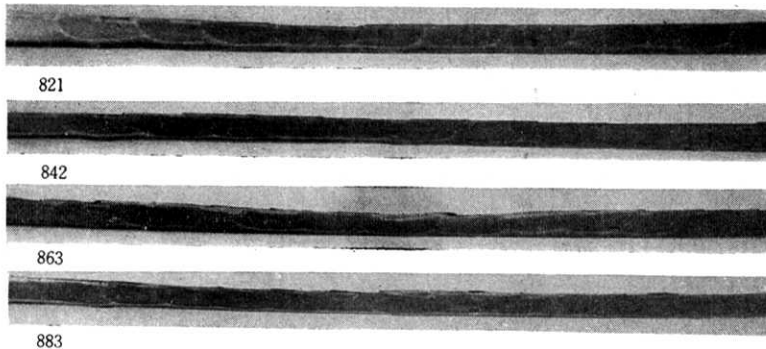


図 7 圧下率、通電量および重ね合わせ量との関係 (板厚 6 mm)



5% 硝酸アルコール腐食×0.5
写真 1 焼結試料の縦断面のマクロ組織

研 究 速 報

未焼結部分が残存し、試料内部では焼結部または溶融部を生じている。試料内部にこのような不均一部が生ずるのは、通電によって焼結される部分の大きさに比べて、パンチやダイスの大きさが過大なために、発生した熱が試料の表面や底面ではパンチやダイスに吸収され、試料内部では熱放散が少ないためと考えられる。このようにして試料全体に焼結部（または溶融部）と未焼結部が生じ、かつパンチの形状による影響も加わるために、試料内部には船形の縞状模様が現われるものと考えられる。

(1970 年 10 月 7 日受理)

参 考 文 献

1) F. Emley; Proc. 15th Ann. Meeting met. Pow. Ind. Fed., (1959), 5.

2) C. Deibel, F. Emley; Planseeber. Pulvermet., 10, (1962), 3.
 3) C. Deibel, D.R. Thornberg, F. Emley; Powder met., No. 5, (1960), 32~44
 4) F. Emley, C. Deibel; Perspectives in Powder Metallurgy, V. 1, 83~97.
 5) F. Emley, C. Deibel; 日本特許出願公告, 昭 38-6610.
 6) 粉末冶金講座, 第 4 卷, p. 102
 7) 坂井, 板橋, 原: 昭和 40 年度粉体粉末冶金協会講演概要集 (春), p. 5~6.
 8) 坂井, 板橋, 原: 昭和 44 年度粉体粉末冶金協会講演概要集 (春), p. 20~21.
 9) 坂井, 岡田: 昭和 45 年度日本金属学会春季大会講演概要集, p. 108.
 10) 坂井; 日本特許第 582516 号 (1970)
 11) P. Evans; Perspectives in Powder Metallurgy, V. 1, p. 123.

次 号 予 告 (2 月 号)

—工学における新しい化学計測 特集—

論 説

新しい化学計測 武 藤 義 一

特 集

廃水, 特に界面活性剤廃液処理と化学的測定機器 浅 原 照 三

物質情報の新表現と計測 野 崎 弘

放射線・アイソトープの化学計測への利用 加 藤 正 夫
 佐 藤 乙 丸

多孔性触媒・吸着剤の動的特性 河 添 邦 太 朗
 杉 山 衣 世 子

..... 高 橋 浩

放射線を利用した化学計測の最近の進歩 —とくに非破壊分析法について 本 間 禎 一

研 究 速 報

ヒドロキシルアパタイトによる海水ウランの分離に関する基礎的研究 高 井 信 治
 山 瀬 和 武 正 郎

応力分布仮定から誘導された Herrmann の Mixed Model と同一の有限要素マトリックス 吉 田 裕

イオン交換体に補集された銅 (II) イオンの ESR による研究 梅 沢 香 代 子
 古 賀 榎 武 郎
 山 辺 武 郎

Splat-cool した Al-Fe 合金時効過程のメスパワー解析 三 島 良 治
 石 加 藤 洋 正 夫

研 究 室 紹 介

後藤研究室 後 藤 信 行