

抵抗焼結法による繊維強化金属の製造の試み (第2報)

Trial to Resistance-sinter Fiber-reinforced Metal -2-

原善四郎*・明智清明*・板橋正雄*

Zenshiro HARA Kiyooki AKECHI and Masao ITABASHI

1. はじめに

第1報¹⁾では、鉄ウイスカを配合した場合の実験結果について述べた。本報告では、鋼繊維を配合した鉄焼結体とアルミニウム焼結体の実験結果と、金属組織観察について報告する。実験方法は第1報と同様である。

2. 実験結果と考察

2.1 鋼繊維強化鉄焼結体

密度は、入力増大とともに増大する(図1)。そのパラ

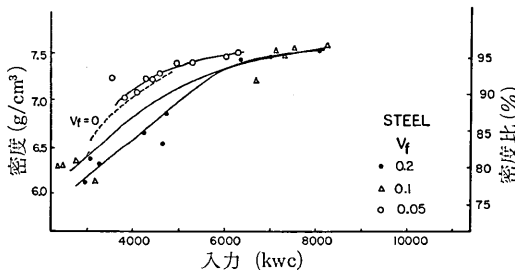


図1 鋼繊維を配合した鉄焼結体の入力と密度(比)の関係

ツキは V_f が大きいほど大きい。同入力で密度を比較すると、 $V_f=0.05$ は $V_f=0$ とほぼ同程度であるが、 V_f 増大とともに密度は低下する。高入力側では V_f に無関係となる。すなわち、 $V_f=0.20$ のように V_f が大きい場合には、鋼繊維を配合することによって低入力側では、密度上昇を妨げることを示している。強度はバラツキが著しいが、入力増大とともに強度が増大する傾向を示しており、同入力で比較すると、 V_f 大ほど強度大である(図2)。伸びもバラツキが著しく、しかも $V_f=0$ の場合と異なり、入力増大によって伸びが増大することは

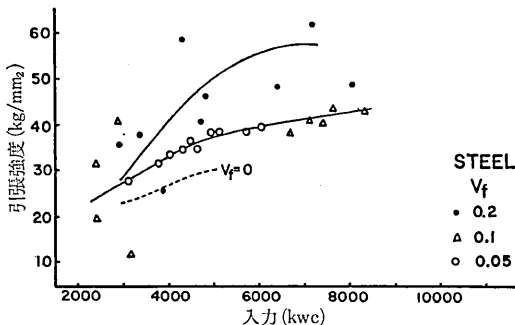


図2 鋼繊維を配合した鉄焼結体の入力と引張強度の関係

* 東京大学生産技術研究所 第4部

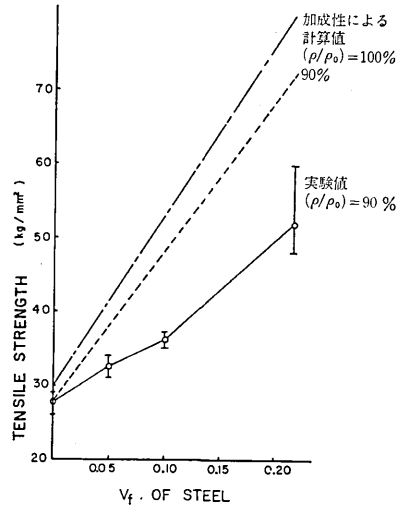


図3 鉄焼結体中の鋼繊維の体積比と引張強度の関係

なく、ほとんどが $V_f=0$ の伸びよりも小さい。

図3に、 V_f と強度の関係を示す。同じ焼結体密度比(90%)でプロットしたものである。 V_f の増大とともに強度が増大していることが確認できる。加成性から求められた計算値よりも低い値であるが、その原因としては次のようなことが考えられる。① 鋼繊維の一方配列からのずれや不均一分散状態である。② 鋼繊維が、抵抗焼結条件によっては、溶解したり相変化を起している。

図4に、鋼繊維を含んだ焼結体の応力-歪曲線の概略図を示す。 $V_f=0.20$ の曲線は、 $V_f=0$ と $V_f=1$ との中間的な様相を示している。鋼が降伏点に達するまでの鋼の弾性域の部分で、焼結体の強度が担われていることがわかる。

なお、通常の方法(圧縮成形→焼結)との比較のために、鋼繊維を配合した鉄粉を 6 ton/cm^2 で圧縮したが、取扱い可能な程度には成形することができなかった。このことから、抵抗焼結法は、簡便に繊維強化金属を製造できるという特長をもっていることがわかる。

2.2 鋼繊維強化アルミニウム焼結体

噴霧アルミニウム粉(-150メッシュ、福田金属製)を用いて、鋼繊維 $V_f=0.20$ の抵抗焼結体を製造した。強度と入力の関係を図5に示す。 $V_f=0$ のアルミニウムのみの焼結体は、この入力範囲では $6\sim 10 \text{ kg/mm}^2$

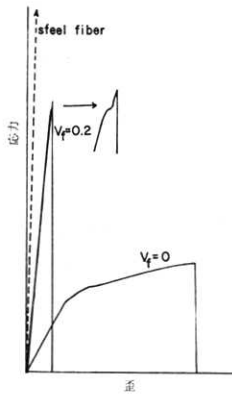


図 4 鋼繊維を配合した鉄焼結体 ($V_f=0.2$) の応力-歪曲線の概略図

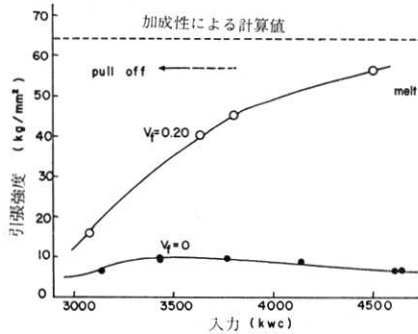


図 5 アルミニウム-鋼繊維焼結体の入力と引張強度の関係

であり、約 3,500 kW のところで最大となる。一方、鋼繊維 $V_f=0.20$ の焼結体は、入力増大とともに強度は増大し、入力がおおよそ 4,600~5,000 kW 以上になると溶解が著しくなり試片が得られなくなる。また、低入力側の焼結体の引張試験後の破面には pull off が観察され、破断後の鋼繊維は、黄銅メッキ色が残っている。高入力側では pull off はみられず、鋼繊維もアルミニウム色をしている。伸びについては、バラツキがあるが、15~30% である。表 1 に、最適抵抗焼結条件の時の密

表 1 Al-鋼繊維焼結体の密度と引張強度 (最高値)

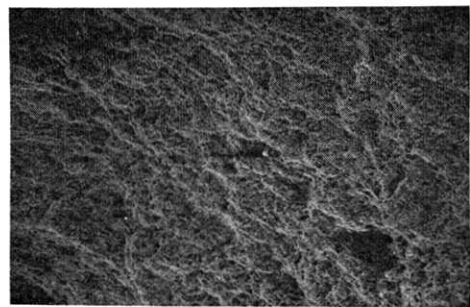
配合比 V_f		理論密度 (g/cm ³)	焼結体の		引張強度 (kg/mm ²)
アルミニウム	鋼繊維		密度 (g/cm ³)	密度比 (%)	
1.00	0	2.70	~2.65	~98	~10
0.80	0.20	3.74	~3.68	~98	~56*
0	1.00	7.70	—	—	280

* 複合則からの計算値=64 kg/mm²

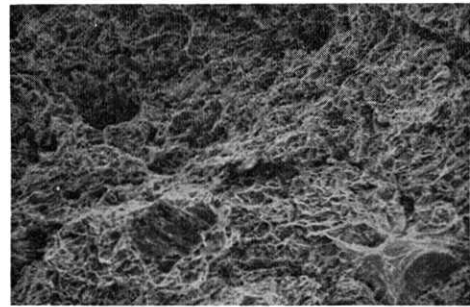
度と強度の値を示す。鋼繊維強化アルミニウム抵抗焼結体が、加成性に極めて近い強度を得ることが可能であることを示している。

3. 金属組織観察

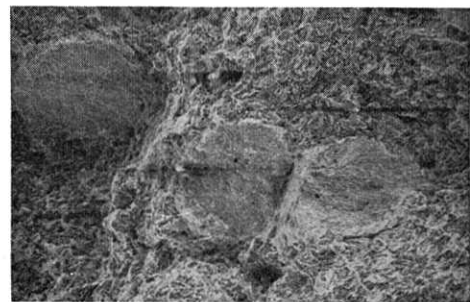
写真 1 に、溶解を生じていない場合の、(a) 鉄粉のみの焼結体、(b) 鉄ウイスカを含んだ焼結体、(c) 鋼繊維を含んだ焼結体の破面の走査型電子顕微鏡像の一例を示す。マトリックスは気孔を含んだ波状の延性的破面である。写真 1(b) の右下の 4 角錐状の部分が、鉄ウイスカの延性破断面である。ウイスカとマトリックスが十分に焼結していることがわかる。写真 1(c) の鋼繊維を含んだものも、マトリックスと鋼繊維が十分に焼結しており、



(a) 鉄粉のみの焼結体

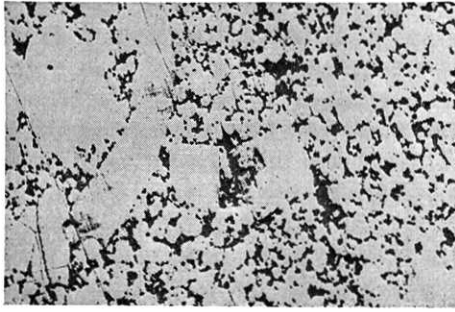


(b) ウイスカを含む焼結体

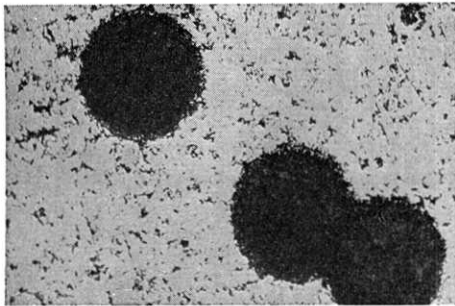


(c) 鋼繊維を含む焼結体

写真 1 溶解を生じていない鉄焼結体の破面の走査型電子顕微鏡像



(a) ウィスカを含む焼結体 100 μ



(b) 鋼繊維を含む焼結体 100 μ

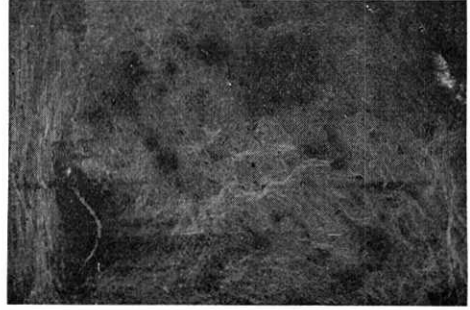
写真 2 溶解の生じていない鉄焼結体の光学顕微鏡組織

また, pull off していないことが確認できる。さらに, 繊維の破断面がネッキングを起こしていない, マトリックスと繊維とが同時に破断していることを示しているが, このことは, 図 4 の応力-歪曲線の様相とも一致する。写真 2 に, 溶解していない焼結体の光学顕微鏡観察の結果を示す。

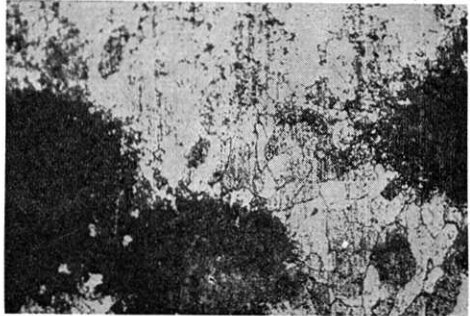
写真 3 に溶解を生じた場合の結果を示す。(a)は破面の走査型電子顕微鏡像で, 写真 1(c)のような鋼繊維の形跡は全くみられず, 複合材とは別な合金材の破面をあらわしている。写真 3(b)は, 部分的に溶解している場合のものであるが, 鋼繊維の周辺が溶解によってひろがっていること, およびマトリックスが再結晶していることを示している。写真 3(c)は, 著しく溶解した場合で, 合金組織としてのマルテンサイトの針状の組織を呈している。このことは, 高入力側では, 低入力側の繊維強化とは全く異った, 鋼繊維とマトリックスとが一体化した合金組織として, 強度を上昇させるものと考えられる。

4. おわりに

抵抗焼結法によって, 繊維強化金属の製造が可能であることがわかった。第 1 報と合せて実験結果をまとめると, (1)鋼繊維を配合することによって強度が上昇する。



(a) 溶解した試料の破面の走査型電顕像 100 μ



(b) 光学顕微鏡写真(部分的に溶解) 100 μ



(c) 光学顕微鏡写真(著しく溶解) 100 μ

写真 3 溶解の生じている場合の鋼繊維を配合した焼結体の組織観察

(2)鉄ウィスカを配合した場合(特に $V_f=0.20$)には, 同密度で比較すると, 抵抗焼結条件が適切ならば, 強度は若干増大し, 伸びは増大する。

今後の課題としては, バラツキを少なくし最適の抵抗焼結条件を見出すためにも, (i) 粉末と繊維の配合の仕方を工夫することにより, 均一にしかも一方向に繊維を配列する技術の開発 (ii) 長いものを製造しようような連続的な抵抗焼結法の開発 (iii) 種々のマトリックス, 強化繊維の適用範囲を検討すること, などがある。(以上) (1974年5月22日受理)

参考文献

1) 原, 明智, 板橋: 生産研究, 第 26 卷, 第 8 号 (1974)