

抵抗焼結による Fe-Al₂O₃ 合金の高温特性

High Temperature Characteristics of Fe-Al₂O₃ Alloy made by Resistance Sintering

坂 井 徹 郎*・原 善 四 郎*

Tetsuo SAKAI and Zenshiro HARA

目 的

筆者らは、さきに瞬間抵抗焼結法によって Fe-Al₂O₃ 合金を製造する場合に、混合すべき母相の電解鉄搗砕粉と分散相の Al₂O₃ 粉との最適粒度を求め、さらに粒度の組合せと Al₂O₃ 含量が製品の焼結密度および硬度(焼鈍後の常温硬さと高温硬さ)に与える影響について報告した¹⁾²⁾。

今回は、上述の実験結果に基づいて得られた焼結体の耐熱性を調べるために、高温引張試験および高温クリーブ破断試験を行ない、通電量、密度および Al₂O₃ 含量との関係を調べた³⁾⁴⁾。

実 験 方 法

電解鉄粉は粒度 -325 メッシュ、アルミナ粉は 0.5 μ の α-Al₂O₃ を選び、その配合割合をおのおの 0, 4, 8 および 12% に変化させ、ボールミル中で 24 時間機械的混合を行なったのち、600°C で 30 分間水素還元を実施した。得られた混合粉を所定量に秤量し、雲母箔を内張した金型(内のり寸法 4×55 mm、および 4×70 mm)中に装入し、抵抗焼結機にかけて焼結を行なった。実験試料の寸法は、引張試験では 4×55×15 mm、クリーブ破

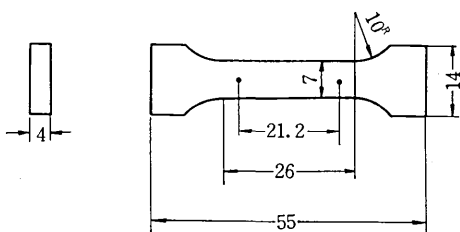


Fig. 1 Sample sizes for tensile test

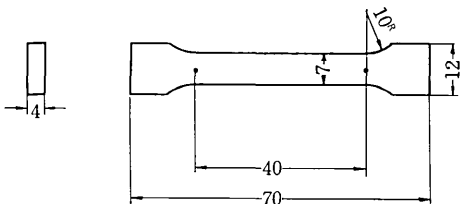


Fig. 2 Sample sizes for creep test

断試験では 4×70×15 mm の板状試験片を焼結後、Fig. 1, Fig. 2 のような形状の JIS 7号試験片に切削加工した。また、これら 2 種の試験片の焼結条件を Table 1 に示した。

Table 1 Sintering conditions of samples

Tested conditions	Kinds of t. p.	
	Test piece for tensile test	Test piece for creep test
Secondary voltage (V.)	6, 6.9, 7.4	6, 6.9
Pressure (ton/cm ²)	1.6	1.2
Pre-hold time (cycle)	56	46
Charge time (cycle)	100	100
Hold time (cycle)	46	46
Electric current (K. A.)	12, 14, 16	13, 15, 17

なお、高温引張試験は温度 600°C、900°C で行ない、また高温クリーブ破断試験は 600°C において応力 3, 5 kg/mm² で行なった。

実 験 結 果

Fig. 3 (a), (b) は 3 種の Al₂O₃ 含量の混合粉を、3 種の通電量で焼結した試料の常温および高温の引張試験結果を図示したものであり、Fig. 4 はそれらの σ-ε 線図の温度依存性を示したものである。この結果によれば、鉄粉単味の焼結体は、常温における引張強度が最大であり、通電量の増加と共に強度も増加し、そのバラツキも小さくなっている。Al₂O₃ 含量が増加すると、常温強度は次第に減少する傾向を示し、通電量の増加にはあまり左右されず、そのバラツキはかえって大きくなっている。これは Bovarnick, Flood⁵⁾や Gatti⁶⁾らの結果とはまったく逆の結果となっている。この原因は、Al₂O₃ % が増加するにしたがって Al₂O₃ 粉末が粉末の混合時に鉄粉の周囲に付着し、通電を妨げるためと考えられる。Al₂O₃ を 8~12% にすると、極めて抵抗焼結が困難となったので、上述の考察を確認するため、粉末の混合時間を種々に変化させた結果、短時間の混合粉ほど容易に抵抗焼結を行なうことができた。混合時間が長くなると、Bonis や Grant⁷⁾たちが指摘しているように、摩擦による加熱や帯電現象が生じて Al₂O₃ 粉末が鉄粉粒子の表面に付着するため、抵抗焼結が困難となり、したがって Al₂O₃ % の増加にもかかわらず常温強度が低下したものと考えられる。Al₂O₃ 粉と鉄粉との粒度の相対関係によって適当な混合時間が存在するように考えられ、足立⁸⁾らも指摘

* 東京大学生産技術研究所 第 4 部

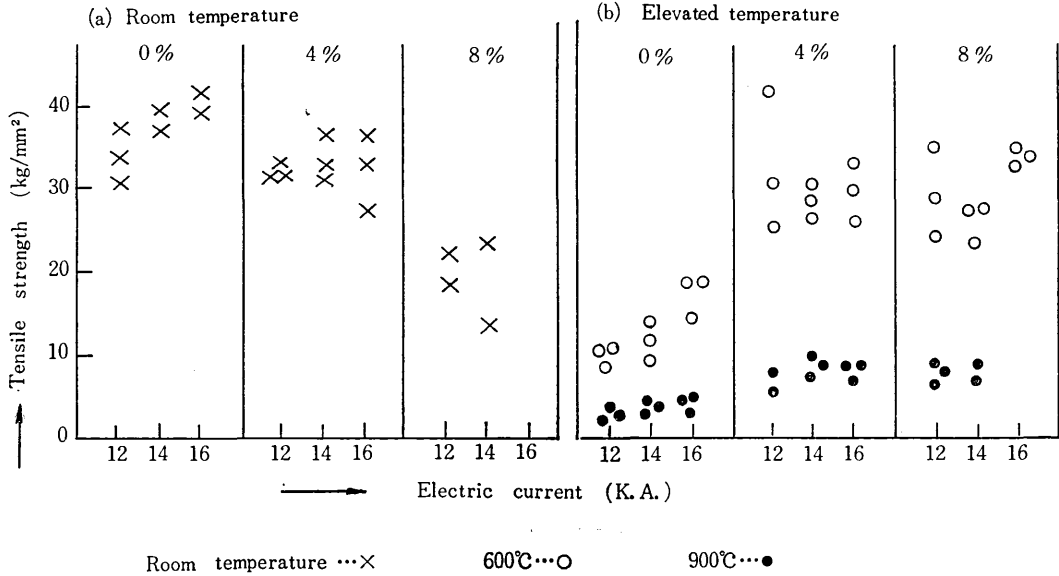


Fig. 3 Relation between tensile strength, Al₂O₃ contents and electric currents at room temperature and elevated temperature

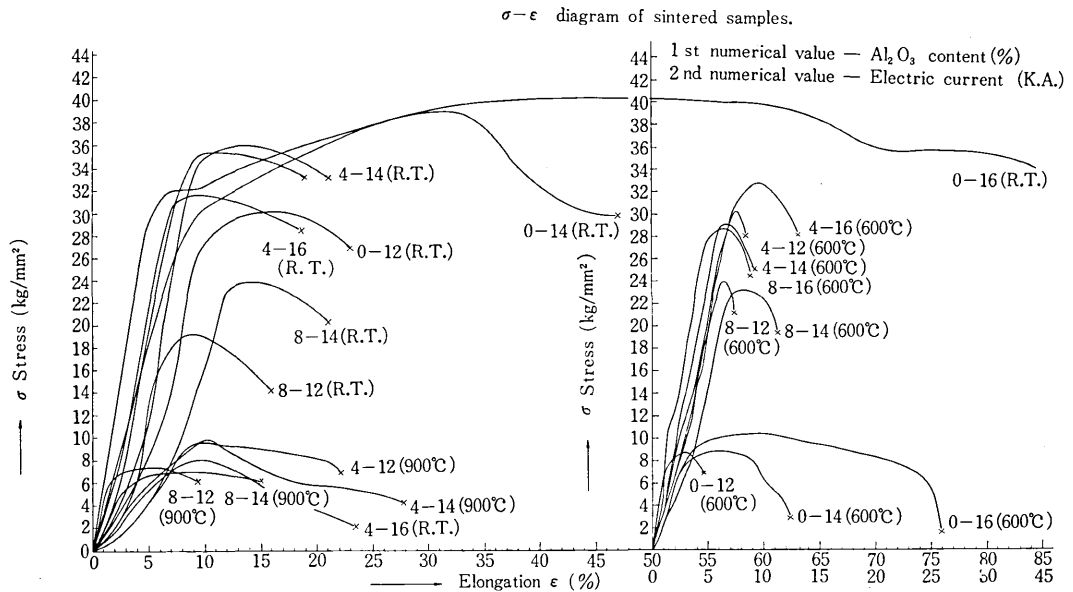


Fig. 4 The temperature dependence of flow stress on the Al₂O₃ contents

しているように、Al₂O₃ 粒子の付着防止策を考える必要がある。Fig. 3 (b) における Al₂O₃ 4% および 8% の高温強度が同程度であることも、上述の Al₂O₃ 8% の試料の常温強度の低下と同様な原因によるものと考えられる。また、同図によれば、900°C における高温強度は 5~10 kg/mm² に低下するが、鉄粉単味の場合の高温強度 2~4 kg/mm² に比較すれば、Fe-Al₂O₃ 合金は約

2倍以上の値を有し、ほとんど Al₂O₃ % や通電量に無関係に一定の強度値を示している。このような Fe-Al₂O₃ 合金の良好な耐熱性は、また Fig. 4 の σ-ε 線図からも明白である。

Fig. 5 は引張試験における伸び、Al₂O₃ %、通電量および試験温度との関係を示したものである。この図から、伸びは Al₂O₃ % が少ないほど高く、通電量の増加による

研究速報

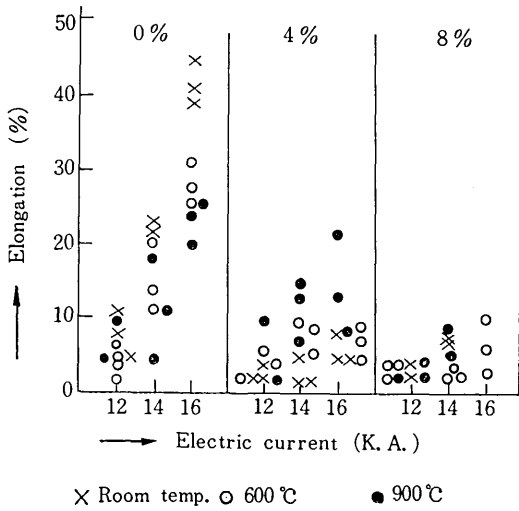


Fig. 5 Relation between elongation, Al_2O_3 contents and electric currents at room temperature and elevated temperature

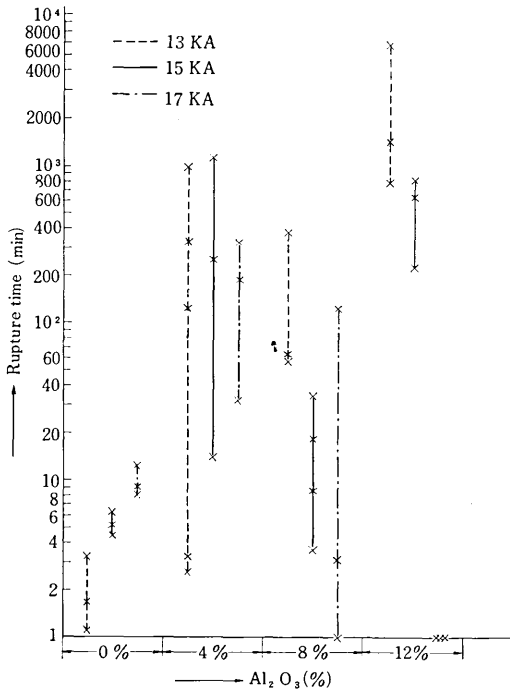


Fig. 6 Relation between creep strength, Al_2O_3 contents and electric currents at 600°C (Stress 5 kg/mm²)

影響が大きい。Fig. 4 および Fig. 5 から明らかなように、鉄粉単味のときの高温における伸びは常温よりも低下するが、Fe- Al_2O_3 合金の場合には 600°C における伸びは常温よりもやや低下し、900°C における伸びは Al_2O_3 4% の場合には常温よりもかえって増加している。この原因は、 Al_2O_3 4% 合金の 900°C におけるクリー

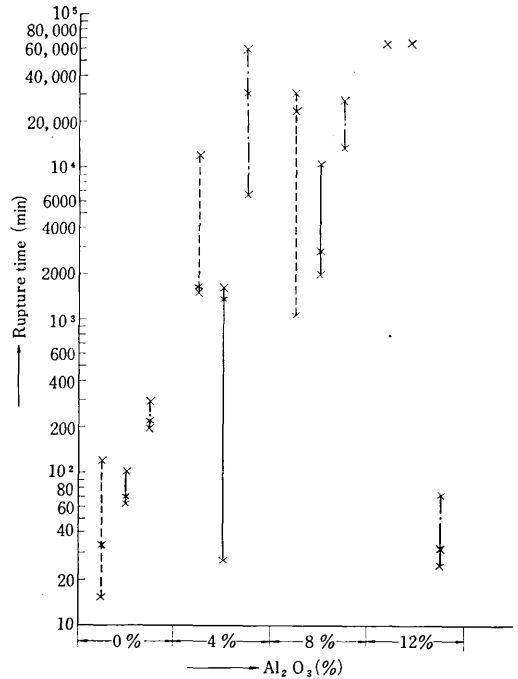


Fig. 7 Relation between creep rupture strength, Al_2O_3 contents and electric currents at 600°C (Stress 3 kg/mm²)

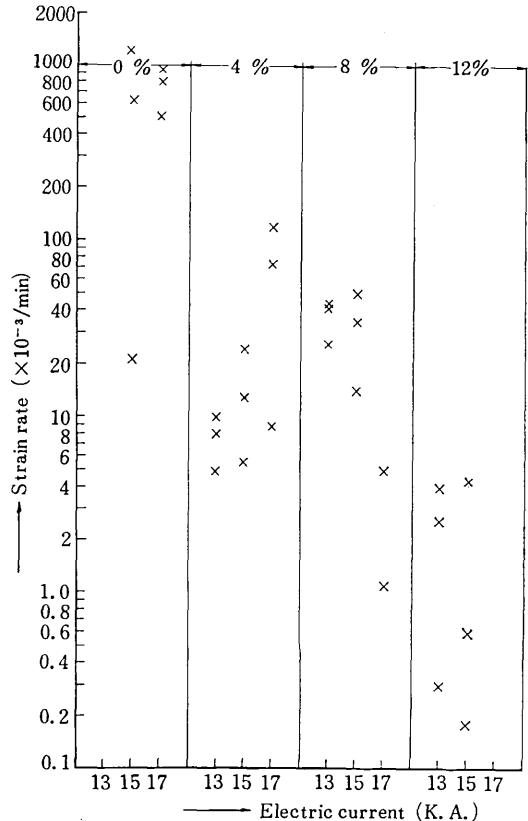


Fig. 8 The dependence of strain rate on the Al_2O_3 contents (Stress 5 kg/mm²)

研究速報
 プ速度が引張速度より大であったためと考えられる。

Fig. 6, Fig. 7 は応力がおのおの 5 kg/mm^2 , 3 kg/mm^2 で 600°C の場合におけるクリープ破断時間と Al_2O_3 % との関係を図示したものである。この図から、Fe- Al_2O_3 合金の耐クリープ特性は、鉄粉単味の場合よりもはるかに優れていることがわかる。また、鉄粉単味の場合には通電量の増加と共に耐クリープ特性も良好となるが、Fe- Al_2O_3 合金の場合にはまったく逆の現象を示している。この原因は、前述の Al_2O_3 粉の鉄粉粒子周囲への付着による影響と同時に、通電量が大きいときには焼結体内部に熔融部、焼結部および未焼結部を生じ、焼結組織が不均一になることも、影響をおよぼしているものと考えられる。

Fig. 8, Fig. 9 は応力がおのおの 5 kg/mm^2 , 3 kg/mm^2 で、 600°C のクリープ時におけるひずみ速度におよぼす Al_2O_3 含量の影響を示したものである。この図によれば、鉄粉単味の場合のひずみ速度はきわめて大きいが、 Al_2O_3 含量の増加と共にひずみ速度は次第に減少することがわかる。
 (1970 年 12 月 17 日受理)

参考文献

- 1) 坂井, 原: 粉体粉末冶金協会昭和 42 年度春季大会講演概要集, 22-23
- 2) 同上: 生産研究, 第 20 卷, 第 7 号, 367-369
- 3) 同上: 粉体粉末冶金協会昭和 45 年秋季大会講演概要集, 52-53
- 4) 坂井: 金属材料, Vol. 10, No. 11, Nov. (1970), 56-67
- 5) B. Bovarnick, H. W. Flood, Progress in Powder Metallurgy, (1964), 20, 64-81

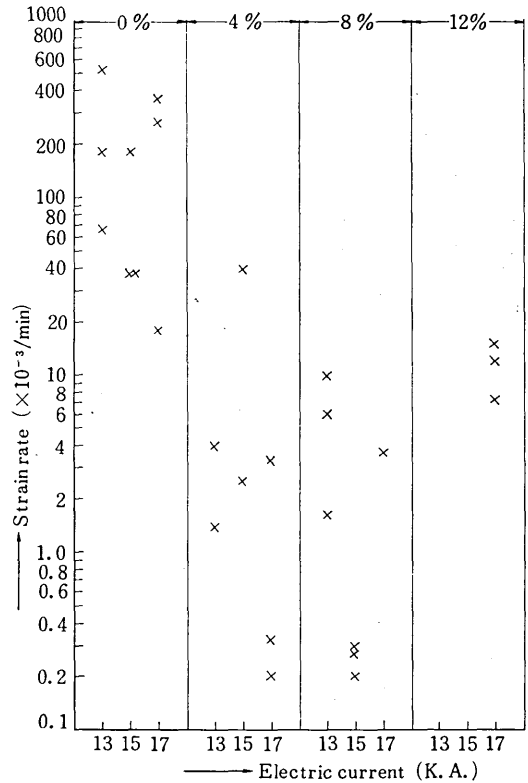


Fig. 9. The dependence of strain rate on the Al_2O_3 contents. (Stress 3 kg/mm^2)

- 6) A. Gatti, Trans. AIME, (1959), 215, 753
- 7) L.J. Bonis, N.J. Grant, Trans. AIME, (1960), 218, 877
- 8) 足立, 高橋, 林: 日金誌, (1962), 26, 219-223

2 月号正誤表

ページ	段	行	種別	正	誤
14	左	下 18	本文	もちこんだところに	もちこちだところに
16	右	" 3	参考文献	9) R.L. Arnett	9) R.L. Arnett
17	左		脚注	第 4 部	第 5 部
25	"	下 21~20	本文	平衡関係, 速度などに依存し,	平衡関係な係, 速どに依存し,