

研削スラッジと廃アルミ箔による機能材料の開発

山下有平*, 平島康*

抄 録

研削スラッジと廃アルミ箔から、金属間化合物を作製し、衝撃吸収性の評価を行った。その結果、熱処理→粉碎→焼結と二段階の熱処理を施すことで、出発原料に廃金属同士を用いた場合においても、目的組成の金属間化合物が生成することがわかった。また、焼結温度が衝撃吸収性に与える影響を評価した。実験の結果、最も大きな衝撃吸収エネルギー値をとる焼結温度は、静的衝撃の場合 1350℃、動的衝撃の場合 1450℃であることがわかった。

1 はじめに

県内には金属の加工企業が多く、多量の廃金属が排出されている。中でも研削工程で発生するスラッジは、研削油と砥粒分を含んでいる微細な鉄屑であり、リサイクルが困難である。金属の一般的なリサイクル方法としては熔融法があるが、スラッジは微粉末状であるため、プレス減容し、圧縮させることで表面積を小さくしなければ溶解しない。このため、熔融法に代わる低コストのリサイクル方法が、種々模索されている。

ところで、一般的に、出発原料に粉末を用い、合成、成型を行う方法として、粉末冶金的手法がある。しかし、通常、金属の微粉末を作る際には大きなエネルギーが必要となる。ここで、最初から微粉末状態であるスラッジを、無加工のまま微粉末状態の鉄源として、粉末冶金的手法に利用することができれば、エネルギー的に有利なリサイクル法となる。

本研究では、スラッジ粉末と廃アルミ箔粉を混合し、鉄アルミニウム系の金属間化合物を合成し、耐食性のある衝撃吸収材を作製することを目的として、実験を行った。

2 実験方法

2・1 金属間化合物作製時の熱処理条件

鉄分として、研削スラッジを遠心脱水後乾燥させたものを、また、アルミニウム分としては、アルミ箔の製品残渣として排出された廃アルミ箔を用いた（廃棄物試料）。それらを、Fe:Al=3:1 となるよう秤量混合し、真空炉を用い 600℃で一度熱処理した後、

破碎し、ハンドプレスでφ40 の円板に加工した後、再び真空炉を用い 600～1450℃で焼結した。また、比較のために出発原料に試薬鉄、試薬アルミニウムを用いた試薬試料も廃棄物試料同様の方法で作製した。熱処理後の試料に対し、X線回折装置を用いた相同定を行うことで、金属間化合物の生成状況の評価した。

2・2 衝撃吸収性試験

2・1で作製した金属間化合物試料に対し、円板曲げ試験を行うことで、静的衝撃吸収性評価を、落錘式衝撃試験を行うことで、動的衝撃吸収性評価を行った。

3 結果及び考察

3・1 熱処理温度による金属間化合物生成挙動

600℃で一度熱処理を施した試料について、XRD 分析を行うと、目的の金属間化合物である Fe_3Al は生成しておらず、 Fe_2Al_5 、 FeAl_3 といったアルミニウムリッチな化合物が確認された。しかし、この試料を破碎し、再び 1100℃以上で焼結処理を施すと、目的組成である Fe_3Al が生成することがわかった。これは、固体同士の反応であるため、一度目の熱処理においては、アルミニウムが近傍に存在する鉄と反応し、アルミニウムリッチな相になるが、一度破碎混合することで、アルミニウム分が試料中に均一に分布し、その状態で焼結を施すことで目的組成になる、と考えられる。このことから、出発原料に廃棄物を用いても、比較的簡単に金属間化合物を得られることがわかった。

3・2 焼結温度が衝撃吸収性に与える影響

2・1で作製した試料に対し、円板曲げ試験を行

*材料技術課

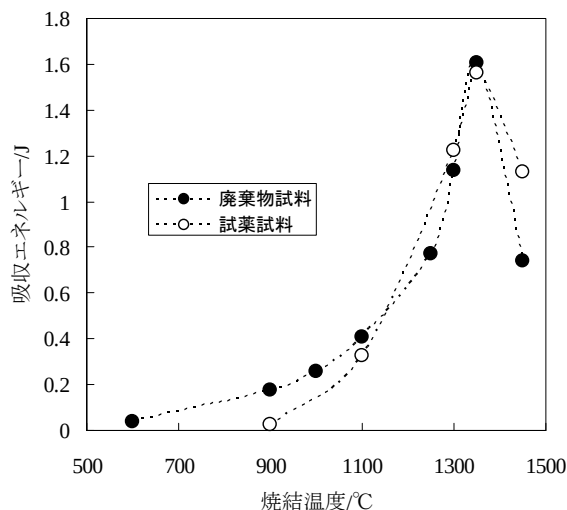


図1 円板曲げ試験の結果

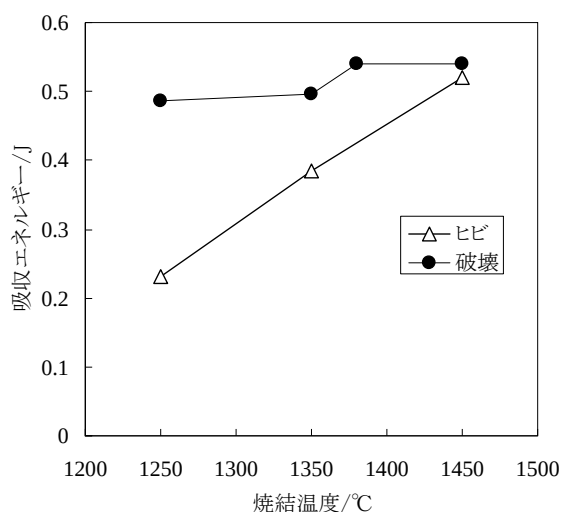


図2 落錘型衝撃試験の結果

った結果を図1に示す。試薬試料、廃棄物試料ともに同程度の吸収エネルギーを示していることがわかる。また、試薬原料、廃棄物原料共に1350℃で焼結した場合において吸収エネルギーが最大となる。このことから、廃棄物試料は試薬試料と同等の性能を示すと言える。また、600℃～1100℃の焼結温度領域においては、廃棄物試料の吸収エネルギーが試薬試料に比べて大きい。これは、廃棄物試料が、比較的炭素量の多い鋼（SUS2）であり、純粋な鉄に比べ、融点が低いため、アルミニウムとの反応が進むのが試薬試料よりも低温で起るためだと考えられる。さらに、廃棄物試料について、落錘式衝撃試験を行った結果を図2に示す。試験によって亀裂が入った試料は「ヒビ」、完全に破断した試料は「破壊」としてある。焼結温度が高いほど、吸収エネルギーが大きくなっていることが分かる。また、1450℃で焼結を行った試料は、「ヒビ」と「破壊」の間に、吸収エネルギーの差がほとんどないことから、衝撃によって

亀裂が生じた場合、容易に脆性破壊に至る。逆に1250℃で焼結を行った試料は、「ヒビ」状態となつてから「破壊」が生じるまでの間で、比較的大きなエネルギーを必要としているため、延性的な挙動を示しているといえる。これは、焼結温度が高くなることで、鉄・アルミニウムの反応が進み、出発原料である延性な金属に比べ、反応生成物である脆性な金属間化合物の割合が大きくなるためだと考えられる。

また、円板曲げ試験において1450℃で焼結したものは、1350℃で焼結したものより吸収エネルギーが低減している。1450℃焼結試料は、焼結中に試料中心部が内部から膨張し、中空状態となっていた。そのため、本来ならば表層と裏層、二枚の層をもって吸収エネルギー評価すべきところであるが、表層が破壊したところで試験を終了させたため、一層分の吸収エネルギーとなっており、値が小さくなっている。今回、耐食性に優れた鉄・アルミニウム系の金属間化合物である Fe_3Al を作製し、2種類の衝撃試験を行った。その結果、焼結温度が上昇することに従い、試料は延性的な挙動から、脆性的な挙動へと変化することがわかった。このことは、衝撃吸収材として、状況に応じて適度な延性脆性バランスを持たせることができるという利点になる。

4 まとめ

スラッジ粉末と廃アルミ箔粉から、耐食性のある衝撃吸収材を作製することを目的として、実験を行った結果、以下のような結論が得られた。

- (1) 廃棄物である研削スラッジと廃アルミ箔粉から、熱処理→粉砕→焼結と二段階の熱処理を施すことで、比較的容易に目的組成の金属間化合物が生成できる。
- (2) 円板曲げ試験において、試薬から作製したものと同程度の吸収エネルギーをとり、値が最大になるのは1350℃で焼結した場合である。
- (3) 落錘型衝撃試験では、焼結温度が高くなることに従い、延性挙動から脆性挙動に変化する様子が見られた。また、1450℃で焼結を行った場合に吸収エネルギーが最大となる。