

徳島大学 正 ○ 高木 均
 徳島工技センター 平島 康
 コラボレーション 森本 正文

徳島大学[学] 永見 大輔
 コラボレーション 山本 和敏

1. 緒言

ベアリングに代表される高精度機械部品を製造する際には、大量の研削加工屑が発生する。この加工屑は、研削スラッジとも呼ばれ、金属屑だけでなく研削加工液、砥石カスなどを含んだ状態で排出される。これまでに研削加工屑に対する有効なリサイクル技術が確立されていないため、すべて産業廃棄物として委託処理されている。一部は製鉄用副原料として処理されているが、大部分は埋め立て処分されている。しかし、最近では環境保全に対する声が高まり、埋め立て処分場の確保が困難になりつつある。このため、研削加工屑に対する埋め立て以外の処理方法を確立することが社会から要請されている。

そこで本研究は、研削加工屑の有効利用を目指し、これをFRPの強化相として利用することを試みた。種々の条件で試作したFRPの曲げ強度や破壊靱性値などの諸特性について調査した結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 試験片作製用型の作製

試験片作製のために樹脂を流し込む型をシリコーンゴム（東芝シリコーン㈱の型取り用液状シリコーンゴム TSE3504）を用いて、以下の手順で作製した。

- ① 試料と同じ大きさの木型（原型）を作製し、枠の中に並べた後、離型材としてワセリンを型と枠の表面に塗る。
- ② シリコーンゴムの主剤と硬化剤を容器に入れよく攪拌を行う。このときシリコーンゴム内に混入した気泡が原因となり、原型の忠実な再現が出来ないため、注入前に真空脱気を行う。
- ③ 型内に注入する際になるべく空気を巻き込まないように枠の淵に沿わずようシリコーンゴムを流し込む。
- ④ 硬化後（常温で8時間）型枠を取り外す。

2.2 樹脂を用いた試験片の作製

排出された状態の研削加工屑は、圧縮空気を利用した脱水処理を行っているため、綿状に絡み合い、樹脂と均一に混合させるのが困難であった。そこで、研削加工屑を水洗い後、鉄板の上でほぐしながら加熱・乾燥したものをを用いた。この方法で処理した研削加工屑は絡みがほぐれてハンドリング性も良くなり、樹脂と混合させた時の流動性が向上した。

研削加工屑を2.1で作製した型に詰めておき、底

の深い容器の中で主剤と硬化剤を十分混合した後、型に少しずつ入れ、真空引きをすることで含浸させた。樹脂が固化した後、試料中の樹脂のみの部分をフライス加工で取り除き、樹脂が研削加工屑に含浸している部分から試験片を作製した。その後、樹脂を完全に硬化させるため、60℃で15時間の熱処理を行った。

2.3 エポキシ樹脂の含浸

研削加工屑へのエポキシ樹脂の含浸を2.2の方法で行い、角柱状の試験片を作製した。㈱スリーボンドの含浸用エポキシ樹脂を主に使用し、特に主剤（2023、2023B）と硬化剤（2103、2131D）の組合わせのうち粘度が比較的低く、含浸などの作業がしやすい2023B+2103の樹脂を多く用いた。25℃での粘度は2023Bが0.2Pa・s、2103が0.02Pa・sである。

2.4 ポリエステル樹脂の含浸

研削加工屑へのポリエステル樹脂の含浸もエポキシ樹脂と同様に行った。使用した樹脂は日本ユビカ㈱の4083APT-2（FRP船積層用スチレン低揮散性不飽和ポリエステル樹脂）と2042APT（石像工芸用不飽和ポリエステル樹脂）である。25℃での粘度は2042APTが0.3～0.5Pa・s、4083APT-2が0.18～0.32Pa・sである。

2.5 加工屑の含有率

研削加工屑を添加していない樹脂のみの試料と樹脂を含浸させた複合材料試料の密度から、複合材料中の加工屑の含有率を算出した。なお、加工屑の密度を7.86g/cm³とした。

2.6 曲げ強度

研削加工屑を添加していない樹脂のみの試料と樹脂を含浸させた試料の3点曲げ試験を行った。試験は、インストロン社製万能材料試験機・インストロン5583を用いて、スパン長さ60mm、クロスヘッドスピード1mm/minの条件で行った。

2.7 破壊靱性値

試料にノッチをぜい性材料切断機（㈱マルト一）で入れ、ノッチ長さを形状測定機（㈱ミットヨ CDH-411）によって測定した後、インストロン5583を用いて、ノッチが下になるようにして3点曲げ試験を行い、破壊靱性値を求めた。試験条件は、スパン長さ40mm、クロスヘッドスピード1mm/minである。

3. 実験結果および考察

3.1 研削加工屑の形態

研削加工屑のSEM観察の結果、加工屑の形状は、旋削加工屑と同様に流れ形やせん断形などの

様々な形状が存在するが、大部分は流れ形であることが分かった。

3.2 曲げ強度

エポキシ樹脂と複合化した試料の曲げ強度を図1、ポリエステル樹脂と複合化した試料の曲げ強度を図2、図3に示す。

エポキシ樹脂とポリエステル樹脂のどちらの試料も、研削加工屑の添加によって曲げ強さが低下した。この強度低下の原因として、樹脂/強化相間の接着不足が考えられる。研削加工液に含まれる研削油を完全に除去していないため高い接着強度が得られず、かえって内部欠陥として作用したために強度低下を招いたと予想される。

破壊形態に注目すると、研削加工屑を添加していない樹脂のみの試料は、破断面の部分がガラスのようにバラバラに砕けたが、研削加工屑を添加した試料では細かく砕けることはなかった。

3.3 破壊靱性値

ポリエステル樹脂（特に2042）の破壊靱性値は、樹脂のみの試料よりも研削加工屑を含む試料の方が若干大きくなった。

樹脂のみの試料と研削加工屑を含んだエポキシ樹脂の試料は、ノッチからぜい性的に破断したが、研削加工屑を含んだポリエステル樹脂の試料は、破断面の一部分で研削加工屑が樹脂から抜けるような状態で繋がっているものがあった。

一般的に熱硬化性樹脂の破壊靱性値は小さいが、ポリエステル樹脂の試験結果からは、研削加工屑の含有量の増加に伴って破壊靱性値の増加傾向が見られた。これは、研削加工屑とポリエステルとの結合が弱く、研削加工屑が剥離しやすいために、負荷によって樹脂が破断する際にすでに剥離していた研削加工屑が樹脂との界面で摩擦抵抗を生じて補強硬化をもたらしたことによると考えられる。

4. 結 論

本研究では、研削加工屑と樹脂を組み合わせたFRPを試作し、その機械的特性について調査した。その結果、以下の結論を得た。

- 1) エポキシ樹脂は研削加工屑を加えることにより曲げ強さ、破壊靱性値共に低下した。
- 2) ポリエステル樹脂も研削加工屑を加えることにより曲げ強さは低下したが、粘性の高い樹脂(2042)の破壊靱性値は大きくなった。

参考文献 省略

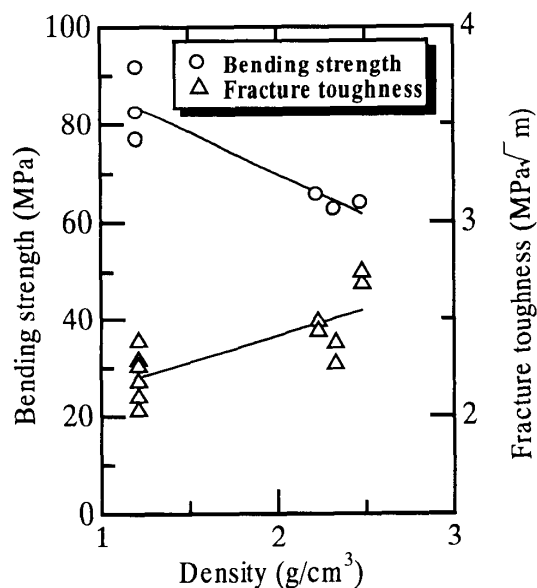


Fig.2 Bending strength and fracture toughness of polyester resin (2042) samples

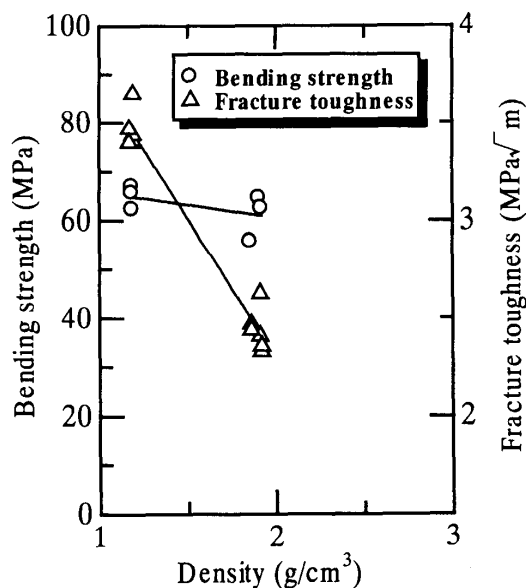


Fig.1 Bending strength and fracture toughness of epoxy resin (2023B) samples

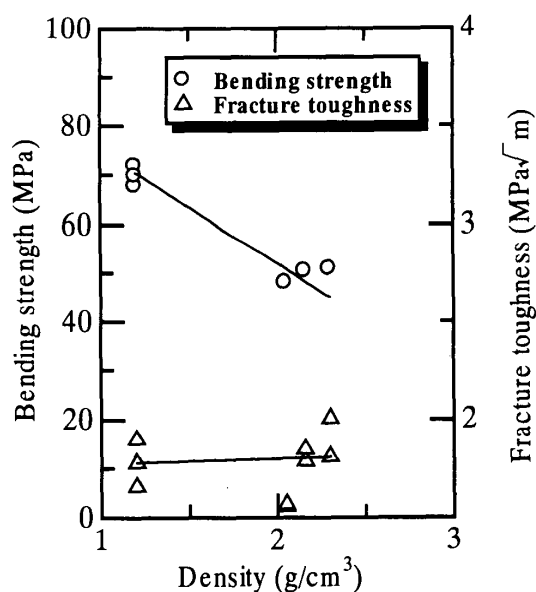


Fig.3 Bending strength and fracture toughness of polyester resin (4083) samples