

申請者	学科名	情報システム工学科	職名	助教	氏名	小武内 清貴
調査研究課題	ナノ繊維を内部に生成したC/C複合材料の開発とその評価					
調査研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担	
	代表	小武内清貴	情報工学部・助教		材料工学	研究取りまとめ
	分担者	三上大輔	情報系工学研究科・博士前期課程学生			研究補助
調査研究実績の概要	<p>炭素繊維強化炭素複合材料（以下、C/C複合材料）は強化材を炭素繊維、母材を炭素とする複合材料である。本研究課題では、C/C複合材料の炭素前駆体樹脂にガラス繊維を添加し、焼成時に前駆体樹脂の炭化とガラス繊維近傍でのin-situ CVD反応によって、内部にSiCナノ繊維を生成したSiC-C/C複合材料を対象に、その空孔特性の調査および、冷間等方圧加圧法（CIP法）による緻密化が、SiC-C/C複合材料の機械的特性に及ぼす影響を調査した。以下にその成果を示す。</p> <p>1)SiC-C/C複合材料の空孔特性</p> <p>Fig.1に水銀ポロシメータを用いて測定したSiC-C/C複合材料の開空孔の直径分布を示す。図中黒点のプロットが1500℃にて焼成したSiC-C/C複合材料の開空孔分布である。図より、SiC-C/C複合材料内部には、直径1~10μm程度の開空孔が存在していることがわかった。また、図中白点のプロットは、含浸圧力10MPaの条件にてCIP法による緻密化を行った後の開空孔分布である。図より、緻密化によって直径1μm以上の空孔について、その体積が減少していることが確認できた。また直径1μm以下の空孔について、その体積が増加した。</p> <p>これは、緻密化処理によって、空孔内部に含浸した前駆体樹脂が炭化することによって、空孔の大きさが減少したためである。これらの傾向は、ガラス繊維を添加していないC/C複合材料においても同様であった。</p>					

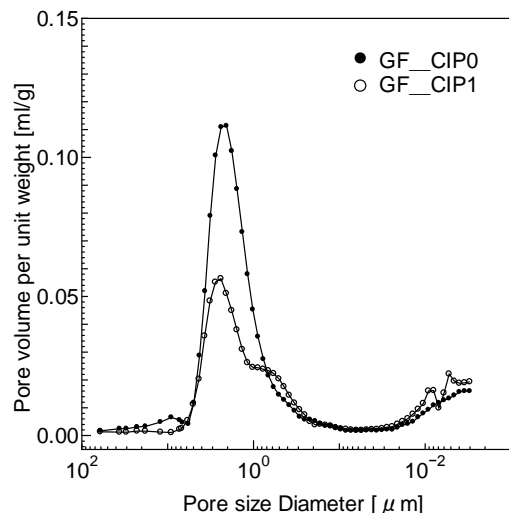


Fig.1 Open pore size distribution.

2)緻密化処理に伴う空孔率の変化および機械的特性の変化

Fig.2および3に緻密化処理の回数に伴う空孔率の変化様相および機械的特性の変化様相を示す。まず空孔率の変化様相に着目すると、緻密化処理の回数増加に伴い、複合材料中の空孔率は低下した。これは前述の通り、緻密化によって空孔の直径が次第に減少するためである。一方、空孔率の低下度合いに着目すると、緻密化処理の回数が増加するに従って空孔率の低下度合いは減少し、5回程度において殆ど空孔率は変化しなくなった。これは、緻密化によって空孔の直径が減少したためである。一般に含浸圧力と緻密化可能な空孔直径は反比例の関係にあり、直径の小さな空孔に樹脂を含浸させるためには、大きな圧力が必要となる。本研究での含浸圧力10MPaでは、緻密化後の直径の小さな空孔に樹脂を十分に含浸できず、その為空孔率の変化が小さくなったと考えられる。また、SiC-C/C複合材料(図中白抜きプロット)とC/C複合材料(図中黒塗りプロット)を比較すると、両者の空孔率の変化様相は同様であるが、その絶対値はSiC-C/C複合材料の方が高くなった。これは、SiC-C/C複合材料中に含まれる閉空孔体積が、C/C複合材料中のそれよりも大きくなったためであった。

次に緻密化処理の回数に伴う機械的特性の変化様相に着目すると、緻密化処理の回数増加にともなって、SiC-C/CおよびC/C複合材料の平均強度は向上した。これは従来的一般論と同様の傾向であった。しかし、個々の試験片の強度に着目すると、それぞれの条件における最大強度は、緻密化処理の回数に寄らず凡そ一定の値であった。一方、それぞれの条件における最低強度に着目すると、緻密化処理の回数増加に伴って向上した。先に述べたとおり、SiC-C/およびC/C複合材料は、いずれも焼成時に材料内部に空孔を生じる。この空孔が材料欠陥となることで、複合材料の最低強度が決定するものと考えられる。緻密化によって空孔直径が減少した結果、材料欠陥の大きさも減少し、最低強度が向上したと考えられる。

調査研究実績
の概要

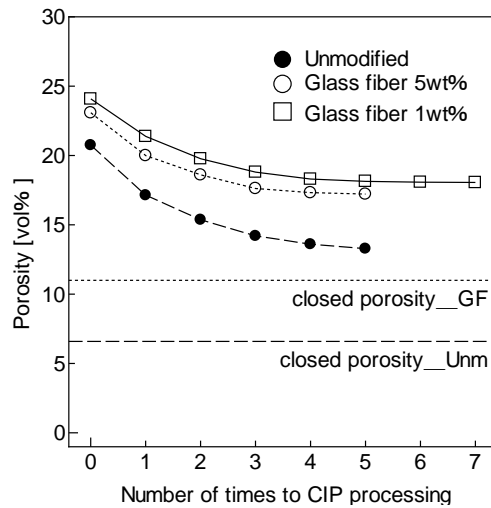


Fig. 2 Porosity with respect to number of CIP processing.

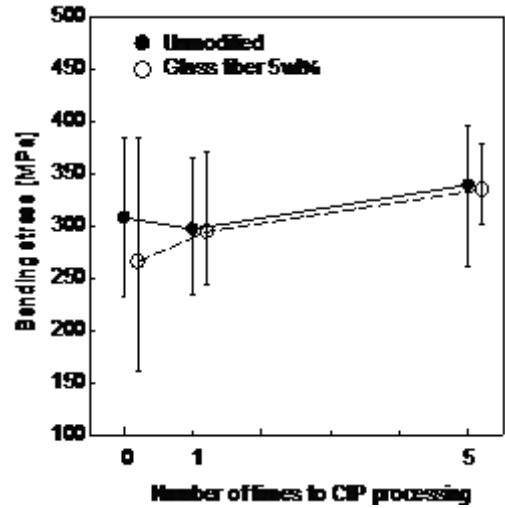


Fig. 3 Bending strength with respect to number of CIP processing.

成果資料目録

- 1)Mechanical Characteristics of C/C Composites Modified with Micro-Sized Glass Fibers, Yasuhiro Utsunomiya, Kiyotaka Obunai, Tadao Fukuta, Koichi Ozaki, Kazuya Okubo, Toru Fujii, Advanced Experimental Mechanics, Vol.1, pp.126-130(2016)
- 2)SiC-C/C複合材料の緻密化に伴う機械的特性の変化, 三上大輔, 小武内清貴, 福田忠生, 尾崎公一, 日本材料学会 第8回日本複合材料会議, CD-ROM講演集, 1C-04 (2017)