

過冷却合金を利用した金属-CFRP高強度接合技術の開発

代 表 山本 篤史郎

所属・職名 工学研究科機械知能工学専攻・准教授

連絡先 TEL : 028-689-6034 FAX : 028-689-6034 E-mail : toku@cc.utsunomiya-u.ac.jp

メンバー 工学研究科機械知能工学専攻・教授・高山 善匡

キーワード 過冷却合金, 炭素繊維強化プラスチック (CFRP), 接合, 自己伝播高温合成

背景および目的

輸送機器で主に使われている既存の金属材料と今後採用率が増大すると見込まれる炭素繊維強化プラスチック材料 (CFRP) を、金属の過冷却を大きくすることにより、強固に接合する技術を開発する。

現在検討されている金属とCFRPの接合方法は、接着剤を用いる接着法、ボルト・リベットを用いる機械的締結法などがある。また、レーザーを利用してCFRPに含まれるプラスチックと金属を反応させる方法も研究されている。こうした方法は、金属だけでなく、炭素繊維とプラスチックの複合材であるCFRPも一つの均質な材料として考えている。しかし、化学反応を用いる接着剤は根源的に金属との接着力が弱い。また、機械的締結法では、ボルト・リベットを用いる分、CFRP利用による軽量化の効果を減衰させる。金属とCFRPを反応させる方法では、両者の融点の大幅な相違などのため難しい。

これに対し本研究では、CFRPの製造に用いられる布状に織られた炭素繊維の隙間に熔融した金属を浸透させることにより、均質な金属とプラスチックの異種材料接合として考えるのではなく、塊状の試料と繊維状の試料を絡ませて幾何学的に複合化して接合する。

プロジェクトの内容

炭素繊維と金属を絡ませる方法として粉末冶金的手法を用いる。図1はタングステン線材をTi, Ni, Cuの混合粉末中に埋め込み、大気中で1000℃に加熱して得られた試料の断面を走査電子顕微鏡で観察した様子である。タングステン線材の周囲を融着して合金化した粉末が囲っている。融着した合金はこの段階では隙間が多いため、十分な強度を示さない。隙間を埋めるためには、加熱中に外部から粉末を圧縮する必要がある。また、近年、Zr-Cu-Al系など三元系以上の合金系で優れた過冷却能を示すものが報告されていることから、混合する粉末の組み合わせによっても隙間を埋めることが可能である。

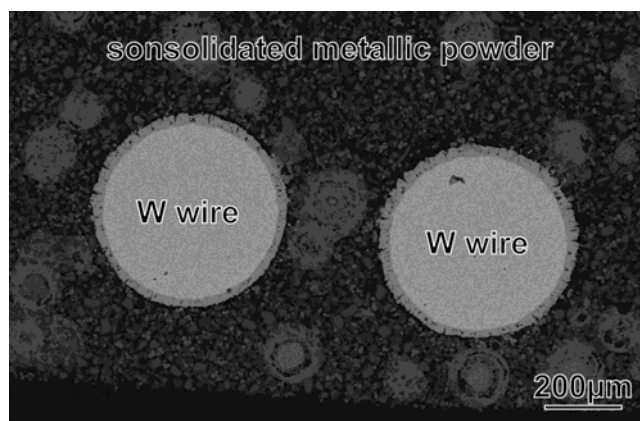


図1 タングステン線材と混合金属粉末を1000℃で加熱した試料の断面走査電子顕微鏡像。

過冷却能が高い合金系を利用するメリットは他にもあり、その代表的な利点が残留応力の低減である。つまり、高温で繊維材と金属を複合化できても、室温まで冷やしたときに、金属の収縮に伴い生じる残留応力が大きくなれば、繊維材と金属の界面が剥離し、十分な強度を示さない。過冷却能が高い合金を利用すると、金属が凝固を開始する温度が低くなるので、残留応力を低減できる。

本実験では試験的に大気中1000℃で加熱したが、炭素繊維を用いる場合はより低温で融着する合金粉末を用いると共に、炭素繊維材を金属で被覆して保護する。また、不活性ガス雰囲気中でも実験を行い、酸化の影響についても調査する。

期待される効果・展開

CFRPは優れた軽量構造材料であるため、低コスト化が進み、また、大量生産技術とリサイクル技術が確立すれば、広く用いられるようになることが期待される。一方で、CFRPでは決して製造できない金属部材も必ず存在する。CFRPと金属部品を容易に接合する技術を開発することにより、航空機産業や自動車産業に留まらず、微小部品などにおいてもCFRPの利用が促進されるようになることが期待される。