

半溶融加工に関する実験的研究—第 14 報—
 ——粒子強化積層複合材料の製造および加工に関する検討・3——

Experimental Study on Metal Forming in Mashy State · 14 th Report
 ——Investigation into Production and Working of Particle Reinforced Clad Metal · 3——

木 内 学*・杉 山 澄 雄*・欽 崎 尚 哉**
 Manabu KIUCHI, Sumio SUGIYAMA and Naoya KUWASAKI

1. は じ め に

筆者らは、半溶融状態における金属（合金）材料の特性を利用した半溶融加工プロセスの開発について一連の研究を行っている。^{1) 既報では、^{2),3)} 合金材料の表層部を強化粒子により直接強化する半溶融直接接合プロセス、}

ならびに、粒子強化複合材料と合金材料とを半溶融接合する粒子強化積層複合材料の製造・加工プロセスについて報告しており、主にアルミニウム合金などの非鉄材料を対象とし、その素材の半溶融状態における特性を利用して、特殊機能を有する積層複合材料を製造し、種々の製品を得ることに成功している。

本報では、材質を非鉄材料から、鋳鉄あるいは表面処理鋼板などの鉄系材料へと拡張し、この素材の表層部に強化粒子を積層化する粒子強化積層複合材料の製造を試みたので、その結果について報告する。

2. 実験方法および条件

本研究は、半溶融加工法の適用範囲を拡張し、鉄系材料の表層部に強化粒子を積層化した複合材料の製造・加工プロセスへの適用上の問題点を検討することを主目的としており、今回、検討した粒子強化積層複合材料の製造・加工プロセスの概要を図 1 に示す。また、実験条件をまとめて表 1 に示す。素材として、鋳鉄および表面処理鋼板などの鉄系材料を用い、これらの素材の表層部に強化粒子を圧入して埋め込むことにより、粒子強化積層複合材料を製造するプロセスについて検討した。図 1 に示すプロセスに従って、積層する素材を型内にセットし、

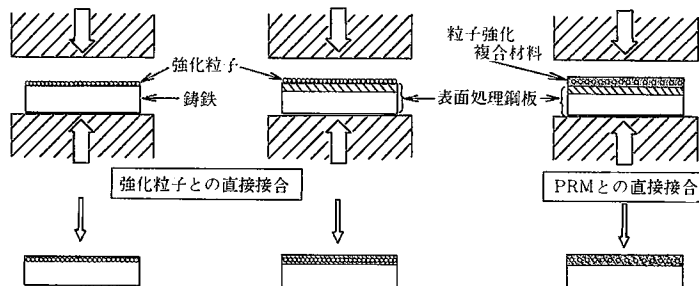


図 1 粒子強化積層複合材料の製造・加工プロセス概念図

所定の温度に加熱・保持した後、プレスにより加圧して粒子強化積層複合材料を製造した。型工具として金型あるいは窒化ケイ素の材質のものを用い、型保温用には、黒鉛を使用した。得られた製品の積層部について、顕微鏡観察、硬さ試験、摩耗試験ならびに曲げ試験を行い、その複合材料の性状について検討した。図 2 に実験装置の外観写真を示す。図 3 に本実験で製造された粒子強化積層複合材料の一例を示す。

3. 実験結果および考察

3.1 強化粒子と鋳鉄との半溶融直接接合

鋳鉄の表層部に強化粒子を積層化する場合、固液共存領域の広い素材を使用することにより、半溶融状態に加熱・保持した素材に強化粒子を直接圧入し、表層部を硬化させた積層複合材料の製造が可能となる。図 4 は鋳鉄

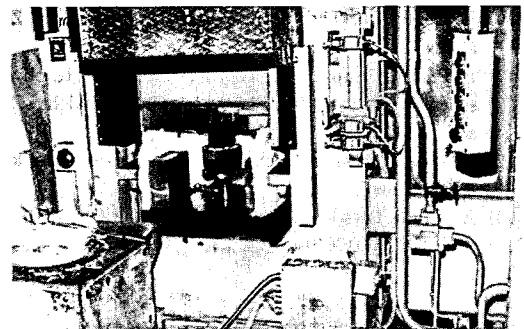


図 2 実験装置外観

表 1 実験条件一覧表

素 材	鋳鉄(3.5% C) 溶融亜鉛めっき鋼板 (SPGC-Z 27) 溶融アルミめっき鋼板 (SA1C-100) 電気鋼めっき鋼板
強化粒子	(WA : #100 #220 #400 #600 #800) GC
複 合 粉	(WA #100 + Al #200) 等 (WA #100 + Zn #200) 等
接合温度	400~1200℃
加 圧 力	4.4 ~ 43.9 kgf/mm ²

* 東京大学生産技術研究所 第 2 部 ** 三井アルミニウム工業(株)

の素材表面に強化材としてアルミナ粒子 (# 100) を薄く塗布し、半溶融接させた複合材料の積層部断面を観察している。図 4 より、アルミナ粒子が鑄鉄の素材表層部に埋め込まれている様子がわかる。また、強化粒子間の空隙を充たした鑄鉄素地中には、片状化した黒鉛が観察される。

3.2 強化粒子と表面処理鋼板との半溶融(溶融)直接接合

金属表面技術の分野において、電気めっき、あるいは化学めっきによって、めっき層中に非金属相を均一に分散・析出させる分散(複合)めっき法が開発されており、分散めっき皮膜の特殊機能を生かした用途への適用が注目されている。⁴⁾ 本実験において表面処理鋼板を使用する主な理由は、表面処理鋼板のめっき層中に強化粒子を圧入し積層化させた積層複合材料の積層部に負荷される垂直荷重は、強化粒子を介して素地の鋼板へ伝達され、また、そのときのせん断力は垂直荷重の数分の一程度と小さく、めっき層が分担することも可能となることと併

せて、表面処理鋼板の特長をも生かした粒子強化積層複合材料の製造・加工プロセスを開発する点にある。図 5 (a), (b) および (c) は、各種表面処理鋼板のめっき層中に、強化粒子を埋め込ませた複合材料の積層部断面を示している。図 5 より、めっき層中に強化粒子が均一に数層、圧入されている様子がわかる。また、(b) の銅めっき鋼板の場合には、強化粒子が一部、素地中に突き刺さっている様子も観察できる。

3.3 粒子強化複合材料と表面処理鋼板との半溶融(溶融)直接接合

表面処理鋼板を素材として使用する場合、めっき層中に圧入できる強化粒子の大きさは、めっき層厚さにより制約され、細かいものに限定される。そこで、結合剤としての金属粉と強化粒子との混合粉を素材の表面に薄く塗布し、粒子強化複合材料のライナーとして直接接合させることにより、粗い粒度の強化粒子を圧入し積層化できることが予想される。

図 6 (a), (b) および (c) は、各種表面処理鋼板に強

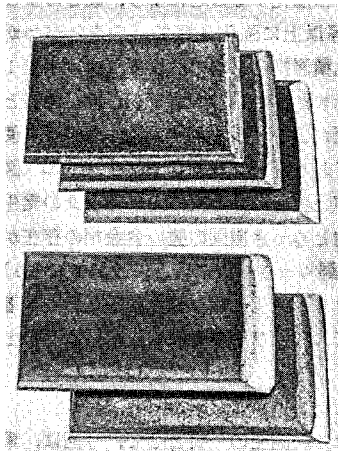
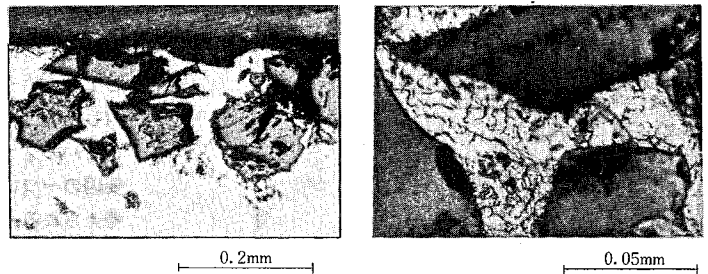
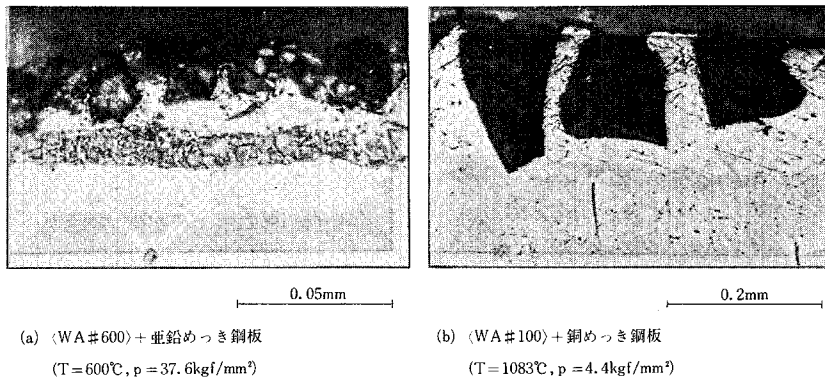


図 3 粒子強化積層複合材料の試作例



(WA #100) + 鑄鉄 (T=1195°C, p=6.1kgf/mm²)

図 4 強化粒子と鑄鉄との接合面の観察

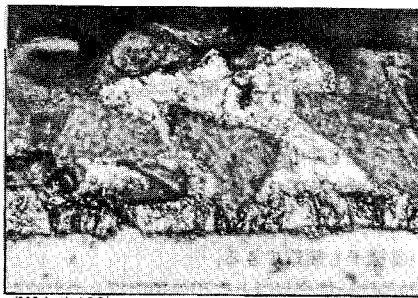


(a) (WA #600) + 亜鉛めっき鋼板
(T=600°C, p=37.6kgf/mm²)

(b) (WA #100) + 銅めっき鋼板
(T=1083°C, p=4.4kgf/mm²)

図 5-(1) 強化粒子と表面処理鋼板との接合面の観察

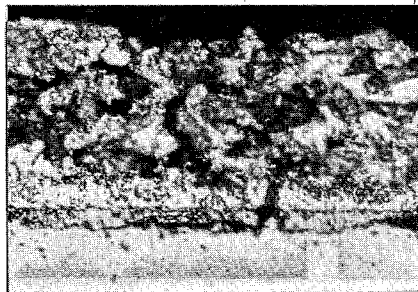
研 究 速 報



(WA #400) 0.05mm



(WA #600) 0.05mm



(WA #800) 0.05mm

(c) (WA) + アルミめっき鋼板
($T=649^{\circ}\text{C}$, $p=15.8\text{kgf/mm}^2$)

図 5-(2) 強化粒子と表面処理鋼板との接合面の観察

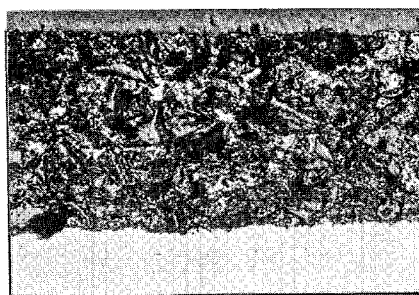
化粒子と金属粉との混合粉をライナーとして接合させた製品の積層部断面を示している。(a)より、強化粒子が均一に分散した積層部を形成している様子がわかる。(b)では、強化粒子が一部、合金相を突破し、素地に突き刺さっている様子が観察できる。(c)はアルミニウムめっき鋼板を素材とした場合であり、この合金相は非常に硬い(約 $H_v 1000$)ため、本実験条件の範囲では、強化粒子が素地に突き刺さるまでには至っていない。図 6 (d)はアルミナ粒子(WA #100)を鋳鉄($\phi 30 \times 1\text{mm}$)と鋼板(SKD61: $\phi 40 \times 5\text{mm}$)との間に挟み、鋳鉄の半溶融温度域で接合した製品の積層部断面を示しており、一部、強化粒子が素地に食い込み、積層されている様子が観察される。

3.4 製品の機械的性質

本実験で得られた製品について硬さ試験および摩耗試験を行った結果を図 7 および 8 に示す。硬さはビッカース硬さ試験により測定し、摩耗試験は既報⁵⁾に示す装置および条件のもとで行った。図より、全般的にみて素材表層部に強化粒子を積層化することにより、硬さおよび摩耗量は素地と同等以上に強化されていることがわかる。図 9 に粒子強化積層複合材料の曲げ部(曲げ半径: 2.5 mm)の様子を示す。図 9 (a)および(b)は、素材として亜鉛めっき鋼板およびアルミニウムめっき鋼板を使用した場合を示しており、マクロ<図(a)>、ミクロ<図(b)>のクラックが発生している。このクラックの発生要因の一つに、素地とめっき層間の脆い合金相の存在が考えられる。(c)の銅めっき鋼板の場合には、(a)、(b)に示すようなクラックは発生せず、強化粒子とめっき層との間で亀裂が生じ、曲げひずみを吸収しているものと考えられる。

4. ま と め

半溶融加工プロセスの開発の一貫として、今回は、素



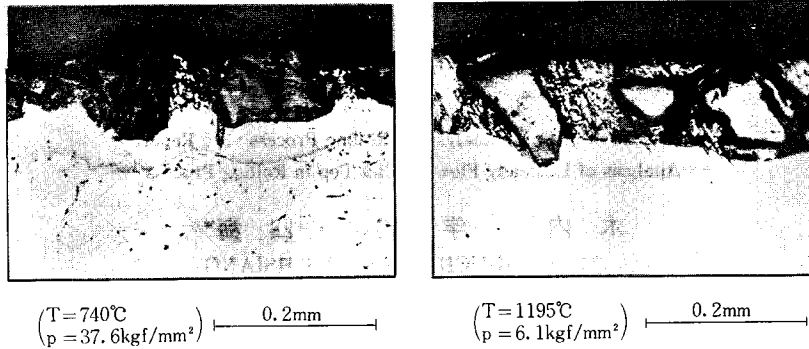
($T=480^{\circ}\text{C}$
 $p=15.8\text{kgf/mm}^2$) 0.2mm



($T=680^{\circ}\text{C}$
 $p=37.6\text{kgf/mm}^2$) 0.2mm

(a) (WA #220 + Zn #200) + 亜鉛めっき鋼板 (b) (WA #100 + Al #200) + 亜鉛めっき鋼板

図 6-(1) 粒子強化複合材料と鉄系材料との接合面の観察



(c) (WA#100+Al#200)+アルミめっき鋼板 (d) (WA#100+鑄鉄)+SKD61

図6-(2) 粒子強化複合材料と鉄系材料との接合面の観察

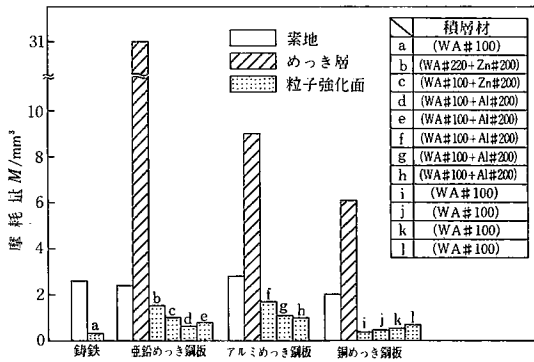


図7 素材と粒子強化複合材料の摩耗量 M

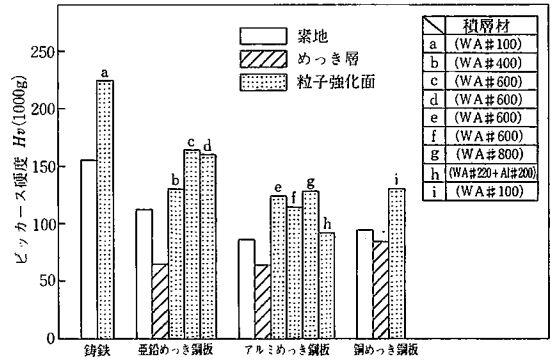
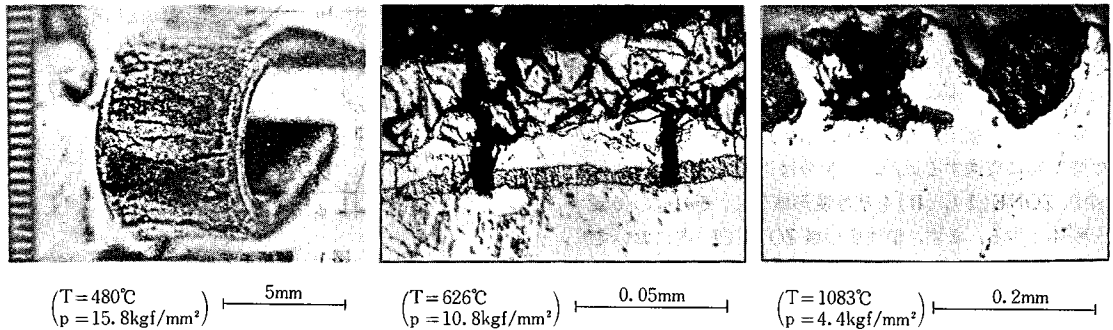


図8 素材と粒子強化複合材料のビッカース硬さ Hv



(a) (WA#220+Zn#200)+亜鉛めっき鋼板 (b) (SiC#800)+アルミめっき鋼板 (c) (WA#100)+鋼めっき鋼板

図9 粒子強化積層複合材料の曲げ部の観察

材に鑄鉄ならびに表面処理鋼板などの鉄系材料を使用し、強化粒子を鉄系素材に均一に数層、積層し表層部を硬化できる可能性を示した。今後、この半溶融加工法の応用を拡張した複合材料の製造・加工技術の開発が期待される。
(1982年8月31日受理)

参考文献

- 1) 木内：総合鑄物，22-12 (1981)，8
- 2) 木内ほか：第32回塑加連講論，1981-11，333
- 3) 木内ほか：第57春季塑加講論，1982-5，427
- 4) 林：金属表面技術，28-10 (1977)，490
- 5) 木内ほか：昭56春季塑加講論，1981-5，575