

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年4月24日現在

機関番号：12301
研究種目：若手研究（B）
研究期間：2010～2011
課題番号：22760103
研究課題名（和文）メルトドラッグ法による発泡アルミニウムを用いたサンドイッチパネルの作製

研究課題名（英文） Production of aluminum foam sandwich panel by melt drag process

研究代表者
西田 進一（NISHIDA SHINICHI）
群馬大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：80434299

研究成果の概要（和文）：
単ロール薄板連続鋳造法の一つであるメルトドラッグ法を応用し、接着剤を使用しない発泡アルミニウムおよびハニカムアルミニウムのサンドイッチパネルの作製に成功した。最適作製条件、接合界面、曲げ強度、剥離強度を明らかにした。接合は熔融接合と機械的接合の混合接合であった。プロセスの拡大としてパネル材に実用合金である A5052, A6063, A7075 を適用しサンドイッチパネルの作製に成功した。
研究成果の概要（英文）：
Production of aluminum foam sandwich panel and honeycomb sandwich panel was succeeded by melt drag process that was one of the strip casting processes. Suitable experimental conditions, bonding interface, bending stress and peeling stress were revealed. Commercial alloy A5052, A6063 and A7075 were adapted to this process.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総 計	1,500,000	450,000	1,950,000

研究分野：工学
科研費の分科・細目：機械工学・生産工学・加工学
キーワード：ポーラスアルミニウム、発泡アルミニウム、ハニカムアルミニウム、メルトドラッグ法、サンドイッチパネル、薄板連続鋳造法、アルミニウム合金、軽量構造材料

1. 研究開始当初の背景
近年、製造技術の研究開発が進みつつあるポーラス金属は、実用金属で最も軽量な Mg 合金による軽量化を超えるいわば緻密材の軽量化の限界を超える軽量化を実現するものである。主に自動車の構造材用途を目的として、2 枚の金属板の間に発泡アルミニウムを挟んだサンドイッチパネルの利用が期待されているが、接着剤を使用している、パネ
ル材の合金が限定されている、という問題がある。そこで本研究では、接着剤を使用せず様々な合金がパネル材に適用可能なメルトドラッグ法によるサンドイッチパネルの作製プロセスの確立を目的とした。この技術を応用することにより、ポーラス金属を用いたサンドイッチパネルの適用拡大が期待される。
素形材センターの報告（平成 18 年度、ポー

ラス金属の利用技術の可能性に関する調査研究)によると、ポーラス金属は、軽量化の実現に加え、多孔質で比表面積が大きい構造のため、高いエネルギー吸収能、熱交換容量、断熱特性、吸音特性等を有する機能性材料としても有望である、と記載されている。本研究で主に使用しているポーラス金属は、発泡溶融法によって作製したクローズドセル型(独立気泡型)の発泡アルミニウムである。発泡アルミニウムは、圧縮時、自身が徐々に破壊することで、応力一定のまま、ひずみのみが増加するというプラトー領域を有し、衝撃吸収特性に優れている。しかしながら、単体では強度が弱く、構造材としての利用方法として、金属板で発泡アルミニウムを挟んだサンドイッチパネルの利用が期待されている。

サンドイッチパネルは現在、主に、圧延によって作製したアルミニウム合金板(パネル材)と、発泡アルミニウム(コア材)を接着剤によって接合している。そのため、リサイクル性の低下、並びに、衝撃によるパネル材とコア材の剥離による衝撃吸収特性の低下、サンドイッチパネル作製後の塑性変形が困難、といった問題がある。また、パネル材は圧延材のため、合金種が 5000 系、もしくは 6000 系に限定される、といった問題がある。一方、これまでに、薄板連続鋳造法の一つであるメルトドラッグ法について研究を進めてきた。メルトドラッグ法は、単ロール急冷凝固法の一つであり、ノズルに溜まった溶湯を、凝固ロールにて連続的に掻き上げ凝固させ、ストリップ(薄板)を作製するプロセスである。単ロール法のため、ロール側から一方向的に凝固し、ロール側とは逆側、自由凝固側と呼ぶ、自由凝固側は、平滑度は低いものの、半凝固層を有するという特徴がある。また、メルトドラッグ法は、溶湯から直接薄板を作製するため、合金の適用範囲に制限は無い。このメルトドラッグ法を、発泡アルミニウムを用いたサンドイッチパネルの作製に応用できるのではないかと考えた。すなわち、薄板作製途中にて発泡アルミニウムを薄板の自由凝固部分を利用し接合させるプロセスである。

2. 研究の目的

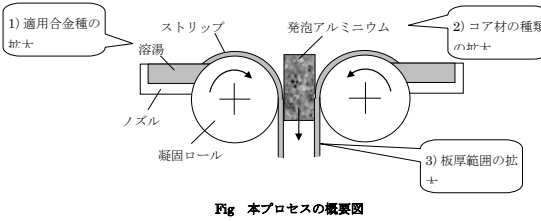
メルトドラッグ法によるサンドイッチパネルの作製プロセスは、適用可能な合金の種類を拡大することができる。また、接合条件の最適化を図り、コア材の種類を拡大することができる。発泡アルミニウム以外のポーラス材料のサンドイッチパネル作製を目指す。発泡溶融法と組み合わせ、全て、溶湯から作製するプロセスの確立を目指す。メルトドラッグ法の特徴として、作製条件により、板厚を調整可能という利点があるが、これまでに、

板厚を薄くした場合、接合強度が低下するという問題点が明らかとなっている。接合強度を保持しつつ、作製可能な条件の範囲を明らかにする。また、作製途中における発泡アルミニウムの変形挙動を明らかにする。本研究では、以上より、作製プロセスを確立し、強度試験、微細組織観察により、従来のサンドイッチパネルと比較し、本プロセスの優位性を示すことを目標としている。自動車産業のみならず、様々な分野において、軽量化というニーズは今後より一層高まるものと推定される。申請者が提案した新しいサンドイッチパネルの作製プロセスは、製造工程における工程短縮、接着剤を使用しないことによるリサイクル性の向上、合金種の拡大による薄肉化および高強度化、コア材の種類の拡大によるサンドイッチパネルの適用箇所の拡大、が期待できる。これからの環境に配慮した、エコなプロセスであることが本研究の特色である。

3. 研究の方法

メルトドラッグ法により発泡アルミニウムをコア材として用いたサンドイッチパネルを作製するにあたり、本研究において、下記パラメータを詳細に調査する必要がある。溶湯温度、ロール周速、ノズル内の溶湯高さ、ノズルとロールの相対的な位置、発泡アルミニウムの予熱温度、発泡アルミニウムの寸法(=作製時の圧下率)。これまでに、実験装置を試作し、アルミニウム合金 Al-6mass%Si を用いて、パネル材の板厚 1~3mm の範囲におけるサンドイッチパネルの作製に成功している。試作段階として、Al-6mass%Si を選定した理由は、鋳造用合金として取り扱いが容易であり、半凝固域が大きく、半凝固時の流動性を利用した機械的接合、ならびに、熱を利用した拡散接合が期待されたためである。板厚が薄い場合、接合時に十分に拡散接合がされず、接合強度が低下するという問題があったが、サンドイッチパネルの作製後、熱処理炉内にて、荷重を加え、高温で加熱することで、拡散を促進し、接合強度の向上に成功した。現在、拡散条件を検討している段階にある。平成 22 年度は、1) 適用合金種の拡大、2) コア材の種類の拡大、3) 板厚範囲の拡大、以上 3 点に絞り、作製条件を明らかにすることを目標とする。具体的には、1) 合金種は、A6061、ならびに、航空機用途を視野に入れ、より高強度な A7075 合金の適用を試みる。2) コア材の種類については、ハニカム材を用いたサンドイッチパネルの作製を試みる。3) 板厚範囲については、接着剤を使用した市販のサンドイッチパネルの板厚である 1mm を最小板厚とし、曲げ強度の観点から、3mm 程度までの板厚の作製条件を明らかにすることを目標とする。作製したサ

ンドイッチパネルの接合状態を詳細に調査することは重要であると考える。具体的には、光学顕微鏡ならびに、SEMを用いて、接合界面の有無，ならびに、原子の拡散状態を明らかにし、作製条件と関連付けることを目標とする。これまでに明らかにした Al-6mass%Si を用いた場合の接合界面の EPMA 分析結果は拡散を示した。



4. 研究成果

第 1 年度の成果として、パネル材の材質が Al-6mass%Si にて、パネル材の板厚が 3mm である発泡アルミサンドイッチパネルの作製に成功した。続いて、最小 1mm である発泡アルミサンドイッチパネルの作製に成功した。また、実用合金である A6061 においても板厚 1mm のサンドイッチパネルの作製に成功した。接合強度を高めるため、作製したサンドイッチパネルに熱処理を行い、接合界面にて拡散接合を試みた結果、パネル材の材質が Al-6mass%Si では 550℃、圧力 0.08MPa、3 時間のときに接合強度として剥離強度の向上が見られ、接着剤を使用したサンドイッチパネルと同等程度の強度を得た。また、拡散接合熱処理により、Al-6mass%Si および A6061 とともに、パネル材とコア材の間の界面が見られなくなり、互いの元素が拡散している様子が観察された。

第 2 年度の成果として、パネル材の材質が実用合金である A5052, A6063, A7075 にて、パネル材の板厚が約 3mm のハニカムアルミサンドイッチパネルの作製に成功した。実用合金を適用するにあたり、実験装置の改良を行い、最適な溶湯溜めとなるノズル材質や形状を明らかにし、実験パラメータとして接合に影響を与える溶湯温度、ロール周速等の因子を変化させ、最適な作製条件を明らかにした。その結果、目的とした作製条件であるハニカム箔が座屈しない条件を明らかにした。接合界面観察の結果、ハニカムの一部が熔融しパネル材と一体化し熔融接合が部分的になされていることを確認した。本研究におけるサンドイッチパネルは、機械的接合と熔融接合の複合的な接合によるものであることを明らかにした。圧縮試験の結果、従来材と同等程度の圧縮特性を示した。

本研究の成果は、軽量構造材料の新たな製造

技術を示すものである。

Fig. Produced honeycomb sandwich panel (Cross section view)		
Experimental number	No.3	No.4
Cross section photograph		
Bonding area close-up		
Average thickness of strip mm	3.00	3.00
Amount of core compression mm	2.00	2.00
Apparent reduction of honeycomb %	10	10

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

①西田進一，田中寛人，安達真人，本村貢，Producing Aluminum Foam Sandwich Panel by Melt Drag Process，Materials Science Forum, 査読有，706-709 巻，2012, pp. 367-372

〔学会発表〕(計 1 件)

①西田進一，Producing Aluminum Honeycomb Sandwich Panel by Melt Drag Process，WASET2012, 2012. 3. 28, スペイン・マドリード

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕
無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西田 進一 (NISHIDA SHINICHI)
群馬大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：80434299

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：