異種金属複合アルミニウム押出材の開発

小林 啓行¹⁾ 斉藤 勝義²⁾ 渡辺 捷充³⁾
細矢 正好¹⁾ 飯田 晃万²⁾

1. 開発の背景

アルミニウム製品、用途の開発は活発で、素材としてのアルミニウム合金の改良、開発も精力的に進められている。

アルミニウム素材の改良は含有する不純物の制御、金属添加元素の選定、加工過程での組織制御などの方法に依存している。しかしながら、これらの方法によるアルミニウム改良法では金属固有の物性、たとえばヤング率、電気特性、熱特性、摩耗特性などを大幅に向上することが期待できず、おのずからアルミニウムの用途を制約している。

一方金属固有の特性限界を越える手段として、異種材料を素材製造の1次工程で混合する複合素材の開発が旺盛にすすめられ、すでに繊維型、分散強化型などのFRMも実用化の段階に入ろうとしている。通常、複合素材にも金属材料と同じように緻密性、延性を求めるが、このために複合材の製造工程は高度な設備を必要とし、結果的には複合素材からの製品はきわめて高価な特殊な用途に限られてしまう。

現状のアルミニウム用途分野からみると、アルミニウム固有の性質を合金術によるものから、わずかも凌駕して、しかも安価な材料が開発できれば、その材料を使う多くの用途があると考えられる。

そこでアルミニウムの塑性加工工程で異種金属を導入、複合化する技術を検討し、異種金属複合アルミニウム押出材を開発するにいたった。

2. 開発の概要

異種金属を複合化したアルミニウムが等方的に複合効果をもつためには複合化は高価なプロセスとなる。ここでは最終製品用途にもとめられる機能に注目し、その機能部のみを複合化する塑性加工複合法の開発を目的とした。また複合化のプロセスは安価な製品を目標としたた

め、既存プロセスがほぼそのまま使用できることを前提にした。

この制約条件から通常のアルミニウム熱間押出法が複合プロセスとして最も適すると判断された。異種金属を複合化するに際して接合面はアルミニウム、異種金属ともに清浄でかつ高圧下で接合することが必要である。アルミニウムの熱間押出加工法では、その塑性変形過程で順次内部のアルミニウムが露呈するのできわめて活性度の高い状態が得られ、また押出変形中の温度は400～600°C、圧力は3000～6000 kg/cm²にも達し、複合化の環境としてきわめて有利なものと考えられた。

(1) 基本技術と製品特性

アルミニウムのヤング率の低さは製品用途を拡大しようとするとき、大きな制約となっている。

そこで鋼線入アルミニウムを第1段階の製品開発目標とし、その開発を通じて異種金属複合化のための基本技術、周辺技術開発を進めた。

図1は鋼線入アルミニウム押出材製造システムを示す。鋼線群は並列に設置された多段アンコイラーからレベラーを通じ矯正されたのち、洗浄、乾燥を経て押出機に供給される。アルミニウムは熱処理、予備加熱されたのち押出機に搬入され、その押出成形と同時に鋼線で複合化される。

図2はアンコイラー、レベラーを示し、20本の鋼線が処理される。

図1 鋼線入アルミニウム押出材製造システム。

図2 鋼線供給装置。

* 株式会社日本軽金属総合研究所
1) 第2研究室長 2) 主任研究員 3) 研究員

** ニッカル押出株式会社

1) 工務課長 2) 押出係長
Development of Aluminum Co-Extrusion with Other Metals: Y. Kobayashi*, K. Saito*, K. Watanabe*, M. Hosoya**, T. Iida** (*Nippon Light Metal Research Lab. Ltd., **Nikkal Extrusion Company Ltd.)
1984年1月31日受理

押出複合化はアルミニウムの塑性変形領域内に設置した補助ダイス、ダイス、分配器で達成される。

図3はトラック構体の構造部材として開発された鋼線入アルミニウム押出材でアルミニウムはJIS 6063 合金、鋼線はJIS 硬鋼線である。鋼線の本数は20本、鋼線直径は2ミリで、面積率6.6%の複合化率となっている。押出は2000 トンプレスで18メートル/分の速度でおこなわれた。押出1 サイクルで得られる複合型材の長さは24 メートル、鋼線は押出開始時に押出機にセットすれば押出中は自動的にアルミニウム内部に進入する。アンコイラーの鋼線がなくなるまで連続して押出は可能である。押出された型材は通常の整直、熱処理の工程を経て製品となる。

図3 トラック構造部材用鋼線入 Al 複合材。

表1に鋼線複合化率6.6% 型材の各種特性を、鋼線を含まない型材との対比で示す。ヤング率、引張強さ、曲げ抵抗、衝撃値など強度特性は複合化により著しく向上している。一方型材単重の増加は10% にすぎない。これら特性値はアルミニウム基材、鋼線の種類、複合化率によって変化する。

これまでの結果によれば複合押出材の強度特性値は複

表1 鋼線入アルミニウム複合材特性。

特 性	アルミニウム押出材 (6063-T5)	鋼線入押出材 (複合率 6.6%)
引 張 強 さ (kg/mm ²)	20	30
ヤ ン グ 率 (kg/mm ²)	7000	7924
曲 げ 試 験 最大たわみ (mm)	10.3	5.5
衝 撃 値 (kgf・m/cm ²)	6.8	10.7
単 重 (kg/m)	2.57	2.89

合則の理論値に近く、最終製品用途に即したアルミニウム基材、複合金属の選定が可能となっている。

アルミニウムと複合金属の接合界面にはボイド等の欠陥はなく、また金属間化合物の生成もみとめられてない。圧着接合は0.03~0.10 秒で瞬間的に完了することから、機械接合と考えられる。接合界面の強度はアルミニウム基材より強く、鋼線引抜試験によれば鋼線周囲のアルミニウムが変形する。

(2) 応用技術と製品

図1に示した基本システムを開発したのち、本方法は鋼線以外の金属の複合化にも適用できるように改良された。

図4は銅パイプを複合化したアルミニウム材で、塩素イオンによるアルミニウム孔食を銅で防止するために開発されたものである。接合界面にアルミニウム-銅のいろいろな金属間化合物がないため、複合押出パイプの引抜加工が可能でアルミニウム0.7 ミリ、銅0.3 ミリの熱交換器用複合パイプが得られている。

図4 アルミニウム-銅複合パイプ。

図5は平板状ステンレスを複合化した押出材で、アンコイラー部とダイス内の分配器を改良することで製造可能となった。図5の型材はステンレス側天面のアルミニウムを機械的に除去して、ステンレスを露呈させ、トロリー用導体がつくられた。アルミニウムは電導体として、ステンレス部はパンタグラフなどシューによる摺動摩擦を防ぐための効果をもつ。

またステンレス、銅など平板を内部に含むアルミニウム型材は特殊用途でのボルト座金としての機能が期待されている。従来アルミニウム材の外側に鋼板をあてがいが、ボルト締めつけを達成していたが、著しい腐食があり、アルミニウムが最外層に位置する本複合材の性能が評価されている。

応用開発の特異なものに細孔アルミニウムダイスの製造例がある。アルミニウムからなる複数の細孔をもつダ

図5 Al-Sus トロリー用複合導体.

イスは化学工業の一部で使われているが、アルミニウム型材に電気、機械加工で細孔をつけるため、きわめて高価なものであった。本複合押出法の応用では1ミリ鋼線2本の表面をあらかじめ離型剤処理してアルミニウムに複合化し、押出材は熱処理したのち、定尺に切断、この状態で鋼線を抜き取り規定の細孔を得た。

3. 技術と製品の特徴

複合押出法は通常のアルミニウム押出機に複合金属供

給装置と供給金属位置決め分配器、ダイスを設備することで達成できた。複合押出材はアルミニウムの押出工程で得られるため能率よく安価に製造可能である。複合化する金属の種類、形状さらにアルミニウム中の位置も任意に選定できるため、最終製品の用途目的にそった複合材の開発が可能となった。

複合接合界面に金属間化合物の生成がないため、複合材の後加工も可能である。細孔ダイス製造に示されるように、特殊製品の開発手段としても発展しつつある。

4. 実用例および特許

本複合押出材のうち鋼線入押出材は商用トラック構造部材として実用化されて、すでに10カ月の走行実績をもつ。また細孔ダイスも6カ月間の使用実績を経て問題なく推移している。

その他のトロリー部材、熱交換器部材、座金類はモニター試験の段階にあり、近日中には実用化されるものと考えられる。

特許、実用新案は製造法に関して5件、製品で16件が申請中である。