

### 半溶融圧延に関する研究 第10報

#### —めっき鋼板を利用した複合鋼板の製造・加工 3—

Study on Rolling of Metals in Mashy-State · 10th Report

—Production of Composite Sheets from Various Coated Steel Sheets 3—

木 内 学\*・杉 山 澄 雄\*

Manabu KIUCHI and Sumio SUGIYAMA

#### 1. は じ め に

筆者らは、半溶融圧接・圧延法による、めっき鋼板を利用した各種複合鋼板の製造・加工プロセスの開発を行っている<sup>1)2)</sup>。

前報<sup>2)</sup>では、2枚のめっき鋼板の相対向するめっき層の間に金属粉、あるいは、金属粉と黒鉛の混合粉を積層させたサンドイッチ型複合鋼板を製造し、製品の内部組織、制振性等について検討した。

本報では、鋼板内部に空隙(または未接合部)を積極的に内在させた部分接合型複合鋼板の製造を、(1)突起付きめっき鋼板を重ね合わせる方法、(2)2枚のめっき鋼板の間に金網を積層させる方法で行い、製品の内部組織ならびに制振性等について検討した結果を報告する。

#### 2. 本製造・加工プロセスの特徴

鋼板内部に空隙(または未接合部)を内在させる部分接合型複合鋼板の製造・加工プロセスの概念を図1に、また、製品の内部構造の模式図を図2に示す。本製造・加工プロセスは、積層工程、加熱工程、圧接工程、圧延工程の各工程から成り立っており、それぞれの工程の基本的な特徴については前報<sup>2)</sup>を参照されたい。

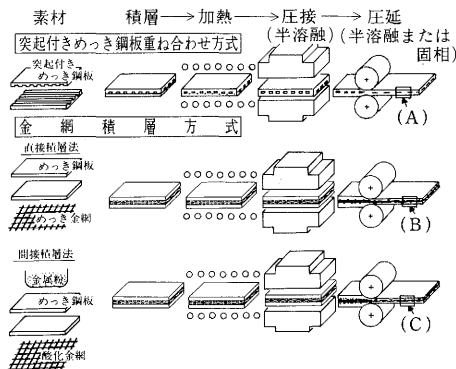


図1 半溶融圧接・圧延によるめっき鋼板を利用した部分接合型複合鋼板の製造・加工プロセスの概念図

突起付きめっき鋼板重ね合わせ方式では、縦縞の突起を付けためっき鋼板と、横縞の突起を付けためっき鋼板を互いに突起面を向き合わせて半溶融圧接・圧延する。それによって、突起と突起の接触部が接合し、接合部は板全面に点状に分布し、突起の幅あるいは突起の間隔を変えることによって、接触部の面積率あるいは空隙率を変えることができる。加熱工程で、突起部のめっき相を半溶融状態にし、圧接工程では、そのめっき相どうしを互いに接合させ、圧延工程において、より強固な接合をはかるとともに、空隙部を押しつぶし、所用の寸法に仕上げる。

金網積層方式では、金網を2枚のめっき鋼板の間に挟み積層させる。これには、(1)金網直接積層法と(2)金網間接積層法とがある。(1)金網直接積層法では、めっき鋼板のめっき相金属と同系統の材料の金網、または、めっき相金属と同系統の金属または合金であらかじめ

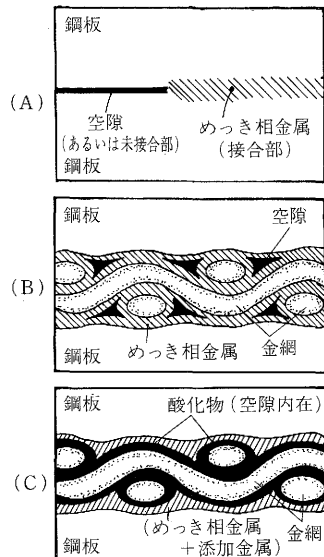


図2 部分接合型複合鋼板の内部構造の模式図

\*東京大学生産技術研究所 第2部

研 究 速 報

めっきしてある金網を、2枚のめっき鋼板の相対向するめっき層の間に挟み、半溶融圧接・圧延によりこれらを接合させる。(2)金網間接積層法では、金網の表面を前もって酸化等によって変質させ、めっき相金属と金網とは接合しない状態にしておき、その金網およびめっき相金属と同じ材質の金属粉等をめっき鋼板の間に挟み、上下のめっき鋼板どうしを、介在させた金属粉を用いて半溶融圧接・圧延により接合させる。金網積層方式では、金網の線径ならびにメッシュを変えることによって、任意の空隙率を変化させることができる。さらに、金網を数枚重ね合わせて用い、空隙を鋼板内部に3次的に分布させることも可能である。

3. 実験方法および条件

実験に用いた素材の材質・寸法を表1に示す。突起付きめっき鋼板重ね合わせ方式では、市販のAl・Zn合金めっき鋼板を用い、とりあえず切削加工によって鋼板部まで達する溝を掘り、突起を付けた(図3参照)。溝幅bは一定とし、突起幅aの寸法を0.5, 1, 2mmの3段階に変化させ、接触部の板全体に対する面積率を1/4, 1/9, 1/25とした。ただし、上下の板の縦縞・横縞の突起幅ならびに溝幅は同じとした。金網積層方式においても、表皮材には、市販のAl・Zn合金めっき鋼板を用いた。心材として、金網直接積層法では、市販の亜鉛引き平織り金網をそのまま用いたが、一部、この亜鉛引き平織り金網

を、亜鉛浴に再度浸し、めっき相を厚く形成させて用いた場合もある。金網間接積層法では、あらかじめ、大気中において800~900°Cで約60分間金網を熱し、金網の表面に酸化被膜を形成させて用いた。図4に金網直接積層法ならびに金網間接積層法に用いた金網の形状を示す。

圧接・圧延は、表1に示す条件範囲で、大気中で行った。圧接は、めっき相金属の半溶融温度で、めっき相どうしの接合が十分なされると思われる約500MPaの加圧力で行い、また、圧延はすべて冷間で行った。

4. 実験結果および考察

4.1 接合強度の検討

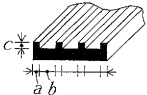
Al・Zn合金めっき鋼板どうしを圧接ならびにそれを圧延した後の、接合強度(ただし、接合面のせん断強度)に及ぼす圧接温度の影響を図5に示す。圧接圧力は500MPaであり、圧接後、総圧下率約60%に冷間圧延してある。図から、圧接温度が500°C前後でもっとも高い接合強度を示し、圧接後の接合界面のせん断強さは約25MPa、圧延後では約60MPaとなっている。圧延後の製品を熱処理することで、さらにせん断強度が向上することがわかる。

4.2 突起付きめっき鋼板重ね合わせ方式による部分接合型複合鋼板の特性

(1)内部組織の検討

圧接後ならびに圧延後の製品の内部組織を図6に示す。図6(a)に、表皮材に用いた市販のAl・Zn合金めっき鋼

表1 実験条件一覧表

突起付きめっき鋼板重ね合わせ方式		
素材	材質	Al・Zn合金めっき鋼板 (AZ 150)
	寸法 (mm)	$t = 1.6$ $w = 40$ $L = 160$ $a = 0.5, 1, 2$ $b = 2$ $c = 0.4 \sim 0.6$
		
金網積層方式		
素材	表皮材	Al・Zn合金めっき鋼板 (AZ 150)
	心材	平織金網 ( $\phi 0.25 - 22$ メッシュ $\phi 0.5 - 10$ メッシュ $\phi 0.8 - 6$ メッシュ Zn粉 #200)
圧接	加圧力 温度 保持時間	$p = 500$ MPa $T_p = 300 \sim 600$ °C $t = 2$ min.
圧延	温度 圧下率 ロール 潤滑	$T_R = \text{約} 20$ °C (室温) $r = 20\%$ 以下 (1パス) $\phi 250 \times 110$ mm 無し

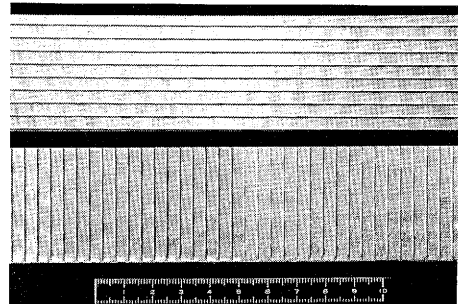


図3 突起付きめっき鋼板

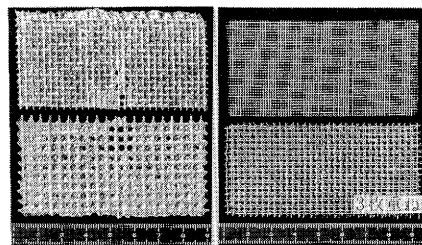


図4 金網の形状

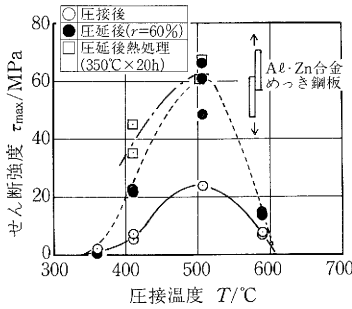


図5 接合強度におよぼす圧接温度等の影響

板のめっき相部分の内部組織をも併せて示す。Al・Zn合金めっき鋼板のめっき相は、図からわかるように、亜鉛含有率の高い部分と、アルミ含有率の高い部分が混在し、めっき相は不均一な成分分布をしている<sup>3)</sup>。図6(b)から、めっき相どうしの接触部は、圧接温度が約500°Cの場合でもまた約600°Cの場合でも互いに良く密着している。ただし、圧接温度が約500°Cでは、Al・Zn合金めっき相が大部分残存しているのに対し、圧接温度が約600°Cでは、Al・Zn合金めっき相はすべてFeとの反応相に変化していることがわかる。図6(c)から、元溝部であった鋼板の表面部分は、加熱工程中、酸化被膜が形成され、それが圧接・圧延工程において、鋼板どうしの互いの接合を妨げ、空隙となって複合鋼板内部に内在している様子が観察できる。

(2) 制振性能の検討

金属を母体とする制振材料は、その構造によって、(a)磁性・双晶、または、転移等の金属材料自身の特性を利用するタイプ、(b)樹脂またはゴム等と金属材料とを複

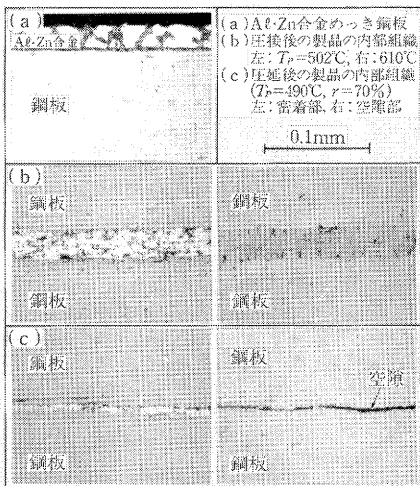


図6 突起付きめっき鋼板重ね合わせ方式による部分接合型複合鋼板の内部組織

研究速報  
合(接合)させるタイプ、(c)金属材料内部に、黒鉛、セラミック粒子、または、空隙等の第2相を介在させるタイプ、に分類できる<sup>4)</sup>。本製造・加工プロセスにより製造される製品は、上記分類の(c)に当たり、製品内部でのスリップダンピングを利用し、制振性能を得ようとするものである。図7に、圧延後の製品に対し、共振法により、損失係数 $\eta$ を求めた結果を示す。比較のために普通鋼板の結果を併記する。図から、突起と突起の接合面積の割合Sが低くなるほど、損失係数 $\eta$ は大きい値となり、Sが1/25の製品では、普通鋼板に比べ5~6倍大きい $\eta$ となっていること、圧接温度が400°Cと500°Cでの $\eta$ の差は明らかでないこと、冷間圧延したままの製品の損失係数 $\eta$ に比べ、圧延後の製品を熱処理することによって、 $\eta$ が数倍大きくなってきていることなどがわかる。

4.3 金網積層方式による部分接合型複合鋼板の特性

(1) 内部組織の検討

図8(a)に、金網直接積層法により製造した製品の内部組織を示す。図から、めっき相どうしが互いに接合している様子、ならびに、平織り金網の有する空間が、空隙として複合鋼板内部に残存していることなどがわかる。圧延によって、押し潰されてくるものの、依然、複合鋼板内部に空隙が残存していることが確認できる。図8(b)では、金網間接積層法により製造した製品の内部組織を示す。空隙は、あらかじめ金網に形成させた酸化被膜の内部に発生し、それが複合鋼板内部に分布している。上下のめっき鋼板の接合は、添加した亜鉛によってなされていることが観察される。図9に金網直接積層法により製造した製品のTピール後の様子を示す。

(2) 制振性能の検討

図10に制振性能の結果を示す。図7と同様に、圧延後の製品に対し、共振法により、損失係数 $\eta$ を求めた結果で

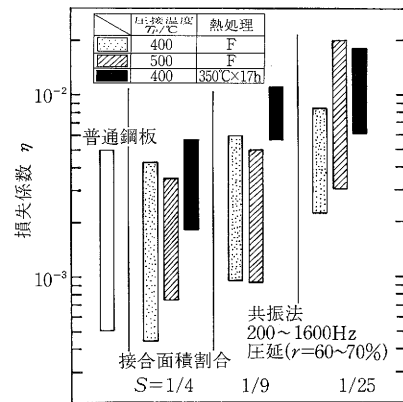


図7 突起付きめっき鋼板重ね合わせ方式による部分接合型複合鋼板の制振性能の検討

研究速報

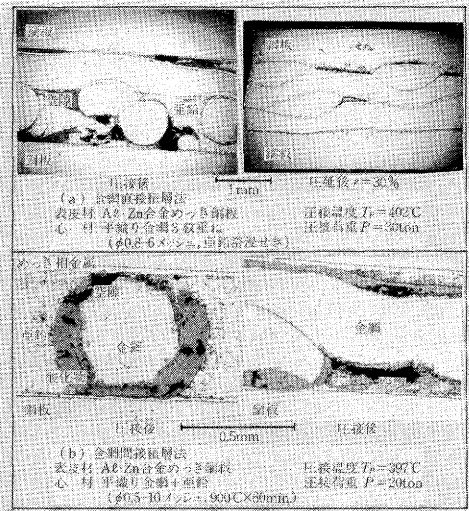


図8 金網積層方式による部分接合型複合鋼板の内部組織

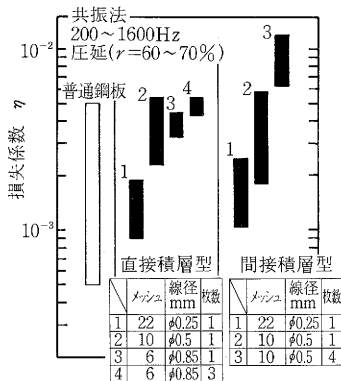


図10 金網積層方式による部分接合型複合鋼板の制振性能の検討

ある。図から、同じメッシュの金網を使用した場合には、金網直接積層法と金網間接積層法では、 $\eta$ の差は特には認められない。細かいメッシュの金網を使用した製品に比べ、粗いメッシュの金網を使用した製品のほうが、より大きい $\eta$ となっていること、また、金網を数枚重ね合わせて使用することによって、 $\eta$ が大きくなってきていることなどがわかる。

(3) 曲げ加工例

金網間接積層法により製造した複合鋼板を、冷間曲げ加工した例を図11に示す。総板厚1.6mmの複合鋼板を曲げ半径約5mmで180°に曲げても剥離せず、良好な接合が達成されていることがわかる。

5. まとめ

半溶融圧接・圧延法により、めっき鋼板を利用し、種々の複合鋼板の製造・加工を行った。前報で検討した、サンドイッチ型複合鋼板、ならびに、今回検討した、部分

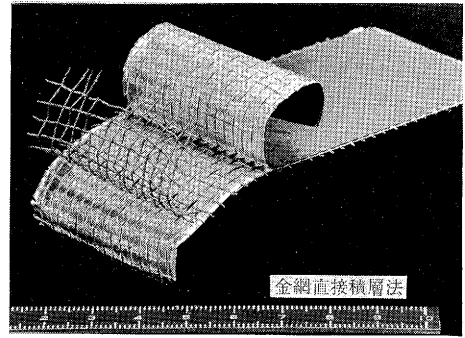


図9 Tピール後の内部の様子

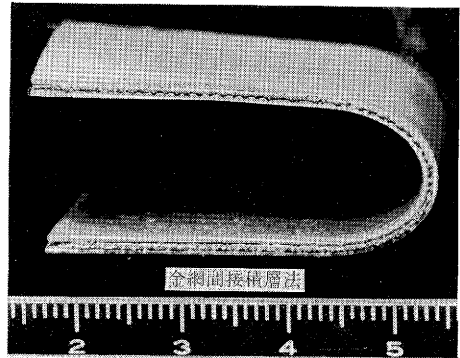


図11 冷間曲げ加工例

表2 めっき鋼板を利用した各種複合鋼板の特性の比較

	サンドイッチ型		部分接合型		
	Zn積層方式	(Zn+黒鉛)積層方式	突起付きめっき鋼板使用方式	金網積層方式 直接法	間接法
制振性	小	大	中	中	中
曲げ加工性	大	小	中	中	大
異方性	無	有	無	無	無
密着性	大	小	中	中	大
その他	高温での制振性大			金網を数枚重ねることが可	

\*表皮材にはAl・Zn合金めっき鋼板を使用する。

接合型複合鋼板の、代表的な材料の組み合わせに対して、2~3の特性の比較を行った結果を表2に示す。

終わりに、損失係数の測定に当たって多大のご協力をいただいた新日本製鉄(株)・第二研究所の江嶋瑞男氏、座間芳正氏、樋渡達雄氏に深く謝意を表す。

(1988年10月12日受理)

参考文献

- 1) 木内・杉山：38回塑加連講論，(1987)，129.
- 2) 木内・杉山：昭63春塑加講論，(1988)，167.
- 3) 大同鋼板(株)：ガルバリウム鋼板技術資料.
- 4) 新日本製鉄(株)・第二技研・薄板研究センター：鉄の話題，58 (1987)，25.