

半溶融圧延に関する研究 第8報

—めっき鋼板を利用した複合鋼板の製造・加工—

Study on Rolling of Metals in Mashy-State · 8th Report

—Production of Composite Sheets Used Various Coated Steel Sheet—

木 内 学*・杉 山 澄 雄*
Manabu KIUCHI and Sumio SUGIYAMA

1. はじめに

筆者らは、固相—液相接合法の一応用技術として、半溶融圧延による積層型複合材料の製造・加工に関する一連の研究を行っている。

近年、めっき鋼板に関し多品種・大量（連続）生産技術が発達し、かつまた、めっき層の剝離に関しても密着性に優れためっき鋼板が開発されてきている。

本報では、このめっき鋼板を利用し、めっき層金属または積層金属の熱間から溶融までの温度範囲による圧接・圧延により2～3の複合鋼板の製造を行い、製造条件と製品の内部組織ならびに機械的特性との関係について検討したのでその結果について報告する。

2. 製造プロセスの特徴

めっき鋼板を利用した複合鋼板の製造・加工プロセスを図1に示す。複合形態により、Type 1からType 4まで、4通りに分けて検討するが、それぞれのTypeには以下に示す特徴がある。

Type 1は、めっき鋼板を単独で用い、加熱後圧延する。加熱工程でめっき層金属の一部あるいは全部を積極的に反応相に変え、この反応相をロールで母板に埋め込む。これにより、めっき層の密着性に優れた製品あるいは表面硬化特性を持った製品など表層改質型複合鋼板の製造が可能となる。

Type 2は、めっき鋼板上のめっき層金属を基礎材とし、めっき層金属と同一金属あるいはなじみやすい金属の粉末を用い、これをめっき層上に積層する。めっき工程だけでは達成困難な厚さ以上に積層部厚さが形成でき、いわゆる、粉末積層型複合鋼板の製造が可能となる。

Type 3は、2枚以上のめっき鋼板を用い、それらを接合する。めっき層金属が接着材（ロウ材）の役目を果たし、鋼板どうしが数層に重なり合った合わせ板型複合鋼板の製造が可能となる。

Type 4は、鋼板と鋼板の間に、めっき層金属と同一金属あるいは異種金属の中間層を形成する。これにより、蔽特性や制振特性に優れたサンドイッチ型複合鋼板の製造が可能となる。

なお、圧接工程は、圧延工程での製造条件（圧延温度・圧下率・圧延速度・ロール径比・潤滑など）が適当であれば、圧延工程と一体化できる。

3. 実験方法および条件

めっき鋼板の種類ならびに寸法を表1に示す。亜鉛めっき鋼板、アルミめっき鋼板、アルミ・亜鉛合金めっき鋼板は連続溶融めっき法により製造された市販品である。

表1 実験条件一覧表

素材	① Znめっき鋼板 (SPG-Z27)	40×80×1.6mm
	② Al・Zn合金めっき鋼板 (GL-AZ150)	40×80×1.6mm
	③ Alめっき鋼板 (SA1-100)	40×80×0.87mm
	④ Cuめっき鋼板 Zn粉 #200 (−74μm)	40×80×1.1mm
圧接	加圧力 p	$p = 190 \sim 250 \text{MPa}$
	温度 T_p	$T_p = 300^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C}$
	保持時間 t	$t = 2 \text{min.}$
圧延	温度 T_r	$T_r = \text{冷間}$
	圧下率 r	$r = 20\% \text{以下 (1パス)}$
	圧延速度 v	$v = \text{約} 0.9 \text{m/s}$
	ロール	$\phi 250 \times 110 \text{mm}$ 同径 2段
	潤滑	無

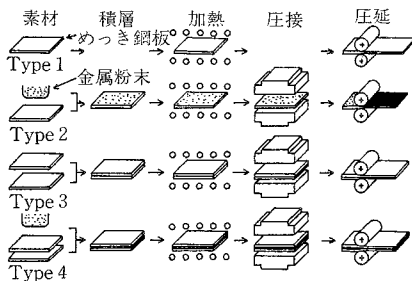


図1 めっき鋼板を利用した各種複合鋼板の製造プロセス

*東京大学生産技術研究所 第2部

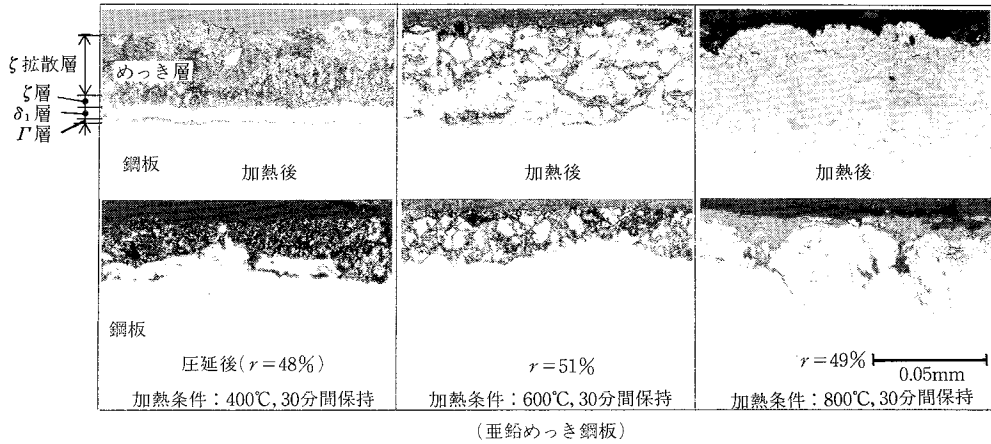


図2 Type 1における加熱条件・圧下率が製品の内部組織に及ぼす影響

り、銅めっき鋼板は電気めっき法により製造されたものである。各めっき鋼板は、表面を#100の研摩紙で磨いた後エチルアルコールで脱脂してある。Type 2, Type 4では、各めっき鋼板に対し亜鉛粉末 (#200)を積層材として用いた。実験は、加熱・圧接・圧延の各工程とも大気中で行った。Type 2~Type 4の加熱は、40^W×80^L×20^Tmm寸法の2枚の鋼製ブロック間に試料を挟み、これを高周波誘導加熱炉内に置き行い、圧接は、このブロックをプレスに入して行った。この際、加圧力を2分間保持した。圧延は、いずれの場合も冷間で行った。その他、実験条件をまとめて表1に示す。

4. 実験結果および考察

Type 1からType 4まで分類別に、製品の製造条件と内部組織ならびに機械的特性について検討した結果を以下に示す。

4.1 Type 1 (表面改質型)の製品の内部組織

通常、溶融めっき鋼板のめっき層には、数相のFe合金相が形成され、その合金相は硬くてもろい性質がある。図2に、亜鉛めっき鋼板を用いた場合の加熱条件および圧下率が製品の内部組織に及ぼす影響を示す。上側には熱処理後の製品の内部組織を示し、下側には総圧下率約50%で冷間圧延した後の内部組織を対比して示す。図中、Fe-Znの各合金相名を鉄鋼材料便覧を参考に明記する。400°C×30min.の加熱条件では、めっき層全体の厚み(約50μm)に対しさ相ならびにさ拡散相の占める割合が高い。600°C×30min.では、一部にさ相が残るものの、δ₁相の占める割合が高くなってくる。800°C×30min.では、δ₁相またはΓ合金相が酸化したと思われる層が板表面部を被う。この熱処理した製品に対し冷間圧延(総圧下率約50%)を行うと、いずれの場合も合金相の層が乱れ、鋼板との界面に凹凸ができてきていることがわかる。

同様に、アルミめっき鋼板、銅めっき鋼板について圧

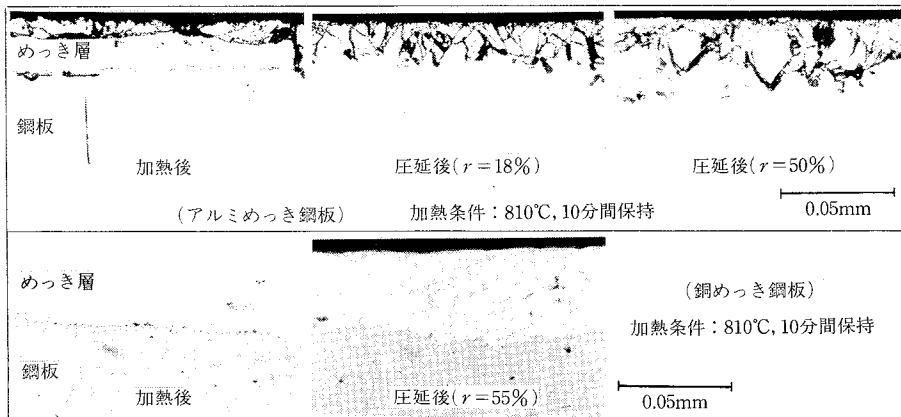


図3 Type 1における圧下率が製品の内部組織に及ぼす影響

研究速報

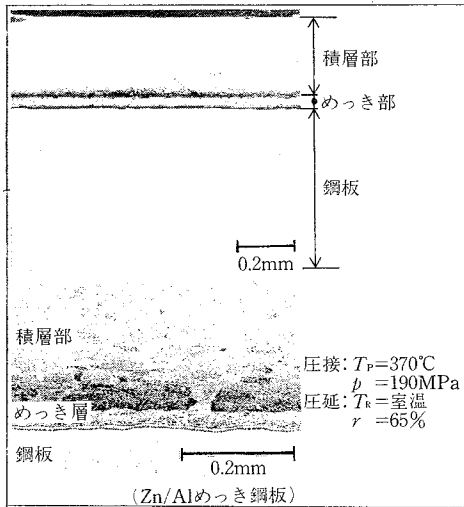


図4 Type 2の圧延後の製品の内部組織

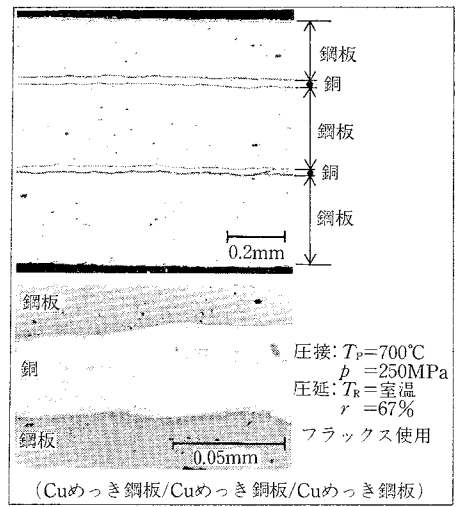


図5 Type 3の圧延後の製品の内部組織

下率が製品の内部組織におよぼす影響を図3に示す。アルミめっき鋼板の場合、 $810^{\circ}\text{C}\times 10\text{min.}$ の加熱条件ではすでにめっき層全体が合金相となっており、圧延によって合金層が細かく碎け、それが圧下率の増加に伴って鋼板に突き刺さる形になってきている。銅めっき鋼板の場合、 $810^{\circ}\text{C}\times 10\text{min.}$ ではめっき層はまだ純銅が大部分を占めている。圧延によって鋼板との界面において材料が互に入り組み、鋸の刃ようになって良好な接合面を形成していることがわかる。

4.2 Type 2 (粉末積層型)の製品の内部組織

図4は、アルミ・亜鉛合金めっき鋼板に亜鉛を積層した製品の内部組織を示す。圧延後の製品において、全体の板厚に占める亜鉛層(積層)厚さの割合は約37%である。この値は最大値を示すものでなく、亜鉛の初期積層を厚くすることにより、さらに亜鉛層厚さの厚い製品も製造可能と思われる。また、圧接後の製品を冷間圧延(総圧下率 $r=62\%$)することによって、亜鉛の組織が $1/2\sim 1/3$ 倍に細かくなり、かつ、めっき層と亜鉛層との界面も入り組んできて、接合が良好であることがわかる。

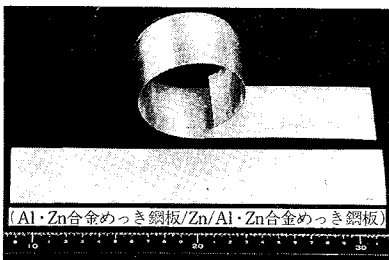


図6 Type 4の製品例ならびに製品の曲げ加工例

4.3 Type 3 (合わせ板型)の製品の内部組織

図5は、銅めっき鋼板を3枚重ね、図中に示す条件のもとに圧接・圧延したType 3(合わせ板型)の製品の内部組織を示す。図から、元のめっき層どうしの界面の識別が不可能であることなどにより、めっき層金属である銅を介し、鋼板が互いに良く接合していることがわかる。また、この製品に対し密着曲げを行った結果、剝離などの欠陥は生じなかった。

4.4 Type 4 (サンドイッチ型)の製品の内部組織と機械的特性

図6は、Type 4の製品例ならびに製品の曲げ加工例を示す。アルミ・亜鉛合金めっき鋼板では、総圧下率約80%

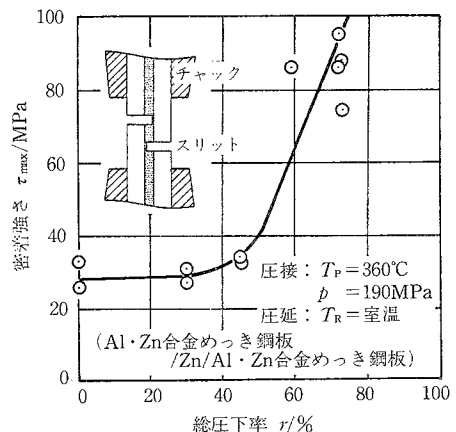


図7 Type 4の圧延後の製品の密着強さ τ_{max} に及ぼす圧延圧下率 r の影響

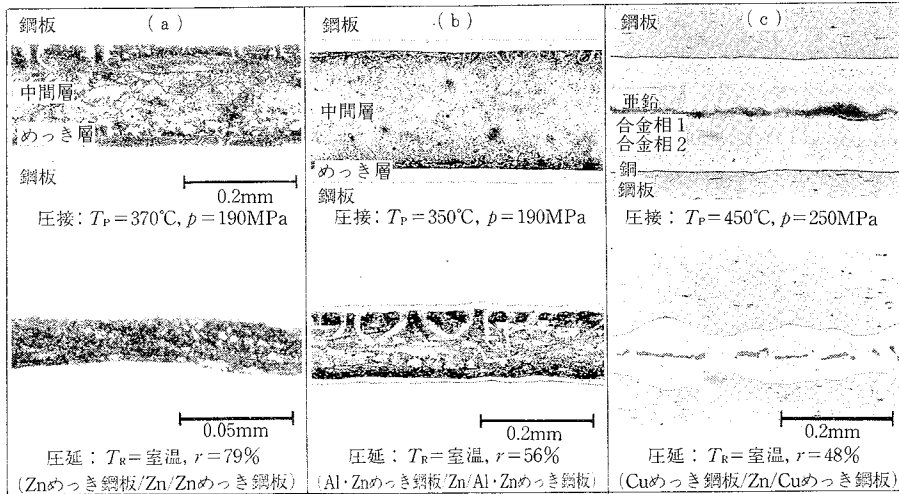


図 8 Type 4 の圧接後ならびに圧延後の製品の内部組織

にまで圧延しても、またそれをコイル状に曲げてもめっき鋼板が剥がれることなく、良く接合した製品が得られた。

図 7 は、アルミ・亜鉛合金めっき鋼板と亜鉛の組み合わせの製品の、密着強さにおよぼす圧延圧下率の影響を示す。試験片形状を図中に記す。図より、総圧下率 r が 50% 程度までは密着強さは約 30MPa であるが、 r が 50% を越えると急激に密着強さが高くなり、 r が 60~70% では密着強さは 75~95MPa となっていることがわかる。なお、その時の剥離面より、亜鉛層の中間でせん断していることが観察できた。

図 8 は、各めっき鋼板と亜鉛を組み合わせた場合の圧接後と圧延後の製品の内部組織を示す。上側は圧接後の製品の内部組織を示し、下側には冷間圧延後の製品の内部組織を示す。図 8 (a) の亜鉛めっき鋼板と亜鉛を組み合わせたものと、図 8 (b) のアルミ・亜鉛合金めっき鋼板と亜鉛を組み合わせたものは、同様な内部組織を持つ。すなわち、図から、めっき層金属と亜鉛が互いに拡散していることがわかる。圧延により、めっき層金属と亜鉛の拡散が進行し、互いの金属が糸状に連結していることなどがわかる。図 8 (c) は銅めっき鋼板と亜鉛の組み合わせを示す。銅と亜鉛は異種金属どうしではあるが、その合金のあるものは真ちゅうともよばれ、加工性に富む材料として知られている。図中、黒い部分が純亜鉛であり、この純亜鉛を挟み、上下に、合金相 1、合金相 2 (真ちゅう)、純銅と、これらが層状になっている。圧延により、鋼板と鋼板の間の中間層がじゅうず状となり、純亜鉛層ならびに合金層は途切れ、純銅層どうしが互いに接合するといった特異な内部組織となっていることがわかる。なお、加熱条件の選択によって、亜鉛全部を合金相に変え

たり、各合金相の厚さを変えたりすることは可能である。

5. ま と め

めっき鋼板を利用し、めっき層金属あるいは積層金属の溶融状態をも含む広範囲の温度域による圧接または圧延により、(1)めっき層金属を積極的に合金相に変え、これを板表面に密着させる表層改質型複合鋼板 (Type 1)、(2)めっき層上にめっき層金属と同一金属あるいはなじみやすい金属を積層する粉末積層型複合鋼板 (Type 2)、(3)2枚以上のめっき鋼板をめっき層を介し接合させる合わせ板型複合鋼板 (Type 3)、(4)めっき鋼板とめっき鋼板の間に、めっき層金属と同一金属あるいは異種金属の中間層を形成するサンドイッチ型複合鋼板 (Type 4) の各製造を行い、製造条件と内部組織・機械的特性 (積層厚さ、曲げ性、密着強さなど) について検討し、概略以下の結果を得た。

(1)表層改質型複合鋼板 (Type 1) の製造では、めっき層の密着性に優れた製品、あるいは、反応相 (硬くてもろい性質がある) が破碎され、かつ固定された製品、(2)粉末積層型複合鋼板 (Type 2) の製造では、めっき工程だけでは達成困難な積層厚さを持つ製品、(3)合わせ板型複合鋼板 (Type 3) の製造では、めっき層を介し、鋼板どうしが数層重なり合った製品、(4)サンドイッチ型複合鋼板 (Type 4) の製造では、密着性に優れ、制振性能の高い製品、が得られることが判明した。

上記に示した複合鋼板の製造法は、現有のめっき鋼板の製造技術に容易に組み込むことができるものと考えられ、今後、これら複合鋼板の製造条件あるいは製造特性についてさらに研究を進めていく予定である。

(1987年10月1日受理)