

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.3 (1971) No.1

ステンレス・ダブルクラッド薄鋼板(リバー・プライ)について
Stainless Double Clad Steel Sheets(RIVER PLY)

浦山 精一(Seiichi Urayama) 近藤 哲郎(Tetsuo Kondo) 石田 文良(Fumiyoshi
Ishida) 黒津 亮二(Ryoji Kurotsu) 南谷 昭次郎(Syojiro Minamiya)

要旨：

川崎製鉄(株)で製造しているステンレス・ダブルクラッド薄鋼板リバー・プライ(RIVER PLY)の製造方法、特性、用途などについて紹介している。

Synopsis：

This paper introduces RIVER PLY, stainless-clad steel sheets and strip made by Kawasaki Steel Corp., with description of producing methods, properties and applications.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

ステンレス・ダブルクラッド薄鋼板(リバー・プライ)について

Stainless Double Clad Steel Sheets (RIVER PLY)

浦山 精一* 近藤 哲郎**

Seiichi Urayama

Tetsuo Kondo

石田 文良*** 黒津 亮二****

Fumiyoshi Ishida

Ryoji Kurotsu

南谷 昭次郎*****

Syojiro Minamiya

Synopsis :

This paper introduces **RIVER PLY**, stainless-clad steel sheets and strip made by Kawasaki Steel Corp., with description of producing methods, properties and applications.

1. ま え が き

ステンレス・クラッド鋼は、従来ほとんど厚鋼板のものが生産されていた。当社では昭和36年頃より、ステンレス・ダブルクラッド薄鋼板、商品名リバー・プライの製造を開始し現在にいたっている。このほかに高炭素工具鋼の両面にステンレス鋼を圧接したナイフクラッドと称する製品をも製造している。

薄鋼板は、厚鋼板と異なり、鍋かま類の厨房器具、あるいはその他の加熱、放熱を主目的とする用途に用いられる。現在、販売量は国内より輸出の方が多く、特にアメリカ、カナダ向けが多い。

世界におけるステンレス・ダブルクラッド薄鋼板の製造メーカーは当社、Republic Steel Corp. および Allegheny Ludlum Steel Corp. の3社のみであり、需要家情報によれば当社の製品はアメ

リカ製に比べ品質が良いと好評を博している。ここではリバー・プライの製造方法、特色などについて述べる。

2. 製造品種・寸法・仕上げ

リバー・プライは、軟鋼の母材に両面からステンレス鋼を接合してつくられている。軟鋼には、非時効性と深絞り性を考慮して深絞り用 AI キルド極軟鋼を使用し、ステンレス鋼としてはSUS27 (KK-3) を用いている。これらの化学成分を表1に示す。

ただし、必ずしも SUS27 に限らず、SUS39 なども使用可能である。

接着するステンレス鋼の厚みは、片側が全板厚に対して15~20% (これをクラッド比と呼ぶ) を標準とする。現在、15%のものが多く製造されている。

* 西宮工場製造部冷間圧延課課長

*** 西宮工場管理部検査課試験掛長

***** 千葉製鉄所熱間圧延部第一熱間圧延課課長

** 西宮工場管理部管理課課長代理

**** 千葉製鉄所熱間圧延部部長

表 1 使用される材料の化学成分 (%)

材 料	川鉄記号	対応JIS記号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
ステンレス鋼	KK-3	SUS 27	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.04	≤0.03	8.00 ~11.00	18.00 ~20.00
軟 鋼	KT-4	—	≤0.08	—	0.05 ~0.40	≤0.03	≤0.03	—	—

製品の寸法は、厚さ 0.6~2.5mm、幅 1,000mm 以下、長さ 4,000mm まで製造可能である。また、コイル品も可能である。製品の仕上げは、2B またはバフ研磨品などである。

3. 製造方法

リバー・プライの製造方法には、軟鋼とステンレス鋼の各素材を熱間圧延により圧接する圧延法を採用している。製造工程は、組立、圧延接着工程と、熱処理、冷延などの仕上工程の二つに大別され、前者の工程では熱間圧延および接着をホット・ストリップ・ミルで行なう点が従来の厚板製造と大きく異なる点である。

スラブから製品までの工程図を図 1 に示す。コイル単重は製造開始当初は 2 t であったが、その後 8 年間の設備上、操業上の改良によって現在は 8.5 t に大型化されている。

3.1 組 立

組立は、手入、メッキ、溶接の 3 工程に分かれる。手入れ工程では、ステンレス、軟鋼両合わせ面の表面研削を行ない、表面の疵を完全に除去する。メッキ工程では、ステンレス鋼素材にニッケルメッキを施す。ニッケルメッキ厚はクラッド比、圧延比その他の圧延条件によって決定される。メッキ前処理、メッキ条件、メッキ浴の処理技術は圧延の成否に大きく影響する。

溶接工程では、1 層目を手溶接、2 層目以降は自動溶接によって軟鋼母材と組み合わせる。特に、手動溶接では特殊な油圧プレスにてステンレス鋼と軟鋼を密着させて、アークの接着面への進入などによる接着不良を防止している。クラッド鋼の標準組立法を図 2 に示す。

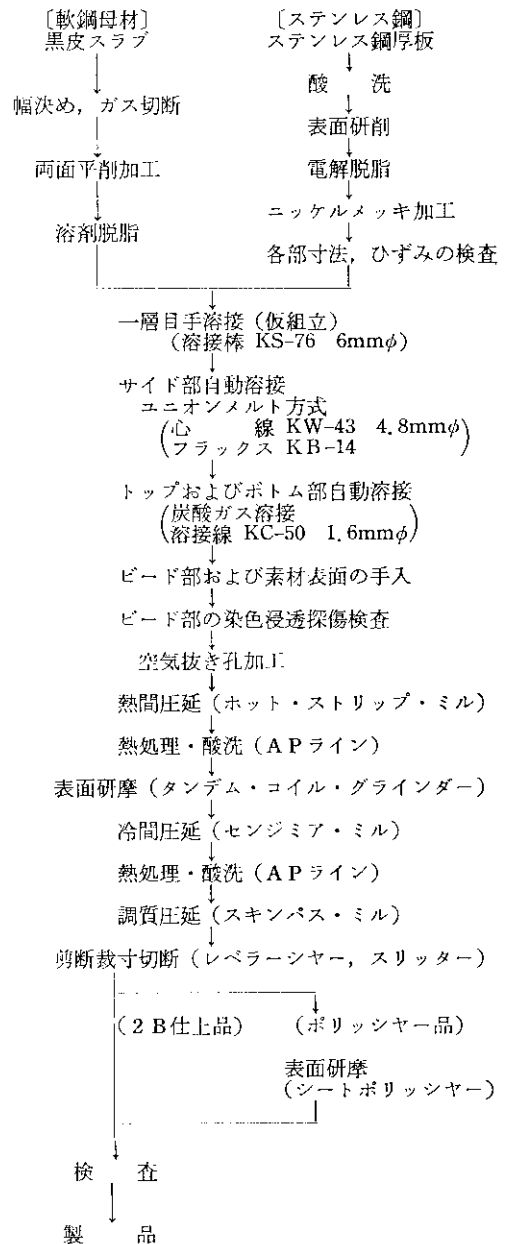


図 1 製造工程

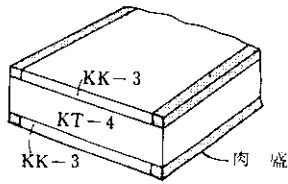


図2 クラッド鋼の組立構造

3.2 熱間圧延

ステンレス鋼板と比較して、リバープライの熱間圧延の困難さは、ステンレス部分の厚みが15~27mmと軟鋼部分に比べて薄いことに起因している。

加熱炉において、ステンレス鋼部分を過熱しないように、短時間のうちに軟鋼部も加熱しなければならない。

また、加熱炉から抽出後は、ステンレス鋼部分が早く冷える傾向があり、粗圧延を速やかに行なって圧着を完了させる必要がある。

このパスでは、ステンレス鋼と軟鋼母材の接着部の空気を完全に抜くための圧延条件が必要である。それに続く仕上げ圧延では、通常のステンレス鋼と同様な方法で圧延を行なう。

3.3 仕上げ工程

仕上げ工程は、熱処理、酸洗、表面研磨、冷間圧延、調質圧延などの一連のステンレス鋼ストップ処理工程と同一である。

製造技術面での問題点も多少あるが、主なものを列挙すると表2のごとくである。

4. 特性

4.1 機械的性質および冷間加工性

リバー・プライの機械的性質および冷間加工性を表3に、その断面組織の一例を写真1に示す。

引張強さは、ステンレス鋼と軟鋼の引張強さをクラッド比の荷重で平均した値となる。これは、ステンレス鋼と軟鋼との接着強度が大きく、まっ

表2 製造上の問題点とその原因

No.	問題点	原因
1	ステンレス鋼と軟鋼接着不良	表面研磨不良 Niメッキ不良 サンドイッチ溶接不良 ステンレス鋼表面欠陥
2	オレンジ・ピール	母材軟鋼の選択不良 過焼鈍
3	軟鋼露出	ステンレス鋼表面欠陥 ステンレス鋼と軟鋼の接着不良 過研削
4	ストレッチャー・ストレイン	母材軟鋼の選択不良 スキンプラス量不足 時効の影響
5	ピンホールなどの表面欠陥	スキンプラス圧延時スケールの飛込み その他ムクのステンレス鋼表面欠陥と同じ

たく一体の複合された性質を示すからである。伸びは、軟鋼に生ずる局部収縮がステンレス鋼によって押えられて一様に伸びるため、軟鋼より大きい値を示す。エリクセン値も良い値を示し、良好な張出し加工性を示す。曲げ試験においても、曲げ半径 $0.5t$ (t :板厚)で、われ、きずは発生しない。局部破断を起こし難く、きびしい深絞り加工に耐える。加工成形の際のバックリングも少な

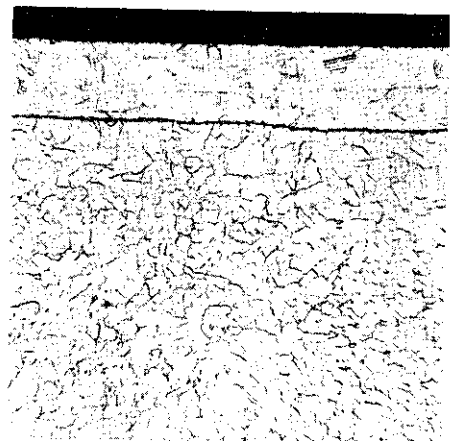


写真1 断面組織(×100)

表 3 機械的性質およびエリクセン値

(試料数50の平均値)

板厚 (mm)	クラッド比 (%) (ステンレス鋼材 母材 KK-3, KT-4)	引張試験(JIS 13号 B)		曲げ試験 180° (r=0.5t)	表面かたさ HR (15t)	エリクセン値 (mm)
		引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)			
0.6	15	45	39	良	81	10.2
0.7	15	45	41	良	82	10.3
0.8	15	46	40	良	83	10.4
0.9	15	47	40	良	84	10.4
1.0	15	47	40	良	84	10.6
1.2	15	47	40	良	85	11.0
1.6	15	47	41	良	85	11.4
2.0	15	46	43	良	86	11.6

く、良好な成形性を示す。なお、本製品のステンレス鋼と軟鋼との境界面は、大きな圧延比で熱間圧延されるため、断面組織に示すように、接着力はきわめて大きく、曲げ、絞り、振りまた高温加熱などのきびしい加工を受けても剝離することがない。曲げ試験後の断面を写真2に示すが、完全な接着を示している。

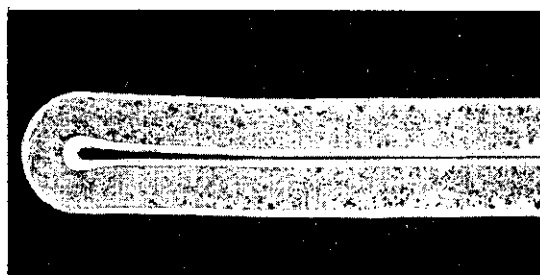


写真 2 曲げ試験後の断面組織 (×10)

4.2 熱伝導性

ステンレス鋼の熱伝導度は悪く、表4に厚み方向の熱伝導度を示すが軟鋼の約 $\frac{1}{2}$ である。リバー・プライは、標準品で厚みの70%が軟鋼であるから、ステンレス鋼板に比較して熱伝導度は優れている。したがって、厚み方向の熱伝導度が良好であるとともに、面方向のそれも良好となるために板面における温度むらが起こり難くなる。図3に板面の中心を同一条件により10 min 間加熱したのちの中心から各位置における温度分布を示す。ステンレス鋼より本製品の方が中心の温度は低く、中心から遠のくと逆に高くなり軟鋼に似た特性を示す。これは温度むらの少ないことを示すものであり、ステンレス鋼のみの鍋を使用した場合にみられるようなこげつき易いという欠点が補われる。

表 4 各種鋼材の厚み方向の熱伝導度の比較

材 質	熱 伝 導 度 kcal/hr/m ² /°C/m	18-8ステンレス鋼の熱伝導度を 1としたときの比率
軟 鋼	39	2.8
13Cr ステンレス鋼	22	1.6
18Cr ステンレス鋼	23	1.6
18-8 ステンレス鋼	14	1.0
リバー・プライ (ステンレス鋼 KK-3 母材 KT-4 クラッド比15%)	32	2.3

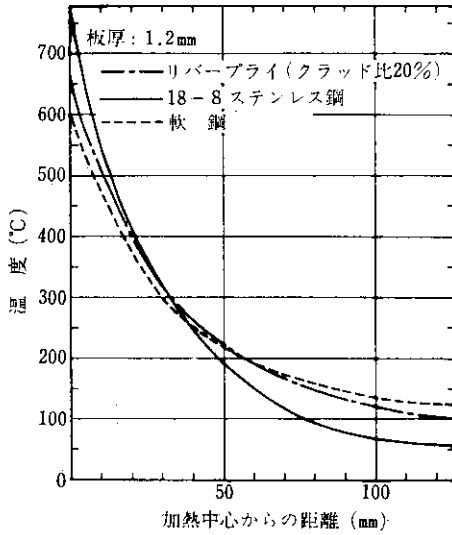
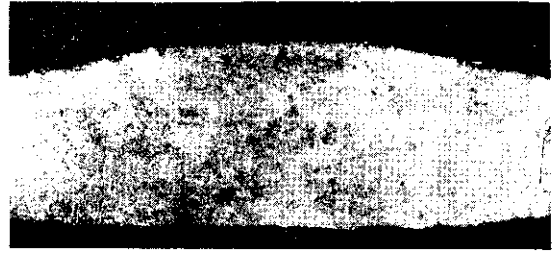


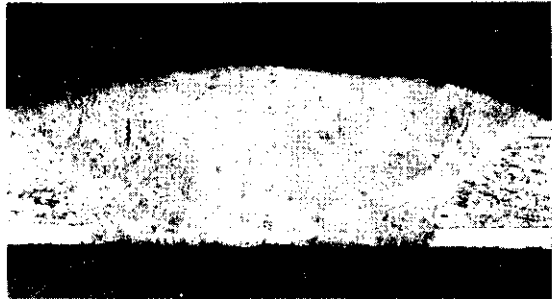
図 3 各種鋼材の面方向の熱伝導状況

4.3 溶接性

リバー・プライの溶接は、ステンレス鋼板と同様にTIG溶接などのイナートガスアーク溶接法による自動溶接が望ましい。また、スタッド、スポットあるいはシーム溶接なども可能である。しかし、突合せ溶接を施すと本製品は中心部が軟鋼であるから、ステンレス鋼は希釈されて機械的性質、耐食性が劣ってくる。このため、イナートガス溶接においては、溶加材として、Ni, Cr成分の高い心線（たとえば、Y-310, 25% Cr-20% Ni）を使用したり、さらには、突合せの間隙にあ



(a) 溶加材使用



(b) インサート挿入

写真 3 タングステンアルゴンアーク溶接法による溶接部の断面組織 (×8)

らかじめこれら心線を挿入して溶接することが必要である。表5に手溶接であるが、タングステンアルゴンアーク溶接条件を、写真3にその時の断面組織の一例を示す。また、写真4に表6の溶接条件で本製品同志、本製品とステンレス鋼、あるいは軟鋼とスポット溶接した場合の断面組織を示す。

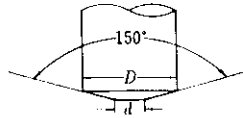
表 5 タングステンアルゴン・アーク溶接条件の一例 (手溶接)

溶接法	板厚 (mm)	クラッド比 (%) (ステンレス鋼 KK-3, 母材 KT-4)	タングステン 電極の直径 (mm)	溶接棒, インサート		アルゴン 流量 (ℓ/min)	溶接電流 (Amp) (DCSP)
				材質	直径 (mm)		
溶加材使用	1.2	15	1.6	D-310	2	6	80
	1.6	15	1.6	D-310	2	6	100
	2.0	15	1.6	D-310	3.2	6	100
インサート 挿入	1.2	15	1.6	D-310	3.2	9	80
	1.6	15	1.6	D-310	4	9	80
	2.0	15	1.6	D-310	4	9	100

表 6 スポット溶接条件の一例

材 料 組 合 せ	電 極			溶 接 条 件		
	板 厚 (mm)	d (mm)	D (mm)	時 間 (c/s)	加 圧 力 (kg)	溶 接 電 流 (A)
リバー・プライとリバー・プライ	ともに 1.2	5.5	16	11	350	9,600
18-8ステンレス鋼とリバー・プライ	ともに 1.2	5.5	16	9	430	9,600
リバー・プライと軟鋼	ともに 1.2	5.5	16	11	310	9,600

注 1) 60 c/s
2) 電極形状



5. 使用方法

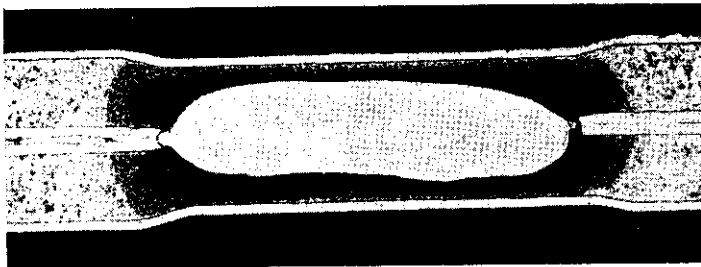
5.1 用 途

リバー・プライの用途は、写真5～8に示すごとくフライ・パン、ソース・パン、スキレット、ウォーターヒーター、エバポレーターなど厨房器具の中でも、耐食性と熱伝導性が同時に要求される用途に最適である。

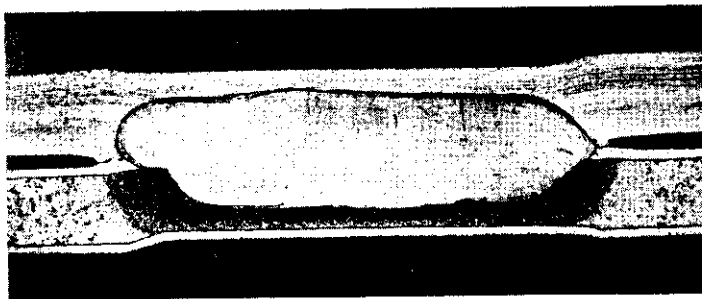
5.2 使用上の注意事項

使用するに当たって注意しなければならない点は、ほとんどステンレス鋼と同じであるが、特に異なる点が2～3挙げられる。一つは端面処理である。すなわち、板の端面が露出しその軟鋼の発錆を防止する必要がある場合、縁部をカーリング（ハゼ折り）できればよい。それができないときはニッケルメッキをすとか、ハンダ付けあるいはろう付けをする必要がある。

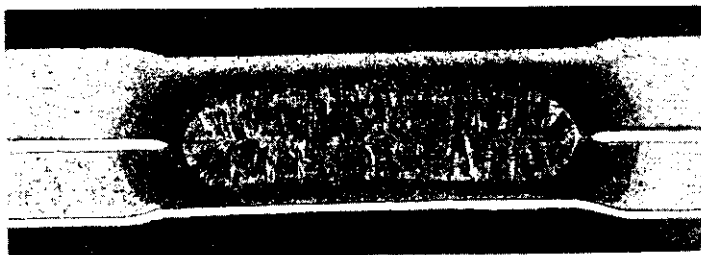
次に、リバー・プライの突合せ溶接であるが、4.3で述べたようにイナートガスタンングステンアーク法（TIG溶接）が最



(a) リバープライとリバープライ



(b) 18-8ステンレス鋼とリバープライ



(c) 軟鋼とリバープライ

写真 4 スポット溶接による溶接部の断面組織（×10）

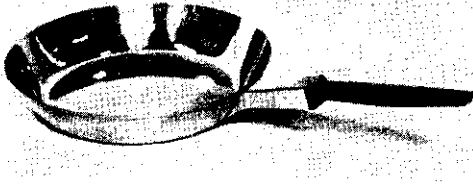


写真 5 フライ・パン



写真 6 中華鍋

適でこの場合溶加材として、Ni, Cr の高い心線が望ましい。

また、リバー・プライの母材は、時効を生じないように Al キルドの極軟鋼を使用しているが、長期間経て使用すると時効の恐れがあり製造後約4ヶ月以内に使用されることが望ましい。

6. むすび

ステンレス・ダブルクラッド鋼薄板は、ステンレス鋼の代用品としてではなく、その特性を生か

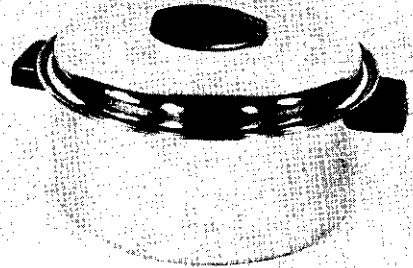


写真 7 スキレット

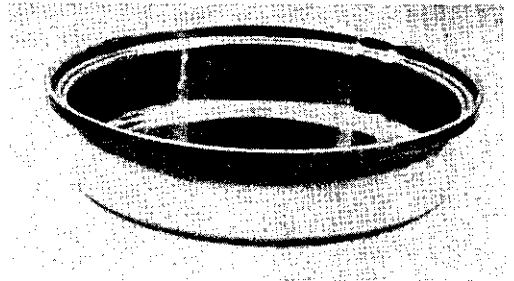


写真 8 浅鍋

せる種々の用途、たとえば前記鍋類、ウォータークーラー、ヒーターなどアメリカだけでなく国内でも大きな需要が開拓されつつあり、その適用分野は広いと言える。今後も品質向上、コストダウンに努め需要に答えていく所存である。