

## クラッド技術を利用した新型極厚鋼板

## A New Heavy Gauge Steel Plate with Cladding Technology

## 1. はじめに

現在、極厚鋼板は造塊材によるものがほとんどであるが、鑄造、分塊、厚板圧延と製造工程が煩雑なため、工期が長い。一方、極厚鋼板は連続鑄造スラブからも製造できるが、スラブ厚さの制約と内質健全性の観点から、圧下比が制限されるため、極厚鋼板の板厚拡大に限界がある。

一方、JFE スチールの厚板ミルでは、低速強圧下圧延技術<sup>1)</sup>、接合部位の酸化を防ぐ高真空化技術、接合させる表面の状態適正化や中間材に代表される接合界面の制御技術<sup>2)</sup>などの包括的な開発技術により、ステンレス鋼、純チタンなどを合せ材とする高性能クラッド鋼板を提供しており、多くの製造実績を有している(過去10年間で150 000 t 製造)。

JFE スチールでは、連続鑄造スラブを重ね合わせ積層スラブとして、これに前述のクラッド化技術を適用して板厚限界を拡張する新型極厚鋼板の製造技術を開発した。ここでは、JIS SS400 相当の 270 mm 厚新型極厚鋼板について紹介する。

## 2. 新型極厚鋼板の特性

## 2.1 製造工程と寸法

新型極厚鋼板の製造工程を模式的に Fig. 1 に示す。連続鑄造スラブは、表面性状を接合に適した状態に整えた後、溶接によって積層スラブとし、熱間圧延によって一体化した。圧延による接合では、低速強圧下技術を最大限活用した。この圧延方式は、通常の圧延に比較して板厚中央部での応力を高めることができるため、総圧下比が小さい場合でも接合に有利な特徴を持つ (Fig. 2)。

今回、250 mm 厚スラブを積層し、仕上がり 270 mm 厚 1 800 mm 幅、5 000 mm 長の JIS SS400 規格相当の新型極厚鋼板を製造した。

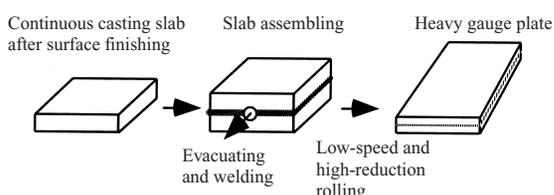


Fig. 1 Process outline of heavy gauge plate with cladding technology

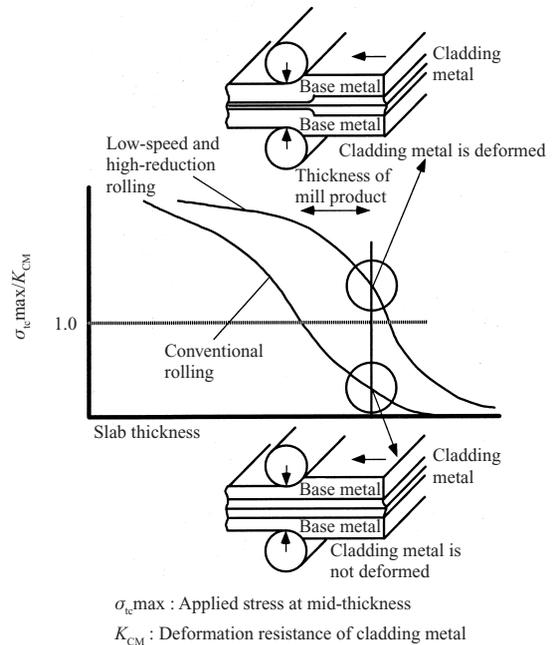


Fig. 2 Concept of low-speed and high-reduction rolling

## 2.2 新型極厚鋼板の特性

製造した 270 mm 厚材のマクロ組織を Photo 1 に示す。接合界面である鋼板の板厚 1/2 においては、接合の痕跡はほとんど消失している。板厚 1/4 および 3/4 は、積層した連続鑄造スラブの厚さ中央部であり、偏析に起因した模様がわずかに観察される。

Table 1 に新型極厚鋼板の機械的性質を示す。板厚 1/4、1/2 および 3/4 のいずれの位置においても、引張強度と延性に顕著な差異はなく、かつ SS400 の JIS 規格値<sup>3)</sup>を十分に満足している。

## 2.3 接合界面の健全性評価

接合界面の健全性を、接合界面に垂直の応力を負荷する Z 引張試験にて評価した。その結果を、各部位について Table 2 に示す。接合界面を引張試験片の平行部中央に位置した板厚 1/2 での Z 方向引張試験結果からは、強度、絞り値ともに、他の部位での値と比較して同等以上であることが分かる。

さらに、超音波探傷とクラッド鋼に適用される評価方法<sup>4)</sup>によって接合界面の健全性を評価した。評価結果を Table 3 に示す。圧力容器用鋼板に適用される超音波探傷試験 (JIS G 0801) の感度からさらに 6 dB 検出感度を厳しくした試験においても、鋼板全面において欠陥指示はな

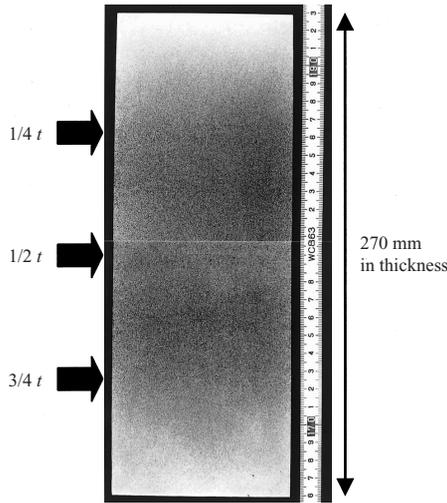


Photo 1 Macrostructure of 270 mm heavy gauge plate

Table 1 Tensile properties of 270 mm thick heavy gauge plate

Test position	Dir.	0.2%PS (MPa)	UTS (MPa)	EI (%)	RA (%)	
Top	1/4 t	L	273	471	29.4	66
	1/2 t		265	472	40.4	74
	3/4 t		255	464	30.8	60
1/4 W	1/4 t	T	265	470	30.8	65
	1/2 t		256	458	38.5	72
	3/4 t		259	463	31.6	66
JIS G 3101(over 40 mm t)		Min. 215	400-510	Min. 21	—	

かった。 $R/t = 2$  ( $R$ : 曲げ試験時のポンチ径 (19 mm)  $t$ : 試験片の板厚 (9.5 mm)) での側曲げ試験では接合界面に割れは発生せず、また剪断強度は 280 MPa 程度であった。剪断強度は引張強度の 60% 程度の値となっており、拡散接合界面などの欠陥原因がない健全な従来製法の材料 (以下、単一の圧延材) での引張強度と剪断強度との関係<sup>5)</sup> から判断して、十分な剪断強度を有している。

Fig. 3 は、新型極厚鋼板の  $Z$  方向の静的引張強度と  $Z$  方向の疲労強度を従来の炭素鋼のデータ<sup>6)</sup> と比較したものである。新型極厚鋼板の  $Z$  方向の引張および疲労強度は通常方向 (圧延または幅方向) の引張強度と疲労強度の関係に相違なく (バンド内)、新型極厚鋼板の接合界面は単一の圧延材と同等の疲労強度を有している。

以上、種々の機械試験の結果から、新型極厚鋼板は単一の圧延材の内部品質に匹敵する接合界面特性を有していると言える。

### 3. おわりに

連続鋳造スラブとクラッド化技術を利用した 270 mm 厚新型極厚鋼板は、JIS SS400 として十分な引張強度を有し単一の圧延材の内部品質に匹敵する接合界面健全性を示した。クラッド化技術を活用した新型極厚鋼板は、厚肉の

Table 2 Tensile properties in thickness direction of 270 mm thick heavy gauge plate

Test position			Tensile properties*	
Length	Width	Thickness	UTS (MPa)	RA (%)
Top	1/2 W	1/4 t	487	50
		1/2 t	478	58
		3/4 t	477	70
	Edge	1/4 t	475	73
		1/2 t	476	55
		3/4 t	478	72
Bottom	1/2 W	1/4 t	479	63
		1/2 t	480	74
		3/4 t	480	55
	Edge	1/4 t	495	64
		1/2 t	475	56
		3/4 t	491	40

\* Tensile tests were performed in accordance with JIS G 3199

Table 3 Properties of bonding boundary

Ultrasonic test (JIS G 0801*)	Side bend test ( $R/t = 2^{**}$ )	Shear strength (MPa)	
	(JIS G 0601)		
No indication	No crack	L direction	286
		T direction	288

\* More severe sensitivity by 6 dB compared with original

\*\*  $R$ : radius of bend test tool,  $t$ : thickness of test sample

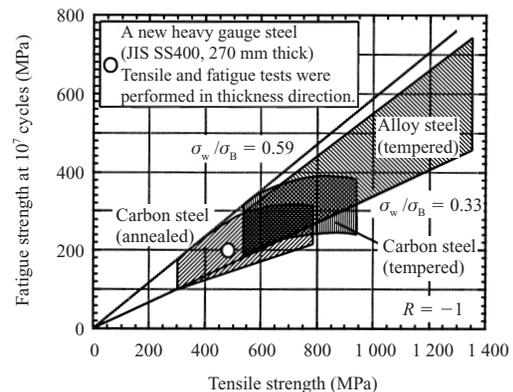


Fig. 3 Static tensile strength-fatigue strength relationship

鋼材を必要とする架台や定盤、ハウジングなどへの適用が期待される。JFE スチールでは、内部品質や材質の観点からで圧下比に制限がある連続鋳造スラブ適用の範囲を拡張し、今後さらなる厚肉化や他の鋼種への展開を計画している。

#### 参考文献

1. 津山青史ほか. 鉄と鋼. vol. 71, no. 6, 1985, p. 712
2. 深井英明. まてりあ. vol. 35, no. 9, 1996, p. 976
3. JIS G 3101
4. JIS G 0601
5. たとえば MIL-HDBK-5
6. 日本鉄鋼協会編. 鉄鋼便覧 I 基礎. p. 543