

1 緒言

製鉄・セメント・炉材メーカー等における、多量の鉍石原料・セラミック原料を処理する設備においては、高クロム鑄鉄の鑄造一体品及び、溶接肉盛品等の各種ライナー材が使用されている。鑄造一体品については、割れが発生し易く、化学組成や硬さに限界がある。一方、溶接肉盛品については、硬化層を厚く出来ない問題がある。特に最近では、メンテナンスフリーが強く望まれており、耐久性に優れた厚肉高硬度ライナーのニーズは大きい。

当社では、このようなニーズにより、高クロム鑄鉄と鋼材とを、特殊鑄造法により溶融接合させた、画期的な「ESTライナー」を開発した。¹⁾ここでは、主として、その材質特性について説明する。

2 製造方法概略

「ESTライナー」の製造工程を、図-1に示す。鑄造方法として、当社が新たに考案した特殊鑄造方式（クイックブレッド方式）を採用し、大型サイズ（900mm×1800mm×30mm）の複合ライナーを製造している。製品構造の特長

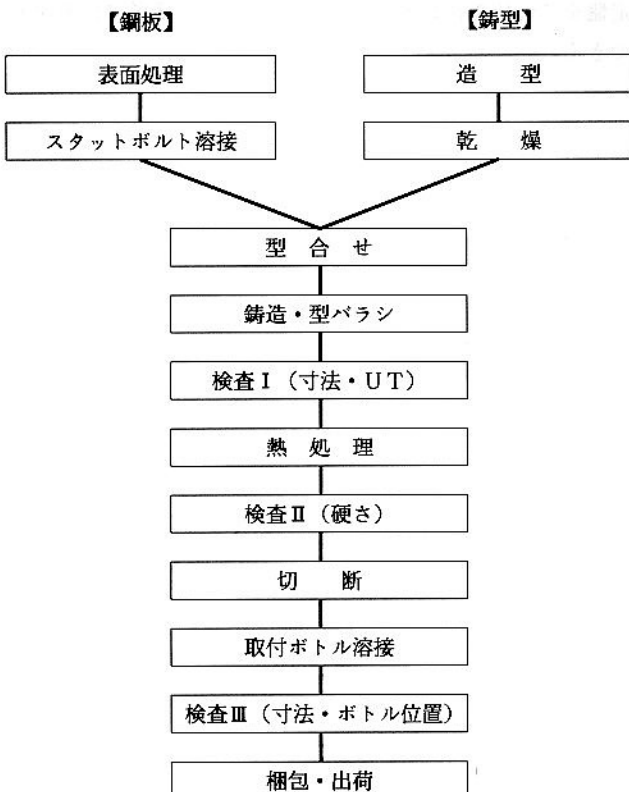


図-1 「ESTライナー」製造工程

は、18mmの高クロム鑄鉄層と12mmの鋼板（SS400）を、溶融接合させた、2重構造であり、設備・機器への取付のために、鋼板背面に、アークスタッド溶接ボルトを有することが挙げられる。

3 ライナー材の具備特性

各種耐摩耗材は、様々な使用環境や、取付の環境に対応できる事が必要である。

まず、使用環境については、

- 1) 機械的衝撃などの高負荷
- 2) 高温度雰囲気

などがあり、取付易さなどもきわめて重要である。これらのライナー取付は、一般的に典型的な3K作業であり、耐用延長、メンテナンスフリー化によってもたらされる効果は大きい。

厚肉高硬度の鑄造複合ライナーは、この様な要求に対して開発したものである。

4 ライナー材の材質特性

3項で述べた具備特性を踏まえて、開発した「ESTライナー」の、図-2に示す各種特性について調査した。

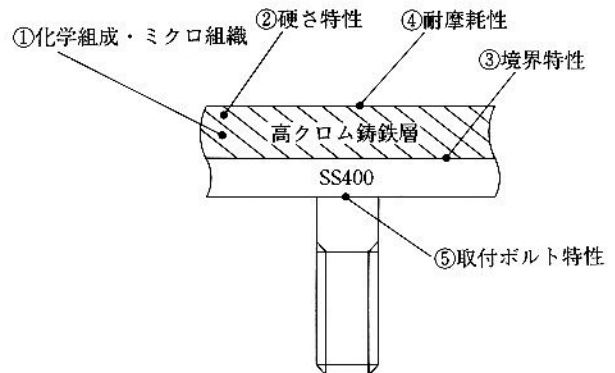


図-2 ESTライナー特性調査項目

4.1 化学組成、マイクロ組織

従来使用されている鑄造単体ライナー材は、3C-18Cr-Mo系、3C-27Cr系が主として適用されて居り、鑄造時に割れや歪が発生しやすく、成分組成において制約が多い。しかし、鑄造複合ライナー（ESTライナー）の場合、表-1の様な、高C-高Cr-高合金の組成において、割れ、歪等が発生しない、健全な素材を製作することが可

能である。

表-1 「ESTライナー」化学組成

元素 区分	C	Cr	特殊元素		
			X	Y	Z
EST-1	4.0~5.0	25.0~30.0	0.5~2.0	0.5~2.0	—
EST-2	4.5~5.5	25.0~30.0	0.5~2.0	3.0~7.0	3.0~7.0

(重量%)

代表的なライナー材のマイクロ組織を、図-3、図-4に示す。これらの材料は、熱間におけるエロージョン及び、アブレーション雰囲気での使用特性を考慮して、合金設計された材質であり、マルテンサイト基地組織中に、多量のクロム及び、その他高硬度炭化物を晶析出させた材質である。又、熱処理（焼入れ・焼戻し）を施すことによって、炭化物を支える基地組織の強化が図られ、炭化物が欠落しにくいことも代表的な特長の一つになっている。

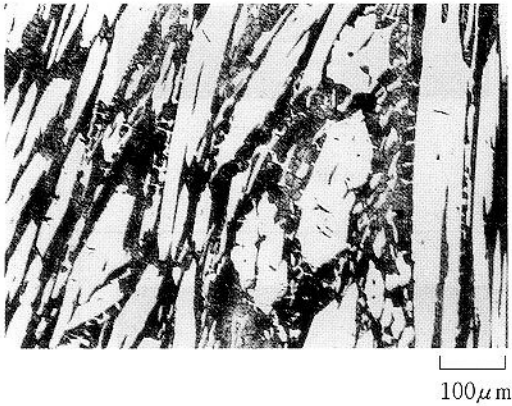


図-3 EST-1マイクロ組織

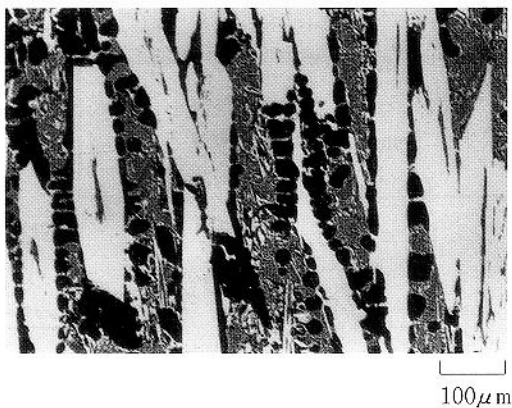


図-4 EST-2マイクロ組織

4.2 硬さ特性

硬さ特性については、高温硬度を図-5で、有効層の中の硬度分布を図-6で示す。この測定結果から、硬度の温度依存性が小さく、また、有効層において変動が小さく、

均一な傾向が顕著に認められることが特長として挙げられる。

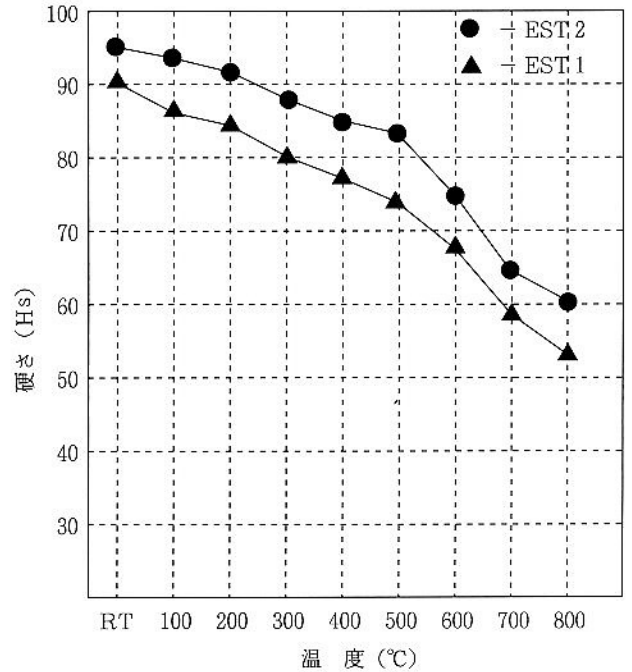


図-5 常温及び高温硬度分布一例

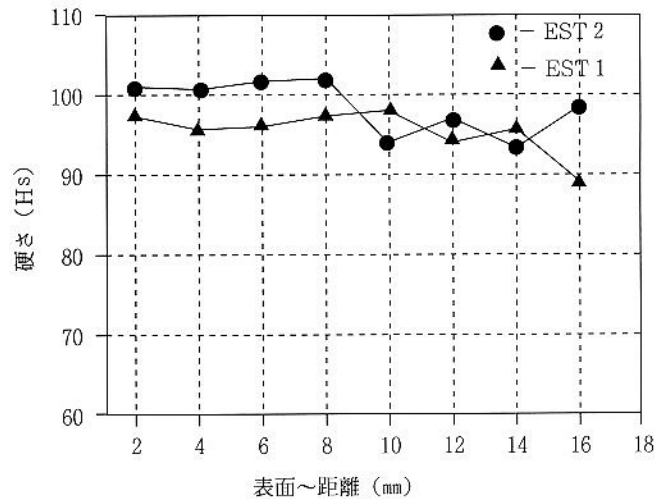


図-6 外層材(高クロム铸铁部)断面硬度分布一例

4.3 境界特性

前項において示した硬さ特性を有する耐摩耗層を、廃却まで剝離することなく安全に使用するには、境界の特性は非常に重要な要素であり、J I S に準じて試験を行なった。接合境界部せん断強度試験 (J I S G 0601) の結果の一例を表-2に示す。又、耐衝撃剝離性を確認する目的で行なった落重試験結果を表-3に示す。これらの結果から、境界部においてすぐれた機械的性質を有し、大きな衝撃にも耐える特性を有していることがうかがえる。

表-2 接合境界部のせん断強度結果一例

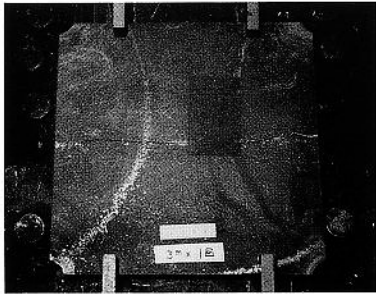
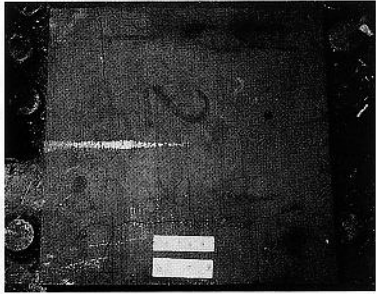
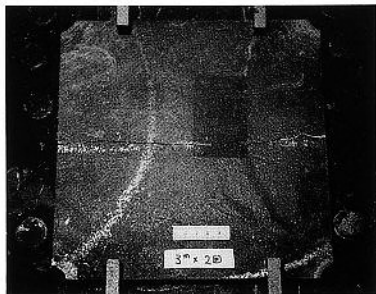
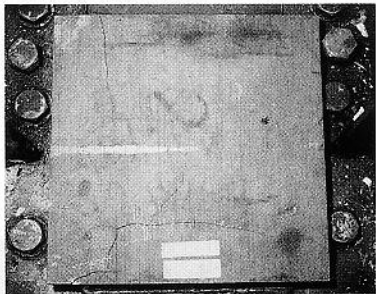
	接合面積 mm ²			破断荷重 P (kgf)	せん断強さ σ_s (kgf/mm ²)
	厚み W	幅 B	面積 S		
①	4.5	25	112.5	3,390	30.1
②	4.5	25	112.5	4,220	37.5
③	4.5	25	112.5	3,805	33.8

- * 1 せん断強さ (kgf/mm²) $\sigma_s = P / S$
- * 2 試験及び測定方法は、J I S G 0601による。

4. 5 取付ボルト溶接強度

その他の重要な特性として、ライナー寿命を大きく左右する要素である取付ボルトの溶接強度が挙げられる。ボルトサイズM16及び、M20ボルトについての引張試験結果を、表-6、表-7に示す。又、試験後のサンプル破断状況を、図-8に示す。表-6、表-7および図-8から明らかのようにボルトの破断荷重は大きく、ボルト破断位置は全てネジ部となっている。

表-3 落重試験結果一例

	鑄造一体式	ESTライナー
クラック発生	 3 m × 1 回	 4 m × 2 回
剝離 (割れ進展)	 3 m × 2 回	 4 m × 5 回では発生せず

4. 4 摩耗特性

原料処理設備等において使用されるライナー類は、摩耗の要因として、特に、粉体原料によるアブレーション摩耗が想定される。

摩耗試験法には、エンドレスエメリー試験法を用いた。試験装置の概略を図-7で示し、試験条件を表-4に示す。各種ライナー材との、摩耗試験結果比較を表-5に示す。試験結果において、他社高クロム鑄鉄材A（鑄造一体品）と比較して、EST-1の場合約1.9倍、EST-2の場合、2.3倍もの耐摩耗性を有していることが確認された。

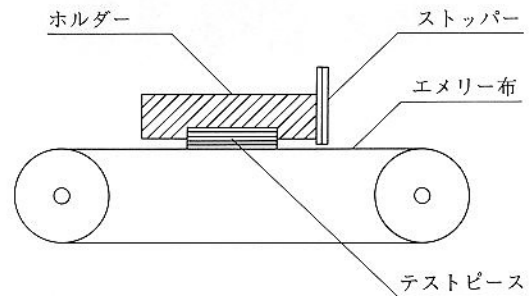


図-7 エンドレスエメリー摩耗試験機の概略図

表-4 エンドレスエメリー摩耗試験条件

テスト機	エンドレスエメリー摩耗試験機
荷重	3,100 g
速度	240 m/min
ベルト粗さ	#40 (材質 SiC)
テスト時間	2 時間
試験片サイズ	50×50mm

表-5 エンドレスエメリー摩耗試験結果比較

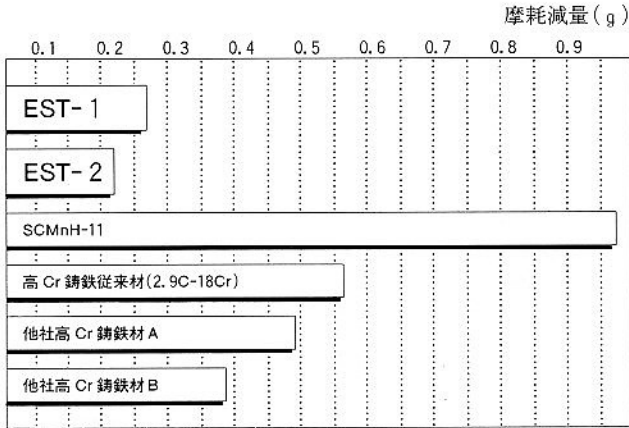


表-6 アークスタッド溶接強度 (M16)

No.	ボルト形状 (φ mm)	破断荷重 (kgf)	抗張力 (kgf/mm ²)	破断箇所
1	16	9,350	59.7	ネジ部
2	16	8,700	55.5	ネジ部
3	16	8,925	57.0	ネジ部
平均値	M16	8,992	57.4	ネジ部

※1 有効断面積 (並目ネジ 156.7mm²)

※2 引張試験荷重 (15トン)

5 使用結果

鑄造複合ライナーを、各種産業分野において使用した。耐用結果の一例を表-8に示す。これらの分野で使用されたライナー材は、割れ、剝離及び、ボルト折損等もなく順調に使用され、大巾な耐用の延長がはかられている。

6 結言

鑄造複合による、ライナー材を開発して実機に使用した。その結果は以下の通りである。

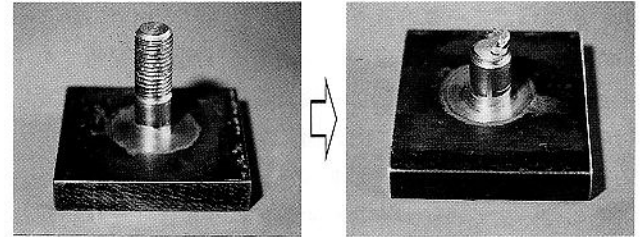
(1)鑄造複合による EST ライナーを開発し、ライナー材

表-7 アークスタッド溶接強度 (M20)

No.	ボルト形状 (φ mm)	破断荷重 (kgf)	抗張力 (kgf/mm ²)	破断箇所
1	20	13,970	57.1	ネジ部
2	20	13,625	55.7	ネジ部
3	20	13,700	56.0	ネジ部
平均値	M20	13,765	56.3	ネジ部

※1 有効断面積 (並目ネジ 244.8mm²)

※2 引張試験荷重 (15トン)



(試験前)

(破断状況)

図-8 取付ボルトの破断状況一例 (M16)

表-8 ESTライナー使用結果 (一例)

品名	製鉄業	セメント業	窯業
	コークス盲板 ロストルバー	縦型ミル内 側壁ライナー	原料攪拌ミキサー スクレパー
形状	100×997×30 t	316×247×30 t	170×710×30 t
適用従来材	セラミック(Al系)	高クロム鑄鉄	S45c (NT)
	複合ライナー材	EST-1	EST-1
材質	EST-1	EST-1	EST-1
取付構造	製罐構造	ボルト取付	ボルト取付
耐用結果	>1.5~3 倍	>2 倍	>10倍

の、各種産業分野へ適用拡大がはかられた。

(2)EST ライナーは、セラミック材と比較して、機械的衝撃特性等において特にすぐれており、又、鑄造一体式ライナー材に発生し易い、偏摩耗等も発生しない事が確認された。

(3)また、一体鑄造材と比べて、2倍以上の耐久性を示し、特に、割れ・剝離及び、脱落等の発生もなく良好な結果を得ている。

参考文献

1) フジコー技報 1 (1993) 34