

第2弾

耐摩耗鋼向け
極低水素シームレス
フラックス入りワイヤSF-1CF (ルチール系 CO₂ ガス全姿勢用)

SM-1A.CF (ライム系混合ガス下向すみ肉用)

SF-80CF (ルチール系 CO₂ ガス全姿勢用)SX-80CF (メタル系 CO₂ ガス下向すみ肉用)

技術本部 市場開発技術部 商品技術グループ 主幹 戸塚 康仁

1 はじめに

当社は、理想の溶接を実現するブランド「WELDREAM®」の新商品として、ソリッドワイヤを凌駕する耐低温割れ性を備えた新商品フラックス入りワイヤ「CFワイヤ」を開発し、前報（びいど No.76、2023年1月号）で紹介しました。CFワイヤは、当社のシームレス技術とフラックス成分の最適化により、溶接部の拡散性水素を極めて低いレベル（目標値：1.0mL/100g 以下）まで低減することを実現しました。

今回は、CFワイヤの第2弾商品として、耐摩耗鋼向け極低水素シームレスフラックス入りワイヤについて紹介します。

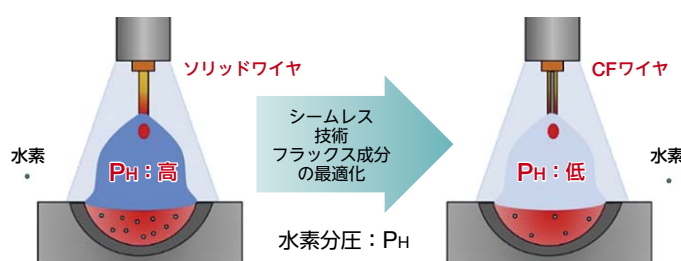


図1 拡散性水素量低減の原理

WELDREAM®は日鉄溶接工業株式会社の登録商標です。

2 耐摩耗鋼の特徴と溶接性

耐摩耗鋼は、鋼材成分の最適化により鋼材表面あるいは鋼材内部まで高硬度化させ、耐摩耗性を確保した鋼板です。その特徴により、土砂や岩石などの振動、衝撃、摩耗環境下で広く適用されています。表1に日本製鉄株式会社製耐摩耗鋼 ABREX®の種類と特性一例を示します。

一方、耐摩耗鋼は引張強さが非常に高い鋼材のため低温割れ感受性が高く、溶接後に低温割れが発生しやすくなるという課題があります。この低温割れを防止するために、予熱処理が一般的かつ効果的な方法として広く適用されていますが、この工数削減が耐摩耗鋼の溶接施工において重要な課題でありました。

表1 耐摩耗鋼 ABREX の種類と特性一例

区分	記号	機械的性質		
		ビッカース硬さ HV	ブリネル硬さ HBW	衝撃特性
標準タイプ	ABREX 400	420	400	—
	ABREX 450	480	450	—
	ABREX 500	530	500	—
高靱性タイプ	ABREX 400LT	420	400	vE-40 ≥ 27J
	ABREX 450LT	480	450	vE-40 ≥ 27J
(比較例)	490N/mm ² 級鋼	160	150	鋼種による
	780N/mm ² 級鋼	245	230	鋼種による

ABREX®は日本製鉄株式会社の登録商標です。

3 耐摩耗鋼用 CF ワイヤ

この耐摩耗鋼における予熱工数を大幅に軽減するために開発したのが「WELDREAM®」の新商品である SF-1CF/SM-1A.CF です。耐摩耗鋼の溶接では、溶接部の耐摩耗性を考慮しないタイプと耐摩耗性を考慮するタイプの2種類があり、前者の場合は新商品の SF-1CF/SM-1A.CF を、後者の場合は前報で紹介した SF-80CF/SX-80CF を適用できます。

耐摩耗鋼用 CF ワイヤの特長を表2に、各ワイヤの仕様を表3に、新商品 SF-1CF/SM-1A.CF による溶接部の拡散性水素量の一例を図2に示します。

表2 耐摩耗鋼用 CFワイヤの特長

溶接部の耐摩耗性	銘柄	ブランドカテゴリ	フラックスタイプ	特長
考慮しないタイプ	SF-1CF	WELDREAM. Premium	ルチール系	姿勢溶接性に優れ、ビードが垂れにくく、きれいなビード外観が得られます。
	SM-1A.CF	WELDREAM. Premium	ライム系	ソリッドワイヤと同程度の深い溶込みが得られます。薄いスラグが発生しますが、容易にはく離することができます。
考慮するタイプ	SF-80CF	WELDREAM. Premium	ルチール系	姿勢溶接性に優れ、溶接金属に一定の硬さが得られます。(HBW250 程度)
	SX-80CF	WELDREAM. Premium	メタル系	ソリッドワイヤと同程度に溶込みが深く、スラグ発生量も少なく、かつ溶接金属に一定の硬さが得られます。(HBW250 程度)

表3 耐摩耗鋼用 CFワイヤの仕様

適用鋼種一例	銘柄	該当規格	溶接姿勢	シールドガス	ワイヤ径 (mm)	拡散性水素量 (mL/100g)	
						規格値	目標値*
ABREX400 ABREX450 ABREX500 ABREX400LT ABREX450LT	SF-1CF	JIS Z 3313 T49J0T1-1CA-UH5 AWS A5.29 E71T1-GC-H2	全姿勢	CO ₂	1.2 1.4	5.0 以下	1.0 以下
	SM-1A.CF	JIS Z 3313 T492T5-0MA-UH5 AWS A5.29 E70T5-GM-H2	下向 すみ肉	Ar-CO ₂	1.2 1.4		
ABREX400 ABREX400LT	SF-80CF	JIS Z 3313 T780T1-1CA-N4M2-UH5 AWS A5.29 E111T1-GC-H2	全姿勢	CO ₂	1.2	5.0 以下	
	SX-80CF	JIS Z3313 T782T15-0CA-N4C1M2-UH5 AWS A5.28 E110C-G H2	下向 すみ肉	CO ₂	1.2	5.0 以下	

※試験要領は JIS Z 3118 による。

※実施工(工場、現場)での拡散性水素量を保証するものではありません。

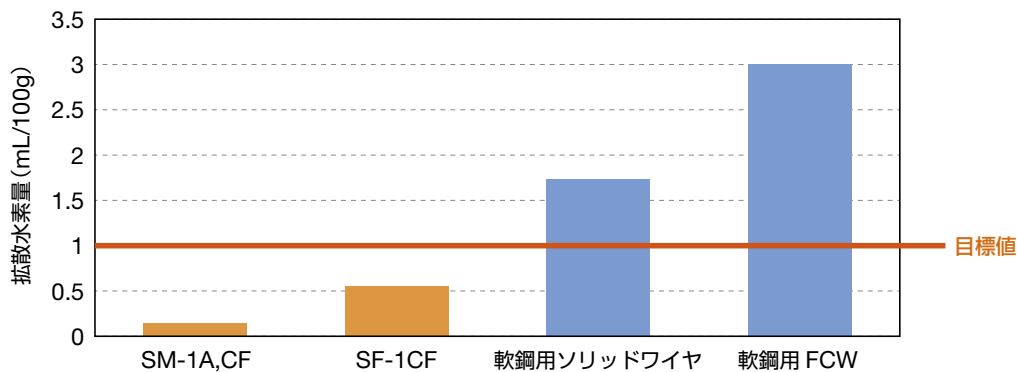


図2 SF-1CF/SM-1A.CF 溶接部の拡散性水素量の一例

4 耐摩耗鋼用 CFワイヤの溶着金属特性と溶接作業性

JIS Z 3111 に基づいた CF ワイヤの溶着金属特性の一例を表 4 に示します。いずれも JIS を満足する良好な機械的性質を有しており、良好なビード外観と安定した溶込みが得られます。

表4 CFワイヤの溶着金属特性の一例

銘柄	引張試験			衝撃試験	
	0.2%耐力 MPa	引張強さ MPa	伸び %	試験温度 ℃	吸収エネルギー J (平均値)
SF-1CF	513	566	25	0	110
SM-1A.CF	487	563	27	-20	158
SF-80CF	771	823	21	0	89
SX-80CF	741	824	20	-20	80

〔溶接条件〕 SF-1CF/SM-1A.CF: 入熱 1.7kJ/mm 予熱無し パス間温度 150℃以下

SF-80CF/SX-80CF: 入熱 2.0kJ/mm 予熱無し パス間温度 150℃以下



【SF-1CF】



【SM-1A.CF】

写真1 SF-1CF/SM-1A.CF のビード外観
および断面マクロ一例

5 SF-1CF／SM-1A.CFの耐低温割れ性

低温割れは溶接部の拡散性水素、溶接部の硬化組織、継手の拘束度の3つの要素が影響して発生します。低温割れの発生を抑えるためには、予熱や直後熱により溶接後の冷却速度を遅く（溶接部を冷えにくく）することで溶接部の硬化を抑え、かつ拡散性水素の放出を促進する方法が一般的です。

SF-1CF および SM-1A.CF は、溶接部の拡散性水素量を極めて低くすることで、耐摩耗鋼の溶接においても予熱や直後熱の軽減が可能になり、施工全体の能率を上げることができます。SF-1CF／ SM-1A.CF の低温割れ感受性評価として実施した y 形溶接割れ試験の一例を紹介します。

表 5 SF-1CF／SM-1A.CF による y 形溶接割れ試験結果 (JIS Z3158)

銘柄	試験鋼板	溶接条件					試験結果 (n=3)		
		溶接電流 (A)	アーク電圧 (V)	溶接速度 (mm/min)	入熱 (kJ/mm)	シールドガス	試験板温度 (℃)	ビード表面割れ (浸透探傷試験)	断面割れ率
SF-1CF	ABREX500 (板厚 40mm)	280	30	約 300	1.7	100%CO ₂	5 (予熱無し)	無し	0%
SM-1A.CF	ABREX500 (板厚 50mm)	280	30	約 300	1.7	Ar-20%CO ₂	0 (予熱無し)	無し	0%
比較 YM-26									100%

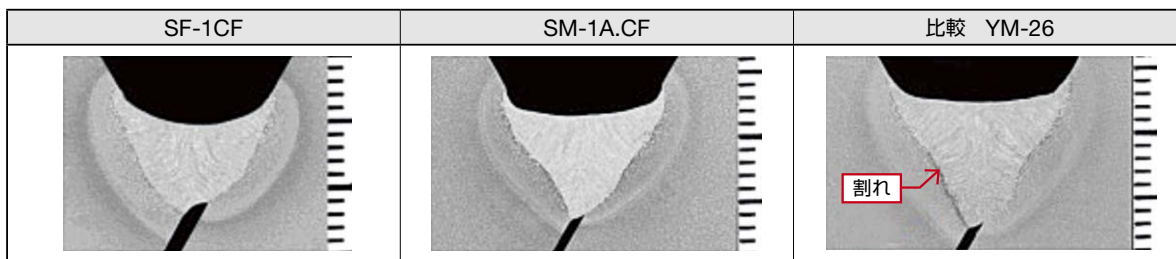


写真 2 SF-1CF/SM-1A.CF の y 形溶接割れ試験片断面の一例

6 予熱温度の目安

耐摩耗鋼 ABREX の溶接施工における予熱温度の目安を表 6 および表 7 に示します。ABREX においては、特定板厚まで CF ワイヤを適用せずとも予熱フリーで取り扱うことができますが、CF ワイヤを適用することにより、予熱フリーで施工できる板厚範囲が大幅に拡大します。

表 6 耐摩耗鋼 ABREX の溶接施工における予熱温度の目安 (溶接部の耐摩耗性は非考慮の場合)

従 来 ※適用溶材一例: YM-26, YM-28S

鋼材	溶接条件	板厚 (mm)					
		～ 11	～ 20	～ 25	～ 36	～ 50	～ 100
ABREX400	通常溶接 (拘束小)	RT	RT	50	50	75	125
	補修溶接 (拘束中)	RT	RT	75	75	100	150
ABREX400LT	通常溶接 (拘束小)	RT	RT	75	75	100	125
	補修溶接 (拘束中)	RT	RT	100	125	125	150
ABREX450	通常溶接 (拘束小)	RT	RT	50	75	75	—
	補修溶接 (拘束中)	RT	50	75	100	100	—
ABREX450LT	通常溶接 (拘束小)	RT	RT	50	150	150	—
	補修溶接 (拘束中)	RT	50	75	200	200	—
ABREX500	通常溶接 (拘束小)	RT	50	75	100	125	—
	補修溶接 (拘束中)	RT	100	100	150	150	—

前提条件: 入熱 (HI) = 1.7kJ/mm、拡散性水素 < 3mℓ/100g
 RT: 室温 (気温が 5℃ 以下の場合は 20℃ 以上への予熱を推奨します)
 通常溶接、補修溶接については「7. 耐摩耗鋼の溶接施工における注意点」をご参照ください。
 ABREX400LT: t ≤ 60 mm

CFワイヤ適用 ※適用溶材: SF-1CF, SM-1A.CF

鋼材	溶接条件	板厚 (mm)					
		～ 11	～ 20	～ 25	～ 36	～ 50	～ 100
ABREX400	通常溶接 (拘束小)	RT	RT	RT	RT	RT	50
	補修溶接 (拘束中)	RT	RT	RT	RT	RT	75
ABREX400LT	通常溶接 (拘束小)	RT	RT	RT	RT	RT	50
	補修溶接 (拘束中)	RT	RT	RT	RT	RT	75
ABREX450	通常溶接 (拘束小)	RT	RT	RT	RT	RT	—
	補修溶接 (拘束中)	RT	RT	RT	RT	50	—
ABREX450LT	通常溶接 (拘束小)	RT	RT	RT	RT	RT	—
	補修溶接 (拘束中)	RT	RT	RT	RT	50	—
ABREX500	通常溶接 (拘束小)	RT	RT	RT	RT	50	—
	補修溶接 (拘束中)	RT	RT	RT	75	75	—

前提条件: 入熱 (HI) = 1.7kJ/mm
 RT: 室温 (気温が 5℃ 以下の場合は 20℃ 以上への予熱を推奨します)
 通常溶接、補修溶接については「7. 耐摩耗鋼の溶接施工における注意点」をご参照ください。

表 7 耐摩耗鋼 ABREX の溶接施工における予熱温度の目安(溶接部の耐摩耗性を考慮する場合)

従 来 ※適用溶材一例：YM-80C, YM-80A

(℃)

鋼材	溶接条件	板厚(mm)					
		～ 11	～ 20	～ 25	～ 36	～ 50	～ 100
ABREX400	通常溶接(拘束小)	100	100	100	100	100	125
	補修溶接(拘束中)	100	100	100	100	100	150
ABREX400LT	通常溶接(拘束小)	100	100	100	100	100	125
	補修溶接(拘束中)	100	100	100	125	125	150

前提条件：入熱(HI)＝1.7kJ/mm、拡散性水素＜3mℓ/100g
RT：室温(気温が 5℃以下の場合は 20℃以上への予熱を推奨します)
通常溶接、補修溶接については「7. 耐摩耗鋼の溶接施工における注意点」をご参照ください。
ABREX400LT：t ≤ 60 mm

CFワイヤ適用 ※適用溶材：SF-80CF, SX-80CF

(℃)

鋼材	溶接条件	板厚(mm)					
		～ 11	～ 20	～ 25	～ 36	～ 50	～ 100
ABREX400	通常溶接(拘束小)	RT	RT	RT	RT	50	75
	補修溶接(拘束中)	RT	RT	RT	RT	75	100
ABREX400LT	通常溶接(拘束小)	RT	RT	RT	RT	50	75
	補修溶接(拘束中)	RT	RT	RT	RT	75	100

前提条件：入熱(HI)＝1.7kJ/mm
RT：室温(気温が 5℃以下の場合は 20℃以上への予熱を推奨します)
通常溶接、補修溶接については「7. 耐摩耗鋼の溶接施工における注意点」をご参照ください。
SF-80CF/SX-80CF 溶接金属の硬さは HBW250 クラスです。

7 耐摩耗鋼の溶接施工における注意点

CF ワイヤを適用する場合においても、耐摩耗鋼の溶接施工では様々な注意が必要です。主要な管理ポイントについて表 8 に示します。

表 8 耐摩耗鋼の溶接施工における注意点

注意点の概要	内容
厳しい条件では予熱を実施ください。	補修溶接では、一般に冷却速度が速くなり、拘束応力も厳しくなるため、通常溶接よりも高い予熱温度が必要となります。栓溶接、仮付溶接、ピース・治具等の小物溶接時も予熱温度は補修溶接と同様としてください。予熱温度は表 6 および表 7 を参照ください。
200℃以上の予熱は避けてください。	一定以上の板厚においては、CF ワイヤ適用の場合でも予熱が必要となりますが、過度な予熱を施すことで鋼板の硬さが低下する場合がありますので、鋼板温度は 200℃を超えないようにご注意ください。
溶接部の汚れやさびは予め除去してください。	溶接部にさび、水分、油分などの溶材とは別の水素源があると、適切な施工をした場合でも低温割れが起きることがあります。溶接部のさび、水分、油分などは除去してください。特に外気温や鋼板表面温度が 5℃以下の場合には、開先面の結露除去のために 20℃以上の予熱をおすすめします。
必要予熱温度は使用環境で変わります。	必要予熱温度は、炭素当量、溶接部の拡散性水素量、溶接金属の機械的性質、溶接入熱、板厚ばかりでなく、外気温、パス数、開先形状、予熱方法、直後熱の有無などにも支配されるため、予熱温度はあくまで目安としてご理解ください。

8 おわりに

理想の溶接を実現するブランド「WELDREAM®」の新商品として、耐摩耗鋼用 CF ワイヤ SF-1CF/SM-1A.CF を紹介しました。優れた極低水素特性を有する『CF ワイヤ』をご使用いただくことで、施工現場における予熱温度の低減などの溶接効率向上に貢献してまいります。

【参考文献】 1) 日本製鉄株式会社, ABREX® PERFECT BOOK