

耐火鋼用溶接材料 Welding Consumables for Fire-resistant Steels

1. 概要

新日本製鐵では、建築構造用耐火鋼材(NSFR)を商品化しています。本鋼材は600℃においても常温の2/3以上の耐力を有し、耐火特性に優れています。本鋼材と同様の耐火特性を有する溶接材料も、鋼材の品種構成、溶接方法に合わせて開発、商品化されています。

2. 溶接材料

表1に建築構造用耐火鋼材用の各種溶接材料の一覧を示します。SMAW, MAG(Ar+CO₂), CO₂, サブマージアーク溶接(SAW), さらにはエレクトロスラグ溶接(SESNET, SES)までの建築用途で用いられる各種溶接法に対応した溶接材料が、各々引張強度で400~590MPa級までの鋼材用に商品化されています。

表1 耐火鋼用各種溶接材料一覧
List of welding consumables for fire-resistant steels in various welding processes

Welding Process	Trade name	Specification		JIS class	Applicable FR steel				
		Wire dia. (mm)	Flux (Mesh)		400 MPa	490 MPa	520 MPa	590 MPa	
SMAW	All position	—16FR	3.2, 4.0, 5.0, 6.0		Z 3211 D4316	○			
		L-50FR			Z 3212 D5016	○	○		
		L-53FR			Z 3212 D5316			○	
		L-60FR			Z 3212 D5816				○
	Fillet	LM-40FR	5.0, 5.5, 6.0, 6.4		Z 3211 D4326	○			
		LM-50FR			Z 3212 D5026	○	○		
		LM-53FR			Z 3212 D5326			○	
					Z 3212 D5826				
GMAW (Solid wire)	CO ₂	YM-40FR	1.2, 1.4, 1.6		Z 3312 YGW14	○			
		YM-50FR			Z 3312 YGW14	○	○	○	
		YM-60FR			Z 3312 YGW21				○
	Ar-CO ₂	YM-40FRA			Z 3312 YGW17	○			
		YM-50FRA			Z 3312 YGW17	○	○	○	
					Z 3313 YFW-C430R	○			
GMAW (Flux cored wire)	CO ₂ Flux cored	SF-40FR	1.2, 1.4, 1.6		Z 3313 YFW-C50DR	○	○	○	
		SF-50FR			Z 3313 YFW-C50DM	○	○	○	
	CO ₂ Metal cored	SM-50FR	1.2, 1.4, 1.6, 2.0		Z 3313 YFW-C60FM				○
		SM-60FR							
SAW	General use	YF-15FR×Y-D•FR	2.4, 3.2, 4.0, 4.8	12×150, 20×200, 20×D	Z 3183 S502-H	○	○	○	
		YF-15FR×Y-DM•FR			Z 3183 Z582-H				○
	Fillet	NF-820FR×Y-D•FR	2.4, 3.2, 4.0, 4.8		Z 3183 S502-H	○	○	○	
		NF-820FR×Y-DM•FR			Z 3183 S581-H				○
		YF-800S×Y-D•FR	4.0 ~ 6.4	12×48	Z 3183 S501-H	○	○	○	
					Z 3183 S581-H				○
	Corner joint (single pass)	NB-52FRM×Y-DL•FR	4.8, 6.4	12×100	Z 3183 S502-H	○	○	○	
		NB-60FRS×Y-DL•FR			Z 3183 S581-H				○
	Corner joint (multi pass)	NB-52FRM×Y-DL•FR	4.8, 6.4, 2.4 ~ 4.8	12×100, 48×D	Z 3183 S502-H	○	○	○	
		NF-1•FR×Y-D•FR			Z 3183 S502-H	○	○	○	
		NB-60FRM×Y-DL•FR			Z 3183 S581-H				○
ESW	SESNET	YM-40FRS×YF-15I	1.6	20×D	-	○			
		YM-50FRS×YF-15I			-	○	○	○	
		YM-60FRS×YF-15I			-				○
	SES	Y-CM•FR×SES-15(F)×YF-15I	2.4×10	20×D	-	○	○	○	○

3. 溶接金属特性の例

表1に示す溶接材料を用いて作製した溶接継手における溶接金属の機械的性質の例を表2～表4に示します。表2はSAW、表3はCO₂溶接、表4はSESNET溶接(非消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接)継手における溶接金属特性の例

ですが、いずれの溶接金属とも、室温強度は母材強度に比べて十分高い強度を有し、600℃における降伏強度(0.2%耐力)は鋼材の降伏強度の2/3に比べて十分高い強度を有しています。また、0℃における2mmVノッチシャルピー衝撃特性も極めて良好な値が確保されています。

表2 SAWにおける溶接金属特性の例
Examples of weld metal properties for SAW

Flux	Wire	FR steel grade	Plate thickness (mm)	Welding condition	Pass No.	Electrode	Current (A)	Voltage (V)
NB-52FRS (12×100)	Y-DL•FR 6.4 mm	490MPa class	40	Single pass	1	L	1700	36
						T	1300	46
NB-52FRM (12×100)	Y-D•FR L; 4.8 mm T; 6.4 mm	490MPa class	70	Multi pass with underlaying of CO ₂ welding	CO ₂	L	300	33
					1 - 3	L	1100	36
						T	1000	38
					4	L	1100	38
			T	1000	44			
YF-15FR (20×D)	Y-D•FR 4.8 mm	490MPa class	32	Multi pass with backing plate HI ≤ 5 kJ/mm	1 - 3	L	650	34
					4 - 13	L	650	34
NF-1•FR (48×D)	Y-D•FR 4.8 mm	490MPa class	32	Multi pass with backing plate narrow gap	1	L	600	32
					2	L	650	33
					3	L	700	33
						T	650	34
					4 - 6	L	800	34
	T	700	35					

Welding speed (cpm)	Heat input (kJ/mm)	Electrode spacing (mm)	RT			600℃			vE ₀ (average) (J) (vE ₋₂₀)
			YS (MPa)	TS (MPa)	El (%)	YS (MPa)	TS (MPa)	El (%)	
25	29.0	60	463	617	27	280	350	29	80
25	2.4	-	541	633	27	279	351	36	71
32	3.2	15							
35	3.5								
40	3.3	-	489	604	31	244	320	32	69 (vE ₋₂₀)
30	4.4								
25	4.6	-	497	581	28	298	345	21	53
	5.2								
45	6.0	15							
40	7.8								

耐火鋼用溶接材料
Welding Consumables for Fire-resistant Steels

表3 CO₂溶接における溶接金属特性の例
Examples of weld metal properties for CO₂ welding

Category	Wire		FR steel grade	Plate thickness (mm)	Welding process	Current (A)	Voltage (V)	Welding speed (cpm)	Heat input (kJ/mm)	Ext. (mm)
	Trade name	Dia. (mm)								
Solid wire	YM-50FR	1.4	490MPa class	40	CO ₂	380	39	30.5	2.9	25
FCW (flux)	SF-50FR	1.2	490MPa class	20	CO ₂	270	29	25	1.9	20
		1.4				300	30	30	1.8	25
		1.6				350	31	35	1.9	25
FCW (metal)	SM-50FR	1.2	490MPa class	20	CO ₂	270	30	25	1.9	25
		1.4				300	29	30	1.7	25
		1.6				350	31	30	2.2	25
		2.0				450	34	40	2.3	25

Preheating temp. (°C)	Inter-press temp. (°C)	RT			600°C			vE ₀ (average) (J)
		YP (MPa)	TS (MPa)	El (%)	YP (MPa)	TS (MPa)	El (%)	
Non	≤250	584	660	30	446	541	18	111
Non	≤150	566	623	28	334	355	21	70
Non	≤150	564	621	27	297	337	21	59
Non	≤150	566	625	28	329	344	21	64
Non	≤150	606	662	25	319	384	31	77
Non	≤150	585	619	27	273	351	22	71
Non	≤150	604	666	26	337	366	23	86
Non	≤150	577	632	28	344	404	22	83

表4 エレクトロスラグ溶接 (SESNET溶接) における溶接金属特性の例
Examples of weld metal properties for electro-slag welding (SESNET)

Wire	Flux	FR steel grade	Plate thickness (mm)		Current (A)	Voltage (V)	Welding speed (cpm)	Heat input (kJ/mm)	Groove gap (mm)	RT			600°C			vE ₀ (average) (J)
			Skin plate	Diaphragm						YS (MPa)	TS (MPa)	El (%)	YS (MPa)	TS (MPa)	El (%)	
YM-50FRS	YF-15I	490MPa class	35	35	380	48	2.4	45.6	25	460	650	30	310	380	25	120
YM-60FRS	YF-15I	590MPa class	60	60	380	52	1.3	91.2	25	487	692	30	373	450	26	138