

**Расходные материалы (флюс, проволока)
для сварки
высокопрочных сталей класса 50 кг/мм²**

S-717 (флюс)

M-12K (проволока)



***** СОДЕРЖАНИЕ *****

1. ВВЕДЕНИЕ

2. СПЕЦИФИКАЦИИ ПРОДУКТА

3. ПРИМЕНЕНИЯ

4. ИСПЫТАНИЕ СВОЙСТВ МЕТАЛЛА СВАРНОГО ШВА

5. СОВЕТЫ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

6. ОФИЦИАЛЬНО РАЗРЕШЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ



1. Введение

S-717 – это флюс низководородного и малоактивного (нейтрального) типа, для которого требуется проволока со средним содержанием марганца для получения хороших химических результатов, так как она меньше берет легирующих примесей от S-717.

S-717 обеспечивает хорошие свойства металла в сочетании с проволокой M-12K, который соответствует AWS A5.17 EM12K.

Преимущество флюса в том, что полученный металл сварного шва обладает улучшенными свойствами, которые не зависят от параметров сварки.

Сочетание материалов S-717/ M-12K подходит для многослойной сварки мелкозернистых и высокопрочных структурных сталей.

S-717 может также использоваться для тандема AC-DC или AC-AC (AC – переменный ток, DC – постоянный ток), а также для многоэлектродной сварки.

2. Спецификации продукта

Расходные материалы	Торговое название	Спецификация
Флюс	S-717	AWS A5.17 F7A(P)6-EM12K
Электрод	M-12K	AWS A5.17 EM12K

3. Применения

- 1) Сварка встык и угловым швом толстых материалов из средних сталей и высокопрочных сталей класса 50 кгс/мм².
- 2) Одноэлектродная и многоэлектродная сварка корабельных, мостовых конструкций, конструкций морских платформ, нефтехранилищ, баллонов высокого давления и структурных сталей для тяжелых условий работы.

4. Испытание свойств металла сварного шва

4.1 Материалы для теста

4.1.1 Проволока

Торговое название	Диаметр (мм)	Идент. цвет	Химический анализ электрода (%)					
			C	Si	Mn	P	S	Cu
M-12K	4,0	Красный	0,09	0,20	1,12	0,012	0,008	0,065
AWS A5.17 EM12K			0.05	0.10	0.80	Макс.	Макс.	Макс.
			-0.15	-0.35	-1.25	0,030	0,030	0,35

Примечание: Метод химического анализа - JIS G 1211-1232

4.1.2 Флюс

1) Физические свойства флюса

Торговое название	Размер частиц (ячейка ASTM)	Тип	Гранулы
S-717	12 x 60	Связующий	1,6

2) Химические свойства флюса

Флюс	Химический состав флюса, вес. %				Примечание
	SiO ₂ +TiO ₂	CaO+MgO	Al ₂ O ₃ +MnO	CaF ₂	
S-717	10	35	30	10	Алюминат щелочного типа

4.1.3 Механические свойства и химический состав базового металла

Сорт стали	Толщина (мм)	YР* (кгс/м ²)	TS** (кгс/м ²)	EL*** (%)	Химический состав (%)					Примечание
					C	Si	Mn	P	S	
Средняя сталь (SM 400)	20	31,8	44,6	26,0	0,15	0,27	0,88	0,025	0,016	Для теста на содержание диффузионного водорода
API-2H	25	31,7	47,5	34,0	0,12	0,24	1,32	0,016	0,002	Для теста металла шва
BS4360 Gr 50D	44	40,1	54,4	36,4	0,131	0,36	1,27	0,010	0,007	Для теста многопроходн. шва и теста COD****

* Предел текучести

** Прочность на растяжение

*** Предел упругости

**** Определение химической потребности в кислороде

Примечание: Метод химического анализа - JIS G 1211-1232

4.2 Содержание диффузионного водорода

Тест на содержание диффузионного водорода в металле сварного шва выполняется в соответствии со спецификацией JIS Z3118 (метод газовой хроматографии).

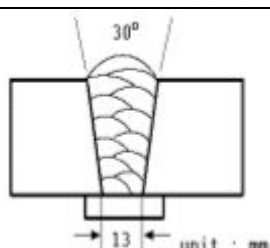
Расходные материалы	Содержание диффузионного водорода (мл/100 г металла шва)				
	1	2	3	4	Среднее
S-717/M-12K	8,44	8,33	8,49	8,24	8,35

Примечание:

1. Условия сушки флюса перед сваркой: 250°C x 1 час.
2. Атмосферные условия: 20°C x 60% относ. влажн.
3. Условия сварки: 625A x 30B x 60 см/мин. (перем. ток)

4.3 Тест металла сварного шва

Тест выполнялся в соответствии с требованиями AWS A5.17.

Тестовая пластина (толщина)	Подготовка стыка и детали слоя	Условия сварки						Вылет (мм)
		Ток	Сила тока (А)	Напряж. (В)	Скорость (см/мин.)	Поступл. тепла (КДж/см)	Темп. между проходами (°C)	
SM490A (25mm)		Пост. +	550	28	40	23,1	135~163	30

Примечание: Условия сушки флюса перед сваркой: 250°C x 1 час.

4.3.1 Химический состав металла сварного шва

Расходные материалы	Химический состав (%)				
	C	Si	Mn	P	S
S-717/M-12K	0,07	0,27	1,41	0,017	0,012

Примечание: Метод химического анализа - JIS G 1211-1232

4.3.2 Механические свойства металла сварного шва

Расходные материалы	Испытание на растяжение				Испытание на удар (кгс-м)						
	УР** (кгс/мм ²)	TS*** (кгс/мм ²)	EL**** (%)	RA***** (%)	Темп. (°С)	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Средн.
S-717/M-12K	49,7	56,3	30,6	71,3	-20	13,4	10,8*	13,9*	11,8	12,8	12,7
					-30	10,6	9,6	11,6*	8,8*	10,8	10,3
					-40	8,3	9,8	8,9	10,6*	7,5*	9,0
					-50	6,7	7,6	8,2*	7,3	6,4*	7,2
					-60	6,4	4,2*	4,9	7,6*	5,1	5,5
AWS A5.17 спец.	Мин. 40,8	49,2~60,8	Мин. 22,0	-	-51	Мин. 2,8					

* Игнорировано

** Предел текучести

*** Прочность на растяжение

**** Предел упругости

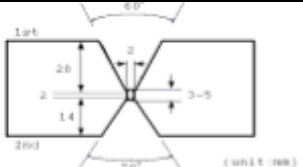
***** Изменение площади

Примечание: термообработка после сварки

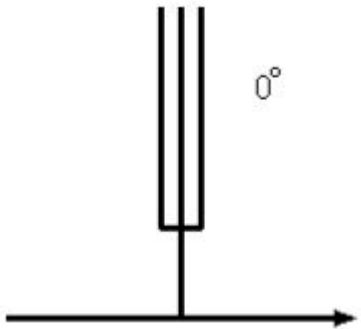
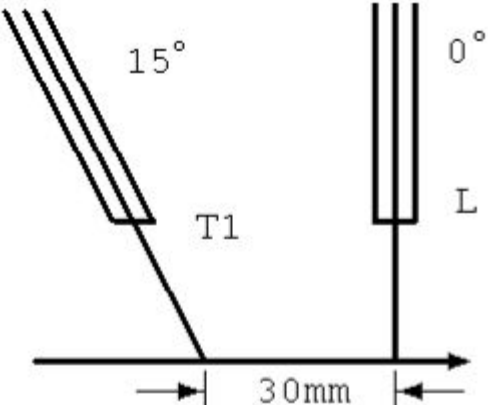
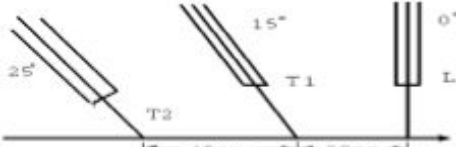
4.4 Тест многопроходной сварки

Подготовка шва и последовательность многопроходной сварки соответствовали условиям сварки стальных конструкций морских платформ.

(1) Подготовка шва

Основной металл	Толщина (мм)	Подготовка шва	Используемый процесс сварки
BS4360 Gr. 50D	44		1) DC(+) 2) DC-AC 3) DC-AC-AC

(2) Положение проволоки

Используемый процесс сварки	Положение	Вылет
DC(+)		30 мм
DC-AC		30 мм
DC-AC-AC		30-35 мм



(3) Условия теста

Основной металл	Полоса	Проход №	Полос	Ток (А)	Напряж. (В)	Скорость (см/мин.)	Поступл. тепла (КДж/см)	Темп. между прох.	Последовательность сварки	
BS4360 Gr.50D (44 мм)	1 полюс (DC+)	1	L	500	32	40	16,0	Макс. 300°C		
		2-14	L	600	36	50	25,9			
		Обратное резание (мин. 5R, 35°) Полное удаление сварочного шва								
		15	L	500	32	40	16,0			
		16-23	L	600	36	50	25,9			
		17-23	L	600	36	50	25,9			
	2 полюс (DC-AC)	1	L	500	32	40	16,0			
		2-10	L T	600 700	33 35	80	33,2			
		Обратное резание (мин. 5R, 35°) Полное удаление сварочного шва								
		11	L	500	32	40	16,0			
		12-17	L T	600 700	33 35	80	33,2			
		18-17	L T	600 700	33 35	80	33,2			
	3 полюс (DC-AC -AC)	1	L	500	32	40	16,0			
		2-7	L T1 T2	650 700	35 38	90	46,1			
		Обратное резание (мин. 5R, 35°) Полное удаление сварочного шва								
		8	L	500	32	40	16,0			
		9-14	L T1 T2	650 700	35 38	90	46,1			
		15-14	L T1 T2	650 700	35 38	90	46,1			

Примечание:

1. Температура предварительного нагрева 60-120°C
2. Температура сушки флюса перед сваркой 250°C x 1 час
3. Проход №"0": S-7016.H 4.0ø (150-170 А 23-25 В 8-12 см/мин.)

4.4.1 Химический состав металла сварного шва

Расходные материалы	Полюсы	Химический состав (%)					Расположение образца
		C	Si	Mn	P	S	
S-717/M-12K	1 полюс	0,08	0,54	1,47	0,025	0,018	
	2 полюс	0,09	0,44	1,47	0,024	0,015	
	3 полюс	0,10	0,43	1,47	0,024	0,024	

Примечание: Метод химического анализа - JIS G1211-1232

4.4.2 Тест на растяжение металла сварного шва

Расходные материалы	Полюсы	Химический состав (%)				Расположение образца
		YP (кгс/мм ²)	TS (кгс/мм ²)	EL (%)	RA (%)	
S-717/M-12K	1 полюс	52,2	58,9	28,4	67,4	
	2 полюс	51,8	58,6	27,2	67,9	
	3 полюс	55,5	61,3	30,0	68,0	

Примечание: Размер образца – в соответствии с AWS A5.17

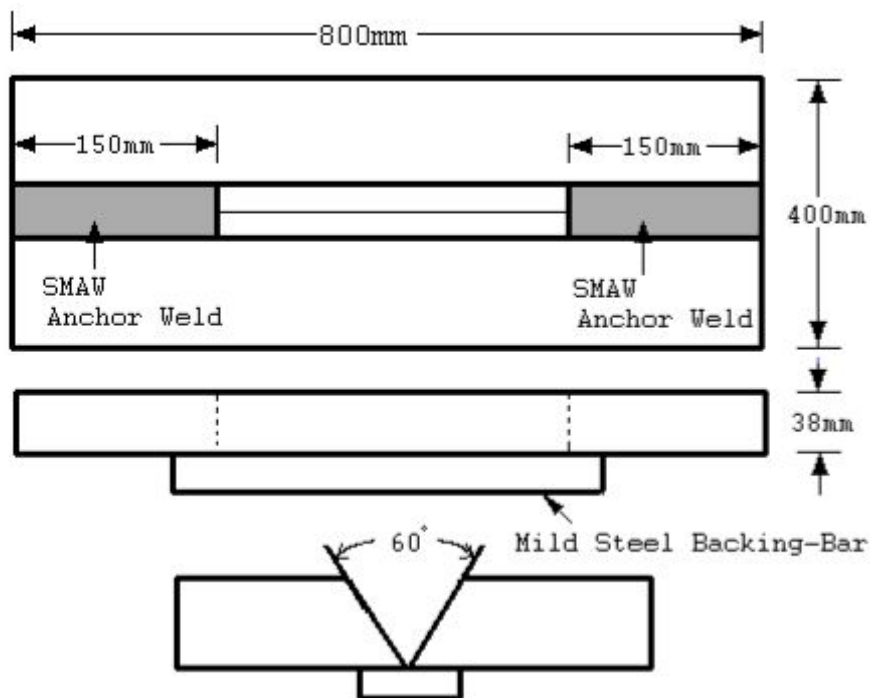
4.4.3 Тест на удар по Шарпи металла сварного шва

Расходные материалы	Полюса	Температ. теста (°C)	Тест на удар по Шарпи, кг·м			
			X ₁	X ₂	X ₃	Среднее
S-717/M-12K	1 полюс	0	9,5	10,8	11,4	10,6
		-20	7,5	8,0	7,9	7,8
	2 полюс	0	10,5	9,9	11,8	10,7
		-20	7,5	7,9	8,5	8,0
	3 полюс	0	10,8	11,5	10,0	10,8
		-20	8,0	9,2	8,9	8,7

* Расположение образцов: на 2 мм ниже 2-й стороны шва

4.5 Испытание металла сварного шва на растрескивание

(1) Сборка тестового блока



(2) Условия сварки

Расходные материалы		Тест №	Условия сварки								Положение электрода
Флюс	Проволока		Прогресс	Ток	Полюс	Сила тока (А)	Напряжение (В)	Скорость (см/мин.)	Темп. предв. нагрева	Темп. между прох.	
S-717	M-12K (4.0φ)	T-1	Многогр.	DC+ AC	L T	500 700	32 34	80	100°C	Макс. 250°C	
		T-2							50°C	Макс. 250°C	

Примечание:

1. Температура сушки флюса перед сваркой 250°C x 1 час
2. Основной металл BS 4360 Gr. 50D, 38t

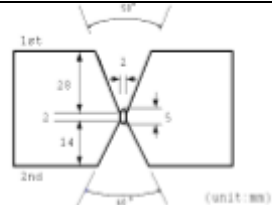
(3) Результаты теста

Условия выдерживания после сварки		Тест №	Проверка УЗ
Температура	Время		
Комнатная	9 дней	T-1	Нет трещин
		T-2	Нет трещин

4.6 Определение химической потребности в кислороде (ХПК)

Тест выполнялся в соответствии с BS 5762.

(1) Подготовка стыка

Основной металл	Толщина (мм)	Подготовка стыка	Используемый процесс сварки
BS 4360 Gr. 50D	44		1 полюс (АС)

(2) Условия сварки

Основной металл	Полюсы	Проход №	Ток (А)	Напряж. (В)	Скорость (см/мин.)	Поступл. тепла (КДж/см)	Темп. между прох.	Последовательность сварки		
BS 4360 Gr. 50D (44 мм)	1 полюс (4.0ø)	1	450	28	35	21,6	Макс. 250°C			
		2-3	450	30	35	23,1				
		4	500	30	40	22,5				
		5-9	500	30	40	24,8				
		Обратное зарезание (мин. 5R, 35°) Полное удаление сварочного шва								
		10	450	28	35	21,6				
11-12	500	30	35	25,7						
13-14	500	30	40	22,5						
15-23	550	30	40	24,8						

Примечание:

1. Температура предварительного нагрева 60-120°C
2. Проход №"0": S-7016.H 4.0ø (150-170 А 23-25 В 8-12 см/мин.)

(3) Результаты теста

Сорт стали	Температурная обработка	Температура теста (°C)	Размер тестового образца	P-V режим	Критическая ХПК
BS 4360 Gr. 50D	После сварки	-10	45 x 90	V	≥1,04
			45 x 90	V	≥1,00
			45 x 90	V	≥1,08
			45 x 90	V	≥1,03

5. Советы по использованию

- (1) Для предотвращения температурного растрескивания корневых швов рекомендуем использовать ток 450 – 500 А и скорость сварки 35 – 45 см/мин.
- (2) Для легкого отделения шлака от корневого шва используйте напряжение сварки 28 – 32 В.
- (3) Для получения улучшенных противоударных свойств следует обеспечить поступление тепла менее 25 КДж/мин.
- (4) Поскольку избыточное напряжение сварки вызывает разрушение стыка при многопроходной сварке, по возможности поддерживайте напряжение сварки менее 36 В.
- (5) В случае многослойной сварки избегайте создания одного слоя за один проход, создавайте его за два или три прохода.
- (6) Для предотвращения холодного растрескивания поддерживайте температуру между проходами 100-250°C.
- (7) Храните флюс в сухом месте.
- (8) Перед использованием сушите флюс при 250°C - 300°C в течение 1 часа.

6. Официально разрешенные материалы

Расх. материалы		Сорт						
		KR	ABS	LR	BV	GL	DNV	NK
Флюс	Проволока	RAW3M	3M	3M	A3M	3YM	IIIYM	KAW53M
S-717	M-12K	RAW53M	3YM	3YM(35t)	3YM			