



ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННАЯ ФЕРРИТИЧЕСКАЯ НЕРЖАВЕЮЩАЯ СТАЛЬ (UNS #S44660)

ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДАННЫЕ О СПЛАВАХ

Нержавеющая сталь СИ-КЮР® отвечает или превышает требования ASTM A-268 и ASME-SA268.



СОПРОТИВЛЕНИЕ КОРРОЗИИ

Сопротивление данных сплавов против нескольких сильных кислот были оценены методами Института Технологии Материалов при Кемикал Просес Индастриз. Примерные данные приведены ниже.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

ЭЛЕМЕНТ	ПРОЦЕНТ
Хром	25.0 -28.0
Молибден	3.0-4.0
Никель	1.0-3.5
Марганец	в пределах 1.00
Кремний	в пределах 1.00
Углерод	в пределах 0.030
Азот	в пределах 0.040
Фосфор	в пределах 0.040
Сера	в пределах 0.030
Титан + Ниобий	0.020-1.00
Железо	Баланс

ОПИСАНИЕ

Ферритическая структура нержавеющей стали СИ-КЮР® обеспечивает высокопрочный /легкообрабатываемый упругий материал с хорошей податливостью. Такие качества позволяют высокие предельные напряжения при проектировании, а также хорошие характеристики в изготовлении деталей. Присутствие никеля в СИ-КЮР® придает данному сплаву низкую температуру перехода от податливого к хрупкому чем подобные стали без примеси никеля.

ПРИМЕНЕНИЯ

Данный сплав специально разработан для условий точечной коррозии вызванной хлоридом, щелей, и взламывания под напряжением коррозии.

Нержавеющая сталь Плимус СИ-КЮР® используется в конденсаторах электростанций и теплообменниках ВОР, в различных теплообменниках химических, нефтехимических, и перерабатывающих предприятий, в теплообменниках опреснителей и в системах передачи отходных газов – к примеру в второстепенных теплообменниках высокоэффективных печей. Американская Газовая Ассоциация одобрила СИ-КЮР® для применения в конденсатах отбросных газов. Нержавеющая сталь Плимус СИ-КЮР® имеет более хорошую противостойкость против коррозии в различных условиях чем аустенитические нержавеющие стали.

Кислотная смесь	Температура		Тип 304	Тип 318	СИ-КЮР®
	°F	°C			
Норма Коррозии - мил/год*					
0.1% хлористоводородная	212	100 ^B	17.4	2.08	0.23
1.0% хлористоводородная	210	99 ^B			0.68
1.0% хлористоводородная + 3% FeCl ₃	167	75			2.27**
10% серная	215	102 ^B			1.05
60% серная	244	118 ^B			>1000
93% серная	171	77		70.0	10.0
50% фосфорическая	228	109 ^B	2.46	3.87	1.78
10% азотная	219	104 ^B	0.37	0.96	0.46
65% азотная	241	116 ^B	3.34	3.95	1.20***
60% азотная + 2% HCL	235	113 ^B			4.18***
80% уксусная	217	103 ^B	17.0		0.02
100% уксусная	243	117 ^B	0.39	0.54	0.44
50% уксусная + 50% безводная	164	73	0.40		1.60
50% муравьиная	221	105 ^B			0.89
10% муравьиная	216	102 ^B			1.31
55% NaOH + 8% NaC + 3% NaClO ₃	210	99		6.1	<0.1
50% NaOH	289	143		15.0	1.0

MR: 1 мил = 0.0254 мм

* Норма коррозии в мил/год — испытано в течении 96-часов.

** Точечная Коррозия.

*** Сваренная СИ-КЮР® хорошо себя показала в азотных тестах. Однако, нужно быть осторожным при применении сплавов содержащих титан в высокоокислительных средах.

^B Кипящий

ПРОТИВОСТОЙКОСТЬ КИСЛОТНЫМ КОНДЕНСАТАМ

Системы рекуперации теплоты очень часто подвергаются коррозии из-за кислотных конденсатов в окружающей их среде. Процесс конденсации и испарения концентрирует кислоты и хлориды, при этом увеличивая коррозионную атаку к точке конденсации или кипения воды. Нержавеющая сталь **СИ-КЮР®** способна противостоять множеству таких факторов.

ПРОТИВОСТОЙКОСТЬ МОРСКОЙ ВОДЕ

Нержавеющая сталь **СИ-КЮР®** была специально разработана для предотвращения локализованной точечной коррозии и коррозии щелей в сильных хлоридных растворах, такие как морская вода. Ускоренные лабораторные эксперименты и тест на коррозию щелей показали, что **СИ-КЮР®** намного превосходит обычные нержавеющие аустенитические стали 304 и 316.

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТОВ

Несколько тестов в натуральной морской воде под открытым небом показали что наш продукт не подвержен коррозии даже через 10 лет. К сегодняшнему дню ряд конденсаторов сделанных из нашего продукта противостоят коррозии аж 25 лет. При одинаковых условиях щели на Типе 316 заржавели на 0.039 дюймов.

Нержавеющая сталь **СИ-КЮР®** отлично себя показала в средах с органическим загрязнением (гниение которых производит водородный сульфид) по сравнению с медными сплавами такие как медь-никель.

ПРОТИВОСТОЙКОСТЬ ТРЕЩИНАМ ИЗ ЗА КОРРОЗИИ ХЛОРИДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Как и все другие полностью ферритические нержавеющие стали, Нержавеющая сталь **СИ-КЮР®** имеет отличную противостойкость трещинам из за коррозии хлоридного напряжения. Под напряжением достигающем 90% предельной прочности и внутри смеси 40% CaCl₂ при температуре 212°F (100°C), Нержавеющая сталь **СИ-КЮР®** не подверглась деформации даже после 5000 часового испытания. Нержавеющая сталь типа 316L трескается в течении 400 часов при одинаковых условиях. U-образные заготовки из **СИ-КЮР®** не треснули в соленой воде (1500 частиц на миллион – ppm) при температуре 212° F (100°C). Как и все другие нержавеющие стали, **СИ-КЮР®** не может противостоять напряжению коррозии в 40% смеси хлорида магния (в кипящем) при температуре 284°F (140°C).

СОПРОТИВЛЕНИЕ ЭРОЗИИ-КОРРОЗИИ

СИ-КЮР® имеет хорошую стойкость против всех видов эрозии. Данный материал не меняется под быстрыми потоками воды которые могут возникнуть из за блокировки труб или из за механического дизайна, а также он не меняется под давлением пара или перегораживающей эрозии. Эксперименты с использованием кварцевого песка и воды на различных нержавеющих сталях, показали износ поверхности этого материала составляет только 25% от износа типа 316.

ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ

Когда трубы и трубные пучки теплообменников и конденсаторов сделаны из различных материалов и соприкасаются с кондуктивной водой (обычно более чем 1000 растворенных частиц в миллионе, PPM), возникает возможность гальванической коррозии одного из сплавов. **СИ-КЮР®** имеет высокий электродный потенциал в морской воде, что очищает или делает его катодным. Он немножко уступает титану, золоту и платине, и чище чем медные сплавы, медно-никелевые или углеродистые стали гальванической серии. Поэтому существует возможность гальванизации материала который ниже в гальванической серии. Итак, если использовать трубы **СИ-КЮР®** вместе с трубными пучками из металла Muntz в морской воде, Muntz может привести к появлению ямок между трубами. Трубные пучки можно уберечь слоем оксидного типа или же путем использования катодной системы защиты с индуктивным напряжением. Если использовать катодную систему защиты, то следует держать напряжение выше -0.800 вольтов, что может быть измерено стандартным электродом с хлористой ртутью для предотвращения выработки водорода так как это может произвести к водородному охруплению.

МОРСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Все металлы постепенно загрязняются в морской воде. Из за того что большинство нержавеющих сталей не содержит медь, которая растворяется и формирует медные ионы что является ядовитым для морской фауны, загрязнение может произойти ускоренное. Такая тенденция морского загрязнения всех материалов может быть минимизирована путем хлоризации, механической чистки или же путем частого размешивания воды. Нержавеющая сталь **СИ-КЮР®**, благодаря своей стойкости к коррозии, идеально подходит для механической чистки или быстрого течения воды. Данные методы могут привести к серьезному износу если применить их на более мягких медных сплавах.

ТОЧЕЧНАЯ КОРРОЗИЯ ИЗ ЗА СУЛЬФИДОВ

Точечная коррозия сплавов меди и никеля, или алюминия и других сплавов с высоким содержанием меди может произойти из за серных веществ и некоторых бактерий в загрязненной морской воде. **СИ-КЮР®** не поддается таким серным веществам и бактериям.

КОРРОЗИЯ ИЗ ЗА МАРГАНЦЕВОЙ БАКТЕРИИ

Некоторые бактерии могут высосать марганец из различных вод и это заседает на поверхностях теплообменников в виде жидкой окиси марганца. Когда эта окись смешивается (окисляется) с хлором получается перманганат и хлор в виде хлорного иона. Данная реакция может привести к точечной коррозии нержавеющей стали серии 300 и сплава типа Эдмиралти. **СИ-КЮР®** практически не поддается этой реакции благодаря своей высокой стойкости к точечной коррозии.

КОРРОЗИЯ ИЗ ЗА АММОНИЯ

Сплавы с высоким содержанием меди легко поддаются коррозии из за аммония что приводит к ускоренной общей коррозии, точечной коррозии, или же деформации под напряжением коррозии из за аммония. Как и все другие нержавеющие стали **СИ-КЮР®** практически не поддается такой коррозии.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ

СВАРКА

Газовая вольфрамовая дуговая сварка (GTA) с и без наполняющего металла, газовая металлическая дуга (GMA), и сварка металлическими электродами с покрытием (SMA) являются процессами широко используемыми в сварке нержавеющих сталей и могут быть использованы в сварке нержавеющей стали **СИ-КЮР®**. Для достижения прочности и хорошей противостойкости коррозии около места сварки при сварке требуется соблюдать более осторожные меры чем при сварке аустенитических сталей. Поэтому, предпочтительно использовать процесс GTA для ограничения тепловыделения. Методы используемые для сварки титана очень подходят для **СИ-КЮР®**.

Общие процедуры работы таковы: использование тока малой мощности и электродов малого размера, использование нескольких проходов при увеличении размера секции, и охлаждение до комнатной температуры между проходами. Очень важно минимизировать загрязнение кислородом, азотом, углеродом, и предотвращать потерю стабилизационного элемента при сварке металла. Это может быть достигнуто путем тщательной очистки места сварки перед началом сварки, использованием сухих электродов, и интенсивного применения защиты от газов.

Прочные сварные соединения могут быть достигнуты при помощи различных дополнительных металлов. Однако, при выборе такого металла следует хорошо изучить требования к коррозионным и механическим характеристикам при данной работе. Сплавы на основе аустенитической стали такие как Incoloy 825®, Incoloy 135®, и Тип 316 Мо производят сварные соединения с хорошей прочностью и duplexной микроструктурой. Пополнители которые производят ферритические структуры такие как Ferralium Alloy 255® имеет лучший потенциал для оптимальной прочности против коррозии, но имеет ограниченную прочность. Пополнители на базе сплавов с высоким содержанием никеля такие как Incoloy 625® имеют высокую стойкость к коррозии и хорошо поддаются сварке, однако,

прочность сварных соединений уступает сплавам на базе аустенического металла. Окись от сварки должна быть постоянно удалена путем соления или размола для сохранения высокой стойкости против коррозии на месте сварки.

ОТЖИГ

СИ-КЮР®, как и все суперферритики, требуют очень особую теплообработку для достижения нужных коррозионных норм. По этому Плимус не рекомендует переотжигать **СИ-КЮР®** кроме ситуаций когда есть специализированное оборудование. Если вам нужно провести такую операцию, свяжитесь с Плимус Тюб перед началом таких операций.

ФОРМОВКА

Нержавеющая сталь **СИ-КЮР®** легко поддается формовке. Из за высокопрочности данного материала в начале это может потребовать больше силы; однако, упругие под более меньшим давлением делает материал более податливым во второй раз без промежуточного отжига. Данный материал уступает аустеническим нержавеющей сталям когда речь идет о формовке путем растягивания.

КАТАННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ИЗ ТРУБНЫХ ПУЧКОВ

Комбинация высокого модуля эластичности, прочности и податливости данного материала очень удобна в проектировании герметичных соединений. Наличие никеля в данном сплаве делает его более прочным. При сварке утончение стен сокращается до 15 %. Из за разницы в твердости между трубами и трубными пучками, и трудности точного измерения утончения трубных стен, мы рекомендуем контролировать катку центробежной силой. Когда вы собираетесь сконструировать комбинацию первый раз, проверьте ваш метод на макете из одинакового материала. При этом центробежная сила должна превышать 1200 фунтов (550 кг).

Для более эффективной установки следует использовать пятирулонные расширители. Рекомендуется смазка и станок должен быть настроен для предотвращения неровностей в конце трубы. Отжиг концов не нужен для эрозии входного отверстия, но может быть использован для улучшения потока или для установки трубных пучков заранее спроектированного для отжига концов. Соединители сделанные из **СИ-КЮР®** намного прочнее чем другие сплавы для труб теплообменников для условий данного комплекта трубы/трубных пучков. Это результат высокого модуля эластичности и предельной прочности, что делает этот материал очень удобным в использовании вместе с высокопрочными материалами для трубных пучков. При использовании высокопрочных материалов для трубных пучков такие как дуплексная нержавеющая сталь, центробежные силы на трубных стенах тонкостью до 0.028 дюймов могут запросто превысить 4000 фунтов (1800 кг).

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ от 20-315°C			
Температура		Проводимость	
°F	°C	Btu/hr.ft.°F	W/m°C
70	20	9.2	15.9
100	40	9.3	16.1
200	95	10.5	18.1
300	150	11.3	19.5
400	200	11.9	20.6
500	260	12.5	21.6
600	315	13.8	23.8

ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ ПРИ 20-315°C			
Температура		Коэффициент теплового расширения	
°F	°C	дюйм/дюйм °F	мм/мм°C
70-200	20-100	5.38x10 ⁻⁶	9.68x10 ⁻⁶
70-300	20-150	5.43x10 ⁻⁶	9.77x10 ⁻⁶
70-500	20-250	5.81x10 ⁻⁶	10.46x10 ⁻⁶
70-700	20-375	5.95x10 ⁻⁶	10.71x10 ⁻⁶

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВА РАЗЛИЧНЫХ СПЛАВОВ			
	Ti Сорт 2	90-10 Cu/Ni	СИ-КЮР®
Предельная Прочность* (ksi)	40	15	65
Растяжимая Прочность* (ksi)	50	40	85
Удлинение* (%)	20	25	20
Эластический Модуль (PSI x 10 ⁶)	15.5**	18.0	31.5
Плотность (lb/in ³)	0.16	0.32	0.278
Коэффициент (in/in-°F x 10 ⁶)	4.7	9.5	5.38
Теплопроводность (Btu/hr-ft ² -°F/ft)	12.6	26.0	10.1
При специфических температурах (Btu/lb-°F)	0.124	0.092	0.12
Стойкость к усталости (ksi)	16	25	35

* Минимальные параметры ASTM

** Максимальные параметры ASTM

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Нержавеющая сталь Плимус **СИ-КЮР®** имеет ряд прекрасных физических качеств, включая малое тепловое расширение, хорошую теплопроводность, и высокую эластичность что обеспечивает высокую твердость. Высокая твердость нужна для снижения вибрации по сравнению с другими производственными материалами. Коэффициент теплового расширения данного материала сопоставим с коэффициентом углеродистой стали и ниже чем коэффициенты аустенической нержавеющей стали или медных сплавов.

Теплопроводность данного продукта сопоставимо с теплопроводностью титана и превышает теплопроводность аустенической нержавеющей стали с высоким содержанием никелевых сплавов. Оболочка против пассивной коррозии очень тонкая, что позволяет хорошую теплопередачу.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ВИБРАЦИИ

Из за своего высокого модуля эластичности нержавеющая сталь Плимус **СИ-КЮР®** имеет высокую прочность к повреждениям которые происходят из за вибрационной усталости. К примеру, нижеприведенные минимальные толщины трубных стен требуются для предотвращения вибрационного повреждения при одинаковых условиях скорости пара турбинного выброса, плотностях пара, интервалах между поддержками труб, и диаметра труб:

СПЛАВ	МИНИМАЛЬНАЯ ТОЛЩИНА СТЕН	
	дюйм	мм
СИ-КЮР® Нерж.	0.019	0.48
Типы 304/316	0.022	0.56
90-10-Cu-Ni	0.034	0.86
Титан	0.038	0.97
Сплав "Адмиралити"	0.041	1.04
Цирконий	0.046	1.17

МЕХАНИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА

Теплопрочность нержавеющей стали **СИ-КЮР®** отлично подходит для большинства теплообменных установок. Плимус **СИ-КЮР®** одобрен для Кодекса ASME по разработке Котлов и Сосудов Высокого Давления, Секция VIII, Часть I. Допустимые напряжения для наших листов и труб намного превышают нормы для сплавов с меньшим содержанием железа и аустенических нержавеющей сталей. Этот фактор может сэкономить ваши средства из за малой толщины или же из за намного высоких рабочих напряжений. Температурный предел в 500°F был выбран для предотвращения опасности охрупления стали в 885°F что характерно для всех сталей содержащих более 12% хрома.

МЕХАНИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Температура °F °C		0.2% Предельная Прочность ksi MPa		Прочность при Растяжении ksi MPa		Удлинение в 2 дюймах
74	23	75	517	90	620	25
200	93	66	455	83	572	24
300	149	57	392	78	538	23
400	204	53	365	75	517	21
500	260	50	345	75	517	21

ДОПУСТИМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ согласно ASME СЕКЦИЯ VIII ЧАСТЬ 1

Температура		Допустимое Напряжение	
°F	°C	ksi	MPa
100	38	18.0	124.1
200	93	18.0	124.1
300	149	18.0	124.1
400	204	17.8	122.7
500	260	17.7	122.0

ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ФОРМЫ

- Сваренные трубные продукты
- Хладнокатанные и отожженные полосы/листы (Макс. толщина: 0.083 дюймов средн. [2.1мм])



Вышеизложенная информация представляет типичные или усредненные данные и не гарантируют минимальные или максимальные показатели. Отдельно рекомендованные методы для данного материала приведены только для иллюстрации и для предоставления читателям возможности оценить наш продукт, и поэтому не подразумевают каких либо гарантий для указанных и других целей.



PLYMOUTH TUBE CO. USA®

Трубопрокатная Компания "Плимус Ко." США

2061 Young Street, East Troy, WI 53120 U.S.A.
Телефон 262-642-8201 • Факс 262-642-8486

Посетите нашу интернет-страницу www.plymouth.com
Эл. почта: sales@plymouth.com