

## **Горячекатаные стальные листы и рулоны**

### **Конструкционные стали**

### **Погодоустойчивые конструкционные стали EN10025-5 и COR-TEN®**

Коррозионные свойства погодоустойчивой стали лучше, чем других конструкционных сталей во многих объектах применения. Погодоустойчивая сталь предотвращает коррозию: сначала ее поверхность покрывается ржавчиной, а во время эксплуатации постепенно патинируется. Данная марка стали экономична, имеет долгий срок службы и подлежит повторному использованию.

#### **Объекты применения**

- Трубы
- Мосты
- Трубные мосты
- Фасады
- Контейнеры
- Цистерны

Ruukki является специалистом в области металла, на которого Вы можете положиться от начала и до конца, если Вам необходимы материалы, компоненты, системы и комплексные решения, основанные на металле. Мы постоянно развиваем нашу деятельность и ассортимент нашей продукции согласно Вашим потребностям.

Коррозийные свойства погодоустойчивой стали лучше, чем других конструкционных сталей во многих объектах применения. Эта марка стали, однако, не является нержавеющей, а наоборот. Сначала поверхность стали покрывается ржавчиной, а во время эксплуатации постепенно патинируется. При этом процесс коррозии замедляется. Данная марка стали экономична, имеет долгий срок службы и подлежит повторному использованию.

● **Описание марок стали**

Маркировка погодоустойчивых сталей Ruukki в соответствии с United States Steel Corporation следующая: COR-TEN® A и COR-TEN® B. Они соответствуют стандартам EN 10025-5:2004, Таблица 1. Стали погодоустойчивы в основном благодаря содержанию в них легирующих добавок меди, хрома и никеля. Кроме того, стали COR-TEN® A и S355J0WP дополнительно легированы фосфором. По договоренности сталь COR-TEN® B может поставляться с гарантированной ударной вязкостью при температуре -20°C, в этом случае она будет иметь следующую маркировку COR-TEN® B-D.

● **Объекты применения по маркам стали**

Применение погодоустойчивых сталей во многих объектах связано с экономическими причинами, когда при разработке дизайна учитывается срок службы конструкции и затраты за этот период времени. Марки стали COR-TEN® A и S355J0WP, легированные фосфором, лучше всех из погодоустойчивых сталей выдерживают атмосферное воздействие и дымовые газы. В качестве альтернативы эти марки стали можно использовать при тех же условиях в объектах с тонкой толщиной материала. Следует учитывать, что применение сталей, легированных фосфором, в несущих конструкциях не рекомендуется. В массивных конструкциях и конструкциях, подверженных нагрузке, а также при низких рабочих температурах, рекомендуется выбирать марки стали, испытанные на ударную вязкость. Рекомендуемыми марками стали являются S355J2W и COR-TEN® B-D.

● **Виды продукции**

Погодоустойчивые стали производятся как толстые листы и широкополосная продукция. Толстые листы: тяжелые листы и прошедшая предварительную обработку продукция. Спектр операций по предобработке включает гибку, профильную резку, точную резку и скашивание. Широкополосная продукция: продольная резка, поперечная резка, в рулонах. Наиболее распространенный вид поставки - толстые листы и широкополосная продукция.

● **Форма поставки**

Толстые листы: горячекатаная продукция, прокатанная с нормализацией или нормализация в печи. Широкополосная продукция: подверженная контролируемой прокатке или термомеханически изготовленная.

● **Механические свойства**

Механические свойства показаны в Таблице 2.

● **Химический состав**

Химический состав сталей COR-TEN® показан в Таблице 3. Химический состав сталей по EN 10025-5 соответствует стандарту.

● **Размеры**

Диапазоны толщин толстых листов и широкополосных листов показаны в Таблице 2. Прочие размеры погодоустойчивых сталей показаны в производственной программе, включая толстые листы, широкополосные листы, штрипсы и рулоны, изготовленные из марок стали с пределом текучести класса 355 МПа.

● **Допуски по размерам и форме**

Листовая продукция: EN 10029 Класс А  
Широкополосная продукция: EN 10051

● **Качество поверхности**

Толстолистовая продукция: EN 10163-2 Класс А3

● **Проверка материала**

Испытательная партия сталей COR-TEN® состоит из листов или рулонов одной плавки, максимум 40 тонн. Для каждой партии проводится одна серия испытаний: испытание на растяжение с использованием поперечного образца и, если потребуется, на удар (KV) методом Charpy V с помощью продольных образцов. Испытание материала и отбор проб сталей стандарта EN 10025-5:2004 производится в соответствии со стандартом.

● **Сертификат качества**

Сертификат выдается в соответствии со стандартом при заказе. Европейский стандарт сертификата качества – EN 10204:2004.

● **Коррозийные свойства**

Погодоустойчивая сталь может применяться в разных конструкциях без необходимости дополнительной обработки поверхности. Погодоустойчивая сталь наилучшим образом помогает экономить затраты на поверхностную обработку и последующий ремонт. Преимущество по расходам по сравнению с окрашенной конструкцией, проявляется в объектах, в

которых условия эксплуатации предусматривают повторную окраску.

### **Внешние конструкции и условия атмосферной коррозионной стойкости**

Погодоустойчивые стали выдерживают атмосферную коррозию значительно лучше обычных конструкционных сталей. Так называемая погодоустойчивость основывается на образующемся на поверхности стали оксидном слое или патине, который, благодаря легирующим добавкам, является плотным и плохо пропускающим дополнительный кислород. В нормальных погодных условиях защитная патина образуется за время от 18 до 36 месяцев, когда поверхность неоднократно промокает и высыхает. Сначала патина приобретает красновато-коричневый цвет, но с течением времени она темнеет. В промышленных районах патина образуется быстрее и имеет более темный цвет, чем в сельской местности. В морском климате образование патины может ухудшиться за счет влияния хлоридов, находящихся в воздухе. Во внешних конструкциях учитывают медленный процесс коррозии, прибавляя припуск на коррозию к расчетной толщине, Таблица 4. Дополнительно следует отметить, что после образования защитной патины скорость коррозии минимальна. Таким образом, в погодоустойчивых сталях коррозия не распространяется прямолинейно.

Для обеспечения идентичности цвета патины стальную поверхность необходимо очистить от возможных загрязнений. Органические загрязнения, такие как масла или другие защитные смазки, удаляются мытьем. Окисленный поверхностный слой, окалину или ржавчину подвергают дробеструйной очистке или травлению. Эта обработка дополнительно способствует образованию патины. Чистую стальную поверхность можно предварительно патинировать поочередным промоканием и высыханием поверхности или используя подходящие кислые растворы. Маркировку следует наносить мелом или водорастворимыми красками.

В деталях конструкций, не находящихся под воздействием погодных условий, патина образуется неравномерно, по сравнению с деталями, регулярно подвергающихся влиянию погодных условий. Небольшие различия цвета могут проявляться в конструкциях, в которых наблюдаются резкие колебания температур. Примерами служат стальные поверхности, находящиеся под скатами крыш. На постоянно влажной стальной поверхности, например, погруженной в грунт или воду, не возникает защитного действия, поэтому в таких условиях

погодоустойчивую сталь рекомендуется покрывать краской.

### **Воздействие дыма и высоких температур**

Погодоустойчивая сталь выдерживает коррозию, вызываемую сернистым дымовым газом, лучше, чем нержавеющая сталь. Свойства погодоустойчивой стали лучше всего проявляются в конструкциях, которые находятся в температурных условиях выше точки насыщения кислоты, но время от времени опускается ниже нее. Такие условия преобладают во многих конструкциях, подвергающихся влиянию дымового газа. Во время простоя они охлаждаются, и температура опускается ниже точки насыщения. Повторное высыхание и намокание поверхности увеличивает срок службы стали. При постоянных температурах ниже точки насыщения кислота излишне концентрируется на стальной поверхности, что негативно влияет на стойкость к коррозии. Специальное легирование стали, особенно хромом, способствует улучшению устойчивости к окалине при высоких температурах: всегда от 600 до 650 °С. При использовании погодоустойчивых сталей при температуре выше 425 °С следует учитывать требования сопротивлению ползучести конструкции и возможную отпускную ломкость сталей, легированных фосфором.

### **Окрашенные конструкции**

Стальную поверхность погодоустойчивой стали можно окрашивать таким же способом, как и обычную сталь. Благодаря специальному легированию окраска поверхности сохраняется в два раза дольше, чем при нанесении ее на обычную стальную поверхность. Погодоустойчивую сталь, подверженную постоянному контакту с водой, обычно всегда следует красить. Преимуществом погодоустойчивой стали в условиях влажности является то, что коррозия на локальном месте потрескавшейся окрашенной поверхности прогрессирует медленнее по сравнению с обычной сталью.

- **Углеродный эквивалент**

Углеродный эквивалент марок сталей COR-TEN® показан в Таблице 5. Углеродный эквивалент марок сталей по стандарту EN 10025-5 соответствует стандарту.

- **Сварка**

Сварка погодоустойчивых сталей в заводских условиях возможна всеми известными способами. Рекомендуется выбирать методы сварки и материалы с низким содержанием водорода. Перед сваркой необходимо удалить патину на отрезке от 10 – 20 мм от сварного шва. Также следует убрать жир, масло,

другие загрязнения, а также убедиться, чтобы поверхность не была влажной.

### Рабочая температура

Значение углеродного эквивалента в погодоустойчивой стали незначительно больше, чем у конструкционной стали S355, что делает необходимым осуществить предварительный нагрев. На практике это относится только к маркам стали COR-TEN® А и соответствующим им маркам сталей, так как вследствие небольшой толщины материала марок сталей, легированных фосфором, обычно не требуется повышенная рабочая температура. При сварке таких марок сталей рекомендуется увеличить рабочую температуру до 100 – 200°C при толщине листа более 15 мм. При сварке нескольких валиков шва температура между отдельными валиками не должна превышать 200°C, чтобы вязкость сварного шва оставалась хорошей в зоне термического влияния (HAZ).

### Выбор сварочных материалов

- Сварные швы можно сделать погодоустойчивыми, используя сварочные материалы такие же, как и легирование основного металла.
- Механические характеристики сварного шва должны быть, по меньшей мере, эквивалентны механическим характеристикам основного металла. Чрезмерной прочности следует избегать, поскольку увеличение прочности приводит к увеличению остаточного напряжения.
- Ударная вязкость сварного шва должна соответствовать предъявляемым требованиям, которые совпадают с требованиями к основному металлу.
- Если основной металл и присадочные материалы обеспечивают хорошую погодоустойчивость, можно использовать обычные нелегированные сварочные материалы. Достаточное смещение при сварке одного валика шва достигается соединением встык листов, толщиной листов менее 4 мм и угловыми швами размера примерно до 4 мм.
- Между нелегированными сварочными материалами, используемыми при сварке, и основным материалом – погодоустойчивой сталью – наблюдается небольшое различие оттенка.
- Если металл сварного шва должен быть погодоустойчивым, при сварке нескольких валиков шва, по крайней мере, в верхних валиках шва следует использовать погодоустойчивый сварочный материал.
- Для проварки корня шва и спайки необходимо использовать сварочные материалы, хорошо подверженные деформации.

- Низководородные сварочные материалы применяются, сушатся, хранятся в соответствии с рекомендациями производителя.

### ● Гибка

Погодоустойчивые стали подвергаются гибке в холодном состоянии так же как и конструкционная сталь S355. В Таблице 6 показаны наименьшие допустимые радиусы загиба, которые используются при отбортовке. Успех процесса гибки требует от производителя стальной продукции использовать качественное оборудование. Изношенный инструмент, недостаточное количество смазки, дефекты поверхности на листах и заусенцы обрезок кромок могут негативно сказаться на качестве. Дробеструйная обработка также может негативно сказаться на качестве поверхности. Взятый с холодного склада лист предварительно следует нагреть перед процессом гибки. Формуемость погодоустойчивых сталей по стандарту EN 10025-5:2004 соответствует стандарту.

### ● Тепловая обработка

Изделия из погодоустойчивой стали, как правило, не требуют тепловой обработки после процесса сварки. Однако если проведение данной операции инициировано заказчиком, рекомендуется проводить отжиг для снятия остаточных напряжений и нормализацию в соответствии с данными Таблицы 7.

### ● Резка

Погодоустойчивые стали подвергаются термической и механической резке почти так же как и конструкционные стали S355. При газопламенной резке толстых листов в качестве руководства можно использовать рекомендации по рабочей температуре при сварке. Вследствие небольшой толщины листа сталей марки COR-TEN® А и им подобных не требуется повышения температуры для осуществления термической резки. Влияние понижения скорости резки и повышения рабочей температуры - одинаковое: охлаждение места резки замедляется и склонность к образованию трещин уменьшается. При обработке погодоустойчивых сталей следует обращать внимание, что лист, взятый с холодного склада, перед механической резкой первоначально необходимо нагреть.

• **Марки стали и их приблизительное соответствие погодоустойчивости**

Таблица 1

COR-TEN®	EN 10025-5:2004
COR-TEN® A	S355J0WP
COR-TEN® B	S355J0W и S355J2W

Для более точного сравнения необходимо руководствоваться данными data sheet и стандартами.

Предел текучести  $R_{eL}$  гарантирован для сталей COR-TEN®, предел текучести  $R$  для COR-TEN®, предел текучести  $R_{eH}$  – для погодоустойчивых сталей в соответствии со стандартом EN 10025-5:2004.

Испытание на ударную вязкость методом A Charpy V проводится для обычных сталей, соответствующих COR-TEN® B.

• **Механические свойства и диапазон толщин COR-TEN®**

Таблица 2

	Толщина мм		Предел текучести $R_{eL}$ Н/мм <sup>2</sup> Не менее	Предел прочности на разрыв $R_m$ Н/мм <sup>2</sup> Не менее	Удлинение $A_{50}$ % Не менее
	Широкополосная продукция	Толстые листы			
COR-TEN® A	2 – 12	6 – 12	345	485	20
COR-TEN® B	2 – 13	6 – 40	345	485	19

**EN 10025-5:2004**

	Предел текучести $R_{eH}$ Н/мм <sup>2</sup> Не менее		Предел прочности на разрыв $R_m$ Н/мм <sup>2</sup> Не менее		Удлинение $A_{80}$ % Не менее			$A_5$ Не менее Толщина мм
	Толщина мм		Толщина мм		Толщина мм			
	2 – 16	(16) – 40	2 – (3)	3 – 40	2	(2) – 2,5	(2,5) – (3)	
S355J0WP	355	–	510 – 680	470 – 630	14	15	16	20
S355J0W S355J2W	355	345	510 – 680	470 – 630	14	15	16	20

Диапазон толщин для толстых листов и широкополосной продукции погодоустойчивой стали в соответствии с EN 10025-5 такой же как и у приблизительного аналога – марок COR-TEN®.

• **Химический состав**

Таблица 3

	Содержание, % (анализ плавки)									
	C	Si	Mn	P	S	Al	V	Cu	Cr	Ni
	Не более									
COR-TEN® A	0.12	0.25 – 0.75	0.20 – 0.50	0.07 – 0.15	0.030	0.015 – 0.06	–	0.25 – 0.55	0.50 – 1.25	0.65
COR-TEN® B	0.19	0.30 – 0.65	0.80 – 1.25	0.035 max.	0.030	0.020 – 0.06	0.02 – 0.10	0.25 – 0.40	0.40 – 0.65	0.40

• **Пример: припуск на коррозию стали COR-TEN® B, не прошедшую поверхностную обработку**

Таблица 4

Тип воздействия	Припуск на коррозию добавлять к расчетной толщине одной стороны на каждые 10 лет эксплуатации	
	Первые 10 лет мм	Каждые последующие 10 лет мм
Загородная среда	0.10	0.05
Городская среда <sup>1)</sup>	0.20	0.05
Промышленная среда <sup>2)</sup>	0.20	0.10

<sup>1)</sup> Основной загрязнитель воздуха-оксид серы,  $SO_2$ .

<sup>2)</sup> Помимо оксида серы  $SO_2$  в воздухе также содержится хлор. Также для районов в непосредственной близости от соленой воды.

• Углеродный эквивалент CEV

Таблица 5

	Толщина мм	CEV	Вид продукции
COR-TEN ° A	2 – 12	0.35	Широкополосная продукция
COR-TEN ° A	6 – 12	0.39	Толстые листы
COR-TEN ° B	2 – 13	0.38	Широкополосная продукция
COR-TEN ° B	6 – 20	0.48	Толстые листы
COR-TEN ° B	(20) – 40	0.50	Толстые листы

$$CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

• Гибка

Таблица 6

	Толщина мм											
	(2) – 3	(3) – 4	(4) – 5	(5) – 6	(6) – 7	(7) – 8	(8) – 10	(10) – 12	(12) – 14	(14) – 16	(16) – 18	18 – 20
	Наименьший допустимый радиус загиба мм											
COR-TEN ° A	6	8	10	12	21	24	30	36	42	–	–	–
COR-TEN ° B	6	8	10	12	21	24	30	36	42	48	54	60

Величины одинаковы для всех направлений гибки.

• Термическая обработка

Таблица 7

Термическая обработка	Температура °C	Время обработки
		Способ охлаждения
Отжиг для снятия остаточных напряжений	550 – 600 (цель 580)	2 минуты / мм толщины, не менее 30 минут. Медленное охлаждение в печи.
Нормализация	860 – 940 (цель 910)	1 минута / мм толщины, не менее 15 минут. Свободное охлаждение на воздухе.

**RAUTA**  
Фасады ■ Кровли ■ Здания

Главный офис Rauta  
04665 Украина, г. Киев,  
ул. Старокиевская 10Г, БЦ Вектор  
+38 044 364 85 73  
info@rautagroup.com  
www.rautagroup.com

Информация является достоверной, но компания не несет ответственности за ущерб, нанесенный неточностью информации.  
Компания Ruukki оставляет за собой право вносить изменения.

Авторское право Корпорация Rautaruukki.  
Все права защищены. Ruukki, Rautaruukki, More With Metals являются собственностью Корпорации Rautaruukki.