



Гибка и резка листовой стали
HARDOX[®]

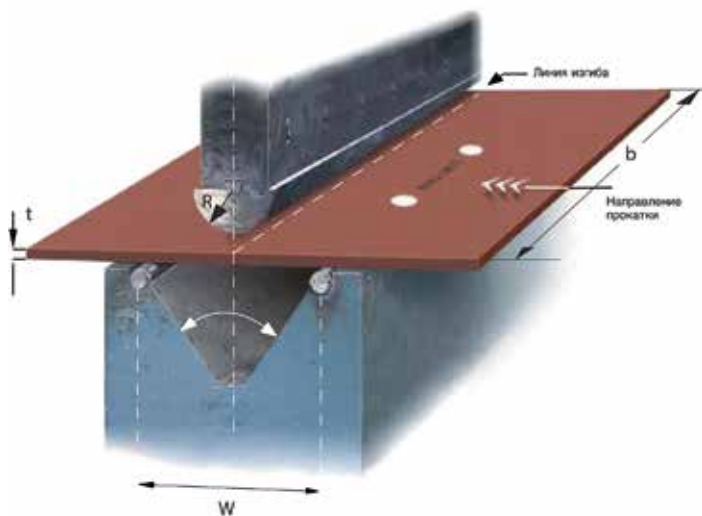
BEAR СЕРВИС[™]
Просто Надежно

Данная брошюра посвящена свободной гибке и резке износостойких сталей **HARDOX** и конструкционных сталей **WELDOX**. Стали этих марок отличаются высокой прочностью в сочетании с высокой чистотой, кроме того мы изготавливаем листы из стали этих марок с малыми допусками на толщину. Благодаря этому листовая сталь этих марок прекрасно подходит для холодной гибки. Ниже приведены наши рекомендации по получению наилучших результатов при гибке и резке износостойких и высокопрочных сталей.

Гибка

Хотя в этом разделе описана только свободная гибка, можно также использовать и гибку в вальцах. Результат гибки зависит от ряда факторов, которые мы разделили здесь на три категории: лист, инструменты и методика. Эти факторы описаны на стр. 3 и 4, где также приведены два примера определения изгибающего усилия. Типичные физические свойства материалов приведены: в таблице 4 на последней странице.

Гибка под прямым углом к направлению прокатки.



Перед гибкой зачистите поверхностные дефекты. Необходимо также сточить де-

формированные резкой кромки.

Листы всегда маркируются поперек направления прокатки. Кромки щели гибочной матрицы должны иметь твердость, по меньшей мере равную твердости сгибаемого листа, это необходимо для исключения повреждений матрицы.

Наиболее простым способом выполнения этого условия является фрезерование проточек в кромках матрицы и установка в эти проточки смазанных круглых прутков, например, из стали-серебрянки.

Радиус закругления кромок матрицы должен составлять не менее половины толщины листа.

Угол щели матрицы должен обеспечивать возможность спружинивания листа. Например, если лист **HARDOX500** сгибается под углом 90° , угол раствора щели матрицы не должен превышать 70° (см. таблице 1).

Результаты гибки зависят от листа, инструментов и используемой методики:

Толщина стального листа

Следует иметь в виду, что изгибающее усилие и спружинивание листа возрастают с толщиной листа (типичные значения прочности на растяжение приведены в таблице 4).

Таким образом, чем прочнее и тверже лист, тем:

- больше необходимое изгибающее усилие
- больше спружинивание
- больше требуемый радиус пуансона
- больше требуемая ширина щели матрицы.

Поверхность листа

Наши рекомендации относятся к толстым листам, подвергнутым дробеструйной обработке, с антикоррозийным покрытием. Необработанные листы можно изгибать по несколько меньшему радиусу. Поверхностные повреждения и ржавчина на стороне листа, на которую при гибке действуют напряжения растяжения, могут в значительной степени ухудшить гибкость листа. В критических случаях такие дефекты можно зачистить.

Кромки листа

Кромки листа после резки должны быть зачищены от заусенцев и скруглены зашлифовкой.

Толщина листа (t)

Как правило, чем тоньше лист, тем меньше возможный радиус изгиба (см. таблицу 1).

Направление прокатки листа

Лист можно согнуть под меньшим радиусом под прямым углом к направлению прокатки чем по направлению прокатки, см. рисунок 1 и таблицу 1.

Длина сгиба (b)

Если длина сгиба меньше десяти кратной толщины листа (рис. 1), лист часто можно согнуть по меньшему радиусу чем радиусы, указанные в таблицу 1.

Таблица 1

Минимальный рекомендуемый радиус пуансона (R) и ширина щели матрицы (W) для листов толщиной (t) при гибке листа под углом 90° по направлению прокатки и по направлению, перпендикулярному направлению прокатки, а также соответствующие значения угла спружинивания.

Сталь	Толщина (мм)	Поперек (R/t)	Вдоль (R/t)	Поперек (W/t)	Вдоль (W/t)	Спружинивание (°)
S355 согласно EN10025		2,5	3,0	7,5	8,5	3-5
EUROX355		1,0	1,5	6,0	7,5	3-5
WELDOX 420/500		1,0	1,5	6,0	7,5	3-6
WELDOX700	t<8	1,5	2,0	7,0	8,5	6-10
	8≤t<20	2,0	3,0	7,0	8,5	
	t≥20	3,0	4,0	8,5	10,0	
WELDOX 900/960	t<8	2,5	3,0	8,5	10,0	8-12
	8≤t<20	3,0	4,0	8,5	10,0	
	t≥20	4,0	5,0	10,0	12,0	
WELDOX 1100*	t<8	3,5	4,0	10,0	10,0	11-18
	8≤t<20	4,0	5,0	10,0	12,0	
	t≥20	5,0	6,0	12,0	14,0	
HARDOX 400	t<8	2,5	3,0	8,5	10,0	9-13
	8≤t<20	3,0	4,0	10,0	10,0	
	t≥20	4,5	5,0	12,0	12,0	
HARDOX 450*	t<8	3,5	4,0	10,0	10,0	11-18
	8≤t<20	4,0	5,0	10,0	12,0	
	t≥20	5,0	6,0	12,0	14,0	
HARDOX 500*	t<8	4,0	5,0	10,0	12,0	12-20
	8≤t<20	5,0	6,0	12,0	14,0	
	t≥20	7,0	8,0	16,0	18,0	

* При гибке **HARDOX 450**, **HARDOX 500** и **WELDOX 1100** необходимо соблюдать особую осторожность в связи с высокой прочностью листов и большим потребным изгибающим усилием. В случае растрескивания листа могут разлететься осколки. В связи с этим во время гибки оператор и другой персонал не должен находиться спереди от станка, они должны стоять только сбоку.

Радиус пуансона (R)

При гибке листов из стали **HARDOX** и **WELDOX** самое важное - использование правильного радиуса пуансона (рис. 1).

В случае более мягких сталей - до **WELDOX 500** включительно - рекомендуется использовать пуансоны с радиусом, равным указанному или несколько меньшим чем требуемый.

В случае более твердых сталей рекомендуется использовать пуансоны с радиусом, равным указанному или несколько большим чем требуемый.

В таблице 1 приведены минимальные рекомендуемые радиусы пуансона, которые позволят избежать растрескивания при сгибании листа под 90°.

Ширина щели матрицы (W)

В таблице 1 приведены минимальные рекомендуемые значения ширины щели матрицы, которые обеспечат сведения к минимуму спружинивания листа. Увеличение ширины приведет, видимо, к уменьшению требуемого изгибающего усилия и следов от контакта со штампом, однако при этом возрастет спружинивание.

Необходимо иметь в виду, что угол щели должен быть настолько мал, чтобы он допускал достаточный перегиб (рисунок 1 и таблица 1). При гибке в вальцах величина спружинивания будет много больше чем значения, указанные в таблице.

Трение

Кромки матрицы должны быть чистыми и не иметь повреждений. Требуемое изгибающее усилие и опасность растрескивания можно снизить путем использования круглых стержней, свободно вращающих-

ся в проточках кромок, и/или путем смазывания кромок матрицы.

Угол сгиба

Рекомендованные величины, приведенные в таблице 1, относятся к гибке под углом 90° если угол сгиба меньше, можно использовать пуансон с меньшим чем указанный в таблице 1 радиусом.

Следует иметь в виду, что угол сгиба имеет меньшее влияние на требуемое усилие и спружинивание чем ширина щели матрицы и марка стали. Спружинивание может быть скомпенсировано перегибом на соответствующий угол.

Изгибающее усилие (P)

Требуемое изгибающее усилие можно подсчитать с помощью приведенной ниже формулы. Все размеры должны быть выражены в мм, а результат выражается в тоннах (1 т соответствует 10 кН) с точностью ±20%. Используемые в формуле обозначения указаны на рисунке 1. Прочность листа на растяжение R_m можно узнать по таблице 4.

$$P = \frac{1,6 \times b \times t^2 \times R_m}{1000 \times W}$$

Если радиус гибочного пуансона значительно больше радиуса, указанного в таблице 1, требуемое усилие может оказаться больше значения, полученного по этой формуле. Для компенсации такого увеличения усилия следует соответственно увеличить ширину щели матрицы.

Сталь	Толщина листа (мм)			
	10	20	30	60
S355 / EUROX355	10	20	30	60
WELDOX700	8	16	24	48
WELDOX 900/960	7	14	21	42
HARDOX 400	6	13	19	38
	↓	↓	↓	↓
Изгибающее усилие на 1 м (т)	120	240	330	660
при ширине щели матрицы (W) (мм)	75	150	240	480

Таблица 2

Толщины листов, при которых требуется одно и то же изгибающее усилие на единицу длины сгиба, при различных значениях ширины щели матрицы W.

Пример 1

Имеющийся пресс пригоден для гибки стальных листов EN10025-S355 толщиной не более 20 мм в матрице с шириной щели 150 мм.

Какова будет максимальная толщина листа HARDOX 400, который можно будет согнуть в этом прессе, при той же длине сгиба?

Изгибающее усилие останется тем же самым, отличаться будут только толщина листа (t) и прочность на растяжение (R_m). После подстановки значений в формулу и упрощения получим:

$$20^2 \times 550 = t^2 \times 1250$$

Толщина листа HARDOX составит 13,3 мм. При этом соотношение W/t листа HARDOX 400 составит $150/13,3 = 11,3$, что, согласно таблице 1, является удовлетворительным значением.

Пример 2

Для изготовления 2000-мм кронштейна необходимо согнуть стальной лист. Возможны два следующих варианта:

а) Использование 10-мм листа стали EN 10025-S355 с типичным значением прочности на растяжение 550 Н/мм².

б) Использование 7-мм листа стали WELDOX 700 с типичным значением прочности на растяжение 860 Н/мм².

В обоих случаях используется штамп, щель матрицы которого имеет ширину 100 мм. Каково необходимое усилие в первом и втором случаях?

В случае EN 10025-S355:

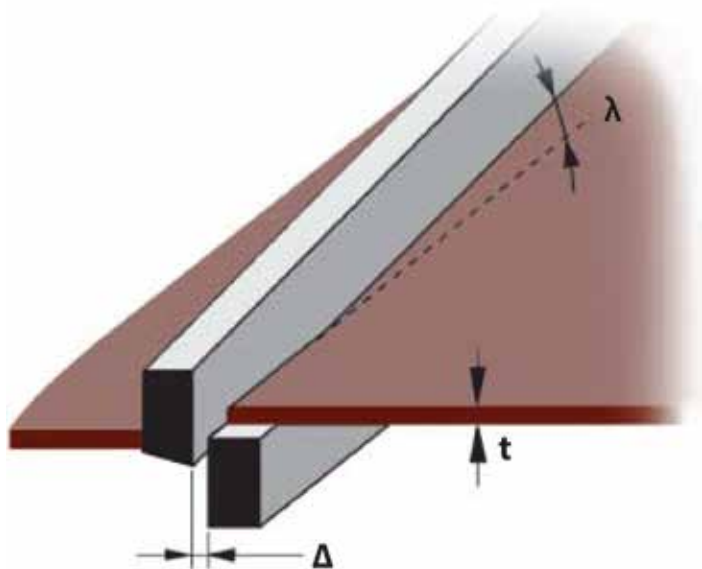
$$P = \frac{1,6 \times 2000 \times 10 \times 10 \times 550}{10000 \times 100} = 176 \text{ т}$$

В случае WELDOX 700:

$$P = \frac{1,6 \times 2000 \times 7 \times 7 \times 860}{10000 \times 100} = 135 \text{ т}$$

Так как толщина листа имеет большее влияние чем прочность, необходимое усилие для гибки листа WELDOX 700 в этом случае меньше.

Резка механическими ножницами



Высокопрочные стали можно резать ножницами. Чем больше прочность на растяжение (предел прочности на разрыв), тем больше необходимое усилие резки. С увеличением прочности на растяжение увеличивается также износ инструментов, в связи с этим резка **WELDOX 1100**, **HARDOX 450** и еще более высокопрочных сталей не рекомендуется.

Для обеспечения удовлетворительных результатов при резке ножницами листов из высокопрочной стали необходимо использовать хорошие инструменты и правильные установки параметров резания. Следует иметь в виду, что наши рекомендации по установкам являются лишь общими рекомендациями. В конкретных случаях выбор диктуется устойчивостью станка и состоянием лезвий.

Лезвия

Лезвия должны быть твердыми и острыми, со слегка скругленными кромками.

Зазор, Δ

Зазор является наиболее важным параметром для достижения хороших результатов. Чем больше прочность на растяжение (таблица 3), тем больше должен быть зазор между неподвижным и движущимся лезвиями. Неправильный зазор приведет к образованию дефектов на поверхностях разреза, что может привести к растрескиванию при последующей сварке или гибке листа.

Передний угол ножниц, λ

Чем больше передний угол тем меньше требуемое режущее усилие, однако с увеличением переднего угла возрастает вероятность проскальзывания листа вбок и деформации (скручивания) отрезаемого куска листа. Обычно при резке высокопрочных листов угол следует увеличить (рисунок 2 и таблица 3).

Режущее усилие, P

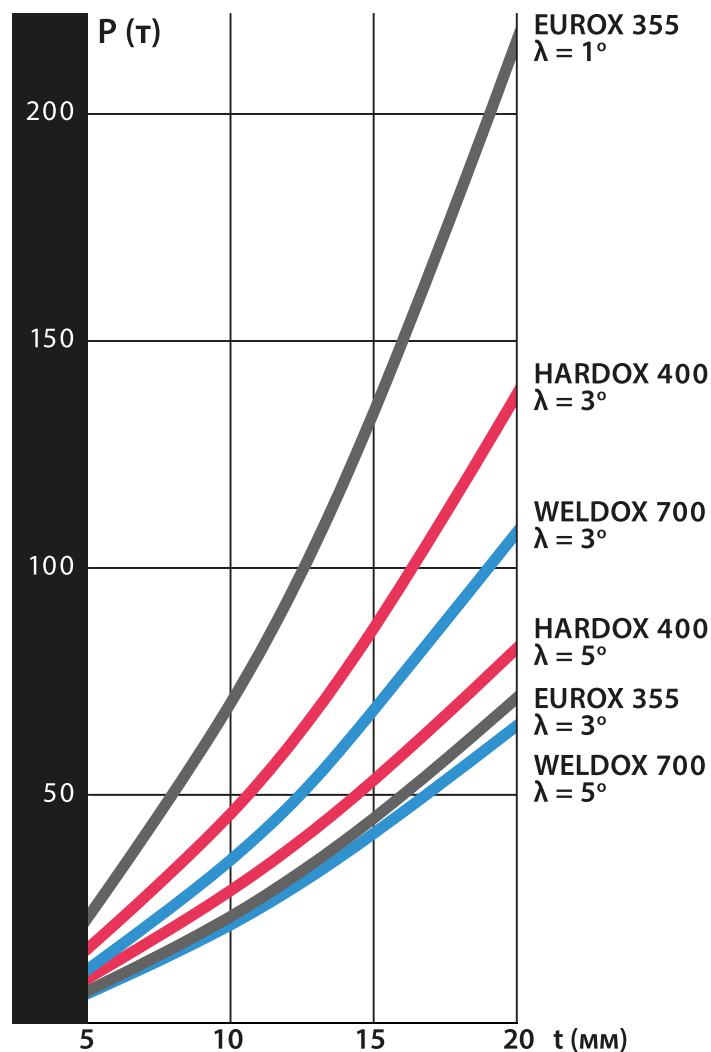
При неизменном переднем угле режущее усилие линейно возрастает с ростом прочности листа (рисунок 3 и таблица 4).

Установки зазора и переднего угла для листов разной толщины

Сталь	Зазор, Δ как % от t	Передний угол ножниц, λ (°)
EUROX 355	8-10	1-5
WELDOX 420	8-10	1-5
WELDOX 500	9-12	2-5
WELDOX 700	12-15	3-5
WELDOX 900	14-16	3-5
WELDOX 960	14-16	3-5
HARDOX 400	16-18	3-5

Резка листовой стали

Режущее усилие в зависимости от толщины и переднего угла λ



Сталь	Прочность на растяжение R_m (Н/мм ²)	Относительное удлинение (%)	Твердость (HBW)
S355 согласно EN10025	550	28	180
EUROX 355	525	28	170
WELDOX 420	550	23	180
WELDOX 500	620	20	200
WELDOX 700	860	17	260
WELDOX 900	1030	15	315
WELDOX 960	1050	15	325
WELDOX 1100	1350	11	430
HARDOX 400	1250	10	400
HARDOX 450	1400	9	450
HARDOX 500	1550	8	500

