

## **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ С ЛИСТОВЫМ МАТЕРИАЛОМ компании «АМТ Инжиниринг»**

*В статье рассмотрены технологические процессы и оборудование компании «АМТ Инжиниринг» для продольной, поперечной и продольно-поперечной резки листового материала и производства самых различных профилей, применяемых для кровельных покрытий, облицовки стен и других объектов промышленного назначения. Приведены технические характеристики автоматических линий резки рулонного материала и профилегибочных автоматических линий и машин гибки.*

Современный способ прокатки листовой стали является рулонный, при котором металл в горячем или холодном состоянии прокатывается в виде длинных полос, сматываемых в рулоны. Прокатка в рулонах позволяет максимально автоматизировать производство и увеличить производительность. На металлургических предприятиях окончательные отделочные операции листопркатного производства связаны с повышением качества листовой продукции для удовлетворения потребностей рынка. Линия окончательной отделки, как правило, оснащена широкополосным разматывателем рулонов, сварочной машиной, для сварки рулонов в одну полосу внахлест, агрегатом для продольной резки рулонной полосы, промасливающей машиной для нанесения на поверхность полосы масла с целью защиты от коррозии и линией упаковки полосы.

Листовая сталь необходима для расширения производства жести, сварных газонефтепроводных труб, гнутых профилей, листовых деталей автотракторной промышленности и др. Применение гнутых профилей взамен тяжелых строительных профилей дает существенную экономию металла.

В настоящее время на смену профилегибочным станам для изготовления стальных холодногнутых листовых профилей мерной длины 6, 12 и 24 м, занимающих большие площади и рассчитанных на большие объемы производства и высокую производительность, пришли компактные профилегибочные линии для производства гнутых профилей любой длины.

Компания «АМТ инжиниринг» специализируется на разработке и освоении новых ресурсосберегающих комплексных технологий обработки металлов давлением и современного автоматизированного оборудования пластического формообразования, реализующего эти технологии. **Основной принцип деятельности компании – новизна и экономическая обоснованность принимаемых технических решений, идеальное качество получаемой продукции, высокая надежность изготавливаемого оборудования.**

Одним из основных направлений деятельности компании является совершенствование технологии и оборудования производства изделий из листового материала.

Компания «АМТ инжиниринг» разработала и выпускает гамму автоматических линий предназначенных для продольной, поперечной и продольно-поперечной резки рулонного листового материала. Линии резки, выпускаемые компанией, подразделяются на три серии в зависимости от толщины разрезаемого материала и скорости резки (табл.1-3).

Первая серия используется для резки материала толщиной до 1,0 мм со скоростью 10 – 50 м/мин.

Вторая серия - для резки материала толщиной до 2,0 мм со скоростью 20 – 80 м/мин.

Третья серия - для резки материала толщиной 2,0 – 6,0 мм со скоростью 20 – 100 м/мин. Линии третьей серии могут быть укомплектованы рулоноразматывателем грузоподъемностью до 40 т.

Таблица 1. Технические характеристики автоматических линий продольной резки рулонного материала компании «АМТ инжиниринг»

Линия	Ширина полосы, мм	Толщина полосы, мм	Масса рулона, т	Скорость подачи полосы, м/мин
ЛР 125	500-1250	0,4-1,0	8	25
ЛР 160	500-1600	0,4-1,0	8	25
ЛР 125-2	500-1250	0,4-2,0	10	25
ЛР 160-3	500-1600	0,4-3,0	16	25 (50)
ЛР 160-6	500-1600	1,0-6,0	20	50 (100)

Таблица 2. Технические характеристики автоматических линий поперечной резки рулонного материала компании «АМТ инжиниринг»

Линия	Ширина полосы, мм	Толщина полосы, мм	Масса рулона, т	Скорость подачи полосы, м/мин	Длина листов, мм	Укладка
ЛПР 125	1000-1250	0,4-2,0	10	25	500-6000	Ручная
ЛПР 160	1000-1600	0,4-2,0	10	25	500-6000	Ручная
ЛПР 160ТА	1000-1600	0,4-5,0	16	25	500-6000	Автомат.

Таблица 3. Технические характеристики автоматических линий продольно-поперечной резки рулонного материала компании «АМТ инжиниринг»

Линия	Ширина полосы, мм	Толщина полосы, мм	Масса рулона, т	Скорость подачи полосы, м/мин	Длина листов, мм	Укладка
ЛППР 125	500-1250	0,4-2,0	10	25	500-2500	Ручная
ЛППР 150	500-1500	0,4-2,0	10	25	500-2500	Автомат.
ЛППР 150Т	500-1500	0,4-2,0	12	28	500-3000	Автомат.

В системах автоматического управления линиями используются комплектующие таких фирм как Mitsubishi, Omron, Hitachi, Siemens, Allen-Bradley, по согласованию с заказчиком могут использоваться отдельные машины и устройства ведущих мировых производителей.

Так, автоматические линии продольно-поперечной резки рулонного металла «АМТ инжиниринг» (рис.1) используют правильно-режущую машину фирмы FORSTNER. Линии используются для разрезки широкорулонной листовой стали на узкие полосы заданной ширины, сматываемых в рулоны, перемотки ленты, а также для изготовления технологических карт (заготовок) прямоугольной формы заданной ширины и длины.

Линия применяется в раскройно-заготовительных цехах различных отраслей промышленности, использующих для производства листовых деталей рулонный холоднокатаный прокат, оцинкованный прокат, прокат с полимерным покрытием.

В состав линии продольно-поперечной резки входят (рис.1): разматыватель 1, правильно-режущая машина 2 конструкции «АМТ инжиниринг» или фирмы FORSTNER, пакетирующее устройство 3, стол роликовый 4, направляющее устройство 5, рулононаматыватель 6, тележка 7 для удаления рулонов, привод 8 гидро-пневмосистемы и пульт управления 9.

Линию резки обслуживают два оператора.

Перемотка ленты осуществляется в следующей последовательности.

Исходный рулон устанавливают на барабан разматывателя 1. Вручную осуществляют заправку ленты в направляющие планки правильно-режущей машины 2 до тянущих валков 10, при этом правильные валки и верхний ножевой вал дисковых ножниц продольной резки должны быть подняты.

В режиме наладки осуществляют подачу ленты в отрезные ножницы (гильотину) 11 и обрезают кромку. Затем переводят роликовый стол 4 в верхнее положение и осуществляют подачу ленты через направляющее устройство 5 в рулононаматыватель 6 и переключают линию на автоматический режим работы. При перемотке ленты на делительном вале направляющего устройства должен быть установлен соответствующий комплект втулок, подвижная балка тормозного устройства 12 должна находиться в нижнем положении, а тележка 7 для съема рулонов под барабаном рулононаматывателя 6.

Перемотку ленты осуществляют в автоматическом режиме до заданной длины, контролируемой датчиком длины 13. После намотки заданной длины ленты подача ленты прекращается. Оператор переводит управление линии в ручной режим, отрезает ленту, в случае ее неполной перемотки и снимает намотанный рулон, используя тележку 7 с подъемной платформой.

Последовательность действий обслуживающего персонала при операции разрезки широкорулонной листовой стали на узкие полосы заданной ширины, сматываемых в рулоны, аналогична операции перемотки.

При резке ленты на узкие полосы в правильно-режущей машине 2 опускают верхний ножевой вал дисковых ножниц, осуществляют настройку дисковых ножниц на резку требуемого количества полос заданной ширины, пользуясь настроенной линейкой и концевыми мерами длины. В направляющем устройстве 5 устанавливают на делительный вал комплект разделительных втулок, соответствующий количеству и ширине разрезаемых полос, для отделения узких полос друг от друга при их намотке на барабан рулононаматывателя 6.

При резке ленты на мерные листы (технологические карты) осуществляют регулировку пакетирующего устройства 3 в соответствии с размерами листов и настройку правильного устройства для достижения оптимальной для данного материала и его толщины степени деформации, обеспечивающей правку полосы путем многократного пластического изгиба в плоскости наименьшей жесткости полосы.

Установленная степень деформации фиксируется, и затем в ручном режиме осуществляют подачу и отрезку первой заготовки. Производят замеры длины заготовки и качества ее правки и переходят на автоматический режим работы линии.

После отрезки заданного количества листов подача ленты прекращается. Оператор переводит управление линии в ручной режим, осуществляет отгрузку пакета листов на склад готовой продукции и подготавливает линию для выполнения очередного заказа.

На опытном производстве инженерного центра (рис. 2, фото) специалистами компании осуществляется сборка и предпродажная наладка автоматических линий. На переднем плане снимка – автоматическая линия продольно-поперечной резки рулонного материала.

Компания «АМТ инжиниринг» разрабатывает и выпускает профилегибочные автоматические линии для изготовления стандартных профилей (ГОСТ 24045-94), применяемых для кровельных покрытий и облицовки стен, и самых различных профилей промышленного назначения, выполняемых по отдельным заказам. Отличительной особенностью профилегибочных линий «АМТ инжиниринг» является их ориентация на высокую маневренность и быстроту переналадки при массовом производстве индивидуальных заказов. Идеальное качество поверхности и точность размеров гарантируются в не зависимости от толщины листа, покрытия и предела прочности материала (марки стали). Компанией освоен выпуск 6 серий профилегибочных автоматических линии (табл.4), предназначенных для производства гнутых профилей.

Таблица 4. Технические характеристики профилегибочных автоматических линий компании «АМТ инжиниринг»

Линия	Исходный материал		Макс. высота профиля, мм (покрытие)	Макс. скорость профилирования, м/мин	Установленная мощность, кВт
	Толщина, мм	Ширина, мм			
LPRF60.U	0,5-0,9	1250	75	50	50
LPRF100.U	0,5-1,0	900/1000	50/100	50	70
LPRF200.U	0,5-1,0	1100/1200	150/200	50	100
LPRF160.U	0,5-2,0	900/500	160	60	111
PRF 8	0,5-0,8	1250	8	50	18
PRF 21	0,5-0,7	1250	21	50	22
PRF 35	0,5-0,8	1250	35	50	32
PRF 60	0,5-0,9	1250	60	50	32
PRF 75	0,7-0,9	1250	75	50	60
PRF 114	0,8-1,0	1250	114	50	72
LGRF50	0,55-2,0	80-350 (450)	Цинковое, полимерное	60	28
ЛПБ 55	0,7-1,5 (3,0)	До 337	Цинковое	40 (60)	36
ЛПЭК 450	0,5-0,7	Масса рулона-2т	Цинковое, полимерное	25	Длина профиля 2000-3000 мм
ЛТ 350	0,5	Масса	Цинковое,	16	Длина профиля
ЛПКВ 400	0,5-0,7	рулона-2т	полимерное	20	400-12000 мм

Универсальные линии серии LPRF.U (рис.3, фото) предназначены для производства различных видов профилей. Линии комплектуются по агрегатно-модульному принципу. В состав универсальных линий серии LPRF.U (рис.4) входят рулоноразматыватель 1, машина профилирующая 2, транспортер укладчик 3, устройство транспортное 4, гидростанция 5, пульт управления центральный 6, пульт наладочный 7, шкаф управления 8.

Машина профилирующая, входящая в состав универсальных линий, состоит из следующих основных узлов и механизмов:

- станины, представляющей собой сборную конструкцию из четырех сварных рам, стянутых между собой болтами;
- устройства опорного для приема рулонной ленты от разматывающего комплекса;
- ножниц роликовых для отрезки рулонной ленты при замене рулона на рулоноразматывателе;
- устройства смачивающего для нанесения на движущуюся ленту слоя жидкости, предотвращающего налипания цинкового покрытия на профилирующие ролики;
- устройства направляющего для точного выставления ленты по оси профилирования перед ее подачей в профилирующий модуль;
- устройства подающего для захвата рулонной ленты, поступающей из направляющего устройства, и подачи ее в профилирующий модуль;
- модуль профилирующий с прокатными клетями для выполнения поэтапной подгибки требуемого профиля из рулонного материала;
- ножницы отрезные для отрезки профиля заданной длины от профилируемой рулонной ленты;
- датчика длины, установленного между двумя последними, по ходу профилирования, клетями и обеспечивающего отрезку профилей заданной длины.

В машине профилирующей может быть установлено до семи модулей. При установке шести модулей на место первого модуля устанавливают дополнительное съемное направляющее устройство. При установке менее шести модулей перед профилирующими модулями устанавливают съемное направляющее устройство, а перед ним специальные проставки для ограничения провисания ленты.

Стационарные линии серии PRF (рис.5, фото) предназначены для производства одного вида профиля или для изготовления металлочерепицы «Монтерей» и «Супермонтерей».

Линии серии LGRF предназначены для производства сайдинг-панелей, профилей для крепления гипсокартонных плит, оконных профилей, профилей сложной конфигурации. В линиях встраивается устройство перфорации.

Автоматическая линия серии ЛПБ предназначена для изготовления термопрофилей специального назначения, открытых или замкнутых, с перфорацией и без перфорации.

Автоматическая линия серии ЛПЭК предназначена для изготовления элементов кровли (конек, уголок, ветровая доска и др.).

Автоматические линии серии ЛТ и ЛПКВ предназначены для изготовления водосточных труб прямоугольного, квадратного и круглого сечений.

С целью достижения высокого качества, производительности и расширения технологических возможностей профилегибки автоматические линии выполнены с использованием новых, апробированных на практике, технических решений [1, 2].

Так минимизация времени переналадки достигается оригинальными конструктивными особенностями линии, заключающимися в том, что каждые 5 прокатных клеток профилегибочной машины 2 (рис.4) образуют автономный модуль, имеющий быстросъемное крепление к общей опорной раме линии. При переналадке на новое изделие производят замену прокатных модулей. Время переналадки линии с одного профиля на другой в зависимости от количества задействованных прокатных клеток колеблется от 15 до 40 мин.

Автономные модули профилегибочных линий имеют жесткую сварную конструкцию станины, в параллельных щеках которой выполнены с одной установки посадочные гнезда для подшипниковых опор прокатных горизонтальных валков. Такое решение гарантирует параллельную установку валков прокатных клеток в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

В прокатных клетях подшипниковая опора нижнего горизонтального валка выполнена с цилиндрическим посадочным гнездом, а верхняя подшипниковая опора выполнена с коническим посадочным гнездом, с возможностью перемещения вдоль оси валка для осуществления наладки и, при необходимости, быстрой замены прокатного валка.

Каждый автономный модуль снабжен индивидуальным приводом нижнего горизонтального валка и/или верхнего горизонтального валка для оптимизации скоростного режима при осуществлении прецизионного профилирования в зависимости от геометрии и технологических особенностей профиля в пределах клеток данного модуля.

Индивидуальные приводы автономных модулей прокатки снабжены средством синхронизации вращения прокатных валков соседних модулей для обеспечения скоростного режима, обеспечивающего минимальные потери на трение (минимальное проскальзывание валков по поверхности заготовки) при переходе профилирования листового материала в группу клеток последующего модуля и исключения рассогласования частот вращения упомянутых валков в прокатных клетях.

В каждом автономном модуле две соседние прокатные клетки кинематически связаны между собой электронным и/или механическим средством синхронизации вращения валков для задания нужной степени рассогласования или согласования частот вращения, обеспечивая в зависимости от технологии требуемую степень переднего или заднего натяжения.

В автономном модуле между горизонтальными прокатными валковыми клетями дополнительно установлены валковые клетки с вертикальными валками, не приводными или

приводными для исключения увода в сторону листового профиля во время прокатки и исключения коробления листа.

В автоматических линиях резки и профилирования листового материала используются самые современные компьютерные системы управления, позволяющие автоматически корректировать параметры движения ленты в зависимости от толщины, покрытия и жесткости металла, а также эффективно управлять ходом выполнения операций технологического процесса.

Прокатные валки выполнены сборными, состоящими из рабочего вала и укрепленных на них профилирующих роликов и дистанционных колец. Профилирующие ролики изготавливают из легированной конструкционной стали X12 (X12Ф1) с термической обработкой и последующей чистовой обработкой на шлифовальных станках.

При изготовлении сортовых и гофрированных профилей предпочтительней использовать последовательную или комбинированную систему калибровок валков.

Последовательная калибровка валков обеспечивает получение качественного профиля путем подгибки и профилирования гофров последовательно, начиная от оси профиля и заканчивая периферийными участками. При такой системе калибровки валков процесс подгибки и профилирования гофров осуществляется по облегченному режиму благодаря наличию свободных, незащемленных периферийных участков.

При комбинированной системе калибровки валков профилирование полосы начинают с одновременной, постепенной подгибки двух или более гофров срединного участка с последующей, последовательной подгибкой и профилированием периферийных участков. Преимуществом комбинированной калибровки валков является то, что она обеспечивает в начальной стадии профилирования устойчивое положение полосы относительно оси профилирования.

Отметим некоторые особенности расчета и конструирования калибровки прокатных валков для изготовления профилированного листа Н60×845×0,70-0,90 (ГОСТ24045-94) из оцинкованной рулонной стали шириной 1250 мм.

Для изготовления профиля была принята комбинированная система калибровки валков в три этапа. На рис.6 приведены технологические схемы калибровки валков прокатных клетей для профилирования листа.

На первом этапе профилирования в клетях 1-12 (рис.6,а) осуществляли одновременную подгибку-формовку двух центральных гофров профиля. На втором этапе (рис.6,б) в клетях 13-23 - одновременную подгибку-формовку двух симметрично расположенных периферийных гофров и в клетях 24-28 периферийных полок. На третьем этапе (рис.6,в) в клетях 29-30 осуществляли одновременную формовку ребер жесткости и калибровку профилированного листа по всей ширине. На каждом из рисунков (рис.6,а; 6,б и 6,в) показаны конечные сечения подгибаемого профиля, соответствующие данному этапу формообразования.

Автономные модули профилирующей линии были снабжены индивидуальным приводом только нижних горизонтальных валков. Подгибка профиля гофр на всех этапах профилирования осуществлялась переменным радиусом, обеспечивающим последовательное, постепенное деформирование всего участка закругления с минимальной возможностью разрушения цинкового покрытия. В условиях перекрытия профиля при одновременной формовке двух центральных гофр большие радиусы закруглений позволяли осуществлять перетяжку металла без утонения металла в местах изгиба с минимальным относительным скольжением.

Для оптимизации режимов профилирования была разработана автоматизированная программа расчета, позволяющая осуществлять выбор основных параметров формообразования по переходам (клетям) для обеспечения равномерного поперечного перемещения листового металла в процессе его деформации. Фрагмент расчета (табл.5) показывает, что при выбранной системе калибровки валков равномерность деформации может быть достигнута по режиму

подгибки со следующим приращением углов: 20,5-37,5-45-51,5-57-62,5-68-71 для подгибки двух внутренних боковых граней центральных гофров и 8,5-18,5-24-28-32-35-37,8-43,5-52-60-67-71 для подгибки периферийных боковых граней. Поперечное перемещение за переход в клетях 2-11 находилось в диапазоне 6,6-7,0 мм. Расчет выполнен с использованием программы MS Excel.

Таблица 5. Одновременная формовка двух центральных гофров профиля Н60×845×0,70-0,90

№ п/п	Параметры / № клетки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Угол подгибки центральных боковых граней гофров, $\alpha$	<b>20,5</b>	<b>37,5</b>	<b>45</b>	<b>51,5</b>	<b>57</b>	<b>62,5</b>	<b>68</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>
2	Угол подгибки периферийных боковых граней гофров, $\beta$	<b>8,5</b>	<b>18,5</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>32</b>	<b>35</b>	<b>37,8</b>	<b>43,5</b>	<b>52</b>	<b>60</b>	<b>67</b>	<b>71</b>
3	Высота центральной боковой грани гофра, $h_a$	22,2	38,6	44,9	49,7	53,2	56,3	58,8	60	60	60	60	60
4	Высота периферийной боковой грани гофра, $h_b$	9,4	20,1	25,8	29,8	33,6	36,4	38,8	43,7	50,0	55,0	58,4	60
11	Радиус внутренних закруглений при подгибке центральных частей гофров, $r_1$	16,5	8,8	7,3	6,3	5,7	5,2	4,7	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
13	Радиус внутренних закруглений при подгибке боковых частей гофров, $r_2$	40,2	18,3	14,0	12,0	10,4	9,5	8,8	7,6	6,3	5,4	4,8	4,5
17	Поперечное перемещение листа, $X$	<b>9,0</b>	<b>15,9</b>	<b>22,5</b>	<b>29,1</b>	<b>35,7</b>	<b>42,4</b>	<b>49,3</b>	<b>56,1</b>	<b>62,6</b>	<b>69,6</b>	<b>76,2</b>	<b>80,2</b>
18	Поперечное перемещение за переход, $X_i$		<b>6,9</b>	<b>6,6</b>	<b>6,6</b>	<b>6,6</b>	<b>6,6</b>	<b>6,9</b>	<b>6,8</b>	<b>6,6</b>	<b>7,0</b>	<b>6,6</b>	<b>3,9</b>
23	Диаметр валка, $D_1$	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
24	Диаметр валка, $D_2$	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
28	Диаметр валка, $D_6$	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130

Для производства гнутых профилей из рулонной стали с защитно-декоративным покрытием и цветных сплавов профилегибочной линии дополнительно снабжены шестеренными клетями привода и синхронизации вращения прокатных валков. При разработке технологии формообразования изделий из таких материалов необходимо особое внимание уделять выбору скоростного режима профилирования для обеспечения минимального проскальзывания валков по поверхности заготовки на наиболее нагруженных участках профиля. Необходимо места изгиба деформировать участками профилегибочных роликов, лежащими на окружностях их основных диаметров, имеющих одинаковые линейные скорости. Скорость профилирования (скорость движения профилируемой заготовки) в каждой прокатной клетке определяется суммарным действием на нее всех контактных участков верхнего и нижнего валков, поэтому для созданию оптимального скоростного режима с минимальными энергетическими потерями следует применять в рабочих калибрах профилегибочных роликов углы и участки освобождения. Правильной калибровкой валков возможно, не прибегая к последовательному увеличению основных диаметров профилирующих роликов, обеспечить постоянное от клетки к клетке натяжение профилируемой заготовки.

При формообразовании профилей повышенной точности для последующей их селективной сборки в составе изделия целесообразно в автоматических линиях использовать многониточное, одновременное профилирование двух и более профилей, по примеру производства шариковых направляющих мебельной фактуры [3], где линия сборки изделий является непосредственным продолжением линии профилирования. Такое решение позволяет

не только увеличить производительность, но и повысить качество сборки изделия за счет повышения размерной точности, входящих в изделие профилей, формообразование которых осуществляется в идентичных условиях одной наладки.

Дальнейшее повышение качества гнутых профилей компания «АМТ инжиниринг» связывает с использованием высокоэффективного программного обеспечения, в частности программного комплекса COPRA ROLLFORM. Использование программного комплекса позволит моделировать процесс профилирования новых изделий, анализировать напряженно-деформированное состояние, возникающее в материале листовой заготовки, оптимизировать технологические параметры процесса и калибровку валков.

В развитии высокоэффективной профилирующей технологии листового материала компания «АМТ инжиниринг» предлагает новый способ изготовления лонжеронов грузовых автомобилей. В основе нового способа изготовления – последовательное непрерывное профилирование продольного фасонного и, меняющегося по длине, поперечного П-образного профиля лонжерона или другого длинномерного корытообразного профиля с переменным продольным и поперечным сечениями. Основные технические решения, реализующие новый способ изготовления, заявлены на получение патента.

Компания успешно провела моделирование нового способа формообразования лонжеронов автомобилей МАЗ в масштабах М1:16 и М1:5 с соблюдением условий подобия процессов пластической деформации.

В настоящее время ведутся коммерческие переговоры с ведущими производителями грузовых автомобилей Республики Беларусь и Российской Федерации по разработке и освоению производства опытно-промышленных образцов новой техники для профилирования из полосовой заготовки длинномерных изделий с переменным продольным и поперечным сечениями.