

Создание способа производства строительных профилей путем непрерывной деформации ленты из бухты материала на профилегибочных линиях сегодня является одним из самых крупных достижений в области мирового машиностроения.

В России до последнего времени использовались линии, выпускающие профнастил мерной длины 6000 и 12000 и 24000 мм, и потребителям данной продукции приходилось «подгонять» длину листа непосредственно при монтаже, а это требовало дополнительных трудозатрат (т.е. увеличивало время и стоимость строительства). Лист, обрезанный без специальной технологии, в местах реза подвергался интенсивной коррозии, что негативно сказывалось на качестве и долговечности строительной конструкции.

Учитывая все эти недостатки и идя навстречу интересам потребителя, производители решили использовать индивидуальный подход к выполнению заказов. Теперь профнастил изготавливается с учетом таких важных требований, как цвет, покрытие, толщина листа, и, что самое главное, стало возможным производство листов профнастила любой длины с точностью до 1 мм, что позволило достигнуть максимальной минимизации отходов. Таким образом, на смену массовому серийному производству — пришло массовое производство индивидуальных заказов.

Компания «АМТинжиниринг» разрабатывает и выпускает профилегибочные линии, предназначенные для изготовления самых различных профилей, как типовых, применяемых для кровельных покрытий и облицовки стен, так и нестандартных, выполняемых по специальному заказу.

Для минимизации времени переналадки профилирующих инструментов при переходе с одной формы профиля на другую мы разработали запатентованную конструкцию оригинального модуля из пяти клеток, установленных в одном блоке, имеющего быстросъемное крепление к общей опорной раме. Данная конструкция позволила сократить время переналадки до 15-60 мин, в зависимости от числа модулей. Идеальное качество получаемой продукции и высокая надежность профилегибочной линии достигается за счет применения новых технических решений:

- автоматизации процесса смены рулона на размотчике;
- создания оригинального узла подачи ленты с тянущими полиуретановыми роликами с предварительным центрированием и регулированием продольной оси ленты;
- автоматического штабелирования профиля с помощью электромагнитов;
- формирования выверенных штабелей профиля с помощью роликов с выраженной винтовой линией и возможностью регулировки по высоте;
- подачи сформированных штабелей на примыкающие установки обвязки и упаковки;
- защиты чувствительной (окрашенной) поверхности профиля бумагой или методом смазывания маслом;
- оснащения всех модулей индивидуальными приводами, позволяющими плавно изменять скорость профилирования, обеспечивать необходимый натяг и подпор;
- использования самой современной компьютерной системы управления, которая позволяет автоматически корректировать параметры движения ленты на машине в зависимости от покрытия ленты, жесткости металла, толщины, а также управлять всеми процессами движения профилегибочной линии.

Компания «АМТинжиниринг» 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 производства «АМТинжиниринг» является их ориентация на

высокую маневренность и быстроту переналадки при массовом производстве индивидуальных заказов. Идеальное качество поверхности и точность размеров гарантируются вне зависимости от толщины листа, покрытия и предела прочности материала (марки стали).

Нашим предприятием освоен выпуск 6 серий профилегибочных автоматических линий (табл.4), предназначенных для производства гнутых профилей.

Таблица 4. Технические характеристики профилегибочных автоматических линий «AMTинжиниринг»

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	80
LPRF100.U	0,5-1,0	900/1000	50/100	40	70
LPRF200.U	0,5-1,0	1100/1250	150/200	40	100
LPRF160.U	0,5-2,0	900/1500	160	40	90
PRF 8	0,5-0,8	1250	8	40	18
PRF 21	0,5-0,7	1250	21	40	22
PRF 35	0,5-0,8	1250	35	40	32
PRF 60	0,5-0,9	1250	60	40	32
PRF 75	0,7-0,9	1250	75	40	60
PRF 114	0,8-1,0	1250-1500	114	20	72
LGRF50	0,55-2,0	80-350 (450)	Цинковое, полимерное	50	12
ЛПБ 55	0,7-1,5 (3,0)	До 337	Цинковое	40	36
ЛПЭК 450	0,5-0,7	Масса рулона-2т	Цинковое, полимерное	25	Длина профиля 2000-3000 мм
ЛТ 350	0,5	Масса рулона-2т	Цинковое, полимерное	16	Длина профиля 400-12000 мм
ЛПКТ 100	0,5-0,7	рулона-2т	Цинковое, полимерное	20	Длина профиля 400-12000 мм

Универсальные линии серии LPRF.U предназначены для производства различных видов профилей. Линии комплектуются по агрегатно-модульному принципу. В состав универсальной линии серии LPRF.U входят рулоноразматыватель, машина профилирующая, транспортер укладчик, устройство транспортное, гидростанция, пульт управления центральный, пульт наладочный, шкаф управления.

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;
- ножиц 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 устанавливается дополнительное съемное направляющее устройство. При установке менее шести модулей перед профилирующими модулями устанавливается съемное направляющее устройство, а перед ним специальные проставки для ограничения провисания ленты.

Стационарные линии серии PRF 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<sup>1, 2</sup>.

Так минимизация времени переналадки достигается оригинальными конструктивными особенностями линии, заключающимися в том, что каждые 5 прокатных клетей профилегибочной машины 2 (стр.4 приложения) 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 клетей 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 клетей 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 ре-

<sup>1</sup> Патент 23804 РФ, В 21 D 5/06 Линия для изготовления листового профиля (автор: Рудович А.О.).

<sup>2</sup> Патент 521 РФ, В 21 D 5/06, В 21 D 5/12 Линия для изгот. листового профиля (автор: Рудович А.О.)

жима при осуществлении прецизионного профилирования в зависимости от геометрии и технологических особенностей профиля в пределах клетей 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 клетей 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 изготавливаются 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 стр. 6-8 приложения приведены технологические схемы калибровки валков прокатных клетей для профилирования листа.

На первом этапе профилирования в клетях 1-12 (стр. 6) осуществляли одновременную подгибку-формовку двух центральных гофров профиля. На втором этапе (стр. 7) в клетях 13-23 - одновременную подгибку-формовку двух симметрично расположенных периферийных гофров и в клетях 24-28 периферийных полок. На третьем этапе (стр. 8) в

клетях 29-30 осуществляли одновременную формовку ребер жесткости и калибровку профилированного листа по всей ширине. На каждом из рисунков (стр. 6, 7 и 8) показаны конечные сечения подгибаемого профиля, соответствующие данному этапу формообразования.

Автономные модули профилегибочной линии снабжены индивидуальным приводом только нижних горизонтальных валков. Подгибка профиля гофр на всех этапах профилирования осуществляется 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 позволяют осуществлять перетяжку металла без утонения металла в местах изгиба с минимальным относительным скольжением.

Для оптимизации режимов профилирования 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.

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 клети 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 клети к клети 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, 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.