

УДК 53.084.823

РАЗРАБОТКА ТЕХНОДОГИИ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СБОРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Асеев Александр Сергеевич⁽¹⁾, Берестова Ирина Владимировна⁽²⁾

Студент 6 курса⁽¹⁾, студент 6 курса⁽²⁾,

кафедра «Оборудование и технологии обработки давлением»

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана,

Научный руководитель: А.С. Езжеев,

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии
обработки давлением»*

В настоящее время в строительной индустрии все шире начинает применяться изготовление зданий и сооружений из легких металлических конструкций (панелей), производимых на заводе-изготовителе, с последующей доставкой на строительную площадку для сборки из них несущего каркаса здания. Ведущей фирмой в этом направлении является финская фирма Rosette Systems Ltd, производящая специализированные автоматические линии для изготовления панелей.

Наша промышленность таких специализированных линий не производит, в связи с чем настоящая работа является актуальной.

Конструкция панелей показана на рис. 1. Она состоит из двух типов профилей, продольного (рис.2), в котором выполняются отверстия с отбортовкой, и поперечного (рис.3), в котором выполняются отверстия с диаметром, несколько большим наружного диаметра отбортовки.



Рис 1. Общий вид панели



Рис. 2. Продольный профиль



Рис. 3. Поперечный профиль

При сборке панели (рис.4) поперечный профиль вставляется в продольный так, чтобы отбортовка одного входила в отверстие другого. Путем развальцовки борта образуется неразъемное соединение профилей.



Рис. 4. Соединение профилей

Профили изготавливаются путем последовательной гибки ленты в рабочих клетях профилегибочного стана. На рис. 5 и 6 показано последовательное формоизменение профилей в клетях станов.

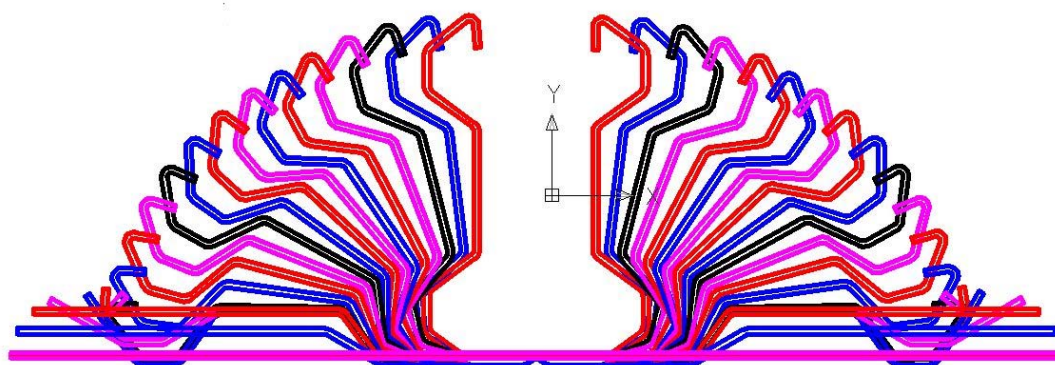


Рис. 5 Переходы гибки при профилировании продольного профиля

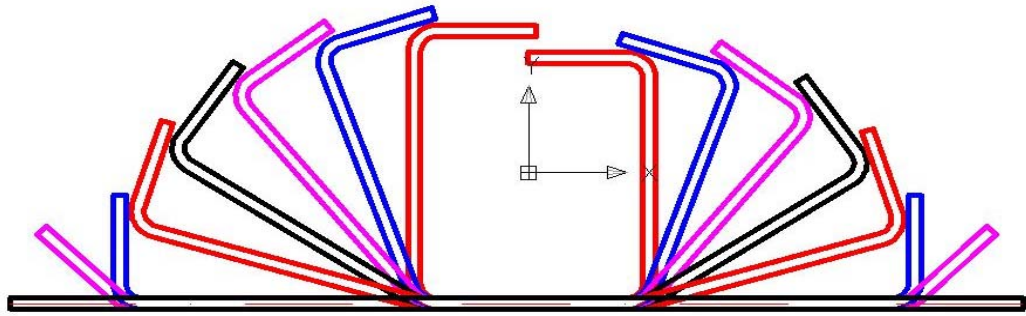


Рис. 6 Переходы гибки при профилировании поперечного профиля

Ширину ленты для изготовления профилей можно определить аналитическим, графоаналитическим и графическим методами. Выбор метода расчета зависит от сложности сечения профиля и необходимой точности расчета.

При определении ширины исходной заготовки аналитическим методом сечение профиля делится на элементарные участки: прямолинейные и места закруглений, как показано на рис.7.

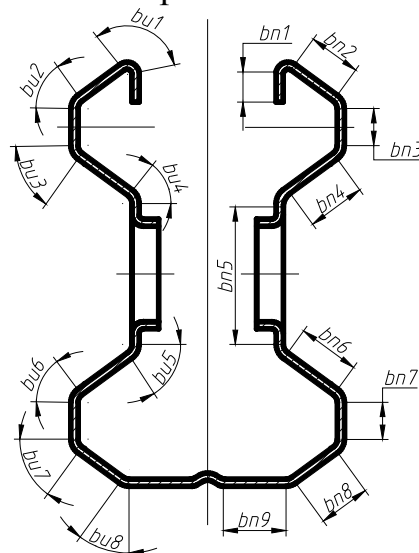


Рис. 5. Разделение профиля на участки

Сумма длин этих участков по средней линии и является шириной исходной заготовки В:

$$B = \sum b_n + \sum b_u \quad \dots\dots\dots (1)$$

где b_n - ширина прямолинейного элемента, мм;

b_u - ширина места изгиба, мм.

$$b_u = \frac{\pi \cdot \rho \cdot \alpha}{180} \quad \dots\dots\dots (2)$$

где α - угол, образуемый между участками профиля при его подгибке, град;

ρ - радиус закруглений по нейтральной линии деформации, мм.

Радиусы закруглений нейтральной линии в местах изгиба определяют различными способами. По одному из способов величину этого радиуса находят в зависимости от соотношения между величинами внутреннего радиуса закругления и толщины полосы по формуле

$$\rho = R + K \cdot s \quad \dots\dots\dots(3)$$

где R- внутренний радиус закругления в, мм; s- толщина полосы, мм;
K- коэффициент, зависящий от соотношения R/s.

Величину K для расчета радиусов закруглений в зависимости от отношения R/s выбирают по таблице 1

Таблица 4. Коэффициент K

R/s	K
0,5	0,37
1	0,41
1,5	0,44
2	0,45
4	0,47

Для заданных размеров профилей расчетом определено, что ширина ленты для продольного профиля равна 274 мм, для поперечного - 120мм при толщине ленты 1,5 мм.

Углом подгибки криволинейного участка сечения профиля считается угол, получающийся при изменении величины этого участка относительно основной оси профиля.

На выбор углов подгибки в основном влияют следующие факторы:

- а) величина растягивающих напряжений, возникающих на кромках подгибаемых участков;
- б) тип профилировочного стана (его мощность) и инструменты, при помощи которого осуществляется подгибка;
- в) требуемая точность формы сечения профиля и номер перехода, на котором происходит подгибка.

Для выяснения влияния растягивающих напряжений, возникающих на кромках подгибаемых участков, рассмотрим случай подгибки полки профиля на угол α (рис. 8).

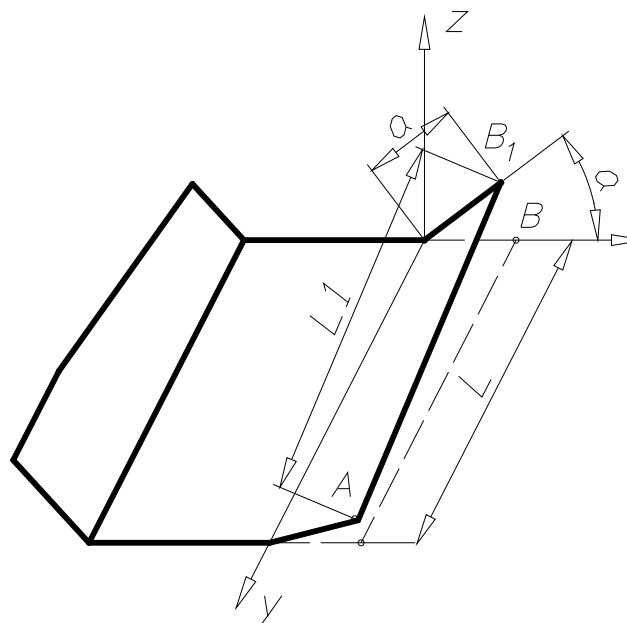


Рис. 8. Общий случай подгибки полки профиля

Здесь полка подгибается на некоторый угол α из ее первоначального положения, когда она составляла некоторый угол φ с горизонтом. При такой подгибке происходит удлинение кромки AB_1 , так как точка В кромки, перейдя в положение B_1 не выходит из плоскости, перпендикулярной направлению движения заготовки.

Сделав допущение, что кромка AB_1 будет прямой линией, а ширина полки остается неизменной, определим величину относительного удлинения кромки АВ:

$$\varepsilon = \frac{AB_1 - AB}{AB} = \frac{L_1 - L}{L} \quad \dots(4)$$

где L - длина участка до профилирования;

L_1 - длина участка после профилирования.

Для определения длины L_1 кромки AB_1 воспользуемся уравнением аналитической геометрии:

$$L_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} \quad \dots(5)$$

Определив координаты точек А и В и подставив их в формулу 5, после :

тригонометрических преобразований получим:

$$L_1 = \sqrt{L^2 + 2a^2(1 - \cos \alpha)} \quad \dots(6)$$

Тогда величина относительного удлинения кромки будет равна:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{L^2 + 2a^2(1 - \cos \alpha)} - L}{L} \quad \dots(7)$$

Решая это уравнение относительно угла подгибки, найдем:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{L}{2a} \cdot \sqrt{\varepsilon \cdot (2 + \varepsilon)} \quad \dots(8)$$

Если подставить в эту формулу предельную величину деформации для материала ленты $\varepsilon_{\text{доп.}}$, то можно определить предельный угол подгибки α_{max} , при котором не произойдет разрыва кромки ленты.

$$\alpha_{\text{max}} \leq 2 \arcsin \frac{L}{2a} \sqrt{\varepsilon_{\text{доп.}} \cdot (2 + \varepsilon_{\text{доп.}})} \quad \dots\dots(9)$$

В наших расчетах предельный угол подгибки получился равным $\alpha_{\text{max}} = 30^\circ$

Подбор углов гибки и выбор параметров стана производился в программном комплексе COPRA 2002. Принимая, что предельная деформация для материала профиля не должна превышать 30% на каждом из переходов по клетям стана, определялись допустимые углы подгибки и число клетей стана (см. рис.9).

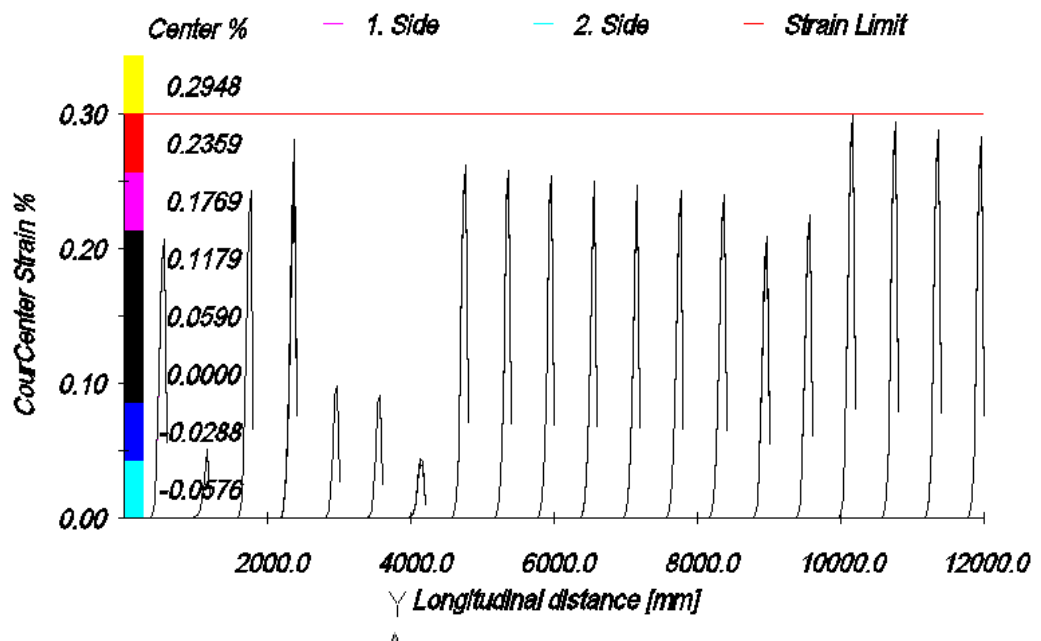


Рис.9. Деформации ленты по клетям стана

В результате моделирования были получены оптимальное количество переходов для каждого профиля и оптимальные параметры станов:

Параметры стана для продольного профиля:

Количество клетей - 21

Расстояние между клетями – 600мм

Диаметр валков – 270мм

Параметры стана для поперечного профиля:

Количество клетей - 8

Расстояние между клетями – 600мм

Диаметр валков – 270мм

Для операции сборки профилей разработано устройство с цанговым механизмом, которое выполняет неразъемное соединение профилей путем загиба борта. Принцип действия устройства показан на рис.10.

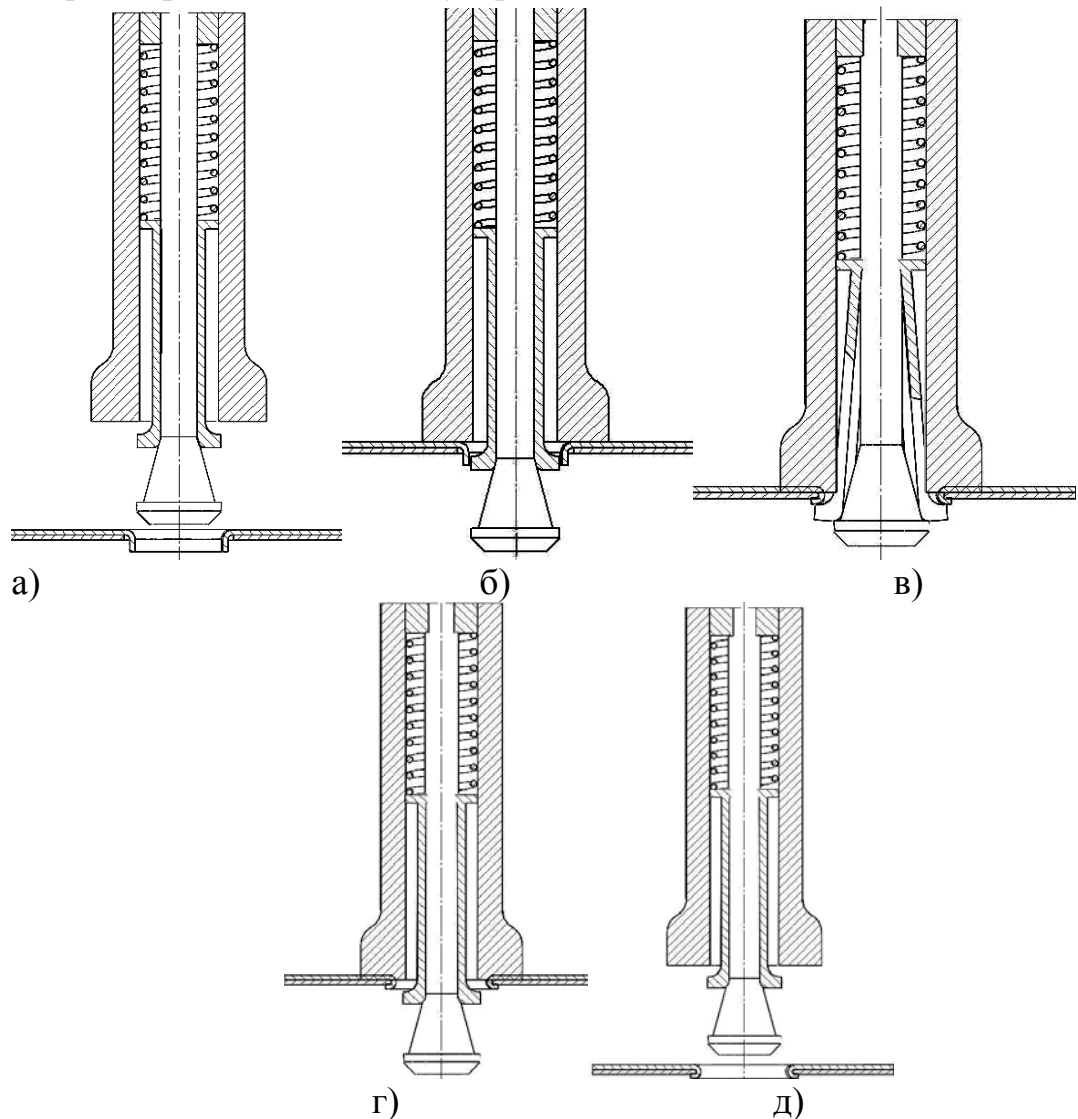
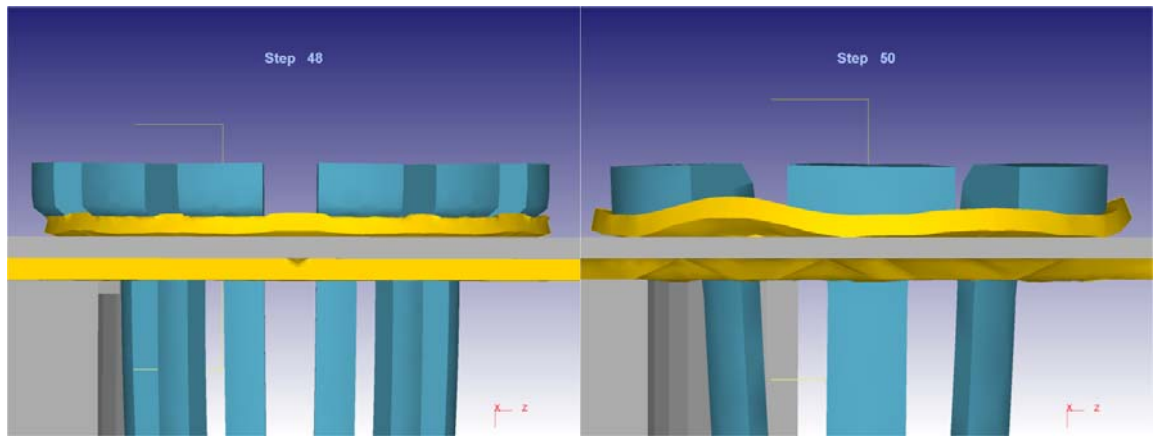


Рис.10. Принцип действия устройства для сборки профилей

Основными элементами устройства являются корпус, подпружиненная цанга и клин (рис.10 а – исходное положение). Устройство вводится в отверстие борта до упора корпуса на плоскость верхнего профиля (рис.10 б), после чего конус вдвигается в цангу, лепестки которой загибают борт вокруг кромки нижнего профиля (рис.10 в). Далее конус выдвигается из цанги, она принимает прежнее положение (рис. 10 г) и устройство выводится из отверстия профилей (рис. 10 д).

Процесс завальцовки борта моделировался в программном комплексе Deform с варьированием длины и количества лепестков цанги. На рис. 11 показано, что процесс соединения профилей происходит, при этом имеет место волнистость на участках между лепестками цанги. По результатам моделирования установлено, что с увеличением числа лепестков волнистость уменьшается, а с увеличением длины цанги напряжения в ней уменьшаются.



а) цанга с 12 лепестками

б) цанга с 6 лепестками

Рис. 11 Конечная стадия завальцовки борта цангой

На основании разработанной технологии и моделирования процессов разработаны профилегибочные станы для изготовления продольного и поперечного профилей, «летучие» штампы для пробивки отверстий и отбортовки в движущей ленте, «летучие» ножницы для отрезки профиля, устройство для сборки профилей завальцовкой.

На рис. 12 показан общий вид стана для продольного профиля и пример одной из клеток стана с боковыми роликами

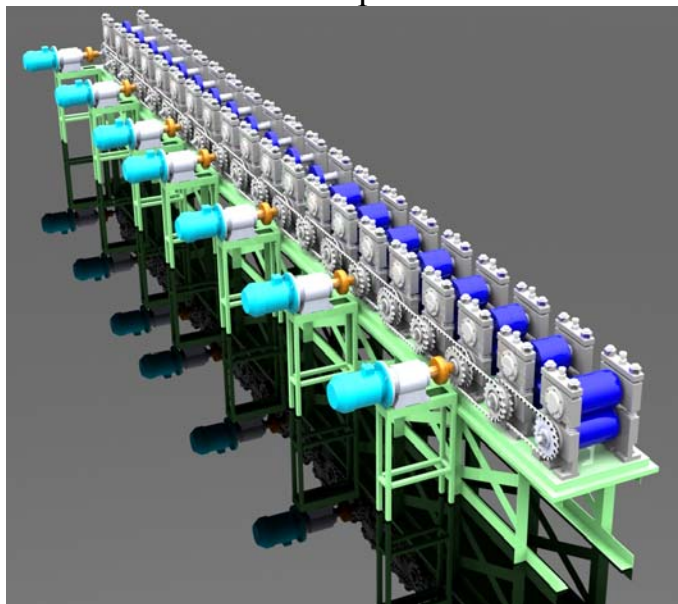


Рис.12 Общий вид стана для изготовления продольного профиля

Техническая характеристика стана:

- Размеры исходной заготовки, мм
ширина -274
Толщина -1,5
- Обработываемый материал:
лист стальной 08кп $\sigma = 400$ МПа
- Скорость профилирования, мм/с – 100

- Основной диаметр профилирующих роликов, мм
Верхний – 270
Нижний -270
- Посадочный диаметр шпинделя, мм – 80
- Посадочная ширина шпинделя, мм – 400
- Главный привод мотор-редуктор
мощность, кВт – 15,0
частота вращения, мин – 1440
- Размеры исходной заготовки, мм
ширина -120
Толщина -1,5
- Обрабатываемый материал:
лист стальной 08кп $\sigma = 400$ МПа
- Скорость профилирования, мм/с – 100
- Основной диаметр профилирующих роликов, мм
Верхний – 270
Нижний -270
- Посадочный диаметр шпинделя, мм – 80
- Посадочная ширина шпинделя, мм – 400
- Главный привод мотор-редуктор
мощность, кВт – 15,0
частота вращения, мин - 1440

Для осуществления штамповки в движущейся ленте были рассмотрены несколько вариантов привода «летучих» штампов:

- привод от тянущего вала стана, связанного через управляемую муфту включения с барабаном, трос от которого соединен со штампом, причем диаметры тянущего вала и барабана равны.

-независимый привод штампа от регулируемого электродвигателя через винтовой механизм, гайка которого связана со штампом, причем частота вращения двигателя управляется по частоте вращения вала стана.

- независимый привод штампа от линейного электродвигателя, управляемого по частоте вращения вала стана.

- привод штампа от движущейся ленты путем зажима ленты клещевым захватом, закрепленным в штампе.

На рис. 13 показан «летучий» пресс-штамп с приводом от регулируемого электродвигателя. Штамповка производится от закрепленных в нижней плите штампа гидроцилиндров, штоки которых связаны с верхней плитой. Штамп перемещается на катках по рельсам, установленным на основании.

Электродвигатель и винт закреплены на раме, гайка связана с нижней плитой штампа. После завершения штамповки возврат штампа осуществляется путем реверсирования электродвигателя.

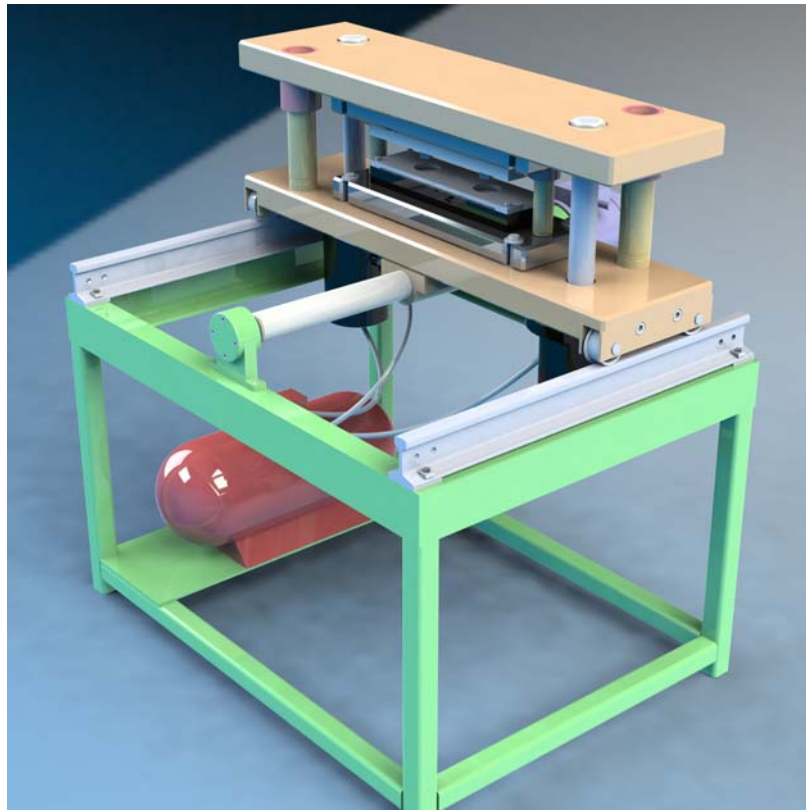


Рис. 13. «Летучий» штамп с приводом от регулируемого электродвигателя

На рис. 14 показаны «летучие» ножницы для отрезки продольного профиля.

Ножницы выполнены в виде подвижной каретки, перемещающейся по рельсам вдоль движения профиля. На каретке установлен отрезной штамп и гидроцилиндр привода ножа штампа. Подвижные части штампа связаны также с клещевыми захватами ленты. При подаче сигнала на отрезку с некоторым опережением клещи захватывают ленту, и в процессе движения каретки нож отрезает профиль. После завершения операции возврат каретки осуществляется с помощью пружины (или противовеса).

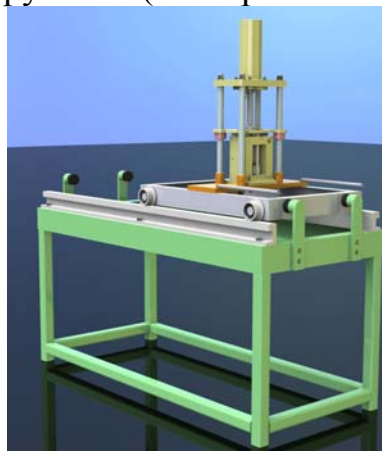


Рис. 14. «Летучие» ножницы для отрезки продольного профиля

На рис. 15 показаны «летучие» ножницы для отрезки поперечного профиля. В отличие от рассмотренных выше ножниц, в которых ввиду

сложности конфигурации профиля использовалась отрезка в штампе, для простого по конфигурации поперечного профиля можно использовать отрезку диском. На каретке ножниц установлена отрезная головка в виде отрезного диска с приводом от электродвигателя и гидроцилиндры вертикального перемещения отрезной головки. Отрезная головка связана с клещевыми захватами ленты. Принцип работы ножниц аналогичен рассмотренному ранее. При подаче сигнала включаются гидроцилиндры, отрезная головка опускается, захваты с опережением зажимают ленту и в процессе движения каретки при дальнейшем опускании головки происходит отрезка профиля. Возврат каретки после отрезки осуществляется противовесом.

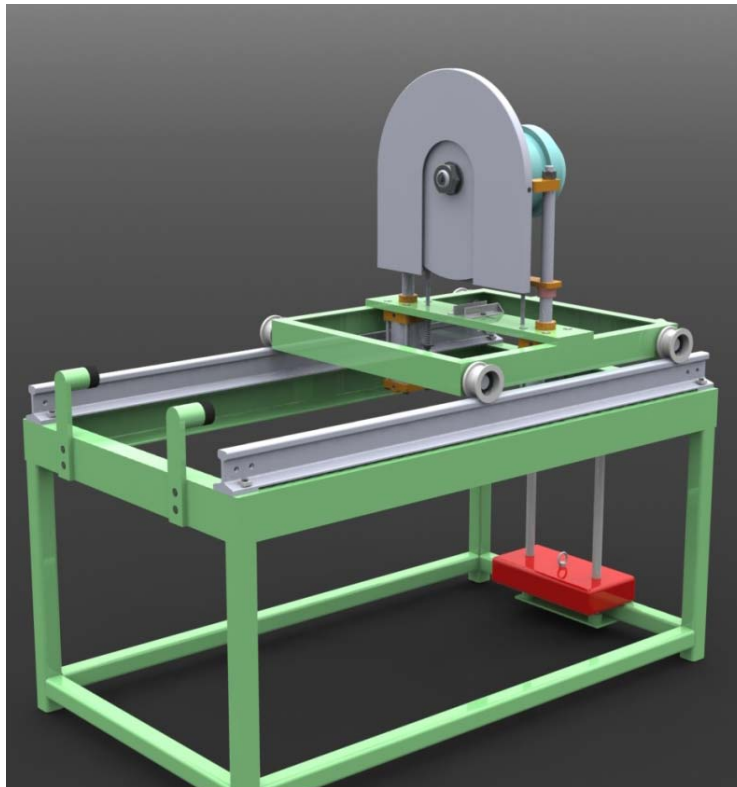


Рис. 15. «Летучие» ножницы для отрезки поперечного профиля

На рис. 16 показано устройство для сборки профилей. Устройство выполнено в виде ручного приспособления, в корпусе которого в нижней части расположен цанговый механизм, а в верхней части мембранный гидроцилиндр привода цанги.

От устройства выходит гибкий трубопровод подачи рабочей жидкости в цилиндр и электропровод в цепь управления приводом (не показаны). Включение привода цанги производится клавишной кнопкой, расположенной на корпусе устройства.



Рис. 16. Устройство для сборки профилей

На стол к оператору поступает комплект профилей для сборки панели. Оператор вручную устанавливает собираемые профили в нужное положение и производит их соединение, для чего вставляет цангу в отверстие профилей и включает привод цанги.

Заключение

В результате выполненной работы определены оптимальные технологические параметры процессов изготовления и сборки профилей, входящих в конструкцию строительных панелей. Используя эти технологические параметры в качестве исходных данных, разработаны конструкции основных агрегатов и узлов автоматизированной линии для производства строительных панелей – профилегибочных станов, штампов, ножниц, устройства для неразъемного соединения профилей в панель. С целью повышения производительности станов выполнение штамповочных операций предусмотрено в процессе движения ленты, т.е. без остановки стана.

Литература

1. *Романовский В.П.* Справочник по холодной штамповке.-6-е изд., перераб. и доп.- Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979.- 520 с.
2. *Попов Е.А., Ковалев В.Г., Шубин И.Н.* Технология и автоматизация листовой штамповки: Учебник для вузов.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003, 480 с.
3. *А.Д. Матвеева* Ковка и штамповка: Справочник: В 4 т. Т. 4 Листовая штамповка/ Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др.- М.: Машиностроение, 1985-1987.- 544 с.
4. *Дунаев П.Ф.* Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов.-8-е изд., перераб. и доп.- М.: Издательский центр
5. *А.Н.Банкетов, Ю.А.Бочаров, Н.С.Добринский и др.* Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для машиностроительных вузов под ред. А.Н.Банкетова, Е.Н.Ланского.-2-е изд., перераб. и доп.- М.:Машиностроение, 1982.-576 с., ил.
6. *Анурьев В.И.* Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т.- 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н.Жестковой.- М.: Машиностроение , 2001.- 920 с.: ил.