

УДК 621.771

DOI: 10.22213/2413-1172-2021-4-35-44

Опыт изготовления и освоения профилегибочных станов для производства профнастила

Н. В. Тепин, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

В. А. Храбров, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

С. Н. Князев, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Целью исследования является разработка и освоение конструкций профилегибочных станов для производства профнастила. В последние годы возрастают объемы производства профнастила. Это приводит к увеличению количества и расширению типов конструкций профилегибочных станов. Актуальной проблемой при производстве профилегибочного оборудования является не только обеспечение высокого качества выпускаемой продукции, но и выбор оптимальной с точки зрения надежности, жесткости и технологичности конструкции стана. Рассмотрены конструкции профилегибочных станов: с клетями без станины (бесстанинными клетями); станинами, представляющими собой стальные пластины, с проемами для установки подшипниковых опор рабочих валков; станинами, выполненными из швеллера; отдельно стоящими станинами для каждой клетки, изготовленными из стальных пластин. Также рассмотрены разные виды привода валков (с помощью зубчатых колес и цепного привода), способов регулировки. Представлены преимущества и недостатки каждой конструкции. Исходя из опыта внедрения (освоения) конструкций станов в соотношении к высоте профиля получаемого листа можно отметить, что для гофрированных профилей с высотой гофр не более 16 мм оптимальным является профилегибочный стан с межклетьевым расстоянием 200...300 мм и станиной, представляющей стальные пластины, с проемами для установки подшипниковых опор рабочих валков; для профилей с высотой гофр более 16 мм оптимальны профилегибочные станы с межклетьевым расстоянием более 350 мм и станинами из швеллеров с направляющими. Рационально осуществлять привод только нижних валков с целью упрощения привода и улучшения скоростного режима. В станах со станиной, представляющей стальные пластины, с проемами и межклетьевым расстоянием до 300 мм целесообразно использовать привод рабочих валков с помощью зубчатых колес. Профилегибочные станы с межклетьевым расстоянием более 350 мм, у которых станины выполнены из швеллеров с направляющими, желательно оснащать цепным приводом вращения рабочих валков.

Ключевые слова: профнастил, стан, клеть, валок, моделирование.

Введение

В последние годы возрастают объемы производства профнастила. Это приводит к увеличению количества и расширению типов конструкций профилегибочных станов. Актуальной проблемой при производстве профилегибочного оборудования является не только обеспечение высокого качества выпускаемой продукции, но и выбор оптимальной с точки зрения надежности, жесткости и технологичности конструкции профилегибочного стана.

Перед сотрудниками кафедры «Технологии и оборудование машиностроительных производств» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова была поставлена задача – спроектировать и внедрить ряд профилегибочных станов по производству гофрированных гнутых профилей с высотой гофр от 10 до 60 мм, отвечающих требованиям ресурсосбережения (рис. 1).

В литературе [1, 2] конструкции профилегибочных станов достаточно подробно описаны. Но, обладая определенными достоинствами, данное оборудование требует серьезных капитальных затрат. Попытки оптимизировать конструкции профилегибочных станов с целью снижения массы и стоимости приведены в [3–7]. Однако данные решения к станам для прокатки профнастила либо невозможно применить, либо это приведет к существенному усложнению конструкции. Профнастил отличается от сортовых и фасонных гнутых профилей относительно малой толщиной и жесткостью, лакокрасочным и цинковым покрытием, а также наличием большого числа мест изгиба. Разработке технологии профилирования сложных профилей посвящены работы [8–16], но для указанных выше профилей данные решения не подходят.

Для инженерного анализа и оптимизации технологических параметров при проектирова-

нии технологии профилирования используются программные продукты – симуляторы, такие как Corra RollForm, LS Dyna, QForm и др. [17–20]. Для создания 3D-геометрии инструмента и создания конструкторской документации служат CAD-программы, такие как Компас-3D,

SolidWorks, Catia и др. Выбор того или иного программного продукта обусловлен удобством в использовании для конкретного исполнителя и ограничениями в части лицензионных соглашений. В рамках работы применялись лицензионные программные продукты – Компас-3D и QForm.

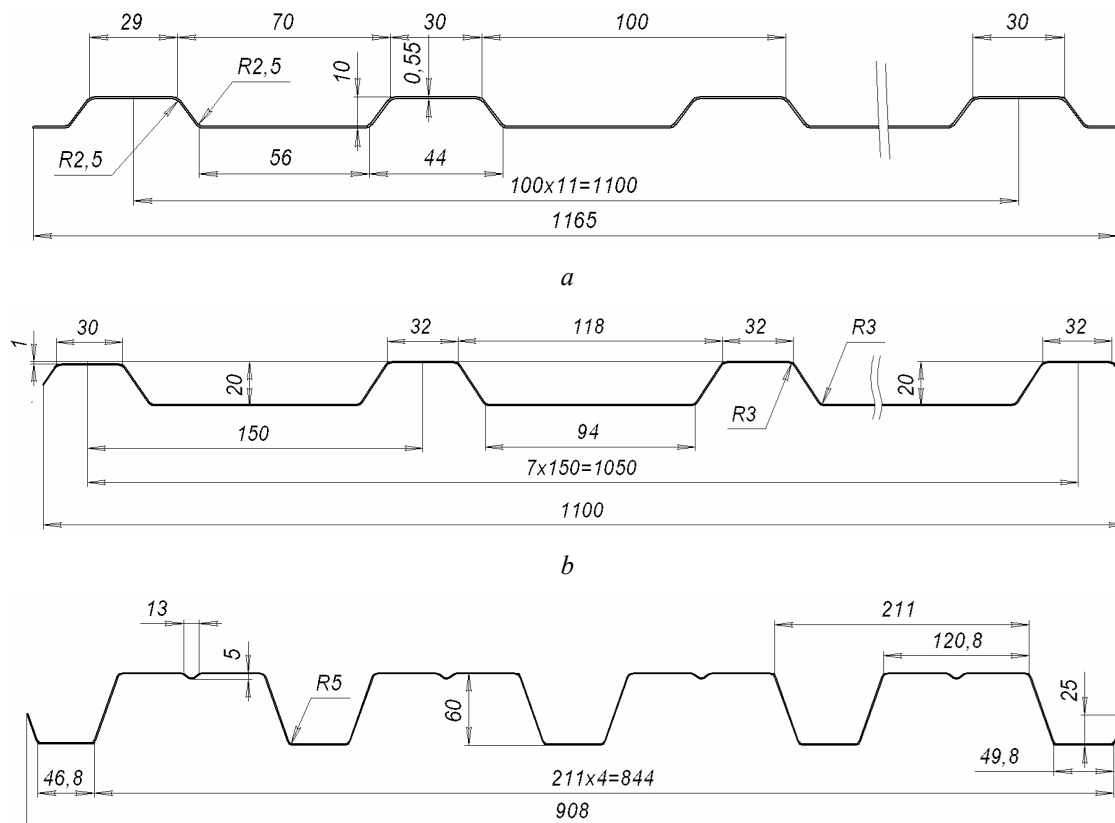


Рис. 1. Изготавливаемые профили: *a* – профиль высотой 10 мм (Н10); *b* – профиль высотой 20 мм (Н20); *c* – профиль высотой 60 мм (Н60)

Fig. 1. Manufactured profiles: *a* - profile height of 10 mm (Н10); *b* - profile height of 20 mm (Н20); *c* - profile height of 60 mm (Н60)

Используемые подходы, материалы и методы

Для решения задачи по оптимизации конструкции профилегибочного стана необходимо определить диаметр валков, межклетьевое расстояние и вид станины. Выбор первых двух параметров определялся с помощью численного моделирования исходя из заданной геометрии профиля, толщины исходной заготовки и предельных режимов формоизменения. Вид станины определялся исходя из требований заказчиков по минимизации массы и трудоемкости обработки либо повышения точности.

Исходной заготовкой для профилирования гофрированных листов служит низкоуглеродистая конструкционная сталь (сталь 08пс ГОСТ 1050–2013) шириной 1250 мм и толщиной 0,4...0,8 мм, имеющая различные типы покрытия – цинковое или органическое (лакокрасочное).

Опыт проектирования, изготовления и освоения станов

Анализ захода полосы в калибр показал, что при формировании очага деформации относительное перемещение точек полосы происходит не в плоскостях, параллельных осевой плоскости валков, а с некоторым отклонением в сторону, противоположную направлению профилирования. Это связано с тем, что до момента захвата кромки полосы, то есть прохождения переднего конца полосы через осевую плоскость последней клетки, силы трения ничтожно малы. Поэтому применяемые в настоящее время методики определения углов подгибки в данном случае неприемлемы.

Для профнастила одним из существенных ограничений технологии является появление заломов в случае распространения зоны плавного перехода за пределы межклетьевого расстоя-

ния. В работах авторов приведены результаты исследований, которые позволили предложить математическую модель (1), определяющую форму и размеры области внеконтактных деформаций заготовки при профилегибке в зависимости от углов подгибки, размеров и механических свойств заготовки и межклетевых расстояний профилегибочного стана:

$$\varpi(x, y) = \left[a_0 + \sum_{k=1}^n a(k) \cos\left(\frac{k\pi x}{B}\right) \right] \cos\left(\frac{\pi y}{2l}\right). \quad (1)$$

Дополнительно к аналитическому решению задачи было проведено компьютерное модели-

рование методом конечных элементов в программе QForm.

Моделирование в QForm (рис. 2) позволило определить влияние угла подгибки, толщины металла, относительного зазора и межклетьевого расстояния на размеры и форму области внеконтактных деформаций и вероятность образования дефектов. В данном случае компьютерный анализ проводился лишь для подтверждения результатов математического моделирования и подробно рассматриваться не будет.

На основе проведенных исследований выработаны рекомендации к выбору конструктивных параметров профилегибочных станов.

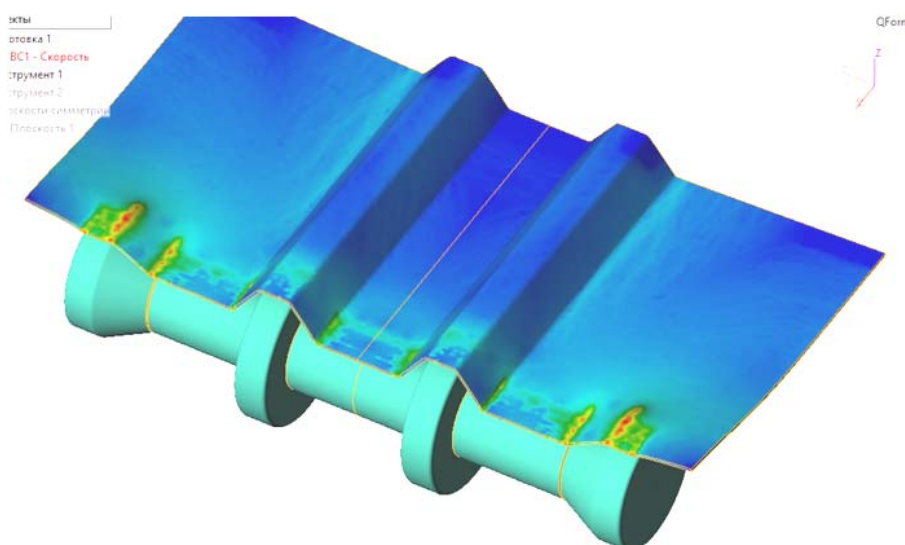


Рис. 2. Моделирование профилегибки в QForm

Fig. 2. QForm rollforming simulation

Прокатка на спроектированных профилегибочных линиях идет с остановкой стана для порезки готового профиля на мерные длины. В состав линий входят: разматыватель рулонов, профилегибочный стан, ножницы для порезки готового профиля, приемный рольганг и система управления.

Для профилей с высотой гофра до 16 мм оптимальным, с точки зрения соотношения качество профиля – габариты стана, является межклетьевое расстояние 200...300 мм. Для данного типа профилей были разработаны и внедрены две конструкции профилегибочных станов: с бесстанинными клетями (рис. 3) и со станинами, представляющими собой стальные пластины, с проемами для установки подшипниковых опор рабочих валков (рис. 4).

Вращение валкам на стане с бесстанинными клетями передается от шестеренной клетки шпинделями. Шестеренная клеть, представляет собой цилиндрический редуктор с шестна-

дцатью выходными валами. На стане с клетями из стальных пластин привод выполнен с помощью зубчатых колес, установленных на рабочие валы, и паразитных шестерен, закрепленных на станине. Калибры нарезаны в теле валка.

Профилегибочные станы для производства профилей с высотой гофра 20...44 мм согласно расчетам, выполненным по методикам, изложенным в работах авторов, должны иметь межклетьевое расстояние 350...500 мм.

Для данной группы профилегибочных станов можно использовать наибольшее количество вариантов конструкций станин рабочих клеток, а именно:

- 1) бесстанинные клетки;
- 2) станины, представляющие собой стальные пластины с проемами для установки подшипниковых опор рабочих валков;
- 3) станины, выполненные из швеллера № 30...40. В этом случае к швеллерам крепятся

направляющие, изготовленные из трубы квадратного сечения либо уголка;

4) отдельные станины для каждой клетки, изготовленные из стальных пластин.

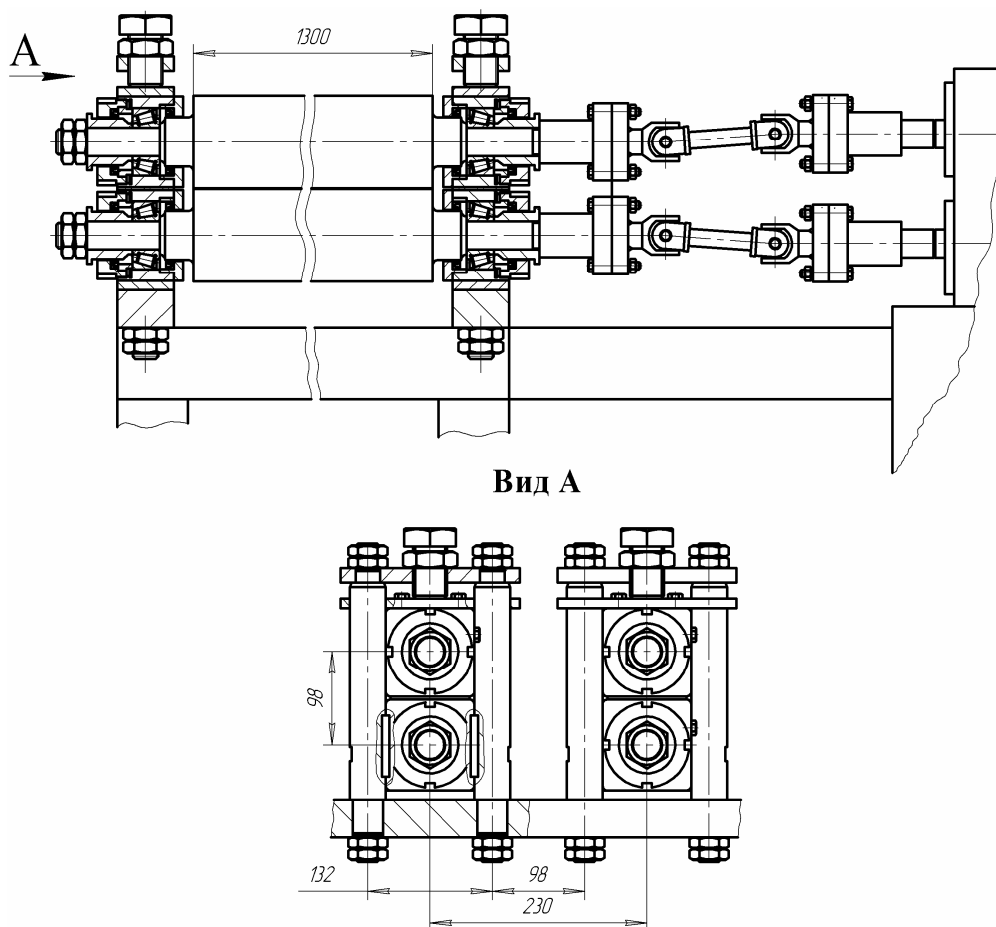


Рис. 3. Бесстанинная рабочая клетка стана Н10

Fig. 3. Hausigless working stand of the H10 mill

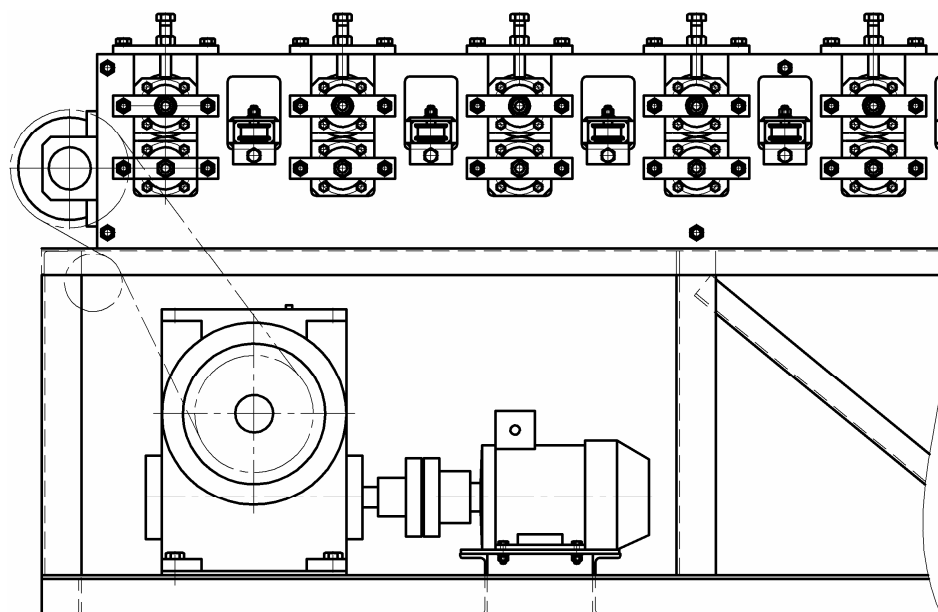


Рис. 4. Стан Н10 со станинами, представляющими собой стальные пластины

Fig. 4. Rolling mill H10 with the frames, which are steel plates

Были спроектированы и запущены в эксплуатацию профилегибочные линии для производства профилей с высотой гофр 20, 35 и 44 мм с конструкциями рабочих клеток (№ 2 и 3).

Стан для производства профиля Н20 (рис. 5) имеет станины, представляющие собой стальные пластины с проемами для установки подшипниковых опор рабочих валов. Левая и правая станины изготовлены из двух секций. Причем расстояния между первыми клетями приняты 400 мм в первой секции и уменьшены во второй секции до 300 мм. Верхние валки стана холостые. Нижние валы рабочих клеток приводятся во вращение с помощью цепных передач от редуктора. Рабочие валки каждой клетки

(см. рис. 4) составные: вал с посадочным диаметром 70 мм и бандаж, размер и форма которого определяются калибровкой профиля.

При проектировании профилегибочного стана Н44 для снижения стоимости оборудования отказались от станинных конструкций рабочих клеток. Роль станины выполняют швеллеры № 30–40 (рис. 6). К швеллерам крепятся направляющие, изготовленные из трубы квадратного сечения. Станины соединяются стяжками и монтируются на раму. Механическая обработка сводится к резке и сверлению отверстий. Межклетьевые расстояния 500 мм, привод осуществляется только на нижние валы с помощью цепных передач. Рабочие валки каждой клетки составные.

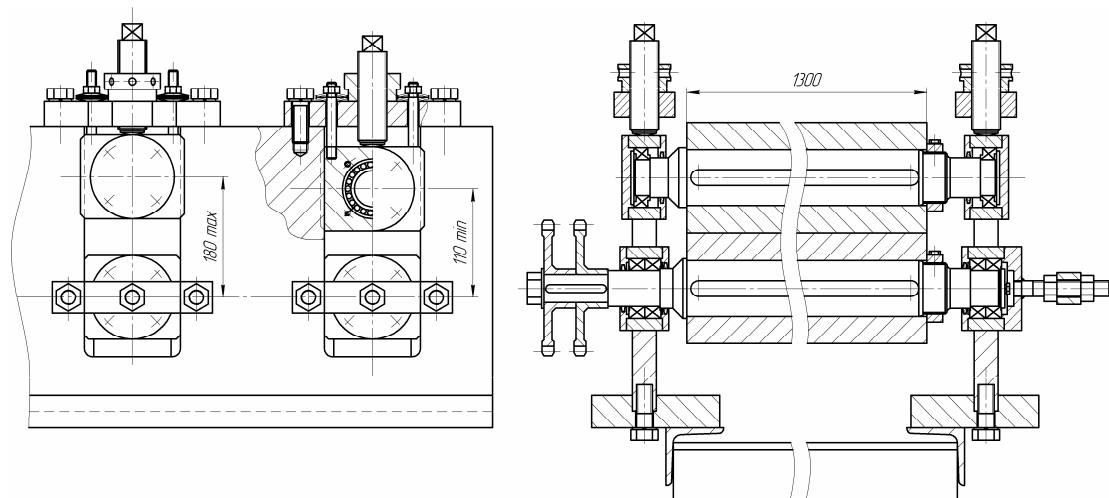


Рис. 5. Рабочая клеть профилегибочного стана Н20

Fig. 5. The working stand of the rolling mill H20

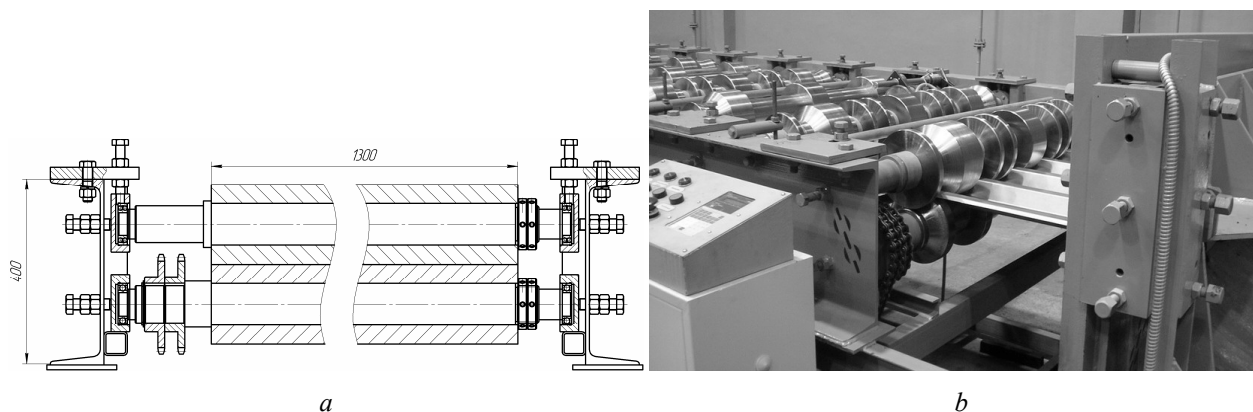


Рис. 6. Профилегибочный стан Н44 и рабочая клеть со станиной, изготовленной из швеллеров: а – проект; б – изготовленный стан

Fig. 6. Rolling mill H44 and stand with a frame made of a channel: a - the project; b - the manufactured mill

Для производства профиля Н60 были разработаны две конструкции профилегибочных станов с отдельными станинами для каждой клетки и станинами, изготовленными из швел-

леров с направляющими из трубы квадратного сечения.

Стан для производства профиля Н60 имеет отдельные станины для каждой клетки (рис. 7).

Привод стана цепной от редуктора. Рабочие валки составные.

Вторая конструкция стана для производства профнастила Н60 имеет станины из швеллеров № 40 с направляющими из трубы квадратного

сечения 50×50 мм. Стан разбит на две секции. В конструкции клетей применены верхний и нижний нажимные механизмы для облегчения настройки стана и компенсации возможной кривизны швеллеров.

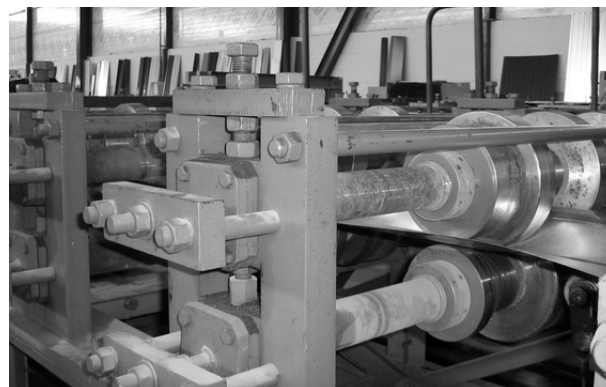
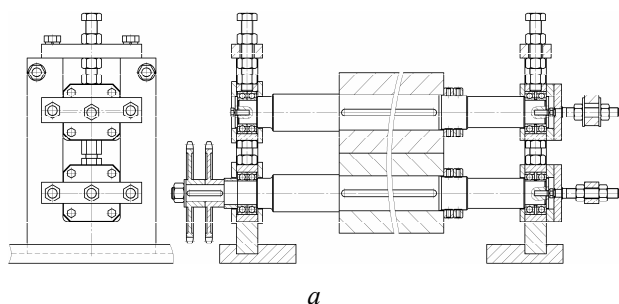


Рис. 7. Профилегибочный стан Н60 и рабочая клеть: *a* – проект; *b* – изготовленный стан

Fig. 7. Rolling mill H60 and stand: *a* - the project; *b* - the manufactured mill

Анализ результатов

Исходя из опыта изготовления, монтажа, настройки и эксплуатации профилегибочных бесстанинных станов и станов со станинами, представляющими собой стальные пластины (см. рис. 3, 4), можно отметить следующие результаты:

- обе конструкции станов обладают достаточным запасом прочности и жесткости;
- качество получаемых профилей аналогично для обоих типов профилегибочных станов;
- узлы вертикальной и осевой регулировки у обоих станов реализованы по одинаковой схеме, поэтому по удобству настройки обе конструкции одинаковы;
- конструкция стана со станинами из стальных пластин проще в изготовлении и сборке из-за меньшего количества сопрягаемых деталей, меньшего количества операций механической обработки;
- в стане со станиной из стальных пластин точнее выдерживается межклетьевое расстояние, чем в стане с бесстанинными клетями (это не влияет на качество профилей, но требует использования отдельной шестеренной клетки для осуществления привода рабочих валков с помощью зубчатых колес);
- бесстанинная конструкция обладает меньшей массой и металлоемкостью, но из-за небольшого межклетьевого расстояния, уменьшенного количества рабочих клетей, необходимости применения шестеренной клетки для

привода рабочих валков данное преимущество незначительно.

Анализ достоинств и недостатков каждой конструкции позволяет сделать вывод, что для профилей с высотой гофра до 16 мм при оптимальном межклетьевом расстоянии 200...300 мм предпочтительнее использовать профилегибочные станы со станиной из стальных пластин.

Как показывает опыт, использование в качестве станин швеллеров (см. рис. 6) позволяет снизить издержки, связанные с механической обработкой, уменьшить металлоемкость, сократить сроки изготовления профилегибочного стана. Однако это повышает требования к качеству исходных заготовок и необходимости использования специальных стапелей для сварки рамы. К недостаткам данного способа изготовления оборудования необходимо отнести высокие трудозатраты по монтажу и первоначальной настройке оборудования. Это связано с низкой точностью межклетьевого расстояния и непостоянством горизонта прокатки по длине стана.

При проектировании профилегибочного стана необходимо учитывать следующие особенности. Использование цепных передач для привода валков предпочтительно по сравнению с зубчатой передачей ввиду требовательности последней к точности межосевого расстояния. Для компенсации кривизны швеллера целесообразно использовать верхний и нижний нажимные механизмы клетки, разбивать стан на

несколько секций. Межклетьевое расстояние профилирующих станков для производства профилей с высотой гофра более 44 мм должно быть более 500 мм.

Опыт внедрения профилирующих станков и сравнение с результатами, полученными аналитическим путем, показал, что применение математической модели в инженерных расчетах достаточно трудоемко и не учитывает параметры настройки валков: колебания зазоров по длине вала, осевое смещение инструмента и клетки в целом, отклонения по высоте линии прокатки и др. Поэтому для инженерных расчетов была предложена эмпирическая формула (2) для определения межклетьевых расстояний профилирующего стана при условии использования стандартной заготовки шириной 1250 мм:

$$L = kh, \quad (2)$$

где L – межклетьевое расстояние; h – высота профиля; k – коэффициент, принимаемый от 10 до 25, причем большее значение для профиля Н10, меньшее – для Н60.

Первоначальная настройка стана со станинами из швеллеров заняла больше времени, чем стана с отдельными станинами из стальных пластин. Качество получаемых профилей и удобство последующей эксплуатации у станков обеих конструкций оказалось одинаковым. Для обоих станков потребовалось спроектировать раму повышенной жесткости для обеспечения точного расположения станин.

В дальнейшем при проектировании профилирующих станков для производства гофрированных профилей с высотой гофра более 16 мм предпочтение отдавалось конструкции со станиной из швеллеров как более экономичной.

Выводы

На основании полученного опыта можно сделать следующие выводы:

- для гофрированных профилей с высотой гофра не более 16 мм оптимальным является профилирующий стан с межклетьевым расстоянием 200...300 мм и станиной, представляющей стальные пластины с проемами для установки подшипниковых опор рабочих валков;

- для профилей с высотой гофра более 16 мм оптимальны профилирующие станы с межклетьевым расстоянием более 350 мм и станинами из швеллеров с направляющими;

- рационально осуществлять привод только нижних валков с целью удешевления привода и улучшения скоростного режима;

- в станах со станиной, представляющей стальные пластины с проемами и межклетьевым

расстоянием до 300 мм, целесообразно использовать привод рабочих валов с помощью зубчатых колес;

- профилирующие станы с межклетьевым расстоянием более 350 мм, у которых станины выполнены из швеллеров с направляющими, желательнее оснащать цепным приводом вращения рабочих валов.

Библиографические ссылки

1. Halmos G.T. (ed.). Manufacturing Engineering and Materials Processing. Roll forming handbook. Taylor & Francis, 2006, 583 p.

2. Semiatin S.L. (ed.). Metal Working: Sheet Forming. ASM Handbook. Forming and forging. Materials Park, 2006, vol. 14B, 1040 p.

3. Kondusamy V., Jegatheeswaran D., Vivek S., Vidhuran D., Harishragavendra A. Design of Roll Forming Mill. *Int. J. of Mechanical Engineering*, 2021, vol. 8 (4), pp. 1-19. DOI: 10.14445/23488360/IJME-V8I4P101.

4. Lamprecht M., Koçbay E., Leonhartsberger M. Nonlinear mechanical model of the shaft of a roll forming mill and parameter identification. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 2021, vol. 112, pp. 3363-3375.

5. Патент на изобретение, Российская Федерация. № 2016152308. Клеть профилирующего стана / Баранов В. Н., Герасименко А. Я., 2018.

6. Патент на изобретение, Российская Федерация. № 2005131694/22. Привод многоклетьевого профилирующего стана, преимущественно легкого или среднего типов (варианты) / Сеничев Г. С., Антипанов В. Г., Бельшев А. С., 2006.

7. Шпунькин Н. Ф., Типалин С. А. Малогабаритная профилирующая машина // Заготовительные производства в машиностроении. 2017. Т. 15, № 2. С. 62–66.

8. Марковцев В. А., Хайрулин М. И., Марковцева В. В. Сравнительный анализ технологий изготовления заготовок шпангоутов для панелей фюзеляжа самолетов // Наука, теория, практика авиационно-промышленного кластера современной России : сб. научных трудов IV Междунар. науч.-произв. конф., приуроченной к Дню российской науки и 35-летию АО «Ульяновский НИАТ» (Ульяновск, 07–08 февраля 2019 г.). Ульяновск : УлГТУ, 2019. С. 66–73.

9. О схемах формовки зетовых профилей с широкой стенкой / В. А. Гульшин, В. В. Марковцева, С. В. Филимонов, В. И. Филимонов // Наука, теория, практика авиационно-промышленного кластера современной России : материалы V Междунар. науч.-произв. конф., приуроченной к Дню российской науки (Ульяновск, 06–07 февраля 2020 г.). Ульяновск : УлГТУ, 2020. С. 21–27.

10. Марковцева В. В. Особенности изготовления гнутых профилей из стали с покрытием Printech // Вузская наука в современных условиях : сборник материалов 54-й науч.-техн. конф. В 3 ч. (Ульяновск, 27 января – 01 февраля 2020 г.). Ульяновск : УлГТУ, 2020. С. 104–107.

11. Илюшкин М. В., Марковцев В. А., Марковцева В. В. Совершенствование технологий изготовления гнутых профилей и листовых изделий для авиационной промышленности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20, № 4-3 (84). С. 427–434.

12. Филимонов А. В., Филимонов С. В., Филимонов В. И. Длина зоны плавного перехода и характеристики жесткости с- и н-образного профилей, формуемых по полузакрытым схемам // Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XXI Международ. науч.-практич. конф. В 2 ч. (Новокузнецк, 23–24 октября 2019 г.) / под ред. Е. В. Протопопова. Новокузнецк : Сибирский гос. индустриальный ун-т, 2019. С. 213–218.

13. Филимонов С. В., Филимонов А. В. О новом подходе к разработке технологии производства несимметричных профилей с элементами жесткости // Наука, теория, практика авиационно-промышленного кластера современной России : материалы III Международ. науч.-произв. конф., приуроченной к Дню российской науки и 95-летию гражданской авиации России (Ульяновск, 08 февраля 2018 г.). Ульяновск : УлГТУ, 2018. С. 189–195.

14. Филимонов А. В., Филимонов С. В. Forming diagrams and roll-passes in roll-forming of sections with Middle rigidity elements // Калибровочное бюро. 2018. № 12. С. 34–40.

15. Гречников Ф. В., Филимонов С. В. Деформационное упрочнение ленты-заготовки под формовку гнутых профилей в роликах // Производство проката. 2017. № 1. С. 25–29.

16. Лапшин В. И., Филимонов С. В., Филимонов В. И. Формовка в роликах асимметричного профиля Forster 70°20'1,5 мм со срединным элементом жесткости // Инженерный журнал с приложением. 2017. № 4 (241). С. 22–31. DOI: 10.14489/hb.2017.04.

17. Youngyun W., Young Hoon M. Flexible roll forming of double layered blank. *Procedia Manufacturing*, 2018, vol. 15, pp. 775-781.

18. Ленестов А. Е., Мусеев А. А. COPRA RF 2019: лучшее решение для проектирования валкового инструмента // CADmaster. 2019. № 2(90). С. 32–34.

19. Ablat M. A., Qattawi A. Numerical Simulation of Sheet Metal Forming: A Review. *The Int. J. of Advanced Manufacturing Technology*, 2017, vol. 89, pp. 1235-1250.

20. Zhang Y. W., Nguyen H., Jung D. W. Optimization of the Spring-Back in Roll Forming Process with Finite Element Simulation. *Int. J. of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 2016, vol. 5, pp. 272-275. DOI: 10.18178/ijmerr.5.4.

Reference

1. Halmos G.T. (ed.). Manufacturing Engineering and Materials Processing. Roll forming handbook. Taylor & Francis, 2006, 583 p.

2. Semiatin S.L. (ed.). Metal Working: Sheet Forming. ASM Handbook. Forming and forging. Materials Park, 2006, vol. 14B, 1040 p.

3. Kondusamy V., Jegatheeswaran D., Vivek S., Vidhuran D., Harishragavendra A. Design of Roll Forming Mill. *Int. J. of Mechanical Engineering*, 2021, vol. 8 (4), pp. 1-19. DOI: 10.14445/23488360/IJME-V8I4P101.

4. Lamprecht M., Koçbay E., Leonhartsberger M. Nonlinear mechanical model of the shaft of a roll forming mill and parameter identification. *Int. J. Adv. Manuf. Technol*, 2021, vol. 112, pp. 3363-3375.

5. Baranov V. N. Gerasimenko A. Ja. *Klet' profilegibochnogo stana* [Roll Forming Mill stand]: Patent RF, no. 2016152308, 2018.

6. Senichev G.S., Antipanov V.G., Belyshev A.S. *Privod mnogoklet'evogo profilegibochnogo stana, preimushhestvenno legkogo ili srednego tipov (varianty)* [Drive of a multicellular roll forming mill, mainly of light or medium types (variants)]: Patent RF, no. 2005131694/22, 2006.

7. Shpun'kin N.F., Tipalin S.A. [Small-sized roll forming machine]. *Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii*, 2017, vol. 15, no. 2, pp. 62-66 (in Russ.).

8. Markovcev V.A., Hajrulin M.I., Markovceva V.V. *Sravnitel'nyj analiz tehnologij izgotovleniya zagotovok shpangoutov dlja panelej fuzeljazha samoletov* [Comparative analysis of technologies for manufacturing billets of frames for aircraft fuselage panels]. *Nauka, teoriya, praktika aviatsionno-promyshlennogo klastera sovremennoi Rossii : sb. nauchnykh trudov IV Mezhdunar. nauch.-proizv. konf., priurochennoi k Dnyu Rossijskoi nauki i 35-letiyu AO "Ul'yanovskii NIAT" (Ul'yanovsk, 07–08 fevralya 2019 g.)* [Science, theory, practice of the aviation-industrial cluster of modern Russia: Proc. of the articles. scientific works of the IV Intern. scientific-production Conf., dedicated to the Day of Russian Science and the 35th anniversary of JSC "Ulyanovsk NIAT" (Ulyanovsk, February 07-08, 2019)]. Ulyanovsk, Ulyanovsk State Technical University, 2019, pp. 66-73 (in Russ.).

9. Gul'shin V.A., Markovceva V.V., Filimonov S.V., Filimonov V.I. *O shemah formovki zetovykh profilej s shirokoj stenкой* [About the schemes of forming zet profiles with a wide wall]. *Nauka, teoriya, praktika aviatsionno-promyshlennogo klastera sovremennoy Rossii : materialy V Mezhdunar. nauch.-proizv. konf., priurochennoy k Dnyu rossijskoy nauki (Ul'yanovsk, 06–07 fevralya 2020 g.)* [Science, theory, practice of the aviation-industrial cluster of modern Russia: Proc. of the V Mezhdunar. scientific-production Conf., timed to the Day of Russian Science (Ulyanovsk, February 06-07, 2020)]. Ulyanovsk, Ulyanovsk State Technical University, 2020, pp. 21-27 (in Russ.).

10. Markovceva V.V. *Osobennosti izgotovleniya gnutyh profilej iz stali s pokrytiem Printech* [Features of the manufacture of bent profiles made of Printech coated steel]. *Vuzovskaya nauka v sovremennykh usloviyakh : sbornik materialov 54-y nauch.-tekhn. konf. (Ul'yanovsk, 27 yanvarya – 01 fevralya 2020 g.)*. [University science in modern conditions: collection of materials 54th scientific and technical. conf. (Ulyanovsk, January 27 - February 01, 2020).] Ulyanovsk, Ulyanovsk State Technical University, 2020, pp. 104-107 (in Russ.).

11. Iljushkin M.V., Markovcev V.A., Markovceva V.V. [Improvement of technologies for manufacturing bent profiles and sheet products for the aviation industry]. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 2018, vol. 20, no. 4-3 (84), pp. 427-434 (in Russ.).

12. Filimonov A.V., Filimonov S.V., Filimonov V.I. *Dlina zony plavnogo perehoda i harakteristiki zhjostkosti s- i n-obraznogo profilej, formuemyh po poluzakryтым shemam* [The length of the smooth transition zone and the stiffness characteristics of c- and h-shaped profiles formed according to semi-closed schemes]. *Metallurgiya: tekhnologii, innovatsii, kachestvo : trudy XXI Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. (Novokuznetsk, 23–24 oktyabrya 2019 g.)* [Metallurgy: technology, innovation, quality: Proc. of the XXI Intern. scientific-practical conf. (Novokuznetsk, October 23-24, 2019)]. Novokuznetsk, Sibirskij gosudarstvennyj industrial'nyj universitet, 2019, pp. 213-218 (in Russ.).

13. Filimonov S.V., Filimonov A.V. *O novom podhode k razrabotke tehnologii proizvodstva nesimmetrichnyh profilej s jelementami zhestkosti* [On a new approach to the development of technology for the production of asymmetric profiles with stiffness elements]. *Nauka, teoriya, praktika aviatsionno-promyshlennogo klastera sovremennoj Rossii : materialy III Mezhdunar. nauch.-proizv. konf., priurochennoj k Dnyu Rossijskoj nauki i 95-letiyu grazhdanskoy aviatsii Rossii (Ulyanovsk, 08 fevralya 2018 g.)* [Science, theory, practice of the aviation-industrial cluster of modern Russia: Proc. of the III Intern. scientific-production

Conf., dedicated to the Day of Russian Science and the 95th anniversary of Russian civil aviation (Ulyanovsk, February 08, 2018)]. Ulyanovsk, Ulyanovsk State Technical University, 2018, pp. 189-195 (in Russ.).

14. Filimonov A.V., Filimonov S.V. [Forming diagrams and roll-passes in roll-forming of sections with Middle rigidity elements]. *Kalibrovochnoe bjuro*, 2018, no 12, pp. 34-40 (in Russ.).

15. Grechnikov F.V., Filimonov S.V. [Deformation hardening of the tape-blank for forming bent profiles in rollers]. *Proizvodstvo prokata*, 2017, no 1, pp. 25-29 (in Russ.).

16. Lapshin V.I., Filimonov S.V., Filimonov V.I. [Forming in rollers of an asymmetric profile Forster 70'20'1.5 mm with a median element of rigidity]. *Inzhenernyj zhurnal s prilozheniem*, 2017, no. 4 (241), pp. 22-31(in Russ.). DOI: 10.14489/hb.2017.04.

17. Youngyun W., Young Hoon M. Flexible roll forming of double layered blank. *Procedia Manufacturing*, 2018, vol. 15, pp. 775-781.

18. Lepetov A.E., Moiseev A.A. [COPRA RF 2019: the best solution for roll tool design]. *CADmaster*, 2019, no. 2 (90), pp. 32-34(in Russ.).

19. Ablat M.A., Qattawi A. Numerical Simulation of Sheet Metal Forming: A Review. *The Int. J. of Advanced Manufacturing Technology*, 2017, vol. 89, pp. 1235-1250.

20. Zhang Y.W., Nguyen H., Jung D.W. Optimization of the Spring-Back in Roll Forming Process with Finite Element Simulation. *Int. J. of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 2016, vol. 5, pp. 272-275. DOI: 10.18178/ijmerr.5.4.

Experience in Manufacturing and Mastering Roll Forming Mills for the Production of Profiled Flooring

N.V. Tepin, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

V.A. Khrabrov, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

S.N. Kniazev, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

The purpose of the study is to develop and master the designs of rolling mills for the production of profile flooring. In recent years, the volume of the profile flooring production has been increasing. This leads to an increase in the number and expansion of types of structures of rolling mills. An urgent problem in the production of rolling mills is not only ensuring the high quality of the products, but also choosing the optimal design of the rolling mill from the point of view of reliability, rigidity and manufacturability. The designs of rolling mills are considered: with stands without a frame (housingless stands); with frames representing steel plates, with openings for the installation of bearing supports of working rolls; with frames made of stand; with free-standing frames for each cage made of steel plates. Also, different types of roller drive (using gears and a chain drive), adjustment methods are considered. The advantages and disadvantages of each design are presented. Based on the experience of implementing (mastering) mill designs in relation to the height of the profile of the resulting sheet, it can be noted that for corrugated profiles with a corrugation height of no more than 16 mm, a rolling mill with an intercellular distance of 200...300 mm and a bed representing steel plates, with openings for installing bearing supports of working rolls; for profiles with a corrugation height of more than 16 mm, rolling mills with an intercellular distance of more than 350 mm and beds of stands with guides are optimal. It is rational to drive only the lower rolls in order to reduce the cost of the drive and improve the speed mode. In mills with a bed representing steel plates, with openings and an intercellular distance of up to 300 mm, it is advisable to use a drive of working shafts using gears. And as for rolling mills with an intercellular distance of more than 350 mm and in which the frames are made of stands with guides, it is desirable to equip them with a chain drive of rotation of the working rolls.

Keywords: profile flooring, rolling mill, stand, roll, simulation.

Получено 21.10.2021

Образец цитирования

Тепин Н. В., Храбров В. А., Князев С. Н. Опыт изготовления и освоения профилирующих станов для производства профнастила // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2021. Т. 24, № 4. С. 35–44. DOI: 10.22213/2413-1172-2021-4-35-44.

For Citation

Terpin N.V., Khrabrov V.A., Kniazev S.N. [Experience in Manufacturing and Mastering Roll Forming Mills for the Production of Profiled Flooring]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2021, vol. 24, no. 4, pp. 35-44 (in Russ.). DOI: 10.22213/2413-1172-2021-4-35-44.