

К вопросу о проектировании сварных рам

02, февраль 2016

Гудков В. В.^{1,*}

УДК: 62-231

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

^{*}victorgudckov@yandex.ru

Введение

Сварные соединения по праву являются наиболее применяемыми из всех неразъемных соединений, используемых при изготовлении широкого круга изделий общемашиностроительного применения [1]. Объясняется это, в первую очередь, тем, что форма и размеры сварных заготовок максимально близки к форме и размерам соответствующих элементов изделия и во многих случаях вообще не требуют дополнительной механической обработки.

Кроме того, сварные заготовки являются, пожалуй, единственной экономически обоснованной альтернативой литым заготовкам в условиях снижения серийности производства изделий, выпускаемых подавляющим большинством машиностроительных предприятий нашей страны. Проиллюстрировать данную ситуацию целесообразно на примере приводных барабанов ленточных конвейеров – именно тех машин, приводы которых являются предметом курсового проектирования для большого числа студентов машиностроительных направлений подготовки МГТУ им. Н.Э. Баумана в рамках изучения ими дисциплины «Основы конструирования машин – Детали машин» [2].



Рис. 1. Приводные барабаны, выпускаемые ООО «ИНТЕРКОН – ГРУПП»

В учебной литературе [3] отмечается, что барабаны ленточных конвейеров могут изготавливаться литьем из чугуна или стали либо быть сварными стальными. Однако ознакомление с продукцией большого числа отечественных и зарубежных компаний, специализирующихся на выпуске конвейерной техники, например, ООО «ИНТЕРКОН – ГРУПП» (г. Вологда) [4], ООО «Калужские конвейерные системы» [5], ОАО «Первоуральский завод горного оборудования» [6], компания CINTASA (Испания) [7] и других, показывает, что во всех случаях барабаны ленточных конвейеров изготавливаются только сварными (см. рис.1).

Основываясь на вышесказанном, можно было бы предположить, что сварные соединения будут широко представлены в курсовых проектах, выполненных студентами по кафедре «Основы конструирования машин». Однако это не так: даже упомянутые выше приводные барабаны ленточных конвейеров в большинстве студенческих проектов являются литыми; лишь в ряде проектов звездочки для тяговых цепей конвейеров выполнены сварными. Одна из причин подобного положения кроется в необоснованно большой серийности предмета проектирования, указываемая в технических заданиях на курсовой проект. Следствием этого является то, что получить представление об особенностях конструирования и навыки конструирования сварных элементов машин студенты на сегодняшний день могут, лишь разрабатывая конструкции так называемых «индивидуальных приводов», технические задания на которые предусматривают проектирование базовой детали для этих приводов – сварной рамы или литой плиты.



Рис. 2. Приводная станция ленточного конвейера, выпускаемая ООО «Калужские конвейерные системы»

Данную ситуацию трудно признать нормальной с учетом отмеченной выше тенденции современного отечественного машиностроительного производства. Кроме того, со стороны преподавателей профилирующих кафедр неоднократно приходилось слышать мнение о том, что их студенты слабо представляют себе особенности конструирования сварных изделий. Самым простым и очевидным путем решения указанной проблемы, яв-

ляется изменение технических заданий на курсовой проект: вместо проектирования приводов ленточных или цепных конвейеров, как это имеет место в настоящее время, от студентов будет требоваться спроектировать «машинную станцию» для тех же конвейеров – то есть размещенные на единой раме все элементы собственно привода и исполнительный механизм – приводной вал конвейера с барабаном или звездочками для тяговых цепей. Это предложение не является надуманным, а соответствует практике многих компаний, выпускающих конвейерную технику (см. рис.2,3,4).

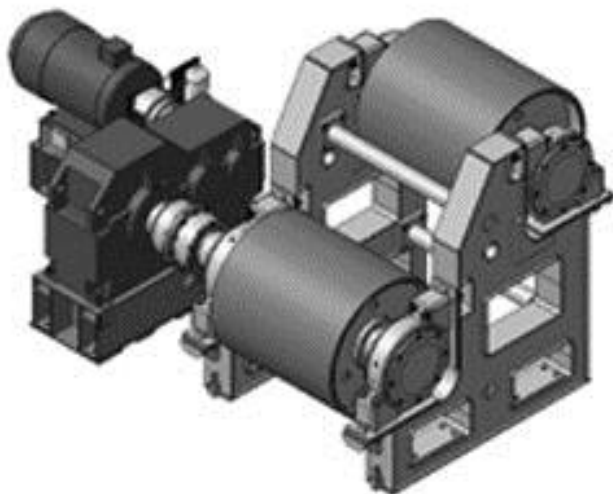


Рис. 3. Приводная станция ленточного конвейера, выпускаемая Кировским заводом металлоизделий «ТЕХНОСПЕКТР»



Рис. 4. Приводная станция ленточного конвейера, выпускаемая ООО «ИНТЕРКОН – ГРУПП»

Реализацию данного предложения, однако, не следует рассматривать как задачу сегодняшнего дня, так как для этого необходимо предварительно разработать и подготовить

целый ряд методических материалов. В первую очередь речь должна идти о справочной информации относительно тех стальных профилей, которые в настоящее время наиболее широко применяются в качестве основных несущих элементов сварных рам. В литературе [3] отмечается, что таковыми следует считать швеллеры стальные горячекатаные (ГОСТ 8240-89). Действительно, в конструкциях рам приводных станций указанные профили используются. Но следует учитывать, что ГОСТ 8240-89 заменен на ГОСТ 8240-97, в котором, помимо ранее известных серий с уклоном внутренних граней полок (индекс У в номере швеллера) и параллельными гранями полок (индекс П), предусмотрены серии экономичная с параллельными гранями полок (индекс Э) и легкая с параллельными гранями полок (индекс Л). Насколько это важно с экономической точки зрения можно проиллюстрировать на примере швеллера №12: погонная масса (масса одного метра) швеллера 12П составляет 10,4 кг, а швеллера 12Л – лишь 5,02 кг [9].

Не меньший интерес, с точки зрения создания легких, экономичных сварных металлоконструкций, представляют стальные гнутые профили, и в первую очередь, швеллеры по ГОСТ 8278- 83 (рис.5).

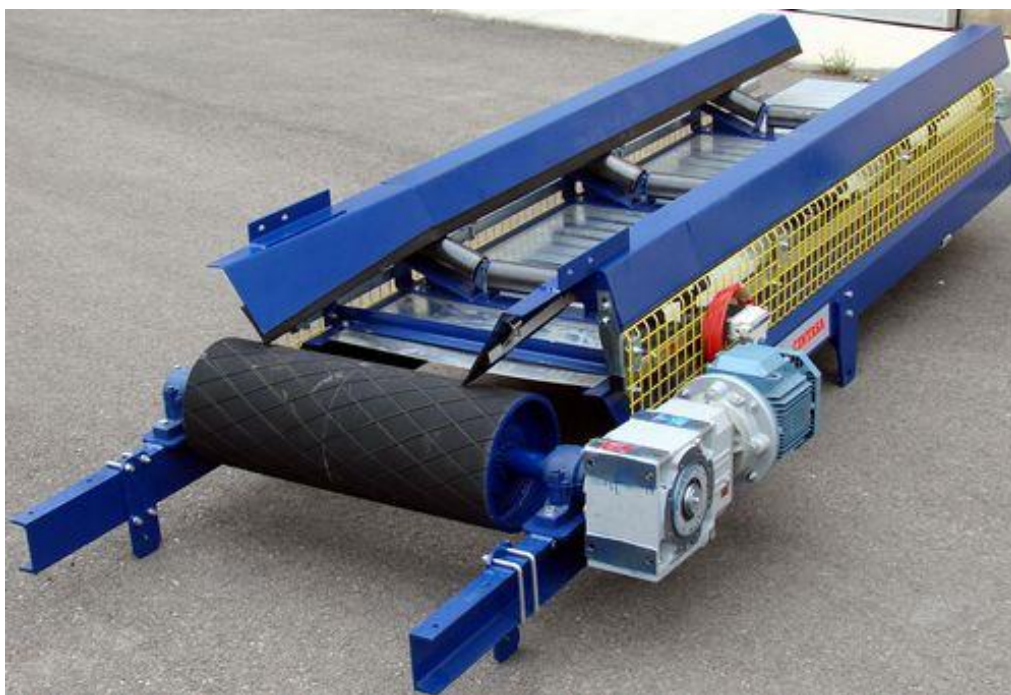


Рис. 5. Ленточный транспортер, изготовленный компанией CINTASA

Справочная информации о стальных гнутых профилях в литературе [3] отсутствует, несмотря на то, что для упомянутого выше швеллера №12 стандарт [10] предусматривает 10 разновидностей с толщиной 3...6 мм, шириной полки 25...80 мм и с погонной массой 4,87...10,28 кг. И студентам, выполняющим курсовой проект, и их преподавателям-консультантам есть из чего выбирать.

Но, пожалуй, наибольшую популярность в последние годы в качестве основных несущих элементов сварных рам различных конвейеров приобрели трубы стальные прямоугольные (ГОСТ 8645 – 68) и квадратные (ГОСТ 8639 – 82) (рис. 4,6-9).

Объясняется это тем, что плоские поверхности таких труб удобны для соединения сваркой труб между собой и размещения на указанных поверхностях всех элементов машины, а замкнутый профиль их поперечного сечения обеспечивает одновременно как изгибную, так и крутильную жесткость всей конструкции.

К сожалению, литература [3] содержит лишь фрагментарные данные по трубам прямоугольного и квадратного сечения (см. с.8, таблицы 1.2.7. и 1.2.8.), а примеры сварных конструкций, выполненных из труб указанных профилей, вообще отсутствуют. Очевидно, что для ликвидации указанного пробела преподавателям-консультантам необходимо настоятельно рекомендовать своим студентам, разрабатывающим конструкции сварных рам, максимально возможно использовать для этого трубы по ГОСТ 8645 – 68 и ГОСТ 8639 – 82, т.к. это даст возможность использовать наиболее удачные студенческие разработки как исходный материал для подготовки в дальнейшем соответствующих методических материалов.

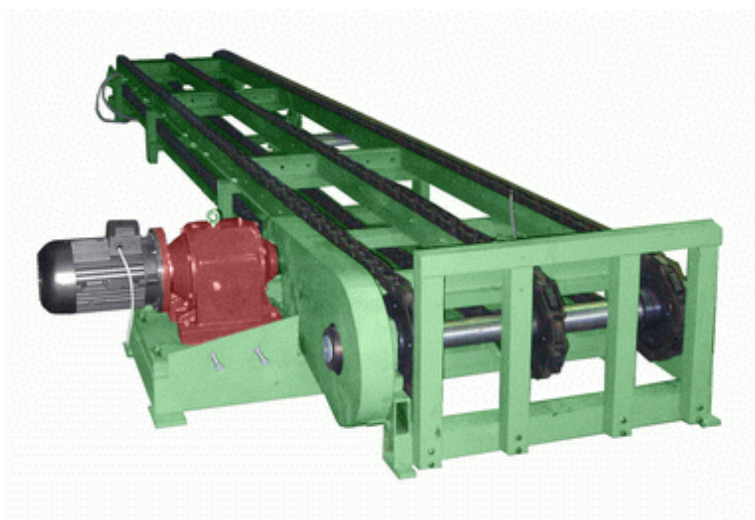


Рис. 6. Цепной конвейер производства ЗАО «КЗКО»



Рис. 7. Цепной конвейер ООО «ИНТЕРМАШ»



Рис. 8. Цепной конвейер с грузонесущими пластинами ООО "ОКБ Русский Инжиниринг"

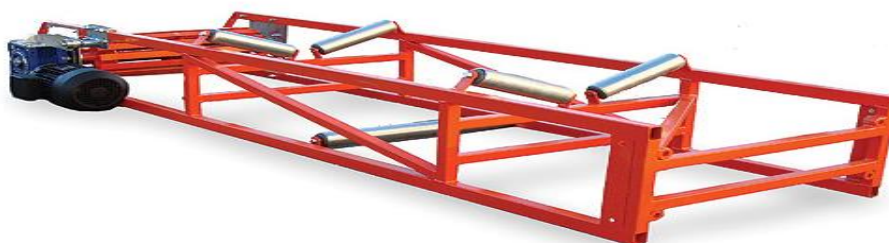


Рис. 9. Рама и привод ленточного конвейера; компания CINTASA

Какие бы профили из перечисленных выше ни использовались студентами при разработке конструкции сварных рам, наибольшее затруднение у них вызывает обоснованный выбор высоты рамы, а, следовательно, и высоты используемых профилей. В учебном пособии [14] предлагается принимать высоту рам как $0,08 \dots 0,1$ от их длины. Опыт проектирования показывает, что указанной рекомендацией далеко не всегда следует руководствоваться. Так, если в качестве основных несущих элементов рамы будут использоваться швеллеры как горячекатаные [9], так и гнутые [10], то ширина их полок будет определяться, в первую очередь, диаметром отверстий, которые должны быть выполнены в них для крепления соответствующих элементов привода [3]. Это обстоятельство приводит к тому, что на практике, особенно если привод выполнен в виде мотор-редуктора, соотношения между высотой и длиной рам во много раз превышают значения, рекомендуемые в литературе [14]. Можно предположить, что подобная ситуация будет иметь место и в случае использования в качестве основных несущих элементов рам труб прямоугольного или квадратного сечений по ГОСТ 8645 – 68 и ГОСТ 8639 – 82. Отсюда совершенно очевидно следует вывод: прежде чем приступать к проектированию рамы, студенты должны тщательно проработать конструкцию опорных частей проектируемых ими элементов привода – в первую очередь редуктора.

В пособии [14] конструкция опорных частей корпусов редукторов (так называемых лап) подробно рассматривается применительно к зубчатым цилиндрическим редукторам, прототипом для которых являются редукторы типа Ц, серийно выпускаемые в нашей стране со второй половины XX века и по настоящее время [2]. В указанных редукторах существует четкая взаимосвязь между диаметром $d_{\text{ф}}$ винта крепления редуктора к раме и диаметром d крепления крышки и корпуса редуктора: $d_{\text{ф}} \approx 1,25d$. В свою очередь диаметр d определяется величиной момента T (Н·м) на выходном валу редуктора [14]:

$$d = 1,25\sqrt[3]{T} \geq 10 \text{ мм} \quad (1)$$

Взяв за основу зависимость (1), получается, что диаметр $d_{\text{ф}}$ должен быть не меньше 12 мм, а диаметр сквозных отверстий под эти винты в лапах и опорных поверхностях для них в рамах – не меньше 13 мм. Но в этом случае использование в конструкции рам горячекатаных швеллеров номеров меньше, чем №12 невозможно [3]. Все это вызывает большие сомнения.

В литературе [15] отмечается, что для обеспечения жесткости соединения и плотности стыка между скрепляемыми деталями (это в полной мере относится и к стыку крышка – корпус редуктора) сила затяжки винтов должна быть высокой и создавать в стержнях винтов напряжение

$$\sigma_{\text{зат}} = (0,6 \dots 0,8) \sigma_{\text{т}} \quad (2)$$

Анализ конструкции редукторов типа Ц, имеющих на кафедре «Основы конструирования машин», и расчеты стыков крышка – корпус этих редукторов в соответствии с методикой, описанной в литературе [1,15], показали следующее: в случае использования винтов или болтов класса прочности 8.8 (как это рекомендуется в литературе [14]) коэффициенты запаса плотности этих стыков составляет 12...14, в то время как рекомендуемые их значения должны быть в интервале 1,5...3 [1]. Это говорит о том, что зависимостью (1) следует руководствоваться только в том случае, если предполагается использование винтов значительно более низких классов прочности, и при этом сила их затяжки не будет контролироваться. Очевидно, что это не соответствует современным требованиям к качеству машиностроительной продукции.

Таким образом, помимо разработки методических материалов, содержащих варианты конструкций сварных рам, выполненных с использованием различных стальных профилей, необходимо внести коррективы и в рекомендации по конструктивному оформлению опорных элементов корпусов редукторов, разрабатываемых студентами в ходе курсового проектирования.

Заключение

Лишь отдельные курсовые проекты, выполняемые студентами по кафедре «Основы конструирования машин», содержат элементы приводов, предусматривающие их изготовление с использованием сварных соединений, что не отвечает ситуации в современном отечественном машиностроении.

Наиболее простым и очевидным решением данной проблемы будет включение в технические задания на проект требования разработки конструкции сварной рамы, предназначенной для размещения на ней всех других элементов разрабатываемого привода.

Реализация данного предложения потребует подготовки методических материалов, содержащих как справочные данные по наиболее используемым на практике стальным профилям, так и конструкции сварных рам различной конфигурации, в которых используются указанные профили.

Помимо методических материалов, касающихся непосредственно сварных рам, необходимо подготовить новые рекомендации по конструктивному оформлению опорных элементов корпусов редукторов, так как это напрямую влияет на конструкцию рам, на которые они будут монтироваться.

Список литературы

- [1]. Андриенко Л.А., Байков Б.А., Захаров М.Н., Поляков С.А. и др. Детали машин: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. / Под ред. О.А. Ряховского. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. 465 с.
- [2]. Гудков В.В. Анализ технических заданий на курсовой проект «Основы конструирования машин» в МГТУ им. Н.Э. Баумана // Инженерный вестник Электронный научно-технический журнал МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. №5. Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/771423.html> (дата обращения 06.02.2016)
- [3]. Байков Б.А., Клыпин А.В., Ганулич И.К., Зворыкин В.И. Атлас конструкций узлов и деталей машин / под редакцией О.А. Ряховского. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2005. 380 с.
- [4]. Сайт компании ООО «ИНТЕРКОН – ГРУПП». Режим доступа: <http://www.intercon-group.ru> (дата обращения 06.02.2016)
- [5]. Официальный сайт производителей конвейеров в России ООО «Калужские конвейерные системы». Режим доступа: <http://kkskaluga.ru/> (дата обращения 06.02.2016)
- [6]. Сайт ОАО «Первоуральский завод горного оборудования». Режим доступа: <http://pzgo.ru/> (дата обращения 06.02.2016)
- [7]. Сайт компании CINTASA.S.A. Режим доступа: <http://www.cintasa.ru> (дата обращения 06.02.2016)
- [8]. Кировский завод металлоизделий «ТЕХНОСПЕКТР» / Сайт. Режим доступа: <http://technospectr.com/> (дата обращения 06.02.2016)
- [9]. ГОСТ 8240-97. Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент. Минск: Издательство стандартов. 2001. 10 с.
- [10]. ГОСТ 8278-83. Швеллеры стальные гнутые равнополочные. Сортамент. М.: Издательство стандартов. 1998. 8 с.
- [11]. Сайт ЗАО «КЗКО» (г. Кемерово). Режим доступа: <http://konvejerlentochnyj.ru/konvejernoje-oborudovanie/> (дата обращения 06.02.2016)

- [12]. Сайт завода ООО «ИНТЕРМАШ» (г. Москва). Режим доступа: <http://www.int-mash.ru/> (дата обращения 06.02.2016)
- [13]. Сайт компании ООО «ОКБ Русский Инжиниринг» (г. Обнинск). Режим доступа: <http://www.russianengineering.ru/> (дата обращения 06.02.2016)
- [14]. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. 12-е издание, стереотипное. М.: Издательский центр «Академия». 2009. 496 с.
- [15]. Леликов О.П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин. Конспект лекций по курсу «Детали машин». 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. 2007. 464 с.