

Шрубченко И. В., д-р техн. наук, проф.,
Черняев А. С., аспирант,
Мурыгина Л. В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ БАНДАЖЕЙ ВРАЩАЮЩИХСЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БАРАБАНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

shrubens@yandex.ru

Предложено бандаж плавающего типа реконструировать во вварной тип с применением мобильных технологий. Представлены результаты моделирования напряженно-деформированного состояния для различных вариантов выполняемых форм фасонной канавки.

Ключевые слова: бандаж, фасонная канавка, концентратор напряжения, напряженно-деформированное состояние, мобильные технологии.

В настоящее время в различных отраслях промышленности для физико-химической обработки материалов широко применяют вращающиеся технологические барабаны. Такие агрегаты могут выполняться диаметром от 2500 до 7000 мм и длиной до 230 м. Для обеспечения жесткости корпуса и возможности вращения в соответствии с технологическим регламентом, их оснащают бандажами, которые могут выполняться двух типов: «П» – плавающий и «В» –

а



вварной (рис. 1). Опыт эксплуатации на многих предприятиях показал более высокую надежность и технологичность бандажей типа «В», поэтому во многих случаях ими постепенно и оснащают опоры ТБ, не смотря на их более высокую стоимость. Демонтированные бандажи типа «П», нормативный срок эксплуатации которых еще не истек, складывают и подвергают хранению.

б



Рис. 1. Бандажи вращающихся технологических барабанов:
а – плавающего типа – «П», б – вварные – «В»

В Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г.Шухова разработана технология, позволяющая реконструировать бандаж типа «П» в тип «В». Основной особенностью такого бандажа является выполнения на его торцевых поверхностях закрылков для последующей сварки с корпусом ТБ и специальной фасонной канавки, которая должна обеспечивать условия равномерного распределения

напряжений, возникающих от действия массы ТБ при эксплуатации. Для оптимизации формы канавки было выполнено моделирование конструкции бандажа в CAD/CAE – системе *Solid Works* с встроенным пакетом конечно-элементного анализа *Solid Works Simulation*. В качестве исходной использована модель, включающая бандаж и два элемента корпуса ТБ, соединенные сваркой (рис. 2).

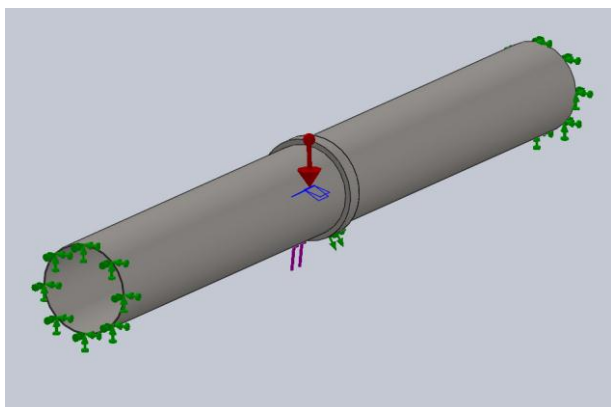


Рис. 2. Исходная модель бандажа с приложенными граничными условиями

В качестве статических граничных условий назначались действие сил на гранях, в зонах контакта бандажа с опорными роликами, которые имитируют действие силы тяжести ТБ. Размер таких граней вычисляем по формулам [2]:

$$a = 1,52 \sqrt{\frac{p}{E} \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}, \quad p = \frac{F}{S},$$

где a – половина ширины грани, мм; $S = 2000 \cdot a$ – площадь грани, мм²; $F = 280000$ Н – действующая на грань сила (ее значение определяем, исходя из массы бандажа: $m = 56000$ кг; $R_1 = 3050$ мм – радиус бандажа; $R_2 = 1700$ мм – радиус ролика; $E = 206000$ Н/мм² – модуль упругости материала Сталь 35. Подставив значения, получим, $a = 1,2$ мм.

В качестве кинематических граничных условий назначалась фиксированная геометрия на торцах корпуса ТБ. При предварительных расчетах моделированию подвергались четыре варианта конфигурации канавок (рис. 3). Для упрощения условий решения задачи, исследование проводилось в радиальном сечении и дополнительно назначалась фиксированная геометрия на гранях в направлении, перпендикулярном секущей плоскости. В двух других направлениях, возможные перемещения не ограничивались, что и позволяет им проявить себя.

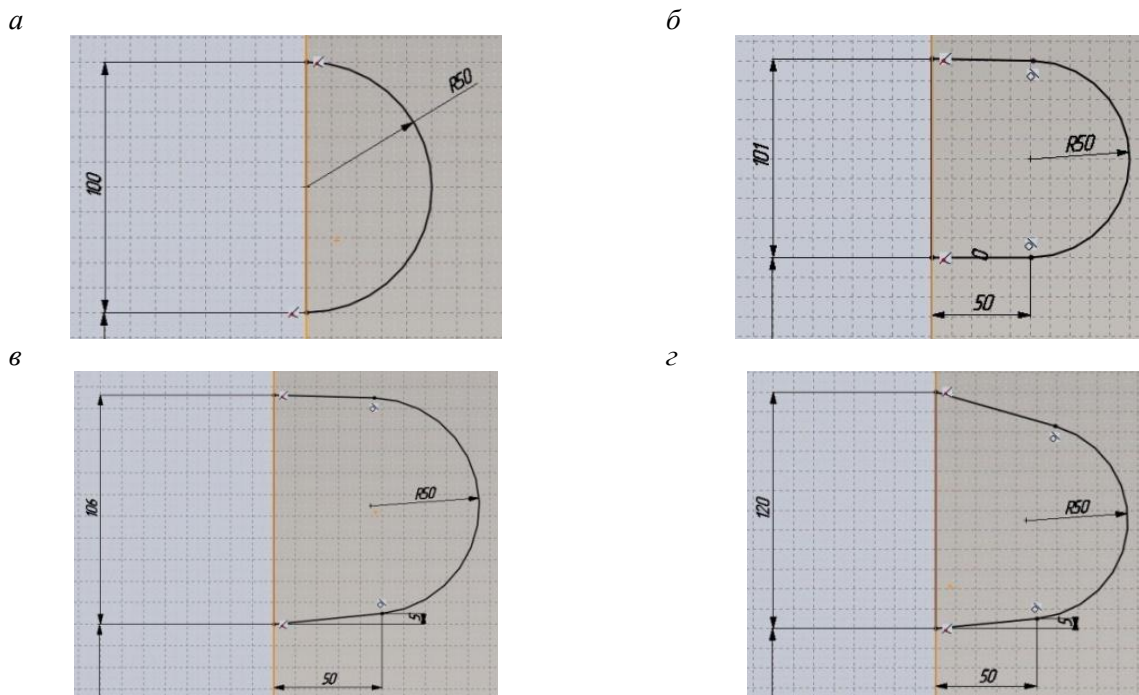


Рис. 3. Варианты формы канавки для торцевой поверхности бандажа:

а – в форме полукруга; *б* – удлиненной формы в виде полукруга; *в* – удлиненной формы в виде полукруга с наклонной нижней гранью; *г* – удлиненной формы в виде полукруга с наклонными нижней и верхней гранями

Результаты моделирования представлены на рис. 4, где показано напряженно-деформированное состояние бандажа в зоне соединения корпуса ТБ с бандажом и распределение возникающих напряжений. Их анализ показывает, что оптимальным является вариант канавки, представленный на рис. 3 *г*. Такую форму канавки необходимо обеспечить механической обработкой бандажа, демонтированного с ТБ [3]. Кольцевые фасонные проточки следует рас-

полагать на расстоянии равном толщине кольцевых обечаек и выполнять глубиной $(0,09 \dots 0,1)L$, где L – длина бандажа и радиусом закругления $0,125S$, где S – толщина бандажа. При этом наружная грань проточки должна быть расположена под углом 14° , а внутренняя – под углом $5,7^\circ$. При уменьшении глубины проточки менее $0,09$ от длины бандажа уменьшается зона перехода от кольцевой обечайки к основному телу бандажа, что в свою очередь влечет за собой

увеличение концентрации напряжений. При глубине более 0,1 толщины бандажа зона перехода увеличивается, однако, снижаются прочностные свойства самого бандажа, в результате ослабления его сечения проточкой большей глубины. Радиус закругления проточки должен выполняться равным 0,125 толщины бандажа. Такая величина выбрана с учетом удобства проведения последующих работ по сварке бандажа с кольцевыми обечайками. При уменьшении величины радиуса закругления менее 0,125 толщины бандажа, размеры проточки уменьшаются, что усложняет процесс проведения работ. Уменьшение радиуса закругления приводит так же и к увеличению концентрации напряжений. При радиусе закругления более 0,125 толщины бандажа размеры проточки увеличиваются, что может благоприятно сказываться на удобстве проведения работ. Однако, конструкция бандажа в этом случае значительно ослабляется, что может отрицательно сказываться на его надежности. Наклон внутренней грани кольцевой фасонной проточки на угол, равный $5,7^{\circ}$ обеспечивает плавный переход от кольцевой обечайки к телу бандажа, что положительно сказывается на равномерности распределения напряжений, воз-

никающих при работе бандажа. Изменение величины угла влечет за собой изменение характера распределения напряжений и их существенной концентрации на отдельных участках. Угол расположения наружной грани проточки, равный 14° выбран из конструктивных соображений, так как он обеспечивает удобство последующего монтажа и сварки. Так как бандаж вращающейся печи соединяется с кольцевыми обечайками при помощи сварки, то при последующей эксплуатации, благодаря наличию выполненных таким образом канавок, внутренние напряжения, возникающие в местах их соединения, будут более равномерно распределяться по длине соединения, что обеспечит существенное повышение его надежности. Выполняя, таким образом фасонные кольцевые проточки на торцевых поверхностях, возможна реконструкция бандажей плавающего (насадного) типа во вварные, что приведет к значительной экономии средств на замену бандажей и существенно повлияет на повышение надежности их работы. Наиболее технологичным является вариант обработки с использованием мобильных технологий. Для механической обработки бандаж устанавливается на специальный стенд (рис. 5).

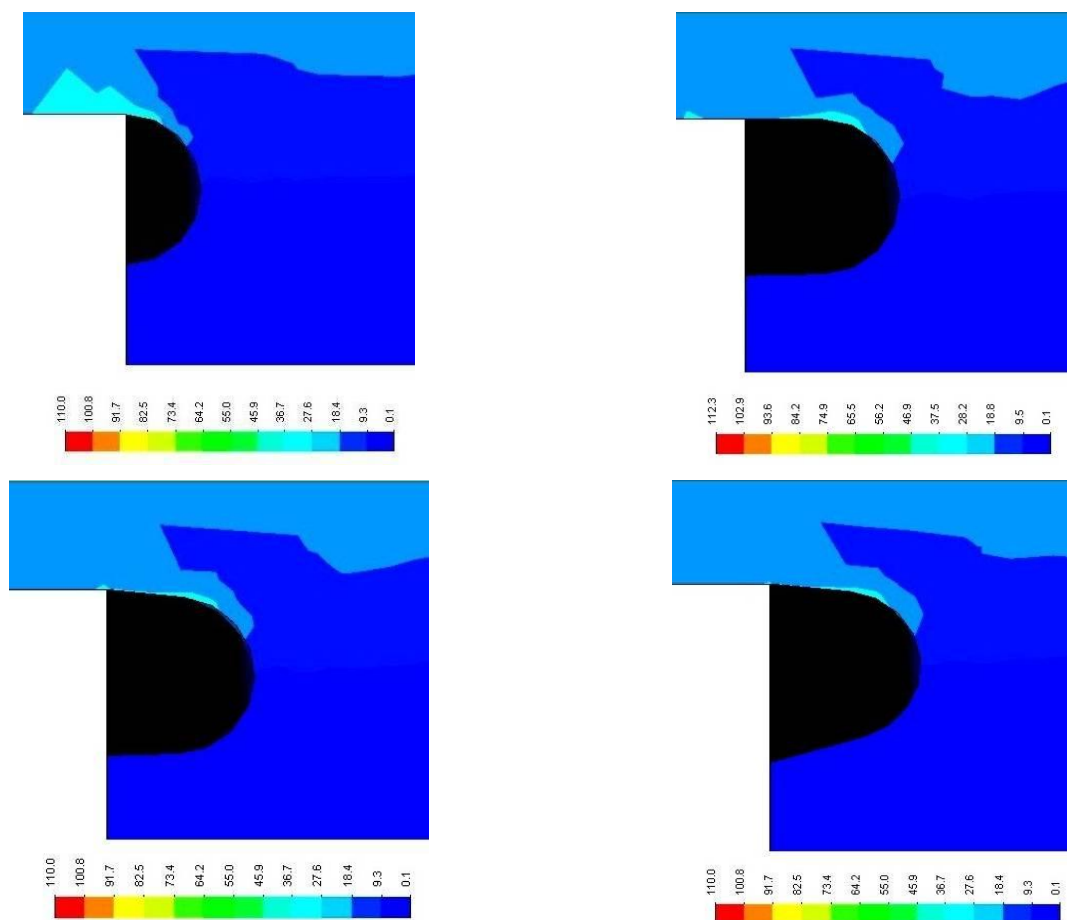


Рис. 4. Напряженно-деформированное состояние в радиальном сечении модели для различных вариантов форм канавки

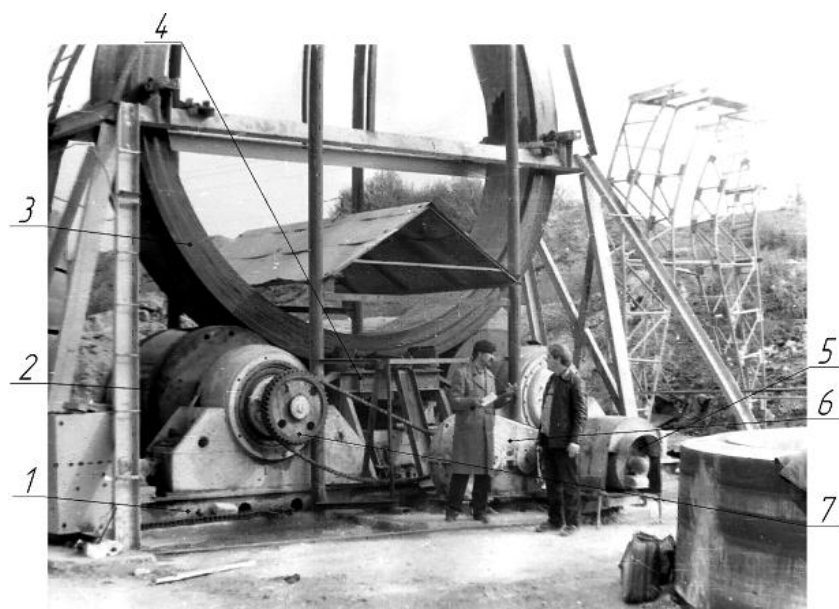


Рис. 5. Специальный стенд для обработки бандажей

Он представляет собой смонтированную на бетонированной площадке опору вращающегося ТБ, состоящую из рамы 1 с двумя опорными роликами, на поверхности качения которых устанавливают бандаж 3 для последующей обработки. Чтобы исключить возможные осевые смещения бандажа при его вращении, положение опорных роликов тщательно выверяется и регулируется, и дополнительно устанавливают систему осевых упоров 4. Привод вращения осуществляется двигателем постоянного тока 5 через двухступенчатый понижающий редуктор 6 и цепную передачу 7 – непосредственно на опорный ролик. Для проведения обработки стенд оснащается специальным переносным станком. И, таким образом, бандаж может быть обработан непосредственно на месте эксплуатации без транспортирования его на специализированные предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шрубченко, И.В. О необходимости обработки поверхностей бандажей технологических барабанов при их сборке / И.В. Шрубченко // Тяжелое машиностроение. – 2006. - № 10. – С. 27 – 29.
2. Банит, Ф.Г. Эксплуатация, ремонт и монтаж оборудования промышленности строительных материалов / Ф.Г. Банит, Г.С. Крижановский, Б.И. Якубович. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1971. – 236 с.
3. Пат. 114763 Российская Федерация, МПК F 27 В 7/20. Бандаж вращающейся печи / Черняев А.С., Шрубченко И.В., Мурыгина Л.В., Архипова Н.А., Рыбалко В.Ю.; заявитель и патентообладатель Белгород. гос. технол. ун-т. им. В.Г. Шухова – №2011140909/22; заявл. 07.10.11; опубл. 10.04.12, Бюл. №10. – 2 с.