

для ПГВ полуконических втулок со сниженными показателями материалоемкости отдельных ее элементов по сравнению с существующими.

Литература

1. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением.-4-е изд. - М.: Машиностроение, 1977. – 423с. **2.** Третьяков А.В., Трофимов Г.К., Зюзин В.И. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением. – М.: Машиностроение, 1964. – 223с. **3.** Холодная объемная штамповка: Справочник / Под ред.Г.А. Навроцкого. - М.: Машиностроение, 1973. – 496с. **4.** Евстратов В.А. Основы технологии выдавливания и конструирования штампов.- Харьков: Вища школа, 1987. – 144с. **5.** Головин В.А. Актуальные проблемы холодной и полугорячей объемной штамповки // Кузнечно-штамповое производство. - 1985. –№ 8. –С.34-36. **6.** Бондарь С.В., Зубатый С.С., Киркач Б.Н., Лавинский В.И. Программный комплекс SPACET для решения термоупругопластических контактных задач // Республ. межвед. научн.-техн. сборн. “Динамика и прочность машин”. - Харьков: ХГПУ, 2000. -Вып.57. –С.24-34.

Поступила в редколлегию 03.09.2001

УДК 539.3

КОНТАКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ОБОЛОЧЕК

В.В. Бортовой, Д.В. Лавинский

Национальный технический университет "ХПИ", Харьков, Украина

The text in question deals with stress-strain analysis for technological operation of connection of two thin-wall constructions. The construction are modeled by two cylindrical shells. One of them is oriented in vertical direction, another – in horizontal. Horizontal shell is loaded by uniform internal normal pressure. The finite element method (FEM) is numerical one of solution. The FEM program complex COSMOS/M is mean of solution. The deformed shape of construction and plots of displacements and stress intensity is presented. It is shown that uniform pressure is unsuccessful for required technological conditions.

Тонкостенные элементы в последнее время получили широкое распространение в практике проектирования и создания различных машиностроительных конструкций. Причиной этому является относительно малый вес при достаточно высоких прочностных и жесткостных характеристиках. Накопленный опыт проектирования и эксплуатации тонкостенных конструкций свидетельствует о том, что использование традиционных способов (болтовые

соединения, сварка и т.п.) крепления составных частей снижает эксплуатационные характеристики конструкции в целом: появление концентраторов напряжения, увеличение веса конструкции, изменение структуры материала в зонах соединения (при сварке) и другое. Наиболее технологичным является скрепление контактирующих тонкостенных деталей направленным прессованием на контактирующих поверхностях, т.е. за счет создания больших локальных пластических деформаций в зоне контакта. В этом случае давление на определенных поверхностях конструкции может создаваться различными способами, например: силами импульсных магнитных полей. Разработка научно обоснованных подобных технологических операций требует предварительного детального анализа НДС конструкций при проектировании процесса сборки с целью определения требуемого закона распределения магнитного давления для достижения технологического результата [1].

При моделировании процесса магнитноимпульсной сборки двух цилиндрических оболочек реально возникающие магнитные давления логично аппроксимировать более простыми представлениями в виде кусочно-постоянных или кусочно-линейных функций по образующей одной из оболочек [1]. При решении подобных задач важным становится учет особенностей НДС, которые возникают в зоне контакта: нелинейная связь между напряжениями и деформациями (даже при линейно упругом поведении материала), возникновение фрикционного взаимодействия. Эти нелинейности делают невозможным привлечение аналитических методов теории упругости для решения практических задач. Расчеты должны выполняться с помощью численных методов, которые в настоящее время в связи с появлением мощных ЭВМ получили практически неограниченные возможности для использования.

В данной работе рассматривается задача совместного контактного деформирования двух тонкостенных цилиндрических оболочек, пересекающихся под углом 90° , которые имитируют условия технологической операции по получению прессового соединения. Следует отметить, что в реальных конструкциях редко встречаются соединения цилиндра с цилиндром, гораздо более распространены комбинации: цилиндр – коробчатая (прямоугольная или треугольная в плане) оболочка или коробчатая оболочка – коробчатая оболочка. Но рассмотрение двух цилиндрических оболочек позволяет обнаружить все закономерности, имеющие место при контактном деформировании, и при этом избежать трудностей, связанных с учетом концентраторов напряжений, имеющих место в коробчатой конструкции. Задача о совместном деформировании двух цилиндрических оболочек может рассматриваться как модельная, и на основании полученных результатов могут быть сформулированы общие закономерности процесса соединения, которые затем могут обобщаться на другие типы конструкций. Результатом решения

задачи должно быть получение картины напряженно-деформированного состояния конструкции, также по полученным результатам необходимо сделать вывод о распределении локальных деформаций в зоне контакта в оболочке, нагруженной внутренним давлением, и на основании этого о целесообразности использования той или иной формы внешнего нагружения.

Рассмотрим контактное взаимодействие двух геометрически одинаковых цилиндрических оболочек (радиус $R = 0,5$ м; толщина $\delta = 0,01$ м; $H = 0,7$ м). Оболочки в пространстве сориентированы так, что одна занимает горизонтальное положение в глобальной система координат (материал – алюминий $E = 0,7 \cdot 10^5$ МПа; $\nu = 0,34$), а вторая соответственно – вертикальное (материал – сталь $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; $\nu = 0,27$) (рис. 1). Предварительно считалось, что контакт осуществляется только в зоне, совпадающей по размерам с сечением вертикальной оболочки, т.е. в оболочечной постановке – по линии касания. Учет трения при контакте осуществлялся в форме закона Кулона (коэффициент трения принимался равным 0,4). Модель поведения материала принята линейно упругой. Данное упрощение позволяет прогнозировать расположение зон, в которых появятся локальные остаточные деформации, если будет известна картина распределения напряжений в конструкции. Горизонтальная оболочка нагружена равномерным постоянным внутренним давлением с интенсивностью $p_m = 1$ МПа. На торцах оболочек принималась жесткое защемление: $u_z = u_\theta = 0$.

Задача решалась с помощью программного комплекса COSMOS/M [2]. Оболочки моделировались четырехузловыми пластинчатыми конечными элементами SHELL4 с шестью степенями свободы в узле. Из-за симметрии конструктивно-геометрических параметров и условий нагружения и закрепления можно ограничиться рассмотрением 1/8 части конструкции.

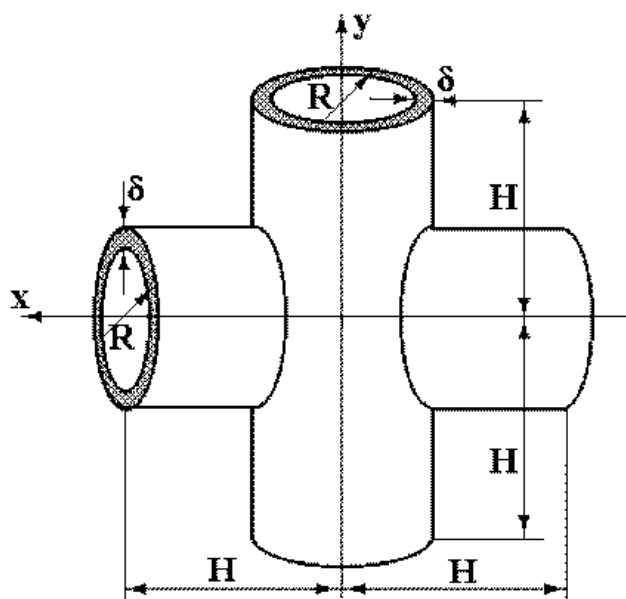


Рис.1. Расчетная схема конструкции

На границе контакта были введены контактные конечные элементы типа GAP (способ контакта – “узел к линии”). По образующим оболочек задавались специальные граничные условия симметрии, которые генерировались средствами программного комплекса COSMOS/M автоматически. Внутреннее давление задавалось постоянным в пространстве и во времени. Во времени процесс нагружения рассматривался как одношаговый, с мгновенно приложенной нагрузкой.

На рис. 2 представлено деформированное состояние конструкции. Как видно данных, на представленном рисунке, горизонтальная оболочка находится в изогнутом состоянии, причем максимум прогиба достигается в зоне равноудаленной как от закрепления, так и от линии контакта с вертикальной оболочкой. Вертикальная оболочка испытывает только продольные деформации, потеря устойчивости не наблюдается. В целом, численные значения максимального результирующего перемещения в вертикальной оболочке на порядок меньше, чем в горизонтальной (0,00004 мм против 0,0002 мм).

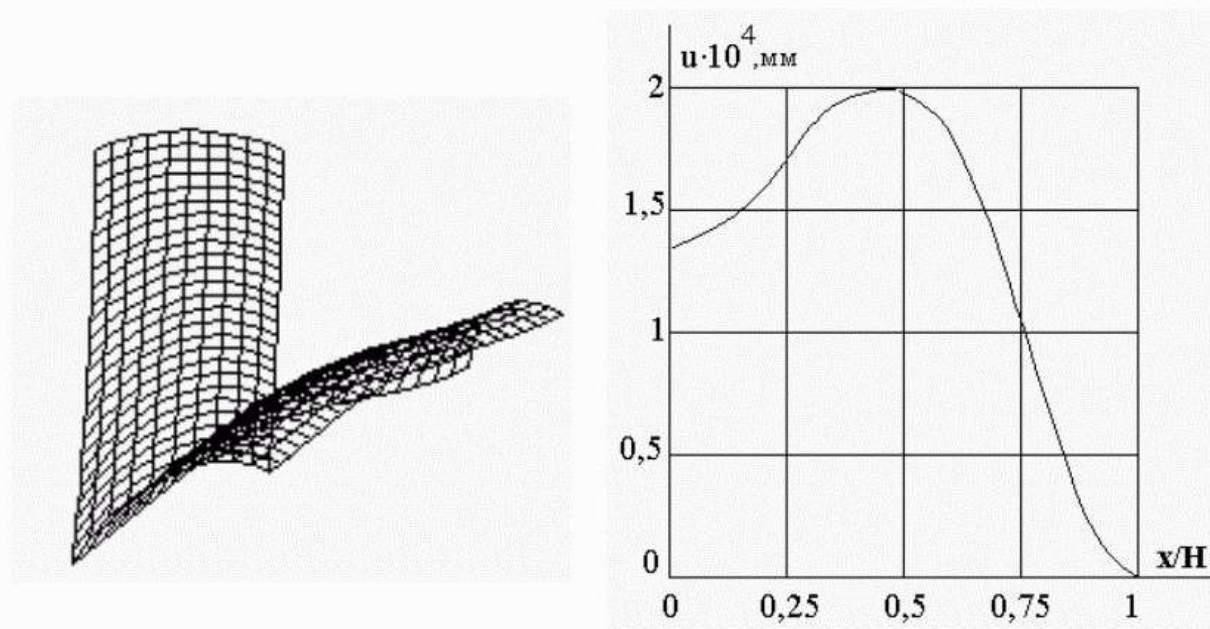


Рис. 2. Деформированное состояние конструкции

Рис.3. Прогиб вдоль образующей горизонтальной оболочки

На рис. 3 представлено распределение функции прогиба вдоль образующей горизонтальной оболочки. Данные на графике подтверждают выводы, сделанные выше, касающиеся деформированного состояния. Также следует отметить, что величины полученных расчетных перемещений согласуются с принятыми допущениями о малых перемещениях (т.к. максимальный результат много меньше толщины оболочки), что свидетельствует о корректности полученных результатов.

Далее, рассмотрим результаты по напряженному состоянию конструкции. На рис. 4 представлено распределение нормальных напряжений по линии контакта. Данная зависимость показывает, что по всей линии контакта напряжения отрицательные, а значит в процессе деформирования не происходит отрыва, и одно из условий достижения цели технологической операции выполняется.

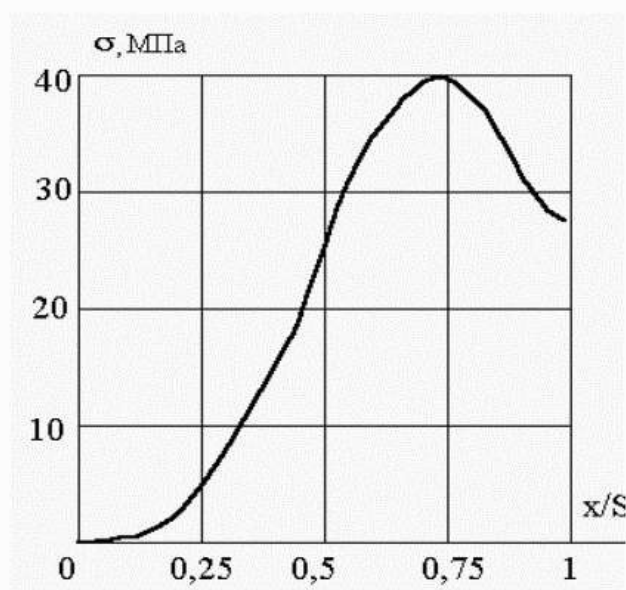


Рис. 4. Распределение контактных давлений вдоль линии контакта

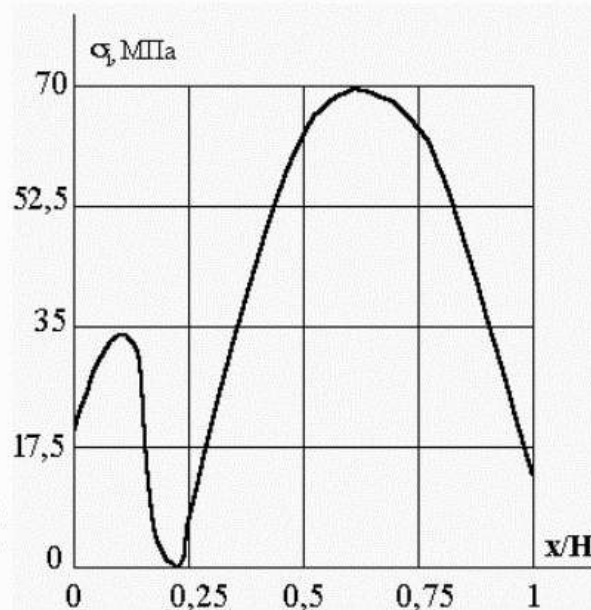


Рис. 5. Распределение интенсивности напряжений вдоль образующей горизонтальной оболочки

При последующем анализе для упруго-пластического поведения материала конструкции критерием начала пластичности выбирается критерий Мизеса, как наиболее достоверно описывающий процессы деформирования изотропного материала, а следовательно наиболее важной величиной при анализе напряженного состояния является интенсивность напряжений. На рис. 5 приведен график зависимости интенсивности напряжений от длины образующей горизонтальной оболочки.

График на рис. 5 свидетельствует о том, что конечная цель технологической операции при использовании равномерно распределенного давления достигнута не будет. Максимальная интенсивность напряжений наблюдается в той же зоне, где максимальный прогиб (см. рис. 3), причем здесь интенсивность напряжений примерно в два раза выше, чем в области контакта, т.е. именно в этой зоне с увеличением нагрузки интенсивность напряжений достигнет предела текучести раньше, чем в области контакта.

Таким образом, при дальнейшем исследовании напряженно-деформированного состояния реальных конструкций подобного типа вместо равномерно распределенного внутреннего давления необходимо рассматривать

оболочки с максимумом в локальной зоне контакта, или равномерное давление, приложенной непосредственно в зоне контакта.

Литература

1. Ракошиц Г.С. Электроимпульсная штамповка: Учеб. пособие для ПТУ. – М.: Высшая школа, 1990. – 191 с. 2. M.Lashkari, Ph.D. COSMOS/M User Guide. Stress, Vibration, Buckling, Dynamics, and Heat Transfer Analyses (Release Version 1.52). - S.R.A.C. - Santa Monica, California, 1988. - 231p.

Поступила в редколлегию 12.09.2001

УДК 71.027

КОЛЕБАНИЯ КАТУШЕК КАНАТОВЬЮЩИХ МАШИН

А.И.Бохонский, Е.В.Хромов

Севастопольский государственный технический университет, Украина

Investigate torsion oscillations in act of twist ropes of ropeweaving machines

Сложный характер смешанных крутильных колебаний питающих катушек при перематке проволоки либо свивке прядей и канатов на канатовьющих машинах обусловлен рядом причин [1]: несовпадением центров масс катушек с осями их вращения, наличием сил трения, изменением некоторых геометрических и физических параметров системы в процессе свивки (например, при сматывании проволоки или пряди с катушки), случайными факторами.

В данной работе выполнены исследования свободных и вынужденных крутильных колебаний линейной системы питающих катушек канатовьющей машины с конечным числом степеней свободы без учета сил сопротивления (см. рисунок).

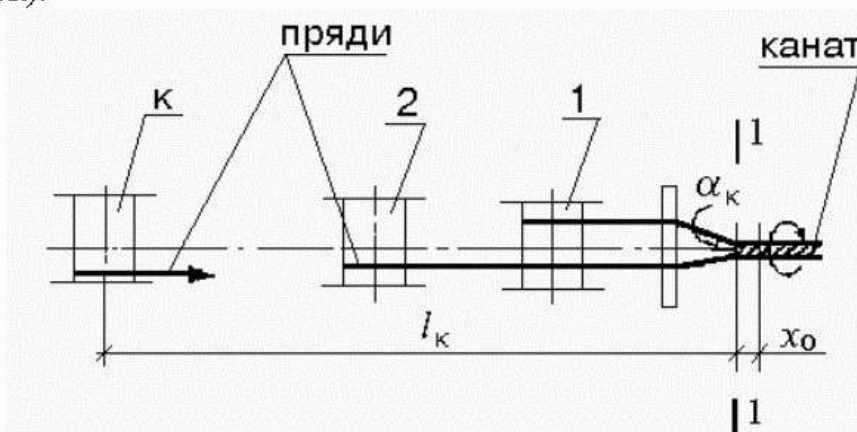


Схема расположения питающих катушек канатовьющей машины