

С.В.БОНДАРЬ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НТУ «ХПИ»

АНАЛИЗ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТОНКОСТЕННОГО ЦИЛИНДРА, ОПИРАЮЩЕГОСЯ НА РАДИАЛЬНОЕ КОЛЬЦО

Представлено результати аналізу пластичного деформування тонкостінного циліндру, що спирається на радіальне кільце. Розглянуті різні варіанти виконання профілів кільця. Задача розв'язувалась чисельно. Метода розв'язання базується на стандартних схемах методу скінчених елементів (МСЕ), реалізованих у окремому модулі програмного комплексу SPACE-T. Наведені рекомендації щодо розробки відповідної технологічної операції

Analysis results of plastic deformation of the thin-walled cylinder hinged on a radial ring are presented. Various variants of rings structures design are considered. The problem was solved numerically. The method of the decision is based on standard schemes of a finite-elements method (FEM), realized in the separate module of program complex SPACE-T. Recommendations on development of corresponding technological operation are adduced.

Актуальность проблемы. Развитие машиностроения на современном этапе невозможно без применения новых прогрессивных технологий. При этом материальные затраты необходимо компенсировать повышением экономичности изделий и технологии должны быть экологически чистыми. Совершенствование современного обрабатывающего производства происходит преимущественно с использованием безотходных технологий. К таким технологиям относится магнитно-импульсная штамповка (МИШ) – одно из перспективных направлений обработки. Преимущества МИШ по сравнению с традиционными методами обработки металлов давлением заключаются в отсутствии пуансона (бесконтактное воздействие на заготовку) и в возможности моделирования различных законов изменения давления в пространстве [1]. Данный факт свидетельствует о том, что МИШ с успехом может применяться в тех случаях, когда необходимо получать пластическое деформирование в зонах, размеры которых малы по сравнению с характерными размерами всей конструкции. К таким задачам может быть отнесена задача получения окружных гофров на тонкостенных цилиндрах, а также задача соединения цилиндра с радиальным кольцом. В терминологии традиционной магнитно-импульсной обработки металлов (МИОМ) подобные технологические операция классифицируются как операции «раздачи» [1]. Подобные операции основаны на способности большинства традиционных конструкционных материалов к пластическому деформированию. Таким образом анализ процессов пластического деформирования является весьма важной и актуальной задачей при разработке подобных технологических операций.

Постановка задачи. В работах [2-4] определены пространственно-временные зависимости магнитного давления при раздаче тонкостенной трубы на оправку, предложен метод анализа прочности и жесткости системы (рис. 1), включающей тонкостенную трубу (заготовка) и радиальные кольца (оправка). Предложенный метод базируется на схемах метода конечных элементов и позволяет решать вопросы упруго-пластического контактного взаимодействия. Решены вопросы выбора условий закрепления заготовки (предпочтительно – свободное опирание торцов), выбора пространственных распределений магнитного давления (предпочтительно – приложение давления в локальных областях контакта трубы с оправкой), определены оптимальные размеры колец-оправок, удовлетворяющие условиям технологической операции (ширина оправки не должна превышать толщину более чем в 4 раза).

Теперь для схемы представленной на рис. 1 проведем анализ пластического деформирования непосредственно в зоне контакта.

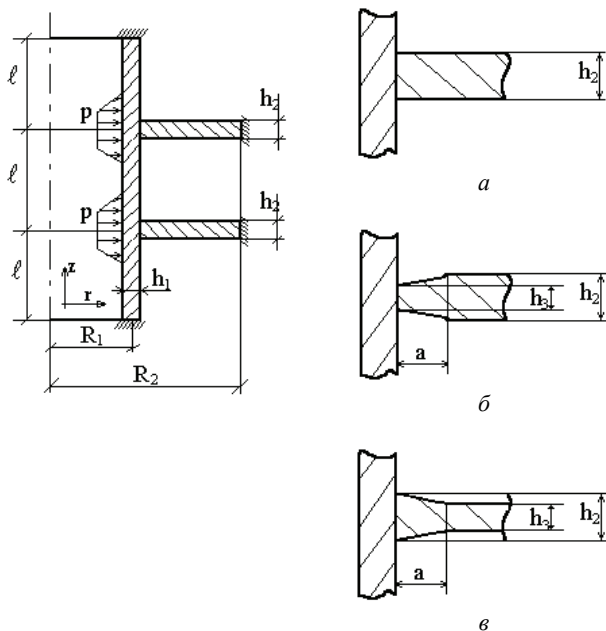


Рисунок 1 – Расчетная схема

Анализ проводился средствами программного комплекса SPACE-T [1]. Система «заготовка – матрица» рассматривалась в единой схеме, контактные явления учитывались путем введения слоя специальных контактных конечных элементов. Свойства материала заготовки моделировались в рамках теории

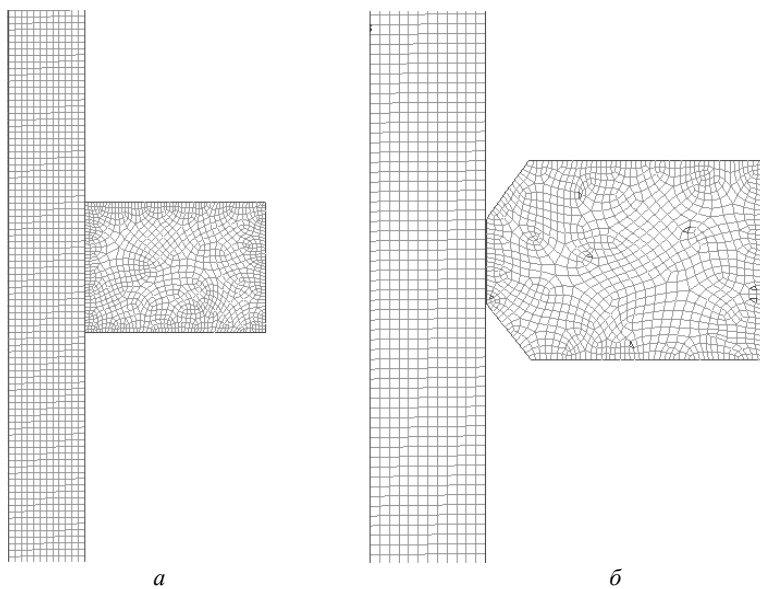


Рисунок 2 – КЭ-модели в области контакта заготовки с оправкой

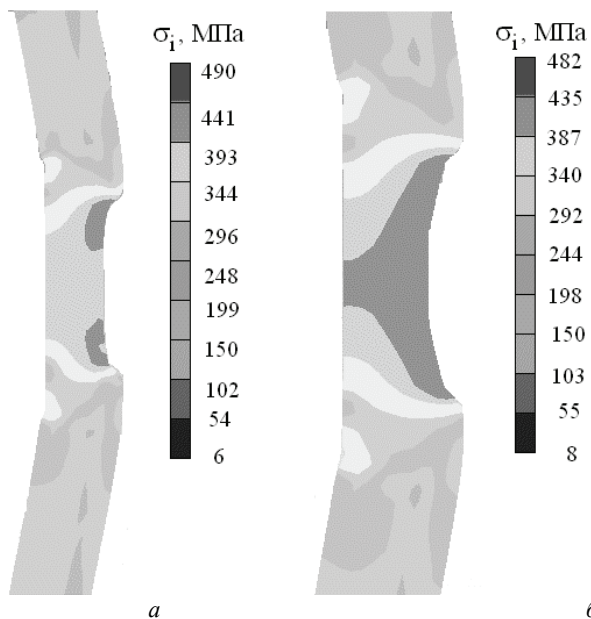


Рисунок 3 – Распределение интенсивности напряжений в заготовке для первого (а) и второго (б) вариантов профиля оправки

малых упруго-пластических деформаций. Решение производилось при помощи метода переменных параметров упругости, что позволяет учитывать нелинейное поведение материала и контактные явления в рамках единой итерационной схемы.

Анализ полученных результатов и выводы. Остановимся на основных результатах расчетов. Следует отметить, что пластические деформации появляются в материале заготовки при величине давления порядка 30 МПа – при этом для схемы рис. 1, б зона пластического деформирования практически совпадает с зоной контакта, для схем рис. 1, а и рис. 1, в – пластическое деформирование сконцентрировано в окрестности угловых точек. Дальнейшее увеличение величины внешнего давления до 45 – 55 МПа не привело к изменению качественного характера деформирования. Для схемы рис. 1, б характерно, что практически весь материал заготовки в зоне контакта перешел в состояние пластичности, а для схем рис. 1, а и рис. 1, в – продолжалось увеличение значений напряжений в окрестностях угловых точек. Таким образом, можно сделать следующие выводы: при величине внешнего давления порядка 55 МПа, приложенного локально в зоне контакта заготовки с матрицей, в материале заготовки наблюдаются интенсивные пластические деформации для всех трех типов профилей сечений матрицы; если целью технологической операции является получение окружного гофра, то наиболее выгодно использовать второй тип профиля (рис. 1, б); если в результате деформирования необходимо получить соединение трубы с кольцом – то предпочтительнее использовать первый (рис. 1, а) и третий (рис. 1, в) типы профилей.

Список литературы: 1. Батыгин Ю.В., Лавинский В.И. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. – Харьков: НТУ «ХПИ», – 2001. – 283 с. 2. Лавинский Д.В., Лавинский В.И. Электродинамические и механические процессы при магнитно-импульсной «раздаче» тонкостенных труб // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». - Харків: НТУ «ХПИ». - 2003. - № 11. - С. 76-81. 3. Егурнов О.Р., Лавинский Д.В. Особенности моделирования магнитно-импульсной «раздачи» тонкостенных труб // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПИ», 2003. – № 47. – С. 58-61. 4. Бондарь С.В., Лавинской Д.В. Магнитно-импульсная штамповка тонкостенных цилиндрических заготовок // Автомобильный транспорт, сб. научных трудов. – Вып. 25. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – С. 204–207. 5. Бондарь С.В., Зубатый С.С., Киркач Б.Н., Лавинский В.И. Программный комплекс SPACE-T для решения термоупругопластических контактных задач // Динамика и прочность машин. - Харків: НТУ «ХПИ». – 2000. – № 57. – С. 24-34.

Поступила в редколлегию 20.05.2010