

пределах $(12,1-13,6) \cdot 10^{-6}$; для алюминия $(17,5-18,5) \cdot 10^{-6}$; T_0 – температура окружающей среды – 20°C .

Перед разборкой шатунно-поршневой группы необходимо разъединить толкатель со штангой и переместить его по направляющей в крайнее правое положение. Кронштейн, на который устанавливается шатун, должен быть раскреплен для его свободного вертикального перемещения в направляющих пазах стойки. Последующие технологические операции аналогичны операциям при сборке за исключением того, что центрирующая оправка в данном случае будет служить для удаления пальца в приемную призму после нагрева поршня и образования необходимого разборочного зазора. Удаление пальца происходит без осевого усилия при большем расширении отверстий бобышек поршня по сравнению с расширением пальца. Технологические операции сборки и разборки шатуна с поршнем за исключением загрузки и снятия производятся в автоматическом цикле.

Вывод. Применение полуавтомата позволяет значительно увеличить производительность сборки и разборки шатунно-поршневых групп ДВС, улучшить качество соединений, повысить культуру производства, а также создает возможность повторного использования разобранных деталей узла без дополнительной их обработки.

Список литературы. 1. *Ивашков И.И.* Монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно-транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1991. – с. 403. 2. *Кравцов М.К.* Промежуточные среды в соединениях с натягом / М.К. Кравцов, А.А. Святуха, В.В. Чернов. – Харьков: Изд-во „Штрих”, 2001. – 200 с.

Поступила в редколлегию 02.03.08

УДК 539.3

А.Н. ТКАЧУК, бакалавр, НТУ „ХПИ”

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ТЕСТОВЫХ ТЕРМОУПРУГИХ КОНТАКТНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЕСС-ФОРМ

В роботі приведені результати дослідження термопружної контактної взаємодії елементів прес-форм для литва під тиском з урахуванням фазових перетворень у виливку. Запропоновано чисельну реалізацію раніше розробленої математичної моделі фізико-механічних процесів, що мають місце під час литва деталей у прес-формах.

In the work phenomena of thermoelastic contact interaction of press molds and phase transformations in moulding are investigated. A numerical implementation of an early developed mathematical model of physico-mechanical processes that take place at press molding is given.

Введение. В статье описана численная реализация математической модели исследования термоупругих контактных задач для моделирования

физико-механических процессов при литье деталей в пресс-формах, предложенной в [1]. Работа посвящена разработке методов исследования термоупругих контактных задач элементов пресс-форм для литья под давлением с учетом фазовых превращений в отливке. Рассматривается связанная термоупругая постановка задачи в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных и неравенств. Предлагается методы сведения дифференциальной постановки задачи к вариационным неравенствам и методы дискретизации полученных вариационных неравенств. Решенные тестовые примеры иллюстрируют применения предложенных постановок и методов.

Выбор модели и расчетной схемы сильно обусловлен геометрией конструкции и видом внешней нагрузки. В конструкции пресс-форм имеется большое количество стыков и разъемных соединений, где возможно раскрытие. Нагрузка на блок пресс-формы состоит из трех основных составляющих: усилие запирания, температура и давление расплава. Высокая температура и нагрузки приводит к различным видам отказов.

Под действием высоких температур и напряжений в материале вкладышей происходят сложные физико-химические процессы под общим названием термическая усталость, приводящая к необратимому формоизменению деталей и разрушению поверхностей. Также причиной отказа является смятие контактирующих поверхностей, следствием которого является появление облоя. При некоторых термических режимах возможно накопление больших деформаций ползучести [2].

В качестве тестового примера рассматривается двумерная осесимметричная модель пресс-формы. Рассчитывается температурный режим пресс-формы, а также учитываются температурные деформации. Расчет температуры производится на первых десяти циклах.

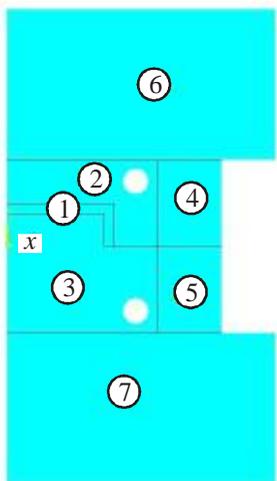


Рис. 1. Геометрическая модель осесимметричной задачи

Расчетная схема. Геометрическая модель пресс-формы состоит из отливки (рис. 1, поз. 1), двух вкладышей (поз. 2, 3), двух обойм (поз. 4, 5), а также неподвижной и подвижной плит (поз. 6, 7). Материал пресс-формы – стали 4Х5МФС, отливки – АЛ2. Свойства стали предполагаются независимыми от температуры. Для задачи остывания отливки используется энтальпийная постановка с зависящими кусочно-линейно от температуры энтальпией и коэффициентом теплопроводности (рис. 2). Требуется определить: переходной и установившийся температурный режим пресс-формы; напряжения в момент подпрессовки для установившегося температурного состояния (0.2 с от начала 10-го литейного цикла).

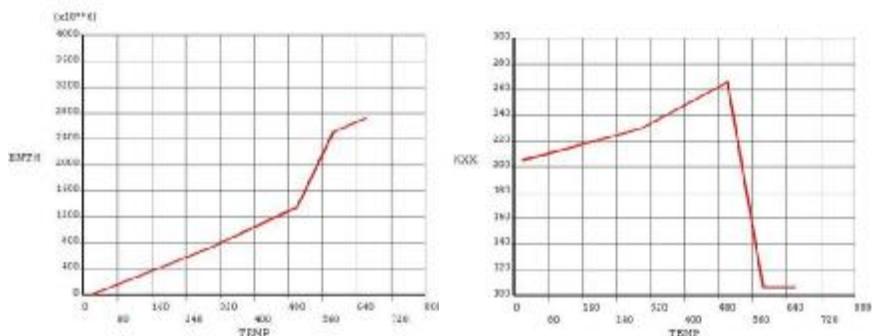


Рис. 2. Зависимость свойств сплава Al12 от температуры [2]

Конечно-элементная модель. Для решения температурной и прочностной задачи использовалась общая сетка. Для температурной задачи использовался плоский квадратичный конечный элемент PLANE 77, а для прочностной – PLANE183. В контакте между отливкой и формой задавался ТКП, равный $5000 \text{ BT/m}^2\text{K}$, а между элементами формы – $1000 \text{ BT/m}^2\text{K}$.

На границах элементов форм с окружающей средой задавались условия свободного конвективного обмена с воздухом ($\beta = 50 \text{ BT/m}^2\text{K}$, $T_{bulk} = 20^\circ\text{C}$). В охлаждающих каналах также задавались условия принудительного конвективного обмена ($\beta = 5000 \text{ BT/m}^2\text{K}$, $T_{bulk} = 20^\circ\text{C}$). Перед началом первого цикла форма считалась холодной ($T_\phi = 20^\circ\text{C}$). В соответствии с технологическим режимом отливка на 4с каждого цикла удалялась из формы.

Результаты тестового расчета. В ходе расчетов были получены распределения температур и тепловых потоков в различные моменты времени и изменения температур в интересующих точках (рис. 3-8). Затем полученные температуры использовались в виде нагрузок для температурной контактной задачи. Были получены распределения перемещений, напряжений и контактных давлений. Был получен запас по критерию начала пластичности $\sigma_{\text{эKB}}/\sigma_T$ с учетом зависимости предела пластичности от температуры.

Закключение. На примере двухмерной модели процесса литья детали типа „крышечка” была решена задача в полной постановке. Были получены результаты для различных циклов, из чего можно сделать следующие выводы.

1. Температурный режим устанавливается после пяти-десяти циклов.
2. Температурные деформации существенно повышают контактные давления вокруг литейной полости и улучшают смыкания формы.
3. На литейной поверхности формы действуют повышенные температуры, поэтому вопросы разрушения формы необходимо исследовать с учетом изменения свойств при повышенных температурах.

Таким образом, предложенная в работе [1] математическая модель связанного термоупругого контактного взаимодействия системы твердых тел

между собой и телом с фазовым переходом реализована в виде модельного комплекса, исходная дифференциальная постановка задачи была сведена к вариационному неравенству, исследована корректность этой модели в рамках некоторых предположений.

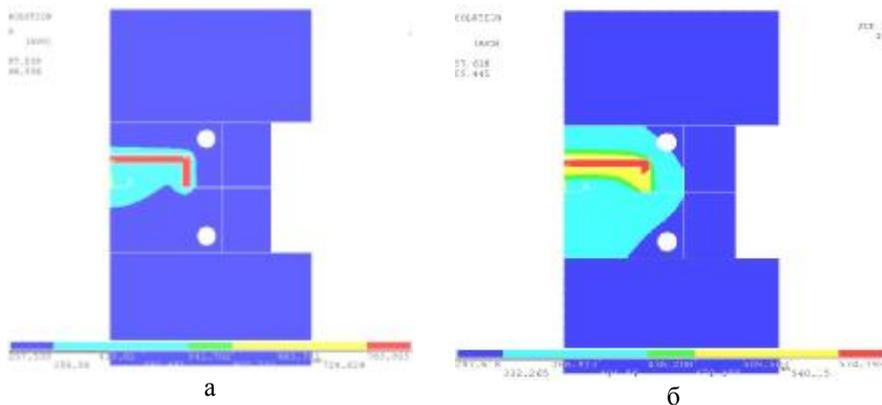


Рис. 3. Распределение температур в $t=0.5$ с и $t=4$ с

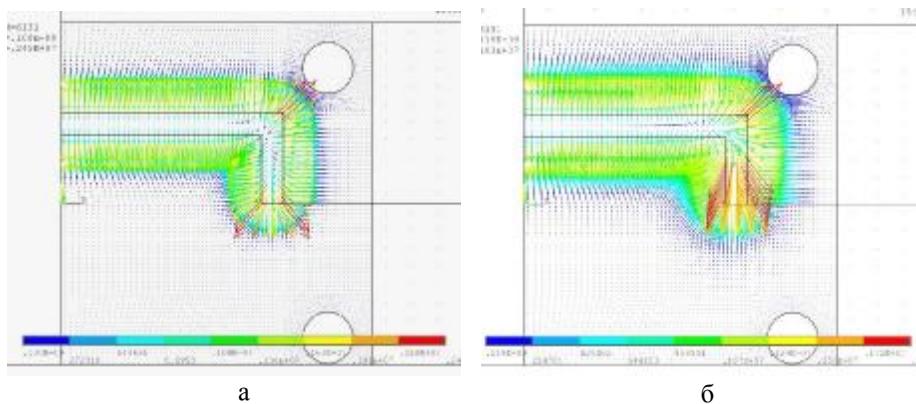
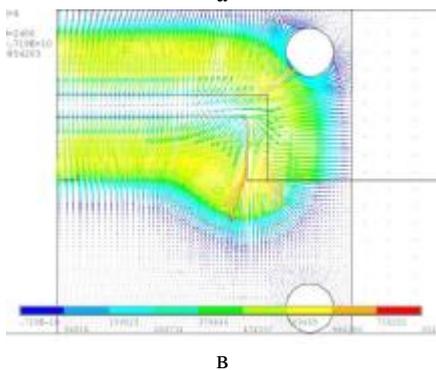


Рис. 4. Тепловые потоки
($t=1$; 2 с и $t=4$ с)



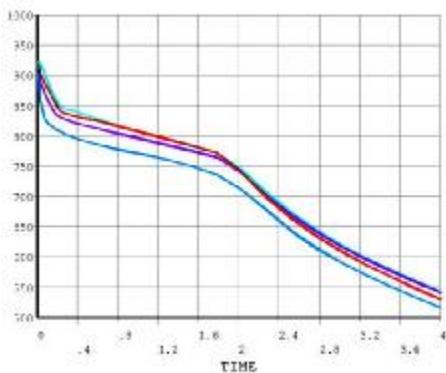
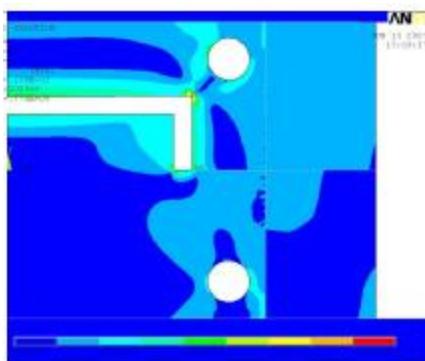
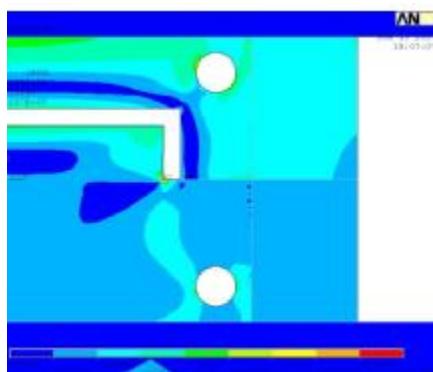


Рис. 5. Кривые охлаждения точек отливки

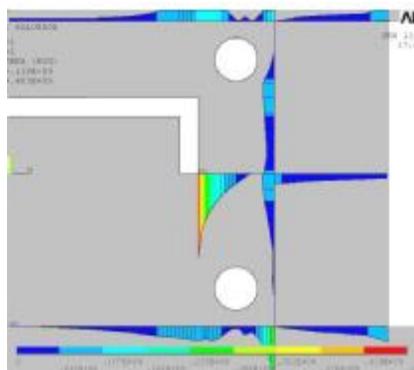


а

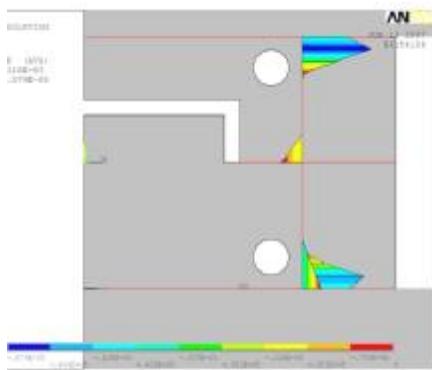


б

Рис. 6. Эквивалентные напряжения по Мизесу во время подпрессовки „холодной” формы и после 10 литейных циклов

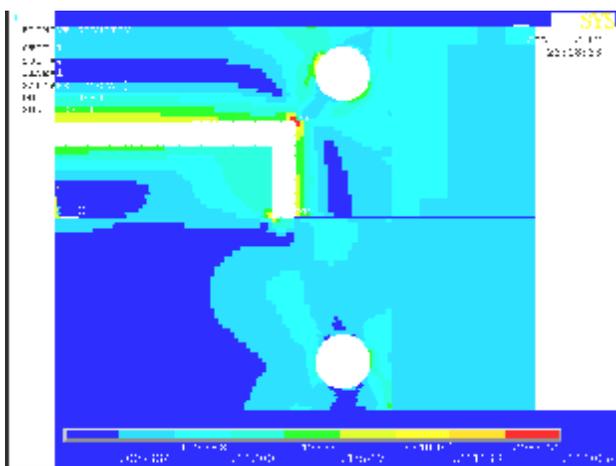


а

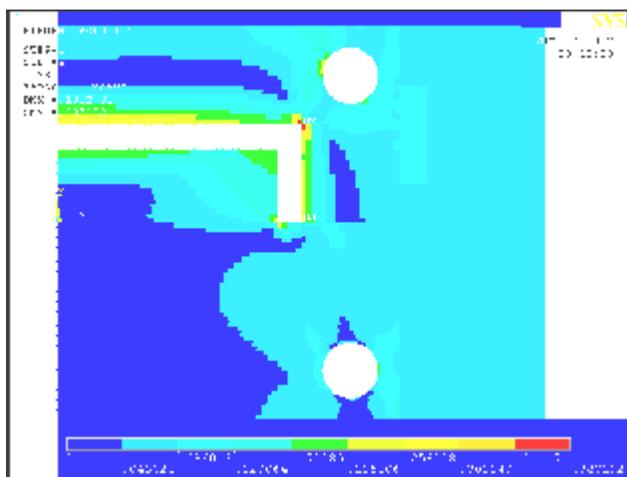


б

Рис. 7. Распределение контактных давлений и зазоров во время подпрессовки после 10 литейных циклов



а



б

Рис. 8. Запас по критерию начала пластичности $\sigma_{\text{экв}}/\sigma_T$ с учетом (а) и без учета (б) зависимости предела пластичности от температуры

Проведенные тестовые расчеты подтвердили эффективность предложенных методов [3, 4].

В данной работе не был освещен ряд важных вопросов, на которые необходимо обратить внимание: процессы, связанные с заполнением жидким металлом формы и деформированием твердой части отливки; оценка прочности и износостойкости элементов пресс-форм по критериям температурной и механической усталости и ползучести; повышение эффективности численных

методов; экспериментальная проверка полученных результатов. Данные вопросы послужат темой дальнейших исследований, а также планируется решение ряда тестовых задач и дальнейшее развитие предложенной математической модели на основе анализа результатов численных и экспериментальных исследований пресс-форм.

Список литературы: 1. Ткачук А.Н. Исследования термоупругих контактных задач элементов пресс-форм для литья под давлением с учетом фазовых превращений в отливке // Вестник НТУ „ХПИ”. Тем. вып.: Машиноведение и САПР. – 2008. – № 2. – С.144-158. 2. Горюнов И.И. Пресс-формы для литья под давлением. Справочное пособие. – Л.: Машиностроение, 1973 – 256 с. 3. Ткачук А.М. Контактна термопружна задача: теорія, методи та алгоритми дослідження. Тези доповідей. Міжнародна наук.-техн. конференція пам’яті академіка НАН України В.І. Моссаковського. Дніпропетровськ, 2007. – 78 с. 4. Храмова И.Я., Ткачук А.Н., Ткачук Н.А., Орлов Е.А., Чепурной А.Д. Специализированная система анализа и синтеза и расчетно-экспериментальное исследование элементов пресс-форм. // Вестник НТУ “ХПИ” Тем. вып.: Машиноведение и САПР. – №60. – 2005. – С.151-179.

Поступила в редколлегию 23.12.2007

УДК 539.3:621.225

Н.Н. ТКАЧУК, аспирант, НТУ „ХПИ”

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ШАРОВОГО ПОРШНЯ С БЕГОВОЙ ДОРОЖКОЙ В РАДИАЛЬНОЙ ГИДРОПЕРЕДАЧЕ

У роботі досліджені питання моделювання контактної взаємодії кульового поршня з біговою доріжкою в радіальній гідропередачі. Обґрунтовано застосування трьох методів аналізу напружено-деформованого стану елементів цього класу машин.

In the paper issues related to simulation of contact between a ball piston and a race track in an axial hydrovolumetric transmission are considered. Application of three various methods to stress analysis of these devices is grounded.

Введение. Одним из способов повышения нагрузочной способности деталей механизмов и машин является придание им сложной геометрической формы, которая создавала бы более благоприятные условия их сопряжения. Поиск такой формы, обеспечивающей требуемые характеристики деталей при сохранении работоспособности всего устройства, связан с решением комплекса задач, объединяемых традиционно в категорию задач геометрического синтеза. Наряду с ними возникает необходимость проведения анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) возможных вариантов синтезируемого механизма с различными параметрами и, в частности, анализа контактного взаимодействия его звеньев.