

Рецензия

на электронную лекцию «Деформации контактных поверхностей деталей при запрессовывании» для дополнительного изучения отдельных тем учебной дисциплины «Технология машиностроения» преподавателя специальных дисциплин **Чемезова Д.А.**

Электронная лекция «Деформации контактных поверхностей деталей при запрессовывании» для дополнительного изучения отдельных тем учебной дисциплины «Технология машиностроения» предназначена для использования в среднем профессиональном образовании по специальности 151901 «Технология машиностроения». Лекция представляет собой материалы научно-исследовательского характера полностью соответствующие ФГОС по специальности.

Лекция содержит следующие разделы: введение, материалы и методы исследования, результаты и их обсуждение, заключение, библиографический список и вопросы для самостоятельного контроля изученного материала.

Каждый раздел лекции сопровождается понятной для студентов информацией, в которой описывается актуальность проводимого исследования, последовательность выполнения экспериментов, даются рекомендации по возможному использованию полученных результатов на практике.

Представленные лекции позволяют организовать индивидуальную и групповую научно-исследовательскую работу в различных условиях обучения: дифференцированного, интегрированного, самостоятельного и могут использоваться для подведения промежуточных тематических итогов.

Электронная лекция полностью адаптирована к производственному процессу.

Приведенные в лекции задачи могут быть практически выполнены с помощью компьютерных программ трехмерного моделирования и инженерного анализа КОМПАС 3D, SolidWorks, Ansys Workbench.

Электронные лекции рекомендованы для распространения и внедрения передового опыта на территории РФ по специальности 151901 «Технология машиностроения».

Рецензент:

«28» января



Г. Чувашов (Технический директор – начальник управления
ОАО «Завод „Авто прибор“»)

Согласовано

«28» 01 2016 г.
В. Р. Курбанов



УТВЕРЖДАЮ

Директор ГБПОУ ВО «ВИК»

«28»

2016 г.

А. С. Иванов



**Электронные лекции для дополнительного изучения отдельных тем
по учебной дисциплине «Технология машиностроения»**

Тема: «Деформации контактных поверхностей деталей при запрессовывании»

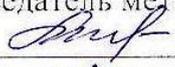
Для обучающихся специальности 151901 (Технология машиностроения)

Разработчик: Чемезов Д.А., преподаватель спец. дисциплин
ГБПОУ ВО «Владимирский индустриальный колледж»

Электронные лекции для дополнительного изучения дисциплины «Технология машиностроения» представляют собой материалы научно-исследовательского характера отдельных тем курса. Материалы предназначены для самостоятельного изучения студентами.

РАССМОТРЕНО:

Председатель метод. комиссии

 Т.Н.Комарова

« 25 » января 2016 г.

Лекция 1 (2 ч)

Деформации контактных поверхностей деталей при запрессовывании

План

1. Введение
2. Материалы и методы исследования
3. Результаты и их обсуждение
4. Заключение

Библиографический список

1. Соединение с натягом [Электронный ресурс]
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D1%E5%E4%E8%ED%E5%ED%E8%E5_%F1%ED%E0%F2%FF%E3%EE%EC
2. Qasim H. Shah, Hasan M. Abid (2011) From LS-PREPOST to LS-DYNA: an introduction. LAP LAMBERT Academic Publishing, 132 p.
3. Напряжения [Электронный ресурс] <http://sopromat.in.ua/textbook/stress>

1. Введение

На производстве, детали машин соединяются различными способами. Неразъемное соединение деталей с гарантированным натягом собирается путем запрессовывания вала (цилиндр с постоянным или переменным диаметром) во втулку (деталь с отверстием постоянного или переменного диаметра). Натяг между контактными поверхностями деталей создается до сборки и будет равен разности значений посадочных размеров вала и втулки.

Процесс запрессовывания сопровождается деформацией контактных поверхностей вала и втулки. В результате упругой деформации, возникают концентрированные напряжения материалов деталей в местах сопряжения. Происходит «срезание» слоев материалов вала и втулки. Наружный диаметр запрессованного вала будет равен внутреннему диаметру втулки. Неподвижность прессового соединения, при воздействии статических и динамических нагрузок, обеспечивается за счет сил трения на контактных поверхностях деталей.

Величина деформации и соответственно напряжения материалов деталей будет зависеть от ряда факторов (свойств материала, величины натяга, способа запрессовывания и др.). Определение значений этих величин позволяет сделать прогноз надежности неразъемного соединения.

2. Материалы и методы исследования

Процесс запрессовывания вала во втулку моделировался в программной среде LS-DYNA. Для решения задачи в компьютерной программе были построены объемные твердотельные модели деталей (LS-PREPOST → Blockm interface → Butterfly blocks). Численное значение заданных размеров моделей:

- втулки: наружный диаметр – 20 мм, внутренний диаметр – 10 мм, длина – 20 мм;
- вала: наружный диаметр – 10,08 мм, длина – 20 мм.

Втулка фиксировалась и не имела линейных перемещений по координатным осям X, Y, Z и вращательного движения вокруг своей оси. Ось вала совмещалась с осью втулки. Вал перемещался в одном направлении вдоль оси втулки. Принятый временной диапазон моделирования процесса – 0...0,405 сек. Все условия решаемой задачи записывались в текстовом файле в буквенно-цифровом виде. Сокращенный вариант постановки задачи представлен ниже (знак \$ - комментарий).

*KEYWORD

*TITLE

Interference fit

*SECTION_SOLID

1, 1

\$ Material definitions

*MAT_PLASTIC_KINEMATIC

\$ mid ro e pr sigy etan beta

1, 2.7e-6, 70, 0.34, 0.267, 0.32, 0

\$ src srp fs vp

0, 0, 0, 0

*PART

Solid 1

\$ pid secid mid eosid hgid grav adpopt tmid

1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0

*PART

Solid 2

\$ pid secid mid eosid hgid grav adpopt tmid

2, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0

\$ Element definitions

*ELEMENT_SOLID

\$ eid pid n1 n2 n3 n4 n5 n6 n7 n8

1, 1, 1, 78, 89, 12, 2, 79, 90, 13

2, 1, 2, 79, 90, 13, 3, 80, 91, 14

3, 1, 3, 80, 91, 14, 4, 81, 92, 15

4, 1, 4, 81, 92, 15, 5, 82, 93, 16

5, 1, 5, 82, 93, 16, 6, 83, 94, 17

6, 1, 6, 83, 94, 17, 7, 84, 95, 18

7, 1, 7, 84, 95, 18, 8, 85, 96, 19

8, 1, 8, 85, 96, 19, 9, 86, 97, 20

9, 1, 9, 86, 97, 20, 10, 87, 98, 21

10, 1, 10, 87, 98, 21, 11, 88, 99, 22

.....
47632, 2, 34264, 43372, 34220, 43339, 34263, 43371, 34219, 43338

47633, 2, 34263, 43371, 34219, 43338, 34262, 43370, 34218, 43337

47634, 2, 34262, 43370, 34218, 43337, 34261, 43369, 34217, 43336
47635, 2, 34261, 43369, 34217, 43336, 34260, 43368, 34216, 43335
47636, 2, 34260, 43368, 34216, 43335, 34259, 43367, 34215, 43334
47637, 2, 34259, 43367, 34215, 43334, 34258, 43366, 34214, 43333
47638, 2, 34258, 43366, 34214, 43333, 34257, 43365, 34213, 43332
47639, 2, 34257, 43365, 34213, 43332, 34256, 43364, 34212, 43331
47640, 2, 34256, 43364, 34212, 43331, 34255, 43363, 34211, 43330

\$ Node definitions

*NODE

\$ nid x y z tc rc

1, -7.07106781, -7.07106781, 0, 7, 0
2, -7.07106781, -7.07106781, 1.99999988, 7, 0
3, -7.07106781, -7.07106781, 3.99999976, 7, 0
4, -7.07106781, -7.07106781, 5.99999952, 7, 0
5, -7.07106781, -7.07106781, 7.99999952, 7, 0
6, -7.07106781, -7.07106781, 10, 7, 0
7, -7.07106781, -7.07106781, 11.99999905, 7, 0
8, -7.07106781, -7.07106781, 14, 7, 0
9, -7.07106781, -7.07106781, 15.99999905, 7, 0
10, -7.07106781, -7.07106781, 18, 7, 0

.....
52804, 2.05215836, 4.5317963e-9, 26.10000038, 0, 0
52805, 2.05215836, 4.5317963e-9, 28.10000038, 0, 0
52806, 2.05215836, 4.5317963e-9, 30.10000038, 0, 0
52807, 2.05215836, 4.5317963e-9, 32.09999847, 0, 0
52808, 2.05215836, 4.5317963e-9, 34.09999847, 0, 0
52809, 2.05215836, 4.5317963e-9, 36.09999847, 0, 0
52810, 2.05215836, 4.5317963e-9, 38.09999847, 0, 0
52811, 2.05215836, 4.5317963e-9, 40.09999847, 0, 0

*INITIAL_VELOCITY_GENERATION

\$ nsid/pid styp omega vx vy vz

2, 2, 1, 0, 0, -50

\$ xc yc zc nx ny nz phase

0, 0, 0, 0, 0, 0, 0

*CONTACT_AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE

\$ ssid msid sstyp mstyp sboxid mboxid spr mpr

1, 2, 3, 3, 0, 0, 0, 0

*CONTROL_TERMINATION

\$ endtim endcyc dtmin endeng endmas

0.405, 0, 0, 0

*DATABASE_BINARY_D3PLOT

\$ dt lcdt beam npltc

1.0e-3, 0, 0, 0

*CONTROL_ENERGY

\$

*DATABASE_GLSTAT

1.0e-4

*END

3. Результаты и их обсуждение

Имитация процесса запрессовывания деталей реализована в модуле LS-PREPOST. Напряженно-деформированное состояние материалов втулки и вала на 0,003, 0,15, 0,301 и 0,405 секундах процесса запрессовывания демонстрируют интерактивные эпюры (Fringe component) напряжения по фон Мизесу, максимальной (основной) деформации, результирующего ускорения деформации, давления (рис. 1 – 4, б – д).

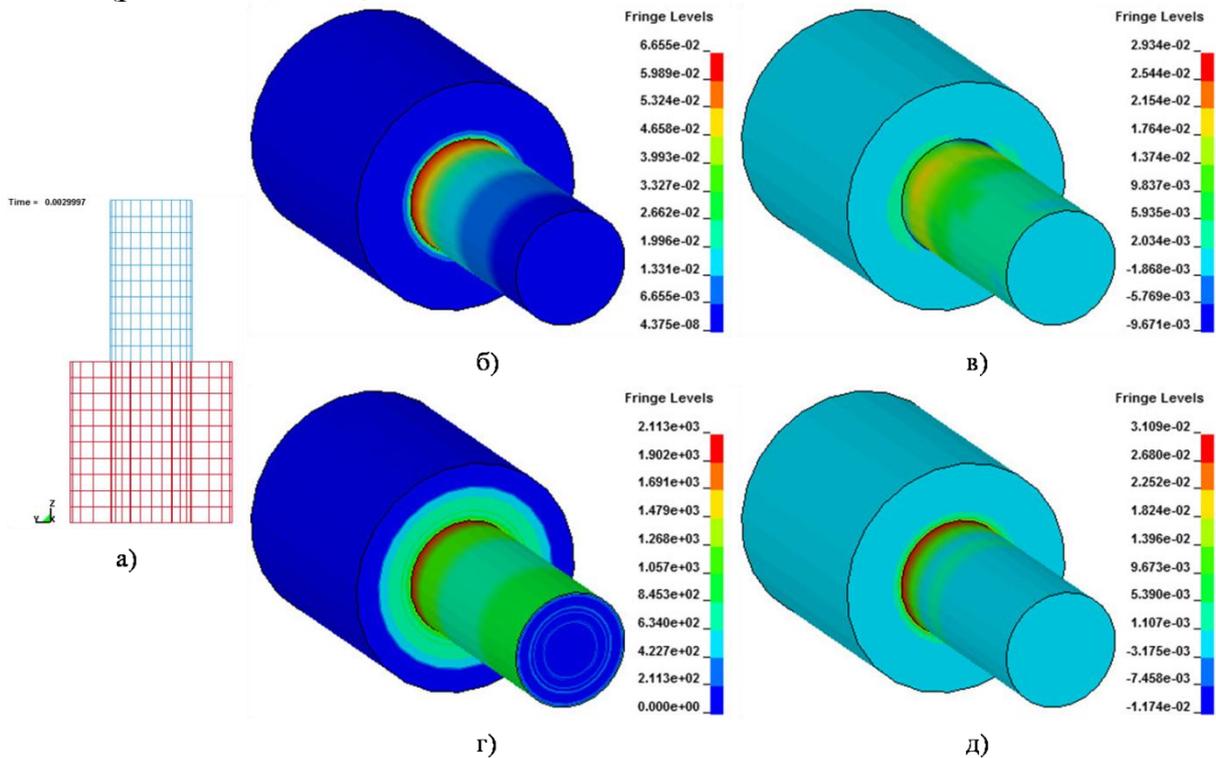


Рисунок 1 – Напряженно-деформированное состояние втулки и вала на 0,003 сек. процесса запрессовывания: а – глубина запрессовывания вала во втулку; б – напряжение по фон Мизесу; в – максимальная деформация; г – результирующее ускорение деформации; д – давление.

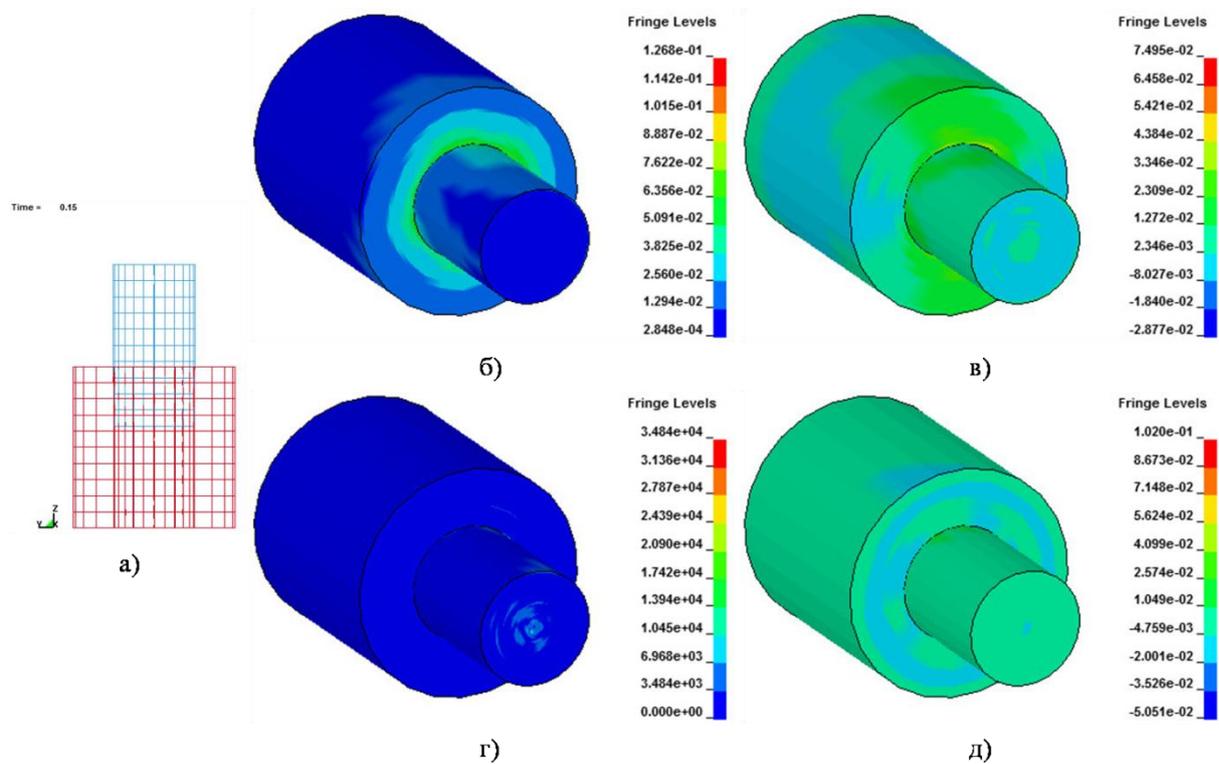


Рисунок 2 – Напряженно-деформированное состояние втулки и вала на 0,15 сек. процесса запрессовывания: а – глубина запрессовывания вала во втулку; б – напряжение по фон Мизесу; в – максимальная деформация; г – результирующее ускорение деформации; д – давление.

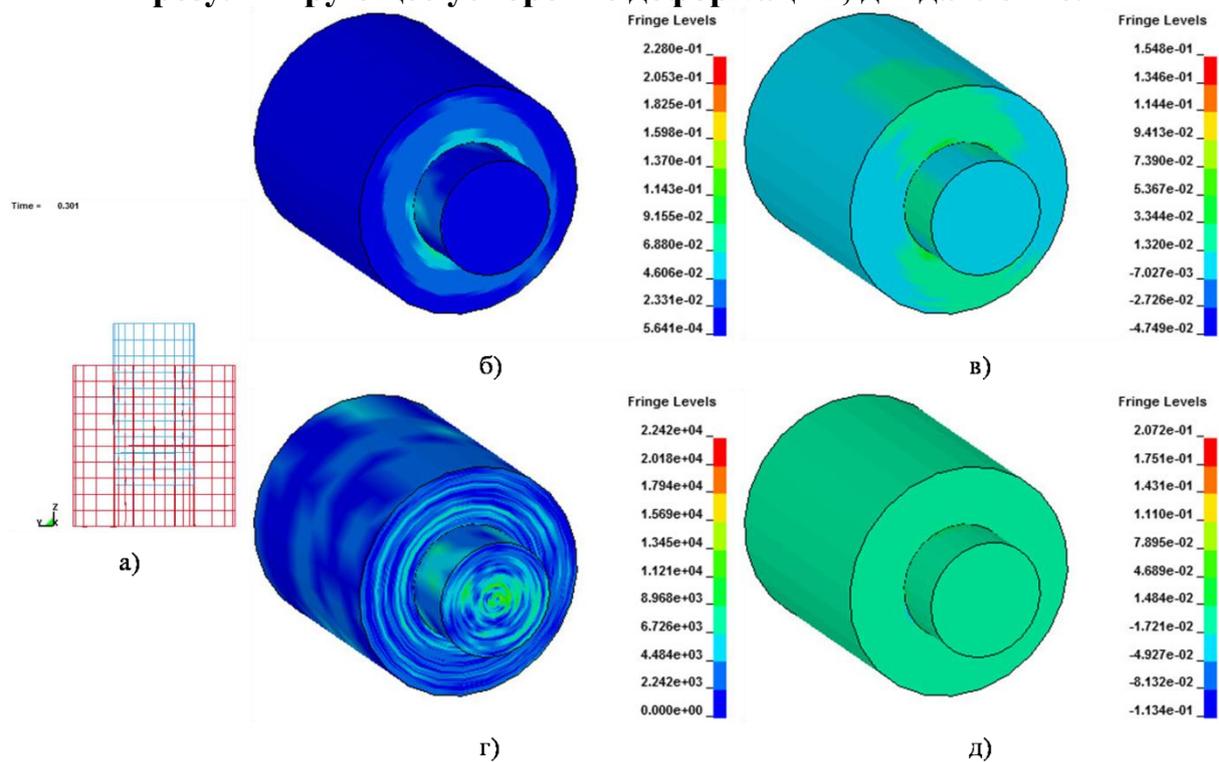


Рисунок 3 – Напряженно-деформированное состояние втулки и вала на 0,301 сек. процесса запрессовывания: а – глубина запрессовывания вала во втулку; б – напряжение по фон Мизесу; в – максимальная деформация; г – результирующее ускорение деформации; д – давление.

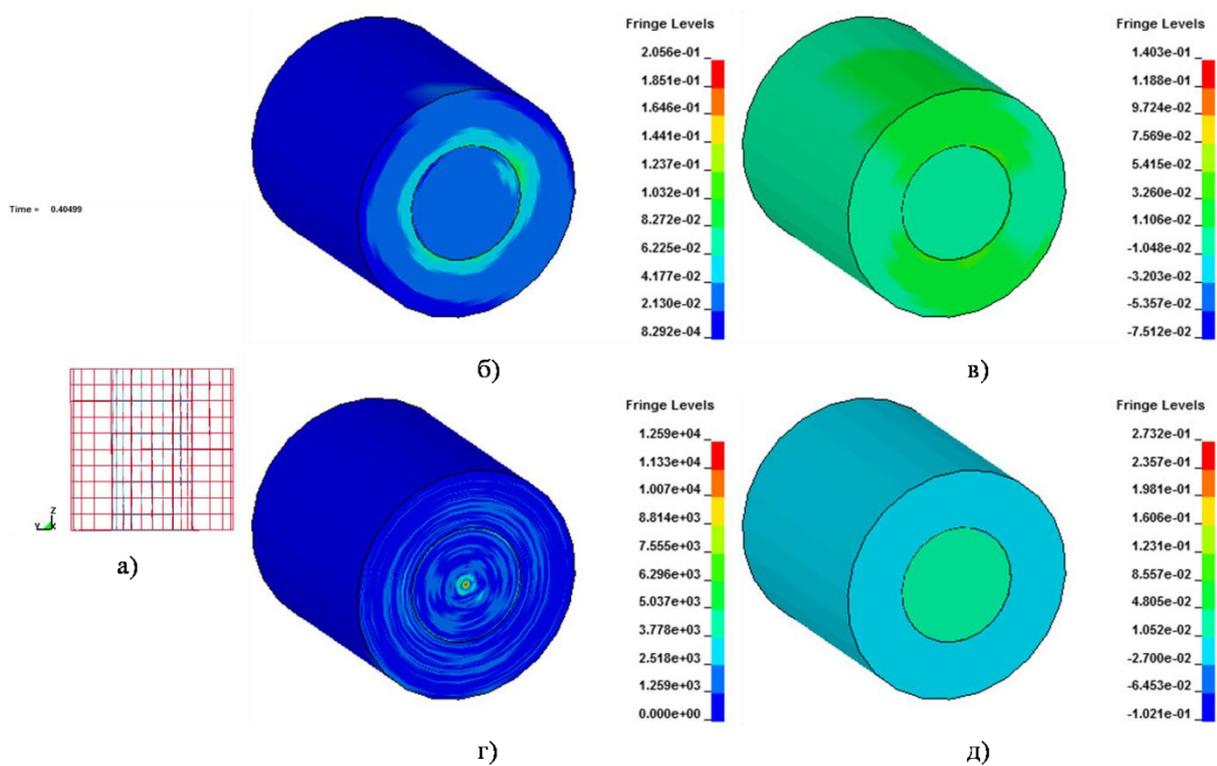


Рисунок 4 – Напряженно-деформированное состояние втулки и вала на 0,405 сек. процесса запрессовывания: а – глубина запрессовывания вала во втулку; б – напряжение по фон Мизесу; в – максимальная деформация; г – результирующее ускорение деформации; д – давление.

В момент захода вала под нагрузкой в отверстие, наибольшей деформации подвергаются поверхности непосредственно находящиеся в контакте. По мере перемещения вала, площадь соприкосновения поверхностей увеличивается, что приводит к увеличению интенсивности деформации материалов деталей. На глубине запрессовывания вала 8 мм (рис. 2, а) величина деформации увеличивается в 2 раза, напряжения – в 2,5 раза по сравнению со значениями в момент захода. На глубине запрессовывания вала 15 мм (рис. 3, а) деформация и напряжение материалов в местах контакта возрастают еще в 2 раза. На полной глубине запрессовывания 20 мм (рис. 4, а) отмечается некоторое уменьшение величины деформации и напряжения (остаточное) втулки и вала. Результирующее ускорение деформации наблюдается во всем объеме вала и втулки на 0,301 секунде процесса запрессовывания. Наибольшее значение ускорения деформации отображены на моделях цветовой гаммой по окружности, ближе к центру деталей.

С поверхности отверстия втулки (рис. 5), на всем временном диапазоне процесса запрессовывания, фиксировались показания результирующего перемещения детали при нагрузке (рис. 6), напряжения (рис. 7) и результирующей скорости деформации материала (рис. 8).

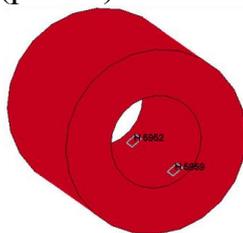


Рисунок 5 – Порядковые номера элементов модели втулки, с которых фиксировались показания.

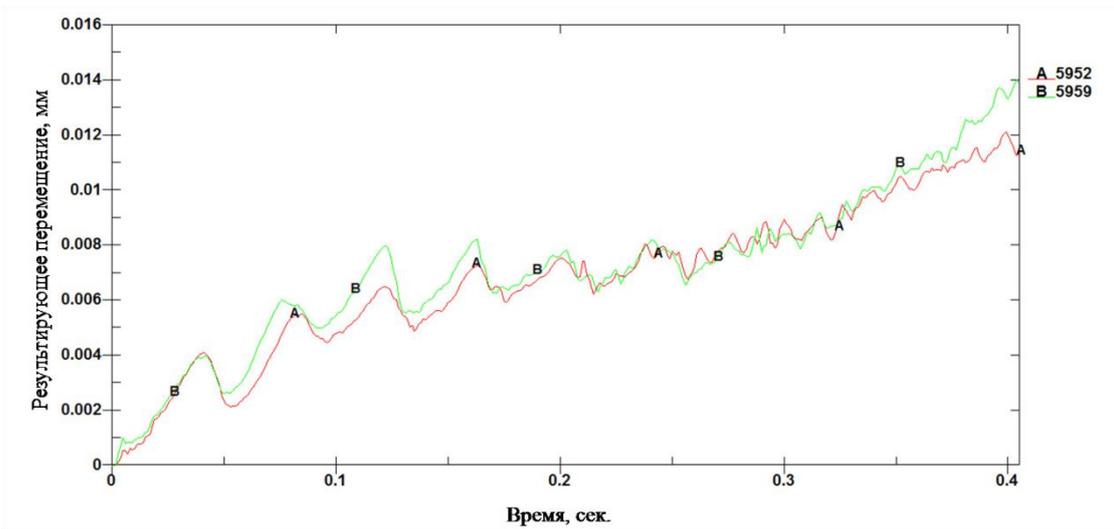


Рисунок 6 – Результаты отклика на внутренней поверхности втулки: зависимости результирующего перемещения детали при нагрузке от времени процесса запрессовывания.

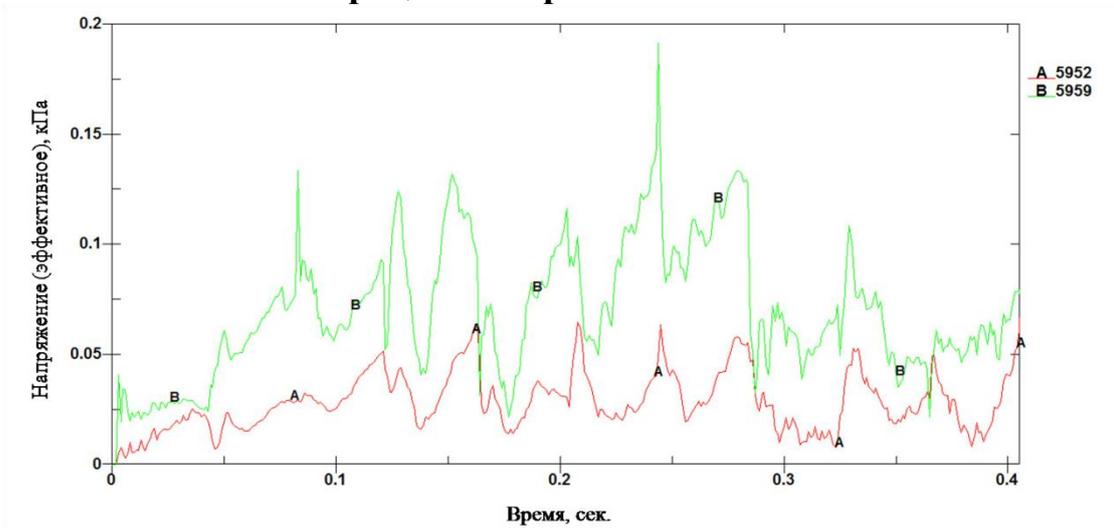


Рисунок 7 – Результаты отклика на внутренней поверхности втулки: зависимости напряжения материала втулки от времени процесса запрессовывания.

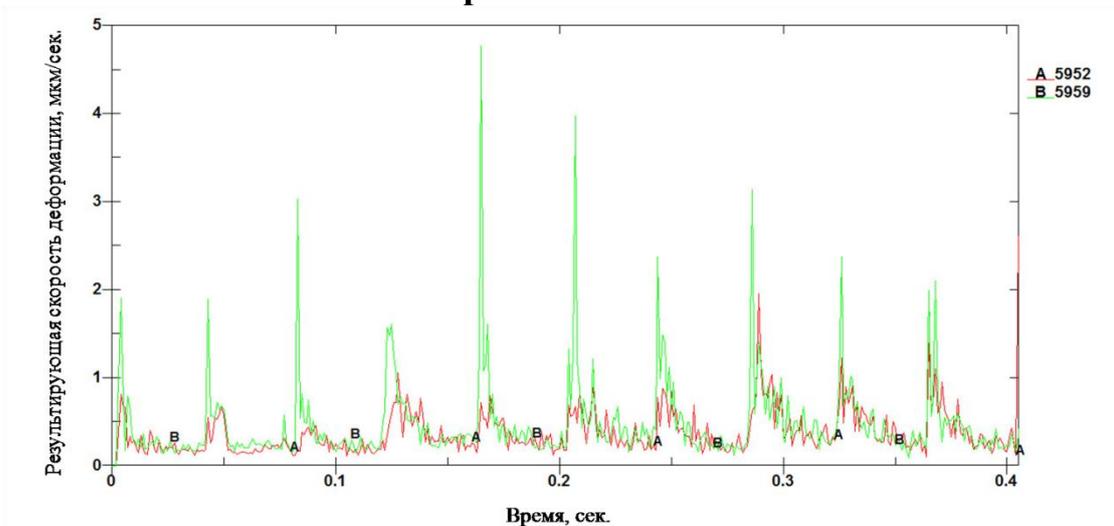


Рисунок 8 – Результаты отклика на внутренней поверхности втулки: зависимости результирующей скорости деформации материала втулки от времени процесса запрессовывания.

Зависимости, представленные на графиках, имеют выраженный скачкообразный характер изменения во времени. Наибольшее результирующее перемещение при нагрузке происходит на 0,405 сек. процесса и составляет со стороны запрессовывания вала 0,014 мм, с обратной стороны – 0,011 мм. Максимальное значение эффективного напряжения, возникающее в материале втулки, определено на 0,23 сек. процесса запрессовывания и составляет 0,19 кПа. Наибольшая результирующая скорость деформации материала втулки отмечена на 0,16 сек. На графике прослеживается цикл изменения скорости: фаза 1, в которой величина параметра не выходит за пределы диапазона 0,2...1,0 мкм/сек. (длительность 0,05 сек.) и мгновенный скачок до максимального значения с последующим переходом в фазу 1.

4. Заключение

На основании полученных результатов имитирования явной динамики процесса запрессовывания вала во втулку можно сделать следующие выводы:

1. Положительные и отрицательные значения максимальных деформаций двух сопрягаемых деталей (см. цветовую шкалу справа от эпюры) определяют нарушение целостности при растяжении и сжатии слоев материалов;

2. Наибольшему напряжению подвергается материал втулки. Концентрация напряжения – на торцевых поверхностях детали.

3. Более высокая интенсивность деформации и напряжения материала втулки происходит на поверхности отверстия со стороны запрессовки (см. рис. 5 – 8, элемент Н 5959).

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите неразъемные соединения деталей?
2. Дайте определение посадки с натягом?
3. Укажите на модели втулке наиболее напряженные участки?
4. Характер деформации вала при запрессовывании?
5. На основании полученных результатов дать оценку прочности посадки?