

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

**ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО
ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DEFORM
В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

САМАРА 2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DEFORM В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний*

САМАРА
Издательство СГАУ
2011

УДК СГАУ: 621.7/9(075)+004.9(075)
ББК 34.623

Составители: ***Б.В. Каргин, Я.А. Ерисов***

Рецензент канд. техн. наук, доц. Е. А. Н о с о в а

Применение специализированного программного комплекса DEFORM в курсовом проектировании / сост. *Б.В. Каргин, Я.А. Ерисов*. – Самара: СГАУ, 2010. – 28 с.

Приведены задачи курсовой работы по использованию программного комплекса DEFORM для анализа процесса горячей объемной штамповки и порядок ее выполнения.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальностям 150106 – Обработка металлов давлением и 150201 – Машины и технология обработки металлов давлением при написании курсового проекта по дисциплине «Ковка и объемная штамповка».

УДК СГАУ: 621.7/9(075)+004.9(075)
ББК 34.623

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2011

Содержание

1	Начало работы в программе DEFORM	4
2	Препроцессор программы DEFORM	5
2.1	Ввод начальных сведений о процессе	5
2.2	Ввод сведений о заготовке	7
2.3	Ввод сведений о штамповой оснастке	12
2.4	Ввод сведений о контакте	16
2.5	Задание числа шагов расчета	16
2.6	Проверка и генерация базы данных	18
2.7	Запуск и остановка расчета	18
2.8	Моделирование второго удара	18
3	Постпроцессор программы DEFORM	20
3.1	Просмотр анимации	20
3.2	Создание графиков усилия и скорости	21
3.3	Просмотр распределения напряжений и температуры	23
3.4	Создание графика по пути	23
	Библиографический список	27

1 Начало работы в программе DEFORM

После запуска системы DEFORM-3D на экране появляется большое окно, которое называют главным окном. Интерфейс системы имеет стандартные элементы управления, характерные для программ, работающих в операционной системе Windows (рис. 1).

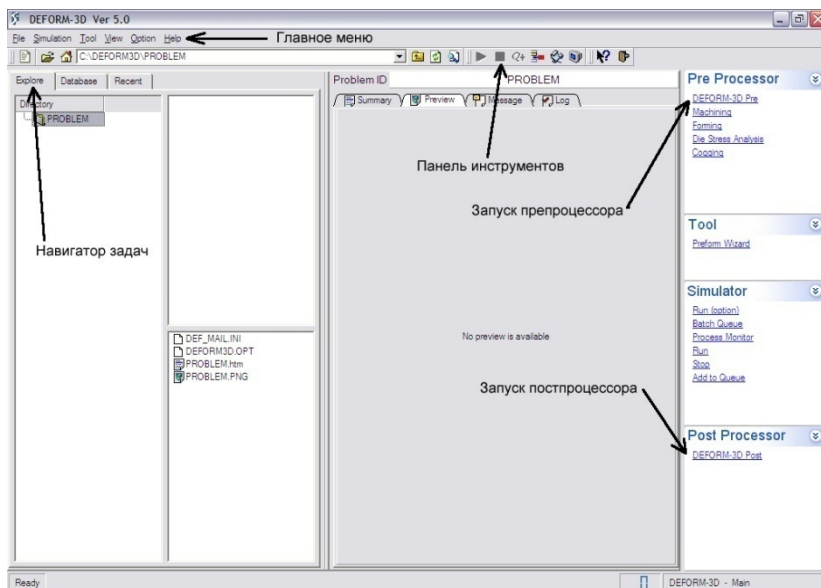



Рис. 1. Главное окно системы

Начнем моделирование процесса горячей штамповки детали типа «шатуна». В главном меню выбираем **File** → **New problem** или иконку  на панели инструментов – появляется окно выбора типа решаемой задачи (механическая обработка, свободная ковка, деформирование, общая задача и т.д.), в котором выбираем **Forming wizard** (Помощник деформирования) и нажимаем Next (рис. 2).

Следующие 2 окна позволяют указать директорию для размещения создаваемой задачи и ввести имя проблемы (здесь и далее разрешается использовать только буквы английского алфавита), соглашаемся с установками по умолчанию – нажимаем Next, а затем Finish. Запускается препроцессорная часть программы DEFORM.

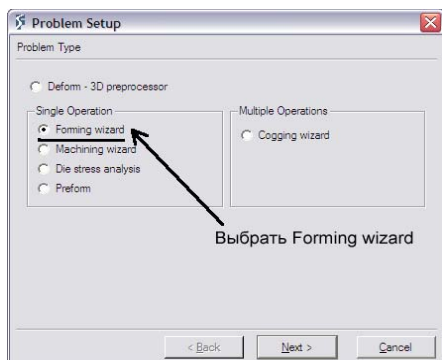


Рис. 2. Выбор типа задачи

2 Препроцессор программы DEFORM

Внешний вид препроцессора, запущенного в режиме помощника деформирования, несколько отличается от препроцессора обычного режима (рис. 3). Он также имеет главное меню и панели инструментов (панель работы с файлами и панель управления изображением), но в правой части находится дерево построения, облегчающее создание модели расчета.

2.1 Ввод начальных сведений о процессе

Сразу после запуска препроцессора появляется окно выбора системы единиц, которая будет использоваться при расчете. Выбираем *System International* (Международная система измерений) и нажимаем Next (рис. 4).

Следующее окно позволяет установить тип решаемой задачи, а именно: холодная, теплая или горячая деформация (рис. 5). Выбираем горячую деформацию – *Hot Forming*, нажимаем Next.

Далее помощник деформирования предлагает выбрать вариант моделирования температурной стороны процесса: расчет изменения температуры штампов (в этом случае будет сгенерирована сетка конечных элементов штампов), расчет температурного поля только штампуемой детали или расчет изотермического процесса (температура не рассчитывается). Моделировать измерение температурного поля будем только в заготовке, поэтому выбираем *Constant die temperature* (Постоянная температура штампов) и нажимаем Next (рис. 6).

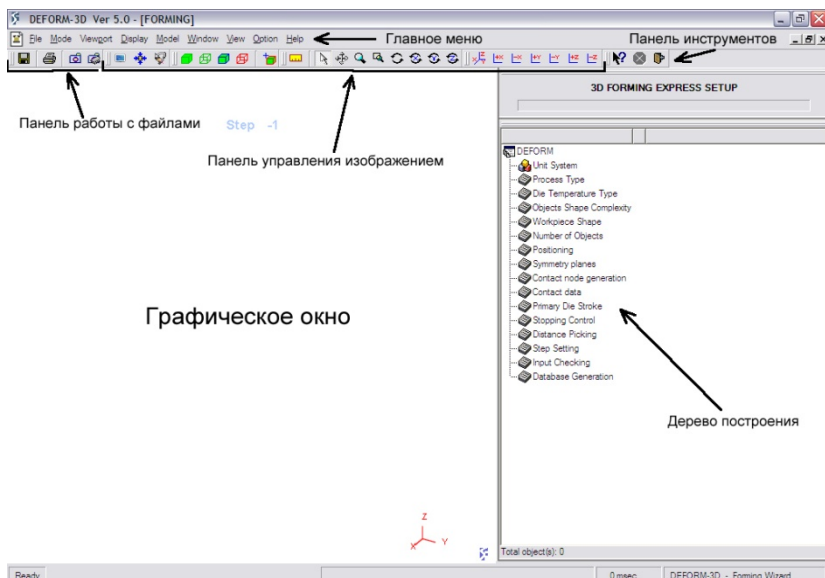


Рис. 3. Главное окно препроцессора

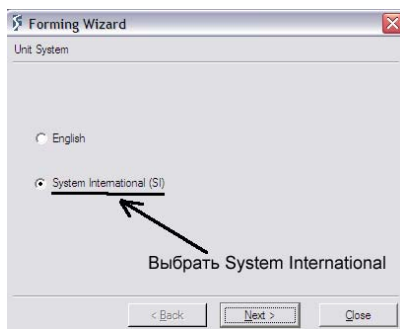


Рис. 4. Выбор системы единиц

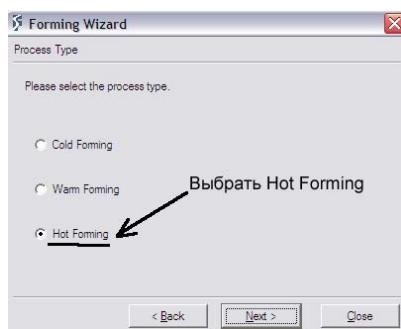


Рис. 5. Выбор типа процесса

На следующем шаге необходимо указать сложность моделируемой геометрии (для более сложной геометрии необходимо большее число конечных элементов) и точность расчета (при одном и том же числе конечных элементов более высокая точность обеспечивает достоверные результаты, но увеличивает продолжительность расчета). Ползунок *Shape complexity* (Сложность геометрии) сдвигаем на *Complex* (Сложная), а *Accuracy* (Точность) оставляем на уровне *Moderate* (Умеренная). Нажимаем Next (рис. 7).

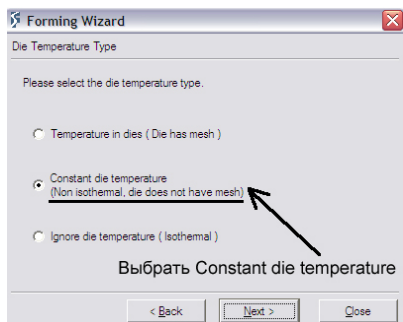


Рис. 6. Выбор типа расчета

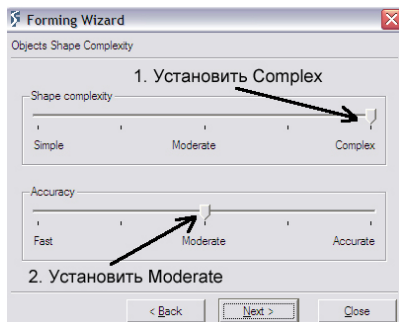


Рис. 7. Выбор точности расчета

Следующее окно позволяет установить вид деформируемой заготовки: целая заготовка или только ее часть, обусловленная симметрией заготовки относительно какой-либо плоскости. В связи с тем, что моделируемая деталь обладает симметрией относительно плоскости XZ, то выбираем Symmetry (Симметрия) и нажимаем Next (рис. 8).

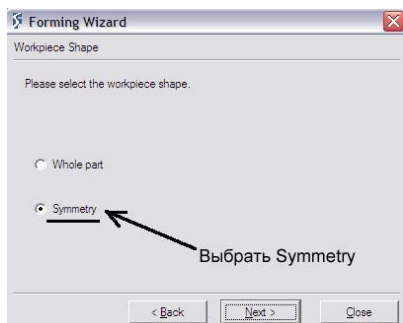


Рис. 8. Учет симметричности детали

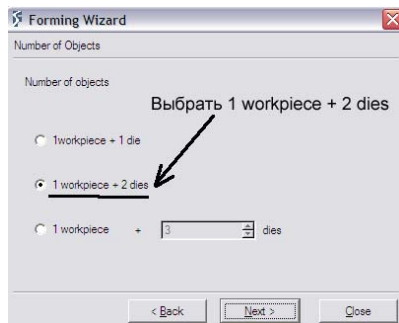


Рис. 9. Выбор количества штампов

На следующем этапе необходимо указать количество объектов, участвующих в моделируемом процессе. Для данного случая это заготовка, верхняя и нижняя половина штампа, поэтому выбираем *1 workpiece + 2 dies* (1 заготовка + 2 штампа) и нажимаем Next.

2.2 Ввод сведений о заготовке

Далее начинается блок окон, позволяющих ввести данные о деформируемой заготовке. В первом окне в графе *Temperature* вводим температуру заготовки – 1000°C, нажимаем Next (рис. 10). Появляется окно загрузки геометрии – оставляем *Import from an existing file* (Импортировать из существующего файла) и нажимаем Next (рис. 11). Указываем путь к папке с сохра-

ненной геометрией в формате STL, выбираем файл *zagotovka* и нажимаем Открыть (рис. 12). Загружается геометрия заготовки (рис. 13).

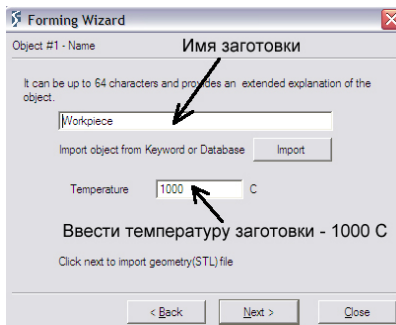


Рис. 10. Ввод температуры заготовки

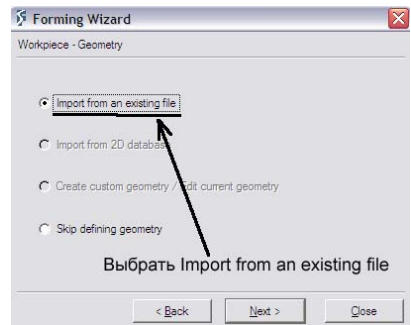


Рис. 11. Импорт геометрии

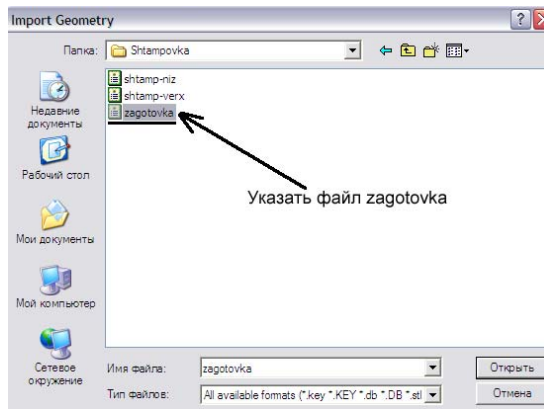


Рис. 12. Открытие файла с геометрией

В следующем окне производится ввод параметров, контролирующих качество генерируемой сетки конечных элементов. При этом число конечных элементов, выставленное по умолчанию, непосредственно определяется сложностью геометрии. Не будем изменять рекомендуемое число элементов – нажимаем Next (рис. 14). Построенная сетка конечных элементов изображена на рис. 13.

Теперь необходимо ввести сведения о материале заготовки: выбрать материал из стандартной библиотеки или создать новый. Выбираем **Create new material** (Создать новый материал) и нажимаем Next (рис. 15). Заполняем графу **Material Name** (Марка материала) – вводим 12ХН3А (английскими

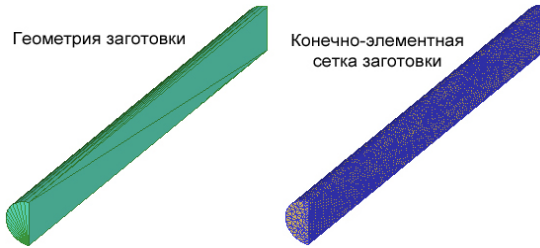


Рис. 13. Геометрия и сетка конечных элементов заготовки

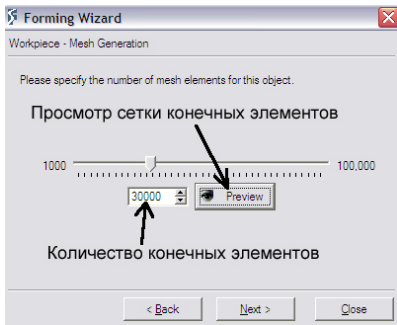


Рис. 14. Задание количества элементов

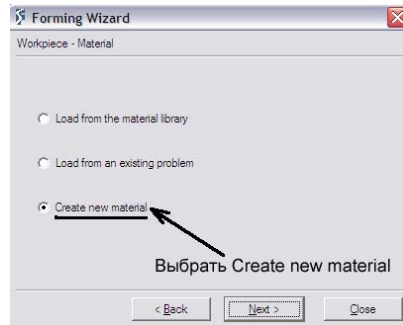


Рис. 15. Создание нового материала

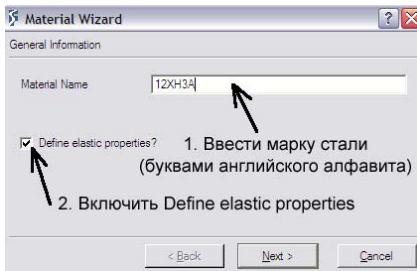


Рис. 16. Ввод марки стали

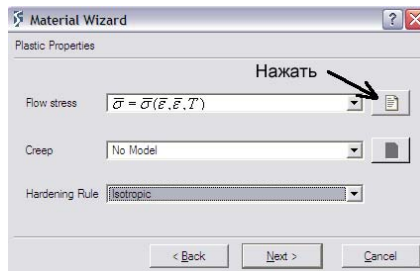



Рис. 17. Пластические свойства

буквами). Ставим галочку напротив **Define elastic properties** (Определить упругие свойства) и нажимаем Next (рис. 16).

В следующем окне оставляем все без изменений (рис. 17) и нажимаем иконку  напротив **Flow stress** (Напряжение течения). Загружается окно (рис. 18), позволяющее задать сопротивление материала пластической деформации как функцию от степени деформации, скорости деформации и температуры процесса.

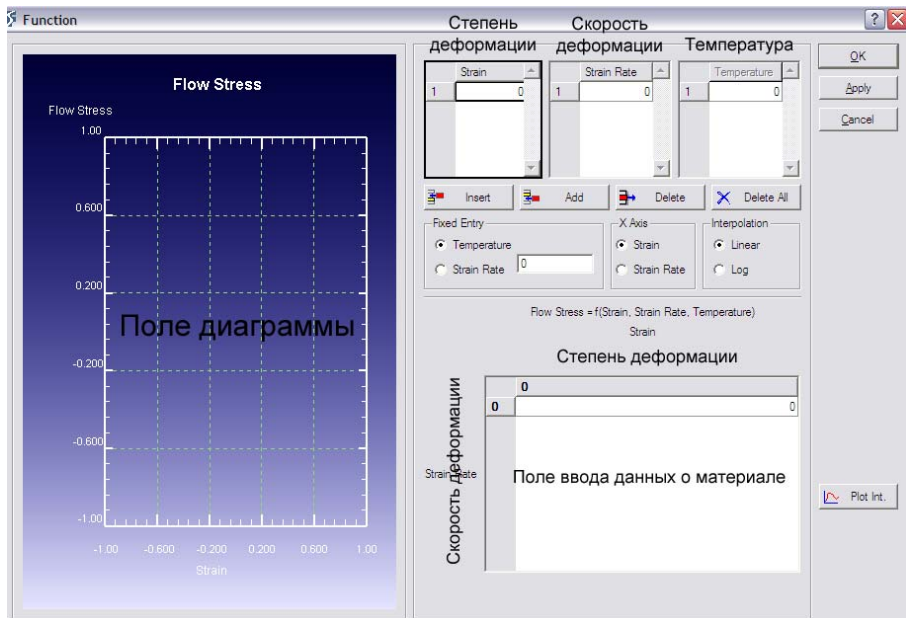




Рис. 18. Окно ввода пластических свойств материала

В поля **Strain**, **Strain Rate** и **Temperature** введем соответственно степени деформации (безразмерная величина), скорости деформации (1/с) и температуры (°C), приведенные на рис. 19. Всегда при вводе цифр в качестве знака, отделяющего целую часть числа от десятичной, необходимо использовать точку.

Для добавления новой строки в поле необходимо нажать иконку  **Add**, а для удаления –  **Delete**.

Strain	Strain Rate	Temperature
1 0	1 1.6	1 20
2 0.1	2 8	2 400
3 0.2	3 40	3 800
4 0.4		4 1000
5 0.6		5 1200
6 0.8		
7 1		

Рис. 19. Ввод степени и скорости деформации и температуры

Далее введем значения сопротивления деформации (МПа) при указанных параметрах. Для этого в поле **Temperature** выделяем нужную температуру


(подсвечивается черной рамкой), а затем в поле ввода данных о материале (рис. 18) заносим значения с рис. 20. Повторяем эти действия для каждой температуры, нажимаем ОК.

		Степень деформации								
		0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1		
Скорость деформации	1.6	600	740	800	840	860	870	870	20 C	
	8	610	745	805	845	865	875	875		
	40	700	755	815	855	875	885	885		
			0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	1.6	480	560	630	680	700	710	710	400 C	
	8	490	570	640	690	710	720	720		
	40	500	580	650	700	720	730	730		
			0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
	1.6	180	220	240	265	275	275	275	800 C	
	8	160	240	275	300	300	300	300		
	40	240	280	330	340	350	350	350		
			0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1	
1.6	70	125	145	160	150	145	145	1000 C		
8	90	150	175	195	200	200	200			
40	110	175	215	225	230	230	230			
		0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1		
1.6	50	65	70	70	65	60	60	1200 C		
8	60	95	110	115	115	110	110			
40	80	115	125	140	145	145	145			

Рис. 20. Значения сопротивления деформации

В следующем окне (рис. 17) нажимаем Next. В новое окно вводим упругие свойства материала: Young's Modulus (модуль Юнга) – 206754 МПа; Poisson's Ratio (коэффициент Пуассона) – 0,3; Thermal Expansion (коэффициент линейного расширения) – $1,2 \cdot 10^{-5} 1/^{\circ}\text{C}$ (рис. 21). Нажимаем Next.

На следующем этапе необходимо ввести тепловые свойства материала. Установим способ задания **Thermal conductivity** (Теплопроводность) и **Heat capacity** (Теплоемкость) как функции от температуры – выберем $f(Temp.)$ в соответствующих графах (рис. 22). В графу Emissivity (Степень черноты тела) введем 0,7. Теперь занесем данные о теплопроводности материала – на-

жимаем иконку , стоящую напротив **Thermal conductivity**. Загружается окно, в таблицу которого вводим температуру ($^{\circ}\text{C}$) и теплопроводность

(Вт/(м·°C)) с рис. 23. Нажимаем ОК. Действуя аналогично, вводим сведения о теплоемкости материала (кДж/(м³·°C)) с рис. 24. Нажимаем Next.

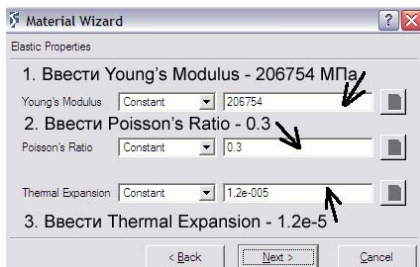


Рис. 21. Ввод упругих свойств

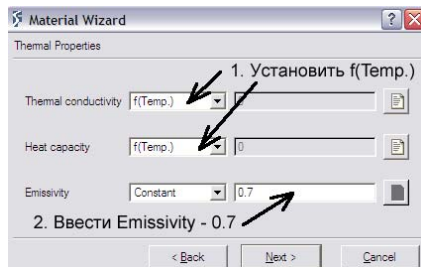


Рис. 22. Ввод тепловых свойств

	Temperature	Thermal Conductivity
1	100	50.708
2	200	48.112
3	300	45.689
4	400	41.718
5	500	38.279
6	600	33.943
7	700	30.13
8	800	24.747
9	1000	32.896
10	1200	29.756
11	1350	29

Рис. 23. Теплопроводность материала

Появляется окно, предлагающее выполнить сохранение созданного материала в библиотеке (рис. 25). Сохранять не будем – выбираем *No*. Нажимаем Next.

2.3 Ввод сведений о штамповой оснастке

Следующие окна позволяют ввести данные о геометрии, температуре и движении штампов.

Первым появляется окно (подобное изображенному на рис. 10), позволяющее, как и при задании сведений о заготовке, ввести название объекта и его температуру. Соглашаемся с установками по умолчанию – нажимаем Next. Далее импортируем геометрию верхней половины штампа – открываем файл shtamp-verx.

	Temperature	Heat Capacity
1	100	3.80981
2	200	4.03972
3	250	4.1382
4	300	3.1254
5	350	4.46668
6	400	4.59805
7	500	5.0907
8	600	5.55051
9	700	6.04315
10	750	12.4147
11	800	4.89364
12	900	4.30246
13	1350	4.3

Рис. 24. Теплоемкость материала



Рис. 25. Отказ от сохранения материала

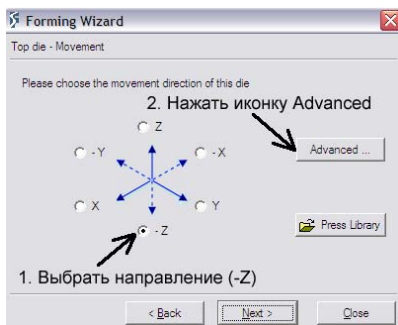


Рис. 26. Задание движения штампа

В следующем окне задаем движение инструмента – нажимаем иконку **Advanced ...** (рис. 26). Загружается окно контроля движения: переходим на закладку **Press/Hammer** (Пресс/Молот); выбираем **Hammer**; в соответствующие графы вводим Energy (Энергия удара) – $25 \cdot 10^6$ мДж; Blow efficiency (КПД удара) – 0,87; Hammer mass (Масса падающих частей) – 1 тонна (рис. 27). Нажимаем ОК.

Далее переходим к вводу сведений о нижней половине штампа: температуру оставляем по умолчанию, импортируем файл *shtamp-niz*. Заготовка и штамповая оснастка на данном шаге изображены на рис. 28.

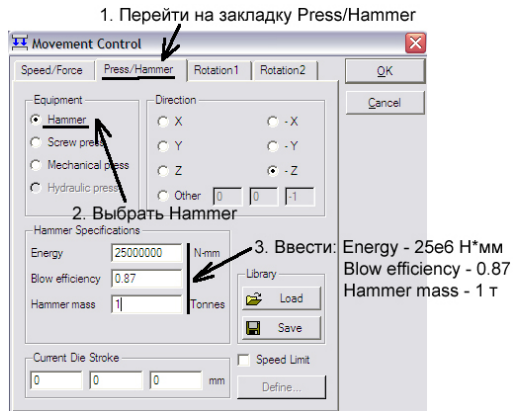


Рис. 27. Ввод данных о молоте

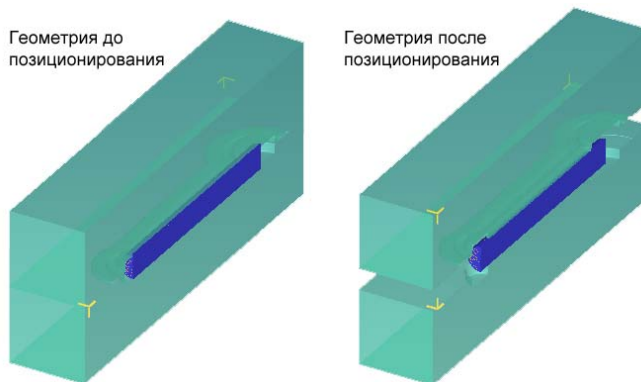


Рис. 28. Заготовка и штамповая оснастка

Теперь необходимо выполнить позиционирование верхней и нижней половин штампа относительно заготовки. В новом окне выбираем Yes для перехода к позиционированию (рис. 29). Загружается окно позиционирования: переходим на закладку **Interference** (Интерференция); устанавливаем направление **Z**; вводим в графу **Interference** – 0 мм (рис. 30). Нажимаем Apply – появляется сообщение, в котором нажимаем ОК. Нижняя половина штампа смещается вниз вдоль оси Z на 13 мм.

В окно позиционирования вносим изменения: в графе **Positioning object** (Объект позиционирования) выбираем **Top die** (Верхний штамп); устанавливаем направление **-Z** (рис. 31). Нажимаем Apply – появляется сообщение, в котором нажимаем ОК. Верхняя половина штампа смещается вверх вдоль оси Z на 13 мм. Нажимаем ОК.

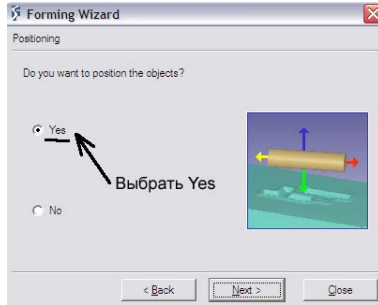


Рис. 29. Переход к позиционированию объектов

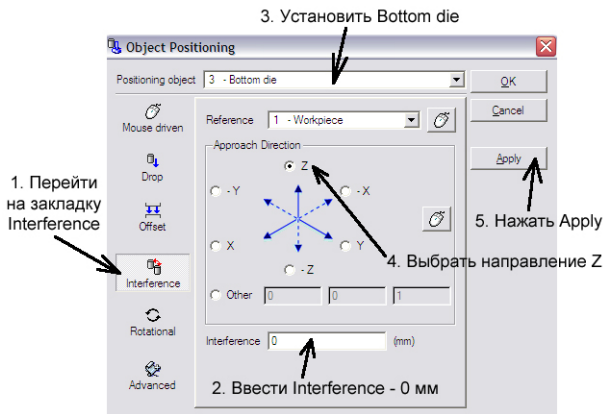


Рис. 30. Позиционирование нижней половины штампа

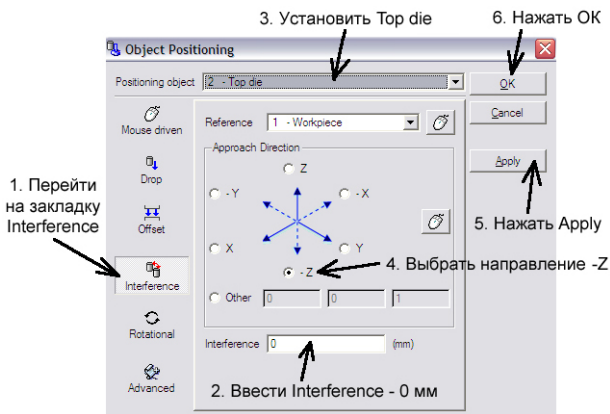


Рис. 31. Позиционирование верхней половины штампа

Штамповая оснастка и заготовка после позиционирования изображены на рис. 28.

В связи с тем, что на первых шагах была задана симметричность заготовки, появляется окно, предлагающее определить плоскость симметрии. Нажимаем Next. Щелкаем ЛКМ по плоскости XZ заготовки (рис. 32) и нажимаем Next.

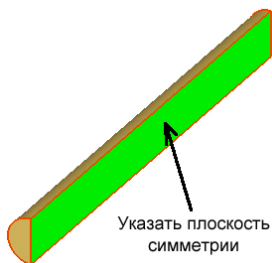



Рис. 32. Определение плоскости симметрии заготовки

2.4 Ввод сведений о контакте

Первое окно ввода сведений позволяет ввести точность генерации контакта. Оставим значения, установленные по умолчанию – нажимаем Next. В следующем окне (рис. 33) введем *Friction coefficient* (Коэффициент трения): нажимаем на иконку  и выбираем *Hot forging (lubricated)* (Горячее деформирование со смазкой). *Heat transfer coefficient* (коэффициент теплопередачи) оставляем без изменений, нажимаем Next.

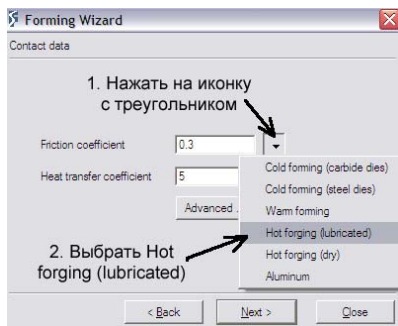


Рис. 33. Ввод коэффициента трения

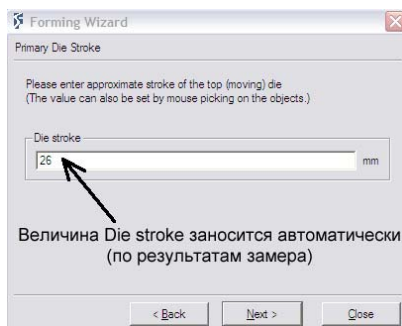


Рис. 34. Ввод перемещения штампа

2.5 Задание числа шагов расчета

В следующем окне (рис. 34) необходимо ввести *Die stroke* (Перемещение штампа), однако это значение удобнее измерить непосредственно с геомет-

рии. В главном меню выбираем **Display** → **Magnify** или иконку  на панели инструментов для перехода в режим увеличения рамкой. Увеличив область, выделенную на рис. 35 черной рамкой, необходимо в главном меню выбрать **Display** → **Select** или иконку  на панели инструментов для отключения режима увеличения. Теперь ЛКМ нужно щелкнуть по крайнему нижнему углу верхней половины штампа (приблизительно), а затем по крайнему верхнему углу нижней половины штампа (рис. 35). Между точками появится стрелка с измеренным расстоянием – 26 мм, которое автоматически появилось в графе **Die stroke** (рис. 34). Нажимаем Next.

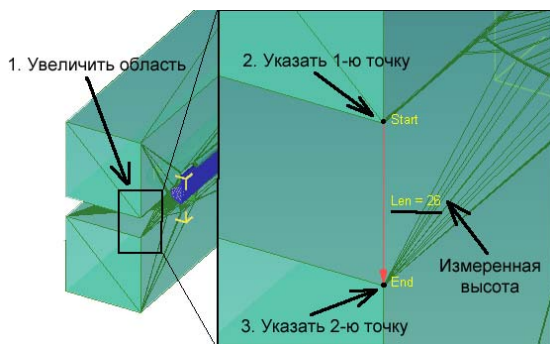



Рис. 35. Измерение расстояния между штампами

Для того чтобы снова целиком отобразить геометрию, необходимо в главном меню выбрать **Display** → **Iso view** → **XYZ** или иконку  на панели инструментов.

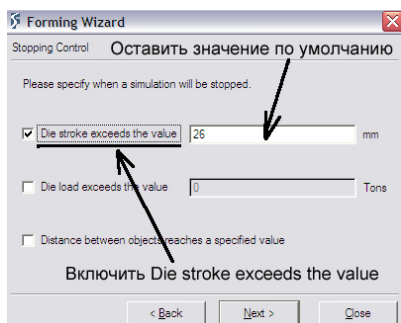


Рис. 36. Ввод критерия остановки расчета

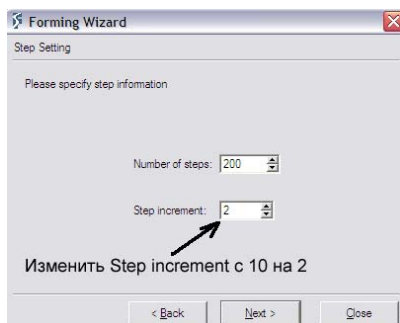




Рис. 37. Ввод числа шагов расчета

Далее можно ввести информацию об остановке расчета по достижении определенного перемещения штампа, заданного усилия штамповки или неко-

того расстояния между объектами. Пусть расчет остановится по достижении штампом перемещения в 26 мм – установим галочку напротив *Die stroke exceeds the value* (рис. 36). Нажимаем Next.

В следующем окне (рис. 37) установим: *Number of steps* (Число шагов) – оставим значение по умолчанию; *Step increment* (Шаг сохранения) – изменим на 2. *Step increment* определяет, через сколько шагов происходит запись результатов расчета в базу данных. Нажимаем Next.

2.6 Проверка и генерация базы данных

На следующем этапе производится проверка базы данных: наличие 3-х  говорит о правильности введенных сведений (рис. 38). Нажимаем Next. Начинается генерация и запись базы данных, об успешном завершении чего также говорит наличие 2-х  (рис. 39). Нажимаем Finish, Yes (согласие на выход из постпроцессора), Yes (сохранение файлов помощника).

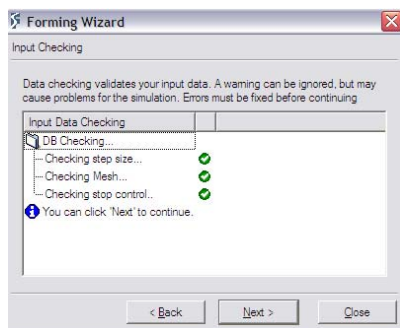


Рис. 38. Проверка базы данных

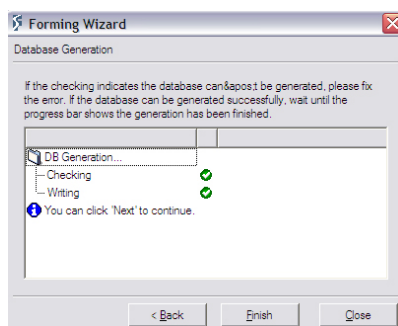




Рис. 39. Генерация базы данных

2.7 Запуск и остановка расчета

Для запуска расчета задачи в главном меню выбираем *Simulation* → *Start* или иконку  на панели инструментов (рис. 1). О начале расчета выдается сообщение *The simulation has been submitted!* (Расчет запущен!), нажимаем ОК. Информация о расчете выводится на закладке *Message* в главном окне.

В случае необходимости остановки расчета в главном меню выбираем *Simulation* → *Stop* или иконку  на панели инструментов.

2.8 Моделирование второго удара

Расчет данного процесса остановился на 141 шаге (при заданных 200 шагах) с выводом следующего сообщения на закладке *Message: Hammer energy has been fully consumed* (Энергия молота была полностью поглощена). Это означает, что энергии молота не хватило для деформации заготовки за один

удар (верхняя и нижняя половины штампов не сомкнулись), поэтому необходимо рассчитать 2-й удар.

В навигаторе задач выделяем папку FORMING (папка текущей задачи) и нажимаем на ссылку **Forming** в запуске препроцессора (рис. 1). В появившемся окне (рис. 40) выбираем **Open wizard with database file** (Открыть помощник из базы данных) и нажимаем Next. Далее предлагается выбрать шаг расчета, с которого будет загружена база данных, выберем последний шаг – нажимаем иконку **Last** (рис. 41).

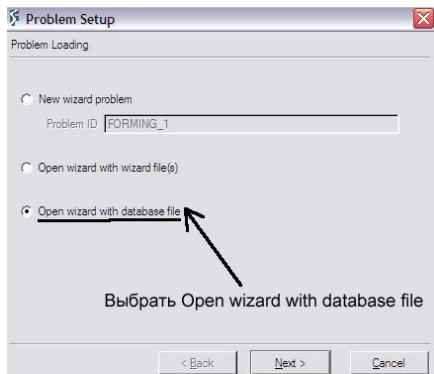


Рис. 40. Открытие базы данных

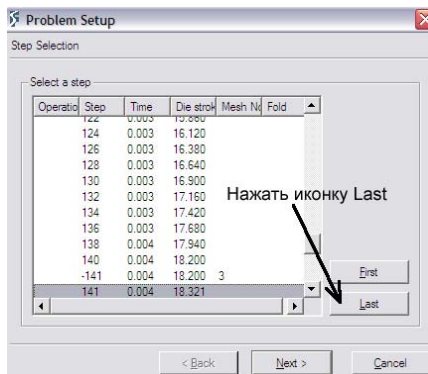


Рис. 41. Выбор шага расчета

Затем указываем, что необходимо создать новую операцию – выбираем **Create a new operation** (Создать новую операцию) и нажимаем Next (рис. 42). Далее предлагается выбрать тип вносимых изменений в базу данных: замена штампов, перепозиционирование объектов или индивидуальные настройки. Выбираем **Custom setup** (Индивидуальные настройки) и нажимаем Next (рис. 43).

После загрузки препроцессора в режиме помощника закрываем окно выбора типа процесса (рис. 5) – нажимаем Close. В дереве построения (рис. 3) нажимаем на элемент **Movement** (Движение).

Появляется окно (рис. 26), в котором нажимаем иконку **Advanced ...**. В окне контроля движения вводим энергию удара – $25 \cdot 10^6$ мДж в графе Energy (рис. 27). Нажимаем ОК, затем Close.

Сгенерируем базу данных, для этого в дереве построения (рис. 3) нажимаем на элемент **Database Generation** (Генерация базы данных). Появляется окно, предлагающее сохранить предшествующие шаги – выбираем Yes и нажимаем ОК. Записывается новая база данных, затем нажимаем Finish и выходим из препроцессора.

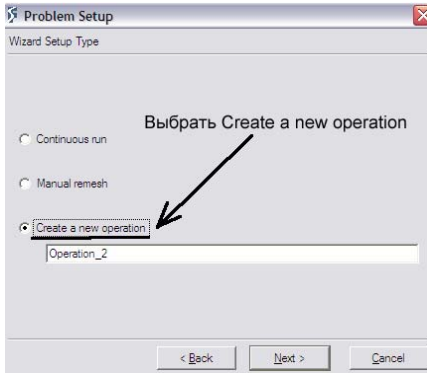


Рис. 42. Создание новой операции

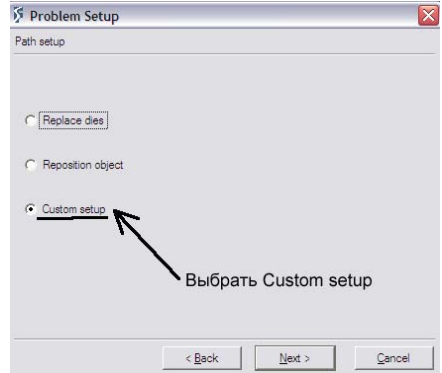


Рис. 43. Внесение изменений



Запускаем задачу на расчет, после расчета снова выводится сообщение о полном поглощении энергии молота. Это связано с тем, что для данного процесса штамповки полное смыкание верхней и нижней половин штампов происходит только при 8-м ударе молота, т.е. необходимо еще 6 раз, по вышеприведенному алгоритму, создать новую операцию и запустить ее расчет.

3 Постпроцессор программы DEFORM

Просмотр результатов моделирования осуществляется в постпроцессорной части программы, для входа в которую нажимаем на ссылку **DEFORM-3D Post** в запуске постпроцессора (рис. 1). Внешний вид постпроцессора отличается от препроцессора наличием панели управления анимацией и панели вывода результатов расчета, а также командами настройки интерфейса (рис. 44).

Все нижеприведенные результаты расчета взяты после моделирования 1-го удара молота, поэтому могут отличаться от результатов последующих ударов.

3.1 Просмотр анимации

Наиболее наглядным способом оценки результатов расчета является просмотр анимации. В связи с тем, что моделировалась штамповка только симметричной половины детали, то для удобства просмотра результатов можно отобразить 2-ю половину. В главном меню выбираем **Tools** → **Symmetry** или иконку  на панели инструментов. Появляется окно определения симметрии, ЛКМ щелкаем по плоскости симметрии заготовки – плоскости XZ (рис. 32). Отображается 2-я половина заготовки, нажимаем Close. Для удаления симметричной части нажимаем иконку  на панели инструментов, выби-

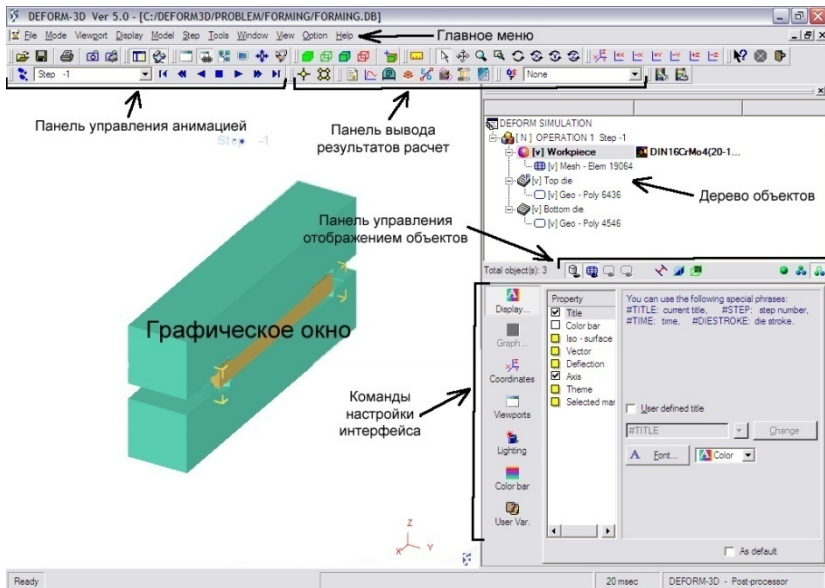








Рис. 44. Главное окно постпроцессора


раем **Delete** в появившемся окне, ЛКМ щелкаем по удаляемой части и нажимаем Close.

Для воспроизведения анимации вперед (назад) необходимо на панели управления анимацией (рис. 44) нажать иконку  (; для пошагового воспроизведения вперед (назад) –  (); для перемещения в начало (конец) расчета –  (.

Заготовка и штамповая оснастка после 1-го удара молота изображены на рис. 45.

3.2 Создание графиков усилия и скорости

Наиболее важным технологическим параметром в горячей объемной штамповке является усилие процесса. DEFORM позволяет строить график изменения усилия деформирования от перемещения верхней половины штампа.

В главном меню выбираем **Tools** → **Graph (Load Stroke)** или иконку  на панели инструментов. В появившемся окне (рис. 46) убираем галочки напротив **Bottom Die** и **Workpiece**, в качестве **X-Axis** (Ось абсцисс) выбираем **Stroke** (Перемещение), для **Y-Axis** (Ось ординат) устанавливаем **Z Load** (Усилие по оси Z). Нажимаем ОК.

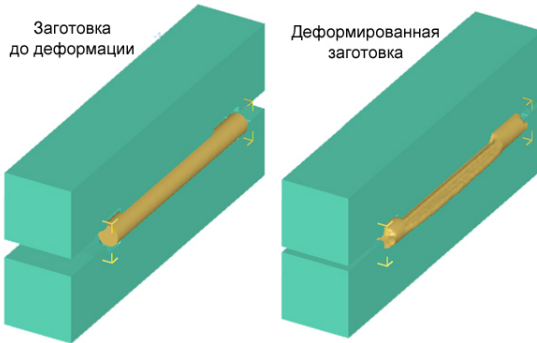


Рис. 45. Заготовка до и после деформирования

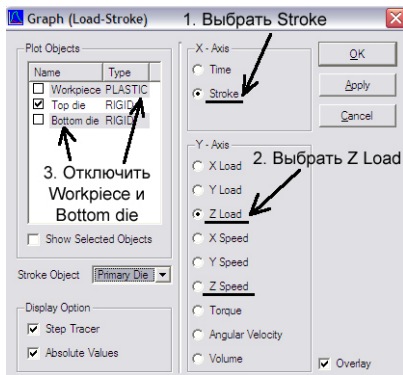


Рис. 46. Создание графика нагрузки

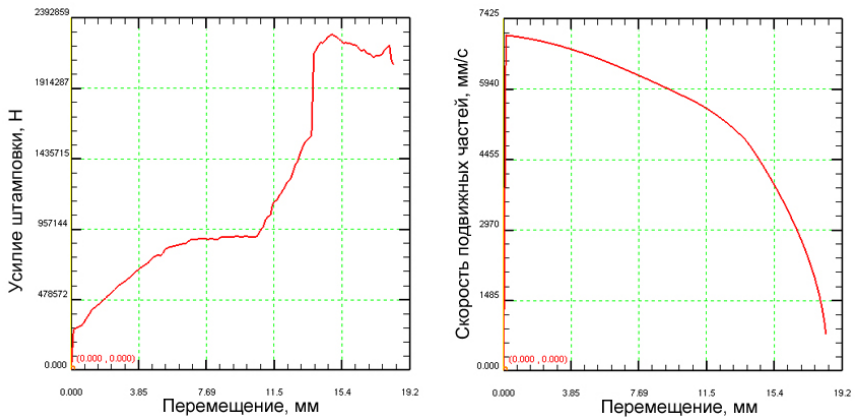






Рис. 47. График усилия и скорости

Также можно построить график изменения скорости движения верхней половины штампа. Выбираем иконку  на панели инструментов, в появившемся окне (рис. 46) в качестве *Y-Axis* устанавливаем *Z Speed* (Скорость по оси Z). Нажимаем ОК.

Графики усилия и скорости изображены на рис. 47.

3.3 Просмотр распределения напряжений и температуры

Для удобства просмотра необходимо отобразить только заготовку – выделяем Workpiece в дереве объектов и нажимаем иконку  на панели управления отображением объектов (рис. 44). Перейдем на последний шаг расчета – нажмем  на панели инструментов.

Теперь выведем на экран распределение интенсивности деформаций. В главном меню выбираем *Tools* → *State Variable* или иконку  на панели инструментов. В появившемся окне (рис. 48) раскрываем список *Strain* (Деформации) и выбираем *Effective* (Интенсивность), также устанавливаем *Scaling* (Масштаб) на *Local* (В пределах шага). Нажимаем ОК.

Действуя аналогично, можно посмотреть деформационные и температурные переменные. Распределение интенсивности деформаций и напряжений, температуры и напряжений по оси Z изображено на рис. 49.

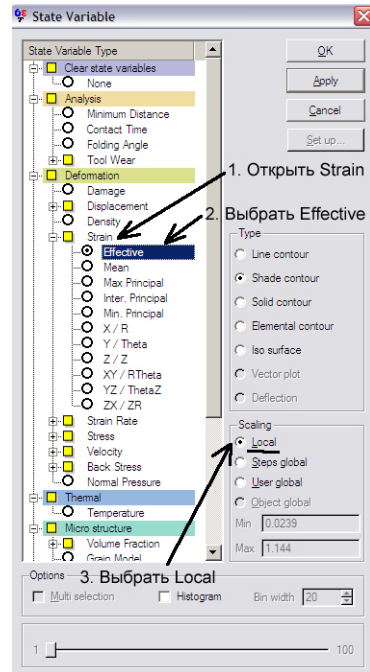



Рис. 48. Вывод распределения интенсивности деформаций

3.4 Создание графика по пути

DEFORM предоставляет возможность построения графиков любых переменных по задаваемому пользователем маршруту. Создадим график изменения напряжения по оси Z (рис. 49) по телу заготовки.

Сначала необходимо отобразить распределение напряжений по оси Z. Выбираем иконку  на панели инструментов. В появившемся окне (рис. 48)

раскрываем список *Stress* (Напряжения) и выбираем *Z/Z*, также устанавливаем *Scaling* (Масштаб) на *Local* (В пределах шага). Нажимаем ОК.

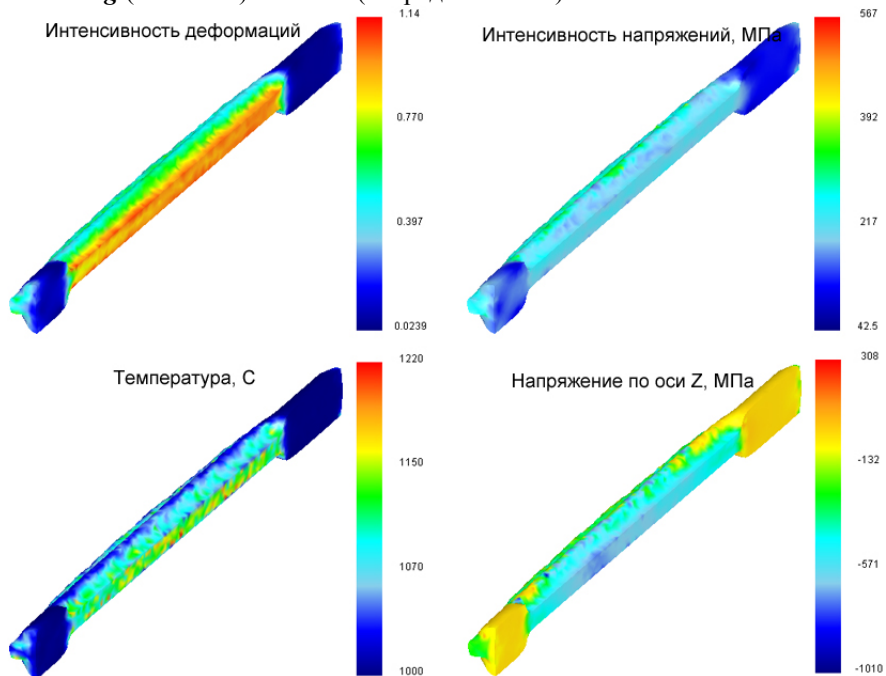


Рис. 49. Отображение результатов моделирования

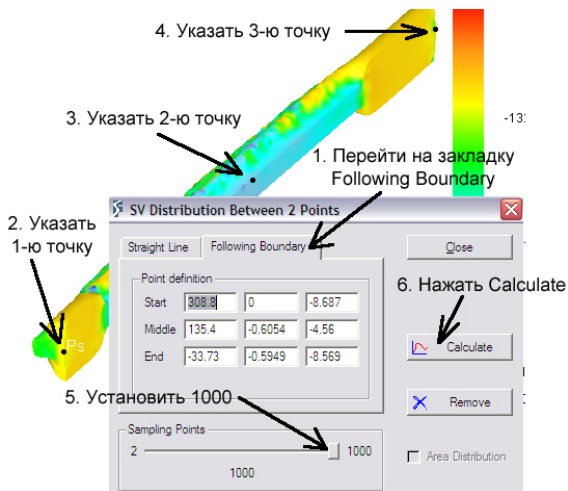




Рис. 50. Создание графика по пути

В главном меню выбираем **Tools** → **SV with Slicing** или иконку  на панели инструментов. В появившемся окне (рис. 50) переходим на закладку **Following Boundary** (По границе), на которой передвигаем ползунок **Sampling Points** (Исходные точки) на 1000. Теперь необходимо указать начальную, промежуточную и конечную точки создаваемого пути, для этого ЛКМ щелкаем по деформированной заготовке в местах, показанных на рис. 50. Нажимаем иконку  **Calculate**, затем Close.

Полученный график распределения напряжения по оси Z изображен на рис. 51.

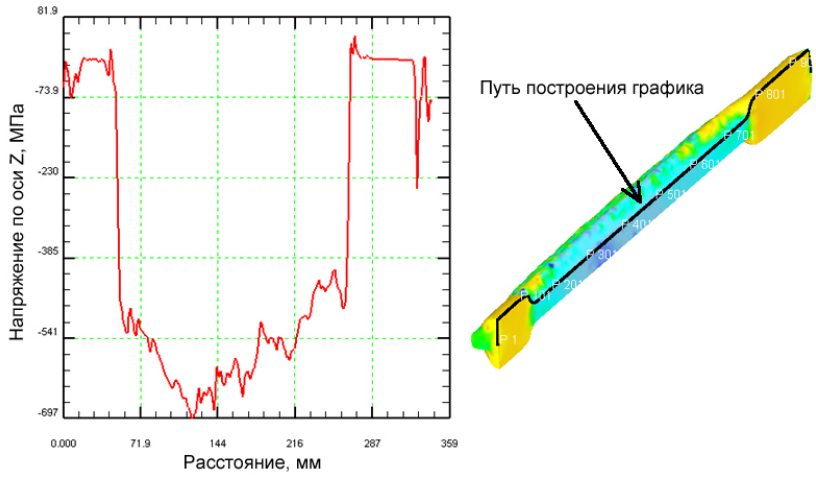


Рис. 51. График распределения напряжения по оси Z

Библиографический список

1. Fluhner, J. DEFORM™ 3D Version 5.0 [Текст]: user's manual/Jeffrey Fluhner. – SFTC, 2003. – 247 с.
2. DEFORM™-3D [Текст]: tutorials. – SFTC, 2003. – 139 с.
3. Бузлаев, Д.В. Применение системы DEFORM для моделирования технологических процессов обработки металлов давлением [Текст] /Д.В. Бузлаев, В.А. Кропотов, А.А. Сахарчук, А.А. Харламов. – М.: ТЕСИС, 2001. – 13 с.
4. Харламов, А.А. Моделирование обработки металлов давлением с помощью комплекса DEFORM [Текст]/А.А. Харламов, А.П. Латаев, В.В. Галкин, П.В. Уланов // САПР и графика. – 2005. – №5. – С. 2-4.
5. Харламов, А.А. DEFORM – программный комплекс для моделирования процессов обработки металлов давлением [Текст] /А.А. Харламов, А.П. Уваров // САПР и графика. – 2003. – №6. – С. 10-15.
6. Третьяков, А.В. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением [Текст] / А.В. Третьяков, В.И. Зюзин. – М.: Металлургия, 1973. – 224 с.

Учебное издание

**ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО
ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DEFORM
В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

Методические указания

Составители: *Каргин Борис Владимирович,
Ерисов Ярослав Александрович*

Редактор Ю.Н. Литвинова
Доверстка А.В. Ярославцева

Подписано в печать 8.08.2011. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 1,75.
Тираж 100 экз. Заказ . Арт. С- М3 /2011.

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

ДЛЯ ЗАМЕТОК