

Доктор технических наук
Жарков Валерий Алексеевич

Методология Жаркова

по проектированию штамповки в

Ansys Forming с искусственным интеллектом.

Часть 1

CAD/CAE

VISUAL

Издательство “Жарков Пресс”

Валерий Жарков

**Методология Жаркова по
проектированию штамповки в
Ansys Forming с искусственным
интеллектом. Часть 1**

«Автор»

2026

Жарков В. А.

Методология Жаркова по проектированию штамповки в Ansys Forming с искусственным интеллектом. Часть 1 / В. А. Жарков — «Автор», 2026

ISBN 5-94212-045-5. Жарков В.А. Методология Жаркова по проектированию штамповки в Ansys Forming с искусственным интеллектом. Часть 1. – Москва: Издательство "Жарков Пресс". 2026. Книга по проектированию штамповки в CAD/CAE-системе Ansys Forming корпорации ANSYS Corp (США). На основе файла штампуемой, например, кузовной детали, в Ansys DesignModeler или Ansys Discovery проектируются заготовка и инструменты: пуансон, матрица и прижим штампа, и сохраняются в виде файлов в формате *.igs или *.stp. Эти файлы импортируются в Ansys Forming, моделируется операция штамповки с учётом упрочнения и анизотропии обрабатываемой заготовки. Получаются результаты с анимацией штамповки, расчётом деформаций, сил и опасности складкообразования, чрезмерного утонения и разрушения заготовки в процессе штамповки на основе диаграммы предельных деформаций и критериев разрушения Жаркова. Предназначена инженерам и учёным, а также студентам и преподавателям. Книга состоит из трёх частей: Часть 1, Часть 2, Часть 3.

© Жарков В. А., 2026

© Автор, 2026

Содержание

Введение	11
Конец ознакомительного фрагмента.	26

Валерий Жарков

Методология Жаркова по проектированию штамповки в Ansys Forming с искусственным интеллектом. Часть 1

Доктор технических наук

Жарков Валерий Алексеевич

Методология Жаркова

по проектированию штамповки в

Ansys Forming с искусственным интеллектом.

Часть 1

Издательство “Жарков Пресс”

Москва

www.ZharkovPress.ru

ISBN 5-94212-045-5

Жарков Валерий Алексеевич. Методология Жаркова по проектированию штамповки в Ansys Forming с искусственным интеллектом. Часть 1. – Москва: Издательство “Жарков Пресс”.

Это уникальная и единственная в мире книга по компьютерному проектированию обработки материалов и разработке технологических процессов многооперационного изготовления деталей в промышленности в Computer-Aided-Design/Computer-Aided-Engineering-системах (CAD/CAE-системах) на примерах проектирования операций штамповки в CAD/CAE-системе Ansys Forming корпорации ANSYS Corp (США); Ansys Forming нетрудно приобрести и легко установить даже на домашний компьютер.

Математическая модель сложной крупногабаритной кузовной детали в виде файла формата *.igs или *.stp получается после проектирования детали в CAD-программе или сканирования мастер-модели детали на координатно-измерительной машине. Далее файл детали импортируется в CAD-систему, и получается изображение детали. На основе этого изображения, в CAD-системе Ansys DesignModeler или Ansys Discovery, проектируются заготовка и инструменты, обрабатывающие эту заготовку: пуансон, матрица и прижим штампа для вытяжки, и сохраняются в виде файлов в формате *.igs или *.stp. Затем эти файлы импортируются в CAD/CAE-систему Ansys Forming. Создаётся проект по обработке заготовки инструментами. Моделируется операция вытяжки с учётом упрочнения обрабатываемой заготовки и коэффициента анизотропии заготовки.

Получаются результаты с анимацией штамповки, расчётом деформаций и сил и опасности складкообразования, чрезмерного утонения и разрушения заготовки в процессе штамповки на основе диаграммы предельных деформаций (ДПД) и критериев разрушения Жаркова.

Если параметры штамповки превышают эти критерии, вносятся изменения в проект, и моделирование продолжается до тех пор, когда будут достигнуты приемлемые для конкретного производства результаты.

В данном 1-м Издании книги, сначала формулируется постановка задачи, с целью понимания механизма формоизменения заготовки в процессе вытяжки. Чтобы грамотно, адекватно реальной операции вытяжки деталей из заготовок на производстве, создать свой проект в CAD/CAE-системе. Затем даются подробные пошаговые инструкции для компьютерного моделирования в CAD/CAE-системе Ansys Forming этой операции вытяжки полуфабриката из листовой заготовки с учётом последующих операций штамповки готовой детали.

В последующих Изданиях книги будут приведены пошаговые инструкции по проектированию последующих (после вытяжки) операций штамповки заданной кузовной или другой детали.

Данное Издание 1 книги состоит из следующих разделов.

Раздел I. Создание проекта в CAD/CAE-системе Ansys Forming и импорт модели детали или инструмента для изготовления детали из заготовки

Раздел II. Определение формы, размеров и материала заготовки для изготовления детали

Раздел III. Проектирование в Ansys DesignModeler матрицы и прижима штампа для вытяжки полуфабриката из заготовки

Раздел IV. Добавление к заготовке в Ansys Forming пуансона, матрицы и прижима для вытяжки полуфабриката из этой заготовки

Раздел V. Результаты решения задачи по деформированию заготовки

Далее дан список использованной Литературы при написании данной книги.

Следуя подробным пошаговым инструкциям в книге, любой пользователь, даже без специальной подготовки, по методологии Жаркова сначала может быстро проанализировать вытяжку детали из заготовки с расчётом ориентировочных значений напряжений и деформаций по приведённым в данной книге разделам “Теории Жаркова листовой штамповки”, а затем грамотно, тождественно реальной операции вытяжки на производстве, создать свой собственный учебный, научный или практический проект в CAD/CAE-системе и далее моделировать, изучать, исследовать и применять на практике (в автомобильной, авиастроительной, электротехнической, посудной, упаковочной и других отраслях промышленности) заданный процесс вытяжки, чтобы сократить время и количество ошибок при проектировании технологического процесса вытяжки и связанных с вытяжкой других технологических процессов, снизить норму расхода материала заготовки на деталь и уменьшить себестоимость изготовления деталей.

Разработанные читателем проекты в CAD/CAE-системе на основе приведённых в данной книге проектов Жаркова с использованием МКЭ могут быть переданы другим пользователям со ссылкой на использование данной книги Жаркова.

В связи с большим количеством рисунков, книга разделена на три части: Часть 1, Часть 2, Часть 3.

Книга предназначена инженерам и учёным, работающим в различных отраслях промышленности, а также студентам и преподавателям технических колледжей, техникумов, институтов и университетов.

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения директора ООО “Издательство “Жарков Пресс”.

Copyright Жарков Валерий Алексеевич (Zharkov Valerij Alekseyevich), директор ООО “Издательство “Жарков Пресс”.

ISBN 5-94212-045-5 ООО “Издательство “Жарков Пресс” (Publishing house “Zharkov Press”, ZharkovPress.ru).

Введение

Раздел I. Создание проекта в CAD/CAE-системе Ansys Forming и импорт модели детали или инструмента для изготовления детали из заготовки

Глава 1. Последовательность решения задач в Ansys Forming

1.1. Интерфейс пользователя в CAD/CAE-системе Ansys Forming

1.2. Последовательность проектирования штамповки в Ansys Forming

Глава 2. Создание проекта в Ansys Forming и импорт математической модели инструмента, по которому необходимо обработать заготовку

2.1. Терминология и основные определения в книге

2.2. Постановка задачи

2.3. Создание проекта

2.4. Импорт в CAD/CAE-систему математической модели инструмента, по которому необходимо обработать заготовку

2.5. Изображение закруглённых краёв инструмента как пуансона

Глава 3. Поворот модели относительно направления перемещения ползунов прессов при обработке заготовки в штампах на прессах

3.1. Варианты поворота модели относительно направления обработки заготовки в штампах на прессах

3.2. Расчёт угла поворота модели относительно направления обработки заготовки

3.3. Поворот модели относительно направления обработки заготовки

Глава 4. Определение точности решения задачи

4.1. Варианты параметров точности решения задачи

4.2. Этапы выбора точности решения задачи

4.3. Учёт пружинения полуфабриката после штамповки

4.4. Изменение настроек, заданных по умолчанию, для более специализированного моделирования

Глава 5. Определение операций обработки заготовки для изготовления заданной детали

5.1. Допустимые операции холодной обработки в Ansys Forming

5.2. Операции холодной обработки заготовки для изготовления заданной детали

5.3. Операции горячей обработки заготовки

Раздел II. Определение формы, размеров и материала заготовки для изготовления детали

Глава 6. Проектирование заготовки в Ansys Forming. Вариант 1

6.1. Постановка задачи

6.2. Проектирование заготовки

6.2.1. Задание толщины заготовки и коэффициента трения заготовки по инструментам штампа

6.2.2. Габаритные размеры детали

6.2.3. Габаритные размеры развёртки детали

6.2.4. Расчёт ширины технологического припуска на полуфабрикате после вытяжки

6.2.5. Габаритные размеры плоской заготовки

6.2.6. Координаты центра заготовки

6.2.7. Построение заготовки

6.3. Перемещение модели ниже заготовки

Глава 7. Определение в Ansys Forming материала детали и заготовки. Вариант 1

7.1. Выбор марки материала детали и заготовки

7.2. Угол наклона оси заготовки и оси детали относительно направления прокатки заготовки

Глава 8. Проектирование заготовки в Ansys DesignModeler. Вариант 2

- 8.1. Постановка задачи
- 8.2. Тип заготовки
- 8.3. Размеры заготовки в виде листа
- 8.4. Преобразование модели формата *.wbpj в модель формата *.stp в CAD/CAE-системе Ansys DesignModeler
- 8.5. Проверка правильности импорта модели заготовки формата *.stp из Ansys DesignModeler в Ansys Forming
- 8.6. Преобразование модели формата *.wbpj в модель формата *.igs в CAD/CAE-системе Ansys DesignModeler
- 8.7. Проверка правильности импорта модели заготовки формата *.igs из Ansys DesignModeler в Ansys Forming
- 8.8. Преобразование модели формата *.wbpj в модель формата *.igs в Ansys Discovery
- 8.9. Проверка правильности импорта модели заготовки формата *.igs из Ansys Discovery в Ansys Forming

Глава 9. Импорт заготовки из Ansys Discovery в Ansys Forming и определение параметров заготовки

- 9.1. Импорт файла заготовки в Ansys Forming и выбор компонентов заготовки
- 9.2. Выбор марки материала детали и заготовки
- 9.3. Угол наклона оси заготовки и оси детали относительно направления прокатки заготовки

Раздел III. Проектирование в Ansys DesignModeler матрицы и прижима штампа для вытяжки полуфабриката из заготовки

Глава 10. Определение в Ansys Forming опорных точек на модели перед проектированием матрицы

- 10.1. Определение 1-й опорной точки на модели
- 10.2. Определение последующих опорных точек на модели

Глава 11. Проектирование в Ansys DesignModeler матрицы штампа для вытяжки полуфабриката из заготовки

- 11.1. Постановка задачи
- 11.2. Импорт модели заданной детали в Ansys DesignModeler как центральной части поверхности матрицы
- 11.3. Поворот модели на определённый угол
- 11.4. Удаление на модели лишних поверхностей и оставление только рабочей поверхности для матрицы
- 11.5. Соединение трёх тел матрицы в одно тело
- 11.6. Проектирование образующей для прижимных участков поверхности матрицы
- 11.7. Проектирование прижимных участков поверхности матрицы
 - 11.7.1. Проектирование 1-го прижимного участка поверхности матрицы
 - 11.7.2. Проектирование 2-го прижимного участка поверхности матрицы
 - 11.7.3. Проектирование 3-го прижимного участка поверхности матрицы
 - 11.7.4. Проектирование 4-го прижимного участка поверхности матрицы
 - 11.7.5. Проектирование 5-го прижимного участка поверхности матрицы
 - 11.7.6. Проектирование 6-го прижимного участка поверхности матрицы
 - 11.7.7. Проектирование 7-го прижимного участка поверхности матрицы
 - 11.7.8. Проектирование 8-го прижимного участка поверхности матрицы
 - 11.7.9. Проектирование 9-го прижимного участка поверхности матрицы
 - 11.7.10. Проектирование 10-го прижимного участка поверхности матрицы
 - 11.7.11. Поворот всей матрицы вокруг оси
- 11.8. Преобразование модели формата *.wbpj в модель формата *.stp

Глава 12. Проектирование в Ansys DesignModeler прижима штампа для вытяжки полуфабриката из заготовки. Вариант 1

12.1. Постановка задачи

12.2. Удаление центральных участков и сохранение краевых прижимных участков поверхности матрицы

12.3. Преобразование модели формата *.wbpj в модель формата *.igs в Ansys DesignModeler

12.4. Проверка правильности импорта модели прижима формата *.igs из Ansys DesignModeler в Ansys Forming

12.5. Преобразование в Ansys Discovery модели формата *.wbpj в модель формата *.igs

12.6. Проверка правильности импорта модели прижима формата *.igs из Ansys Discovery в Ansys Forming

Глава 13. Проектирование в Ansys DesignModeler прижима штампа для вытяжки полуфабриката из заготовки. Вариант 2

13.1. Постановка задачи

13.2. Проектирование образующей для поверхности прижима

13.3. Проектирование участков поверхности прижима

13.3.1. Проектирование 1-го участка поверхности прижима

13.3.2. Проектирование 2-го участка поверхности прижима

13.3.3. Проектирование 3-го участка поверхности прижима

13.3.4. Проектирование 4-го участка поверхности прижима

13.3.5. Проектирование 5-го участка поверхности прижима

13.3.6. Проектирование 6-го участка поверхности прижима

13.3.7. Проектирование 7-го участка поверхности прижима

13.3.8. Проектирование 8-го участка поверхности прижима

13.3.9. Проектирование 9-го участка поверхности прижима

13.3.10. Проектирование 10-го участка поверхности прижима

13.4. Удаление центрального участка модели и сохранение поверхности прижима

13.5. Преобразование модели формата *.wbpj в модель формата *.igs

Раздел IV. Добавление к заготовке в Ansys Forming пуансона, матрицы и прижима для вытяжки полуфабриката из этой заготовки

Глава 14. Импорт в Ansys Forming пуансона штампа для вытяжки

14.1. Импорт пуансона, по которому необходимо обработать заготовку

14.2. Поворот инструмента относительно направления обработки заготовки

14.3. Перемещение пуансона ниже заготовки

14.4. Изображение закруглённых краёв инструмента как пуансона

Глава 15. Импорт в Ansys Forming матрицы штампа для вытяжки

15.1. Импорт матрицы

15.2. Поворот матрицы относительно поверхности заготовки

15.3. Определение глубины вытяжки полуфабриката из заготовки

15.4. Перемещение матрицы в нижнее положение после вытяжки

Глава 16. Импорт в Ansys Forming прижима штампа для вытяжки

16.1. Импорт прижима

16.2. Поворот прижима относительно поверхности заготовки

16.3. Определение аппликаты верхней точки прижима

16.4. Перемещение прижима в нижнее положение после вытяжки

Глава 17. Определение параметров операции вытяжки полуфабриката из заготовки

17.1. Выбор типа вытяжки и пресса для вытяжки

- 17.2. Определение возможных перемещений инструментов штампа
- 17.3. Определение импортированного файла матрицы как инструмента штампа
- 17.4. Определение импортированного файла заготовки как деформируемой заготовки в штампе

17.5. Определение импортированного файла прижима как инструмента штампа для вытяжки

17.5. Определение импортированного файла пуансона как инструмента штампа для вытяжки

Глава 18. Задание параметров перемещения инструментов

- 18.1. Задание параметров перемещения на холостом ходу для матрицы
- 18.2. Задание параметров перемещения на рабочем ходу для матрицы
- 18.3. Задание параметров перемещения на холостом ходу для прижима
- 18.4. Задание параметров перемещения на рабочем ходу для прижима
- 18.5. Задание параметров перемещения для пуансона
- 18.6. Задание перемещений матрицы и прижима на холостом и рабочих ходах
- 18.6.1. Расчёт перемещения матрицы при ходе вниз и вверх
- 18.6.2. Задание перемещений матрицы и прижима

Глава 19. Запуск проекта на решение

- 19.1. Определение количества вычислительных ядер процессора на компьютере
- 19.2. Запуск проекта на решение

Раздел V. Результаты решения задачи по деформированию заготовки

Глава 20. Определение деформаций в деформируемой заготовке

- 20.1. Анимация обработки заготовки
- 20.2. Определение деформаций в заготовке при деформировании

Глава 21. Определение сил для деформирования заготовки

- 21.1. Определение в Ansys Forming сил для деформирования заготовки
- 21.2. Формулы Жаркова для приближённого расчёта максимальной силы для деформирования заготовки

Глава 22. Критерии Жаркова для расчёта опасности разрушения деформируемой заготовки

- 22.1. Критерии для расчёта опасности разрушения заготовки
- 22.2. Критерии для расчёта опасности разрушения заготовки применительно к вытяжке панели капота

Глава 23. Рекомендации Жаркова по устранению складкообразования и разрушения заготовки при вытяжке

- 23.1. Рекомендации по изменению конструкции детали
- 23.2. Рекомендации по изменению параметров технологического процесса штамповки
- 23.3. Рекомендации по изменению конструкции штампов по сравнению с традиционными

Литература

Введение

Это уникальная и единственная книга по компьютерному проектированию обработки материалов и разработке технологических процессов изготовления деталей в промышленности в Computer-Aided-Design/Computer-Aided-Engineering-системах (CAD/CAE-системах) на примерах проектирования основных формоизменяющих операций промышленности в CAD/CAE-системе Ansys Forming корпорации ANSYS Corp (США); Ansys Forming нетрудно приобрести и легко установить даже на домашний компьютер.

В данном 1-м издании книги разработана методология Жаркова по моделированию технологических процессов обработки заготовок с целью изготовления деталей на примере широко распространённых в промышленности формоизменяющих операций листовой штамповки. Точнее, разработана теория Жаркова и компьютерное проектирование технологических процессов обработки заготовок и получения деталей на примере распространённой в промышленности формоизменяющей операции листовой штамповки, а именно: вытяжка сложных крупногабаритных типа кузовных деталей из листовых заготовок. Способ вытяжки применяется и как самостоятельная операция, и в сочетании с другими многочисленными операциями листовой штамповки.

Математическая модель сложной поверхности кузовной детали в виде файла формата, например, *.igs или *.stp, полученного после проектирования в CAD-программе или сканирования мастер-модели детали или изделия на координатно-измерительной машине, импортируется в CAD/CAE-систему и получается изображение детали. На основе этого изображения в CAD-системе Ansys DesignModeler или Ansys Discovery проектируются заготовка и инструменты, обрабатывающие эту заготовку: пуансон, матрица и прижим штампа для вытяжки, и сохраняются в виде файлов в формате *.igs или *.stp. Затем эти файлы импортируются в Ansys Forming, создаётся проект по обработке заготовки инструментами, моделируется операция вытяжки с анимацией и расчётом деформаций и сил и опасности складкообразования, чрезмерного утонения и разрушения заготовки в процессе штамповки на основе диаграммы предельных деформаций (ДПД) и критериев разрушения Жаркова. Если параметры штамповки превышают эти критерии, вносятся изменения и моделирование продолжается до тех пор, когда будут достигнуты приемлемые для конкретного производства результаты.

В каждой главе сначала формулируется постановка задачи с целью понимания механизма формоизменения заготовки в процессе вытяжки, чтобы грамотно, адекватно реальной операции вытяжки деталей из заготовок на производстве, создать свой проект в CAD/CAE-системе. Затем даются подробные пошаговые инструкции для компьютерного моделирования в CAD/CAE-системе этой операции вытяжки полуфабриката из листовой заготовки с учётом последующих операций штамповки готовой детали.

CAD/CAE-система Ansys Forming объединяет в себе простоту использования и мощь теорий упругости, пластичности, метода конечных элементов и алгоритмических языков высокого уровня, на основе которых разработана данная система. В данном чрезвычайно насыщенном издании (заменяющей несколько других книг и руководств) последовательно и всесторонне изложена методология создания уникального высокотехнологичного и наукоёмкого программного продукта в виде проекта CAD/CAE-системы для моделирования технологических процессов в различных отраслях промышленности, начиная от трёхмерного моделирования однооперационной вытяжки и заканчивая моделированием многооперационной вытяжки деталей из разнообразных заготовок.

Моделирование основано на мощных собственных трёхмерных графических возможностях системы, что позволяет строить сложные трёхмерные модели заготовки и инструментов,

которые в динамике обрабатывают эту заготовку с целью получения детали, а также двухмерные и трёхмерные графики разнообразных функций, в том числе диаграммы изменения во времени различных параметров технологических процессов, например, диаграмма “сила деформирования заготовки инструментом – ход инструмента”. Система Ansys Forming объединяет в себе Computer-Aided Design-систему и Computer-Aided Engineering-систему, является CAD/CAE-системой, вследствие чего имеет большие преимущества по сравнению с другими программами.

После построения модели, система выполняет численное математическое моделирование процесса деформирования заготовки при изготовлении детали на основе теорий упругости, пластичности, обработки материалов давлением, разрушения материалов и метода конечных элементов (МКЭ), позволяет получать практически важную информацию о моделируемом процессе, вносить изменения в процесс, снова моделировать и так до тех пор, когда будут получены требуемые параметры технологического процесса. Разработанные читателем проекты в CAD/CAE-системе на основе приведённых в данном издании проектов Жаркова могут быть переданы другим пользователям со ссылкой на использование данного издания Жаркова.

Наша основная цель – дать читателю ту информацию, которую он больше нигде не найдёт. Поэтому в издании не дублируется справка CAD/CAE-системы. Если у читателя возникнуть общие вопросы, он легко отыщет справку и там найдёт ответ, так как терминология после перевода с русского языка на английский по всем тематикам у нас общая. Даны лишь краткие пояснения, чтобы начинающий пользователь постепенно осваивал различные базовые дисциплины, по возможности не используя другие материалы; опытному пользователю также будут полезны эти пояснения. К достоинствам издания, рассчитанного на широкий круг новичков и опытных специалистов, относятся практическая направленность, простота изложения и наличие подробных методик и пошаговых инструкций, большое количество примеров и иллюстраций. Теперь читателям, занимающимся обработкой материалов в промышленности, может не потребоваться изучать сложные теоретические книги, посещать длительные и дорогостоящие учебные курсы и покупать много отдельных книг. Автор это сделал за них. Читателю необходимо будет лишь открыть данную книгу в интересующей его главе (мало кто будет изучать издание от корки до корки, хотя это и желательно) и по аналогии с подробными инструкциями главы (по принципу: делай, как я) самостоятельно разрабатывать свой учебный, научный или практический проект. И именно при решении своей конкретной и сложной профессионально интересной задачи (а не отвлечённых простых примеров в справке CAD/CAE-системы) читатель будет изучать (если он новичок) или дальше осваивать (если он продвинутый пользователь) базовые дисциплины по данной тематике. Создавая свой проект в CAD/CAE-системе по методике Жаркова в данном издании, читатель сможет в одиночку работать за конструктора, технолога, математика и программиста одновременно и сэкономить недели и месяцы упорного труда. Если в начальных главах инструкции по разработке проектов описаны подробно (в интересах новичков), то инструкции в каждой последующей главе даны всё короче и короче (часто со ссылкой на другие книги Жаркова по близкой тематике), чтобы не повторяться и экономить место в книге.

При создании проектов в данном издании по моделированию вытяжки сложной кузовной детали используются файлы формата *.igs с уже кем-то заданной геометрией поверхности кузовной детали в какой-то графической библиотеке. Файлы формата *.igs могут быть высланы по email и могут использоваться в учебных, научных и практических целях.

Геометрия заготовки может проектироваться пользователем, используя собственные мощные графические возможности как CAD/CAE-системы Ansys Forming, так и CAD-системы Ansys DesignModeler или Ansys Discovery.

И приближённая инженерная теория Жаркова листовой штамповки, и более точная CAD/CAE-система основаны на использовании теории упругости, теории пластичности и тео-

рии обработки материалов давлением. Поэтому для понимания механизма деформирования заготовки на операциях штамповки и правильного использования CAD/CAE-системы при создании проекта для моделирования штамповки конкретной детали из листовой заготовки, целесообразно ознакомиться с основными положениями теории Жаркова листовой штамповки.

В главах приведена теория листовой штамповки, дополненная теорией Жаркова по вытяжке, по учёту упрочнения по формуле Жаркова и анизотропии заготовки с помощью коэффициента Жаркова анизотропии, по анализу опасности разрушения заготовки при обработке на основе диаграмм предельных деформаций (ДПД), утонений (ДПУ) и напряжений (ДПН). Так как излагаемые в данном издании материалы предназначены для широкого круга читателей (студентов, инженеров и учёных), занимающихся обработкой материалов в промышленности, автор стремился не усложнять аналитические решения и широко использовать приемлемые допущения и упрощения с тем, чтобы создать инженерную теорию листовой штамповки и получить максимально простые аналитические зависимости, отражающие действительные условия деформирования заготовки. Формула Жаркова для учёта упрочнения обрабатываемой заготовки далее вводилась в CAD/CAE-систему при создании каждого проекта. Приводится авторская теория Жаркова В.А. вытяжки деталей из заготовок с учётом упрочнения и анизотропии заготовок и проектирование в CAD/CAE-системе вытяжки деталей с использованием этой теории.

Напомним важное обстоятельство. В каждом разделе, как правило, сначала приводится теория Жаркова деформирования заготовки, даётся инженерный анализ и обосновываются аналитические зависимости с учётом упрочнения заготовки по формуле Жаркова и коэффициента Жаркова анизотропии заготовки для расчёта напряжений, деформаций и критериев Жаркова вероятности разрушения заготовки с целью понимания механизма формоизменения заготовки в процессе штамповки, чтобы (с использованием примеров в виде файлов проектов CAD/CAE-системы по email) грамотно, адекватно реальной операции штамповки деталей из заготовок на производстве, создать свой проект в CAD/CAE-системе. Затем даются подробные инструкции для более точного компьютерного численного моделирования в CAD/CAE-системе этой операции штамповки деталей из разнообразных заготовок.

В данном издании приведены следующие разделы, главы и параграфы.

Введение

Раздел I. Создание проекта в CAD/CAE-системе Ansys Forming и импорт модели детали или инструмента для изготовления детали из заготовки

Глава 1. Последовательность решения задач в Ansys Forming

- 1.1. Интерфейс пользователя в CAD/CAE-системе Ansys Forming
- 1.2. Последовательность проектирования штамповки в Ansys Forming

Глава 2. Создание проекта в Ansys Forming и импорт математической модели инструмента, по которому необходимо обработать заготовку

- 2.1. Терминология и основные определения в книге
- 2.2. Постановка задачи
- 2.3. Создание проекта
- 2.4. Импорт в CAD/CAE-систему математической модели инструмента, по которому необходимо обработать заготовку
- 2.5. Изображение закруглённых краёв инструмента как пуансона

Глава 3. Поворот модели относительно направления перемещения ползунов прессов при обработке заготовки в штампах на прессах

- 3.1. Варианты поворота модели относительно направления обработки заготовки в штампах на прессах

3.2. Расчёт угла поворота модели относительно направления обработки заготовки

3.3. Поворот модели относительно направления обработки заготовки

Глава 4. Определение точности решения задачи

4.1. Варианты параметров точности решения задачи

4.2. Этапы выбора точности решения задачи

4.3. Учёт пружинения полуфабриката после штамповки

4.4. Изменение настроек, заданных по умолчанию, для более специализированного моделирования

Глава 5. Определение операций обработки заготовки для изготовления заданной детали

5.1. Допустимые операции холодной обработки в Ansys Forming

5.2. Операции холодной обработки заготовки для изготовления заданной детали

5.3. Операции горячей обработки заготовки

Раздел II. Определение формы, размеров и материала заготовки для изготовления детали

Глава 6. Проектирование заготовки в Ansys Forming. Вариант 1

6.1. Постановка задачи

6.2. Проектирование заготовки

6.3. Перемещение модели ниже заготовки

Глава 7. Определение в Ansys Forming материала детали и заготовки. Вариант 1

7.1. Выбор марки материала детали и заготовки

7.2. Угол наклона оси заготовки и оси детали относительно направления прокатки заготовки

Глава 8. Проектирование заготовки в Ansys DesignModeler. Вариант 2

8.1. Постановка задачи

8.2. Тип заготовки

8.3. Размеры заготовки в виде листа

8.4. Преобразование модели формата *.wbpj в модель формата *.stp в CAD/CAE-системе Ansys DesignModeler

8.5. Проверка правильности импорта модели заготовки формата *.stp из Ansys DesignModeler в Ansys Forming

8.6. Преобразование модели формата *.wbpj в модель формата *.igs в CAD/CAE-системе Ansys DesignModeler

8.7. Проверка правильности импорта модели заготовки формата *.igs из Ansys DesignModeler в Ansys Forming

8.8. Преобразование модели формата *.wbpj в модель формата *.igs в Ansys Discovery

8.9. Проверка правильности импорта модели заготовки формата *.igs из Ansys Discovery в Ansys Forming

Глава 9. Импорт заготовки из Ansys Discovery в Ansys Forming и определение параметров заготовки

9.1. Импорт файла заготовки в Ansys Forming и выбор компонентов заготовки

9.2. Выбор марки материала детали и заготовки

9.3. Угол наклона оси заготовки и оси детали относительно направления прокатки заготовки

Раздел III. Проектирование в Ansys DesignModeler матрицы и прижима штампа для вытяжки полуфабриката из заготовки

Глава 10. Определение в Ansys Forming опорных точек на модели перед проектированием матрицы

10.1. Определение 1-й опорной точки на модели

10.2. Определение последующих опорных точек на модели

Глава 11. Проектирование в Ansys DesignModeler матрицы штампа для вытяжки полуфабриката из заготовки

11.1. Постановка задачи

11.2. Импорт модели заданной детали в Ansys DesignModeler как центральной части поверхности матрицы

11.3. Поворот модели на определённый угол

11.4. Удаление на модели лишних поверхностей и оставление только рабочей поверхности для матрицы

11.5. Соединение трёх тел матрицы в одно тело

11.6. Проектирование образующей для прижимных участков поверхности матрицы

11.7. Проектирование прижимных участков поверхности матрицы

11.8. Преобразование модели формата *.wbpj в модель формата *.stp

Глава 12. Проектирование в Ansys DesignModeler прижима штампа для вытяжки полуфабриката из заготовки. Вариант 1

12.1. Постановка задачи

12.2. Удаление центральных участков и сохранение краевых прижимных участков поверхности матрицы

12.3. Преобразование модели формата *.wbpj в модель формата *.igs в Ansys DesignModeler

12.4. Проверка правильности импорта модели прижима формата *.igs из Ansys DesignModeler в Ansys Forming

12.5. Преобразование в Ansys Discovery модели формата *.wbpj в модель формата *.igs

12.6. Проверка правильности импорта модели прижима формата *.igs из Ansys Discovery в Ansys Forming

Глава 13. Проектирование в Ansys DesignModeler прижима штампа для вытяжки полуфабриката из заготовки. Вариант 2

13.1. Постановка задачи

13.2. Проектирование образующей для поверхности прижима

13.3. Проектирование участков поверхности прижима

13.4. Удаление центрального участка модели и сохранение поверхности прижима

13.5. Преобразование модели формата *.wbpj в модель формата *.igs

Раздел IV. Добавление к заготовке в Ansys Forming пуансона, матрицы и прижима для вытяжки полуфабриката из этой заготовки

Глава 14. Импорт в Ansys Forming пуансона штампа для вытяжки

14.1. Импорт пуансона, по которому необходимо обработать заготовку

14.2. Поворот инструмента относительно направления обработки заготовки

14.3. Перемещение пуансона ниже заготовки

14.4. Изображение закруглённых краёв инструмента как пуансона

Глава 15. Импорт в Ansys Forming матрицы штампа для вытяжки

15.1. Импорт матрицы

15.2. Поворот матрицы относительно поверхности заготовки

15.3. Определение глубины вытяжки полуфабриката из заготовки

15.4. Перемещение матрицы в нижнее положение после вытяжки

Глава 16. Импорт в Ansys Forming прижима штампа для вытяжки

16.1. Импорт прижима

16.2. Поворот прижима относительно поверхности заготовки

16.3. Определение аппликаты верхней точки прижима

16.4. Перемещение прижима в нижнее положение после вытяжки

Глава 17. Определение параметров операции вытяжки полуфабриката из заготовки

- 17.1. Выбор типа вытяжки и прессы для вытяжки
- 17.2. Определение возможных перемещений инструментов штампа
- 17.3. Определение импортированного файла матрицы как инструмента штампа
- 17.4. Определение импортированного файла заготовки как деформируемой заготовки в штампе
- 17.5. Определение импортированного файла прижима как инструмента штампа для вытяжки
- 17.5. Определение импортированного файла пуансона как инструмента штампа для вытяжки

Глава 18. Задание параметров перемещения инструментов

- 18.1. Задание параметров перемещения на холостом ходу для матрицы
- 18.2. Задание параметров перемещения на рабочем ходу для матрицы
- 18.3. Задание параметров перемещения на холостом ходу для прижима
- 18.4. Задание параметров перемещения на рабочем ходу для прижима
- 18.5. Задание параметров перемещения для пуансона
- 18.6. Задание перемещений матрицы и прижима на холостом и рабочих ходах

Глава 19. Запуск проекта на решение

- 19.1. Определение количества вычислительных ядер процессора на компьютере
- 19.2. Запуск проекта на решение

Раздел V. Результаты решения задачи по деформированию заготовки

Глава 20. Определение деформаций в деформируемой заготовке

- 20.1. Анимация обработки заготовки
- 20.2. Определение деформаций в заготовке при деформировании

Глава 21. Определение сил для деформирования заготовки

- 21.1. Определение в Ansys Forming сил для деформирования заготовки
- 21.2. Формулы Жаркова для приближённого расчёта максимальной силы для деформирования заготовки

Глава 22. Критерии Жаркова для расчёта опасности разрушения деформируемой заготовки

- 22.1. Критерии для расчёта опасности разрушения заготовки
- 22.2. Критерии для расчёта опасности разрушения заготовки применительно к вытяжке панели капота

Глава 23. Рекомендации Жаркова по устранению складкообразования и разрушения заготовки при вытяжке

- 23.1. Рекомендации по изменению конструкции детали
- 23.2. Рекомендации по изменению параметров технологического процесса штамповки
- 23.3. Рекомендации по изменению конструкции штампов по сравнению с традиционными

Литература

Следуя подробным пошаговым инструкциям в издании, любой пользователь, даже без специальной подготовки, по методологии Жаркова сначала может быстро проанализировать штамповку детали из заготовки с расчётом ориентировочных значений напряжений и деформаций по приведённым в данном издании разделам “Теории Жаркова листовой штамповки”, а затем грамотно, тождественно реальной операции вытяжки на производстве, создать свой собственный учебный, научный или практический проект в CAD/CAE-системе и далее моделировать, изучать, исследовать и применять на практике (в автомобильной, авиастроительной,

электротехнической, посудной, упаковочной и других отраслях промышленности) заданный процесс штамповки, чтобы сократить время и количество ошибок при проектировании технологического процесса штамповки и связанных с этой операцией других технологических процессов, снизить норму расхода материала заготовки на деталь и уменьшить себестоимость изготовления деталей.

Разработанные читателем проекты в CAD/CAE-системе на основе приведённых в данном издании проектов Жаркова с использованием МКЭ могут быть переданы другим пользователям со ссылкой на использование данного издания Жаркова.

Книга предназначена инженерам и учёным, работающим в различных отраслях промышленности, а также студентам и преподавателям технических колледжей, техникумов, институтов и университетов.

Издание предназначено также для всех желающих быстро изучить методологию моделирования процессов в CAD/CAE-системе Ansys Forming последней версии, сразу же создавать в этой системе мощные профессиональные приложения и применять их на практике в различных сферах деятельности. В том числе, Издание предназначено для начинающих и опытных пользователей компьютерами, программистов различной квалификации, инженерно-технических работников, конструкторов, технологов, математиков, механиков, аспирантов, научных работников и учёных, работающих с целью:

- применения CAD/CAE-системы Ansys Forming для разработки индивидуальных или корпоративных проектов и практических приложений в многочисленных областях деятельности;

- создания систем компьютерного моделирования и проектирования (CAD/CAE systems – Computer-Aided-Design/Computer-Aided-Engineering-systems) в различных отраслях промышленности;

- развития прикладной математики (аналитическое и численное математическое моделирование, метод конечных элементов);

- совершенствования теории в области механики деформируемого тела (теории упругости и пластичности, механика разрушения, теория обработки металлов и неметаллов давлением),

- а также для учащихся и слушателей курсов, студентов, учителей и преподавателей технических специальностей.

Отметим, что из полного варианта книги на русском языке автор удалил Главы 24, 25, 26, а в Главах 1-5 автор удалил часть не очень важных рисунков, чтобы уменьшить объём книги до требуемого объёма, но эти Главы 24, 25, 26 и рисунки можно посмотреть в полном варианте книги автора на английском языке (в списке Литературы под номером 193):

193. Zharkov Valery Alekseyevich. Zharkov's methodology on projecting the stamping in Ansys Forming with artificial intelligence. Edition 1. – Moscow, Publishing house “Zharkov Press”, 2026 (на сайте amazon.com в разделе Books).

В связи с большим количеством рисунков, книга разделена на три части: Часть 1, Часть 2, Часть 3.

Все вопросы, замечания и предложения по тематике данной книги можно направлять в Издательство “Жарков Пресс” по email:

dr_zharkov_v_a@mail.ru

Сайт ООО “Издательство “Жарков Пресс”: ZharkovPress.ru или www.ZharkovPress.ru.

Автор, доктор технических наук, Жарков Валерий Алексеевич.

Раздел

I

. Создание проекта в

CAD

/

CAE

-системе

Ansys

Forming

и импорт модели детали или инструмента для изготовления детали из заготовки

Глава 1. Последовательность решения задач в

Ansys

Forming

1.1. Интерфейс пользователя в

CAD

/

CAE

-системе

Ansys

Forming

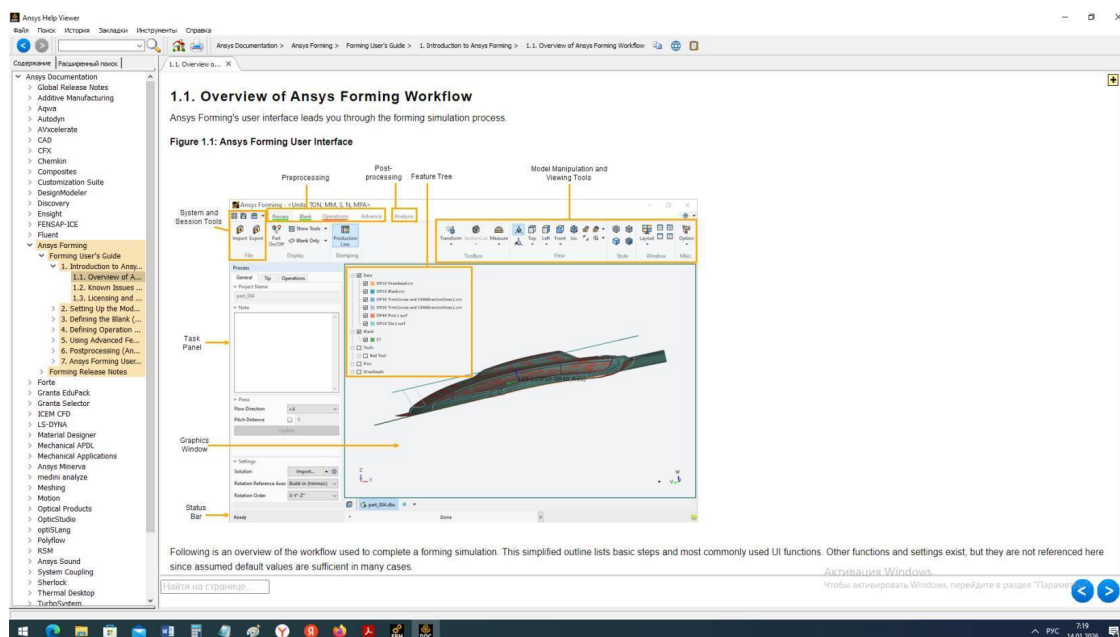
Приводим по абзацам машинный перевод параграфа “1.1. Overview of Ansys Forming Workflow” из Справки “Ansys Help”.

Ansys Forming's user interface (UI) leads you through the forming simulation process.

Пользовательский интерфейс Ansys Forming используется для моделирования процесса обработки.

Figure 1.1: Ansys Forming User Interface

Рисунок 1.1: пользовательский интерфейс Ansys Forming



Повторим, что на рисунке записаны названия:

System and Session Tools

Task Panel

Graphics Window

Status Bar

Preprocessing

Post-processing

Feature Tree

Model Manipulation and Viewing Tools

1.2. Последовательность проектирования штамповки в Ansys Forming

Following is an overview of the workflow used to complete a forming simulation. This simplified outline lists basic steps and most commonly used UI functions. Other functions and settings exist, but they are not referenced here since assumed default values are sufficient in many cases.

Следующее является обзором набора операций, используемого для завершения моделирования обработки. Эта упрощённая схема перечисляет основные шаги и обычно использовала функции UI (User Interface). Другие функции и настройки существуют, но на них не ссылаются здесь, так как принятые значения по умолчанию достаточны во многих случаях.

Set Up the Model (Process Tab)

Настройка модели (вкладка Process)

1. Start a new project. After opening Ansys Forming, from the session level:

1. Запустите новый проект. После открытия Ansys Forming, на уровне сеанса:

Select the New Project icon.

Выберите значок New Project.

Specify a project name and working directory.

Определите название проекта и рабочий каталог (рабочую директорию).

Choose between Cold Stamping and Hot Forming project types.

Выберите между типами проекта Cold Stamping и Hot Forming.

2. Import geometries into the project. Imported geometry entities, which are displayed in the Feature Tree, may represent:

2. Импортируйте геометрии в проект. Импортированные объекты геометрии, которые выведены на экран в дереве объектов, могут представлять:

Tool surfaces

Поверхности инструмента

Blank outline

Контур заготовки

Cutting lines

Линии обрезки

Drawbeads

Перетяжные рёбра

LCS (local coordinate system) axis

LCS (локальная координатная система) ось

3. Tip the model geometries to the press position

3. Поворот геометрии модели к позиции прессы

4. Set the solution accuracy. Choose from among the following three predefined solution accuracy setups:

4. Установите точность решения. Выберите из числа следующих трёх predefined делённых установок точности решения:

Fast - Useful for formability and setup checks. Not to be used for springback analysis.

Fast (Быстро) - Полезный для оценки штампуемости и проверок установки. Не использоваться для анализа пружинения.

Accurate (default) - Accurate solution in every aspect, including formability, surface defects, wrinkles, draw in, tool forces, and springback.

Accurate – Точный (значение по умолчанию) - Точное решение в каждом аспекте, включая штампуемость заготовки, поверхностные дефекты, складки, разрывы, силы на инструменте и пружинение.

Very Accurate - Useful for calculating springback compensation.

Very Accurate (Очень Точный) - Полезный для вычисления компенсации пружинения.

Alternatively, advanced users may choose to customize the parameters.

Также опытные пользователи могут принять решение самостоятельно настроить параметры.

5. Add and define operations. Operations may include:

5. Добавьте и определите операции. Операции могут включать:

Draw / Stretch

Вытяжка / Обтяжка

Trim / Pierce

Обрезка / Пробивка

Form Trim / Flange / Restrike

Обрезка формы / Фланцовка / Зафланцовка

Blanking

Вырубка

Define the Blank (Blank Tab)

Определение заготовки (вкладка Blank)

1. Define the blank geometry:

1. Определите геометрию заготовки:

Import and select a blank outline, or

Импортируйте и выберите контур заготовки или

Draw an outline.

Контур полуфабриката после вытяжки.

Meshing of the blank geometry is automatic after definition.

Генерирование сетки конечных элементов на геометрии заготовки является автоматическим после определения.

2. Specify the material for the blank:

2. Определите материал для заготовки:

Choose a material from the provided library, or

Выберите материал из имеющейся библиотеки или

Import the material from a file.

Импортируйте материал из файла.

3. Specify additional blank parameters, such as:

3. Определите дополнительные параметры заготовки, такие как:

Blank rolling angle

Угол оси заготовки относительно направления прокатки листа (рулона), из которого вырублена заготовка

Blank thickness

Толщина заготовки

Lubricant coefficient

Коэффициент трения между инструментом и заготовкой после их смазывания смазкой

Define Operation Behaviors and Solve (Operations Tab)

Определите поведения операции и запустите на решение (вкладка Operations)

From the Operations Ribbon you can specify details for the operations you defined earlier in the Process Tab (drawing, trimming, and so on).

Из ленты операций вы можете определить свойства операций, определённых ранее на вкладке Process (вытяжка, обрезка и так далее).

1. Define the drawing operation. Not all functions are described here, but typical steps may include:

1. Определите операцию вытяжки. Не все функции описаны здесь, но типичные шаги могут включать:

If applicable, select a process template for the drawing setup (default: single-action 3 pieces airdraw) (Setup drop-down).

Если применимо, выберите шаблон процесса для определения вытяжки (значение по умолчанию: единственное действие, иначе, 3 стадии вытяжки на прессе простого действия) (Установка с помощью выпадающего меню).

Select the geometry of each tool (Die, Punch, Binder).

Выберите геометрию каждого инструмента (матрица, пуансон, прижим).

Add tools above or below the blank, if needed (+Tool button).

Добавьте инструменты выше или ниже заготовки, в случае необходимости (кнопка +Tool).

Closing and Drawing phases are included by default. Add additional phases, if needed (drop-down menu of the +Tool button).

Фазы приближения (матрицы к пуансону) и вытяжки включены по умолчанию. Добавьте дополнительные фазы, в случае необходимости (выпадающее меню кнопки +Tool).

Define the function of each tool in each phase.

Определите функцию каждого инструмента в каждой фазе.

Change the positioning of each tool, if needed (Positioning button).

Измените расположение каждого инструмента, в случае необходимости (кнопка позиционирования).

Include gravity (Gravity check box), if applicable.

Включайте силу тяжести (флажок Gravity), если применимо.

Define springback (Springback check box), if applicable.

Определите пружинение (флажок Springback), если применимо.

Define guide pins, if applicable.

Определите направляющие штифты (толкатели), если применимо.

Define drawbeads, if applicable.

Определите перетяжные ребра, если применимо.

2. Define the trimming operation(s). Repeat the following steps for each trimming operation:

2. Определите операцию (операции) обрезки. Повторите следующие шаги для каждой операции обрезки:

Next to Mark the area to keep, click the None button.

Затем, чтобы сохранить область Mark, щёлкните кнопку None.

Click the area(s) of the model to keep.

Щёлкните область (области) модели для сохранения.

Select imported trim curves in Feature Tree.

Выберите импортированные кривые для обрезки в дереве объектов "Feature Tree".

Choose Direct, Cam, or Laser cutting method.

Выберите способ Direct, Cam или Laser для обрезки технологического припуска.

Select cutting lines.

Выберите линии обрезки технологического припуска.

Specify cutting direction and other parameters, as needed.

Определите направление обрезки технологического припуска и другие параметры по мере необходимости.

3. Define the flanging operation(s). Steps are similar to those used for defining the drawing operation:

3. Определите операцию (операции) фланцовки. Шаги подобны используемым для определения операции вытяжки:

If applicable, change from 3-piece flanging setup (default) to 4-piece forming/trimming (Setup drop-down).

Если применимо, изменение от установки фланцовки с 3-мя частями (значение по умолчанию) к обработке/обрезке с 4-мя частями (установка с помощью выпадающего меню).

Select the geometry of each tool (Pad, Post, Flgn).

Выберите геометрию каждого инструмента (базовая поверхность (pad), Post, Flgn).

Add additional cutting tools, if needed (+Tool button).

Добавьте дополнительные режущие инструменты, в случае необходимости (кнопка +Tool).

Closing and Forming phases are included by default. Add additional phases, if needed (drop-down menu of the +Tool button).

Фазы приближения (матрицы к пуансону) и формовки включены по умолчанию. Добавьте дополнительные фазы, в случае необходимости (выпадающее меню кнопки +Tool).

Define the function of each tool in each phase.

Определите функцию каждого инструмента в каждой фазе.

Change the positioning of each tool, if needed (Positioning button).

Измените расположение каждого инструмента, в случае необходимости (кнопка позиционирования).

Define springback (Springback check box), if applicable.

Определите пружинение (флажок Springback), если применимо.

Include gravity (Gravity check box), if applicable.

Включайте силу тяжести (флажок Gravity), если применимо.

4. Save the project (file.dbx).

4. Сохраните проект в формате (file.dbx).

5. Run the analysis.

5. Выполните анализ.

Specify number of CPUs (default is 4).

Определите количество CPUs (значение по умолчанию равняется 4).

Click Start.

Щёлкните кнопку "Пуск".

Postprocess (Analysis Tab)

Постобработка (вкладка Analysis)

Postprocessing functions are found in the Analysis ribbon. Typical results you might review include:

Постобрабатывающие функции найдены в ленте Analysis. Типичные результаты вы могли бы рассмотреть, включая:

Deformation results

Результаты деформации

Forming limit diagram (FLD)

Диаграмма предельных деформаций (FLD) или ДПД

Thinning data

Данные по утонению заготовки при обработке

Edge stretch data

Данные по растяжению ребра

Circle grid diagram

Диаграмма деформаций делительной сетки в виде окружностей на заготовке

Skid marks

Царапины на поверхностях заготовки после перемещений по инструментам

Edge draw-in

Перетяжное ребро

Material lines

Линии скольжения материала заготовки при обработке

Tonnage predictions

Расчёты сил обработки заготовки в тоннах

Последовательность проектирования штамповки в Ansys Forming кратко можно сформулировать следующим образом.

После установки Ansys Forming выполняются такие этапы проектирования штамповки заданной детали:

- 1) определение имени и папки расположения нового проекта;
- 2) выбор холодной или горячей штамповки детали;
- 3) импорт геометрии: модели детали, заготовки, рабочих инструментов штампа (пуансона, матрицы и прижима), линии обрезки технологического припуска, перетяжных рёбер или порогов, причём заготовка и инструменты проектируются в другой CAD-системе, например, в CAD/CAE-системе Ansys DesignModeler, сохраняются в формате *.igs или более современном формате *.stp и импортируются в Ansys Forming для проектирования штамповки детали с использованием ДПД;

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.