

Изучение методов автоматизированного проектирования штампов в Тольяттинском государственном университете

П.А. Путьев, А.В. Рубцов, И.В. Гаврилов, А.А. Шатров (Тольяттинский государственный университет)

Для изучения современных принципов проектирования технологических процессов и штамповой оснастки в Тольяттинском государственном университете реализован комплексный подход. На протяжении всего срока обучения студенты и бакалавры направления 150700 «Машиностроение» приобретают знания в области автоматизированной разработки технологических процессов штамповки и проектирования штампов.

Процесс изучения начинается со знакомства с базовым инструментарием приложения для геометрического моделирования САПР NX компании *Siemens PLM Software*. На протяжении первых двух курсов студенты выполняют практические задания по моделированию геометрии листовых и объемных изделий машино- и автомобилестроения. Базовый курс изучения моделирования в NX включает работу с инструментами параметрического и синхронного (прямого) моделирования трехмерной и двумерной геометрии.

В процессе изучения методики создания трехмерных сборок и работы с модулем проектирования изделий из листового металла студенты начинают разрабатывать операционные переходы штамповки и проектировать штампы. Для повышения уровня автоматизации проектирования изучается механизм создания параметрических и атрибутивных связей между деталями в сборке.

На старших курсах студенты приобретают практические знания методов проведения расчетов и оптимизации геометрии изделия и параметров технологических процессов штамповки с помощью модуля *NX Advanced Simulation*. Изученные возможности студенты используют для решения и защиты практических, расчетных и курсовых работ.

Комплексный подход к изучению современных методов автоматизации проектных работ штамповки завершается изучением мастер-процессов. Эти приложения содержат инструменты для анализа геометрической формы изделия, последовательного создания и оптимизации техпроцесса, разработки на основе полученных технологических данных сборки штампа с помощью библиотек типовых деталей.



Победителями студенческого конкурса «Смелые идеи с Siemens PLM Software» 2014 года в номинации «Лучший проект, выполненный с использованием NX CAD» стали студенты Тольяттинского государственного университета

Несколько лет назад в курсе изучения автоматизации процессов листовой штамповки началось обучение мастер-процесса **Progressive Die Wizard**. Однако традиционное обучение методике разработки техпроцесса и штампов последовательного действия оказалось неполным в условиях ориентации на действующее производство, когда каждое предприятие разрабатывает собственные библиотеки деталей. Поэтому в процесс обучения были включены способы разработки параметризованных баз данных для модулей NX. Именно эти знания студенты и демонстрировали на конкурсе.

Особенности проектирования штампов с помощью САПР

Современный уровень возможностей проектирования технологии и оснастки для процессов штамповки определяется широким спектром специализированных программных продуктов. Средства автоматизированного проектирования процессов и объектов штамповки не ограничиваются стандартными инструментами CAD. Разрабатываемые приложения оснащаются особым интерфейсом (мастер-процессы) и арсеналом методов инженерного анализа (CAE-модули). Всё шире применяются особым образом параметризованные библиотеки стандартных деталей штампов. Процесс проектирования технологии и штампа для изготовления деталей приобретает

характер автоматического формирования структуры проекта с последующей загрузкой в его элементы деталей, узлов, механизмов и параметров электронных моделей. Работа со сложной структурой проектов, базами стандартных деталей, материалов и двумерной документацией требует применения *PLM*-подхода к решению проектных задач.

Одним из ключевых элементов для автоматизированного проектирования штампов является система *NX*. Она служит базой для автоматизированной системы проектирования штампов, позволяя решать задачи и выполнять операции, возникающие в процессе разработки и производства. *NX* широко используется в машиностроении, особенно в отраслях, где выпускаются изделия с высокой плотностью компоновки и большим числом деталей, или же изделия со сложными формами – такие, как детали штампов и штамповой оснастки.

Для реализации разнообразных процессов разработки техпроцесса и оснастки штампов система *NX* предлагает несколько специализированных приложений. Так, модуль *Progressive Die Wizard* содержит инструменты и базы данных для проектирования объектов и процессов последовательной штамповки. Для проектирования процессов изготовления сложных деталей автомобиля предлагаются приложения *Die Engineering* и *Die Design*. Их инструментарий позволяет получить геометрию сложных вытяжных переходов деталей кузова с последующим автоматизированным созданием штампов.

Эти приложения работают с учетом принципа мастер-модели и обеспечивают ассоциативную связь как с изделием (*CAD*), так и с проектом обработки оснастки (*CAM*). Дополнительные возможности анализа обеспечивают *CAE*-приложения – например, встроенный модуль *OneStepFormability* (одношаговый анализ формруемости).

Мастер-процессы (*Wizards*) представляют собой узкоспециализированные приложения для облегчения и ускорения работы, интерфейс которых отвечает ряду требований. Инструменты проектирования в них расположены в определенном порядке. Проектирование осуществляется пошагово таким образом, что, не закончив определенный шаг, нельзя перейти к следующему. К отличительным чертам мастер-процессов относится автоматическое формирование иерархической структуры проекта, а также использование баз данных стандартных деталей или элементов проектирования.

Описание изделия и разработка технологического процесса

В настоящее время предприятия пытаются повысить свою эффективность. Решение этой задачи достигается за счет уменьшения времени и повышения качества автоматизированного

проектирования. Предприятия разрабатывают собственные базы данных деталей штампов, но применяют традиционные методы сборки – ускорение при этом наблюдается незначительное.

На основании изложенного перед конкурентами была поставлена цель – ускорить процесс автоматизированного проектирования штампов последовательного действия при помощи разработанной библиотеки параметризованных типовых элементов и узлов штампов в мастер-процессе *Progressive Die Wizard (PDW)*.

Штамповка последовательного действия характеризуется производством одной детали за один ход пресса. Штамп последовательного действия содержит несколько операционных переходов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1 создание параметризованных баз данных или библиотек данных типовых деталей для последовательных разделительных штампов;

2 применение разработанных типовых деталей на реальном примере для конкретного изделия.

Работа над проектом началась с выбора детали – ею стала деталь типа “клипса”. Электронная модель была спроектирована в модуле для изделий из листового материала. Технологический процесс изготовления детали был разработан эвристически, с помощью методов листовой штамповки средствами программного обеспечения *NX*: изделие изготавливается за три разделительных операции.

В качестве материалов для создания типовых деталей штампов использовались ГОСТы и стандарты предприятий. Модель шаблона пакета штампа основана на концептуальном наборе плит для пресса усилия до 1 МН с плитой прижима-съемника.

Разработка шаблона пакета штампа и библиотеки типовых деталей последовательных штампов

Базы данных *PDW* представляют собой определенным образом созданную структуру папок и файлов, описывающих геометрию стандартных деталей и узлов. Применение стандартных деталей позволяет повысить эффективность автоматизированного проектирования за счет снижения затрат времени на моделирование трехмерной геометрии. Вся номенклатура узлов хранится в основной библиотеке *PDW*.

Процесс создания таких деталей описывается следующим рядом действий:

- выбор нужной пользователю детали;
- ввод основных размеров.

Остальные параметры подстраиваются автоматически.

Изначально в *PDW* представлено большое число каталогов стандартных деталей, разработанных сотрудниками известных фирм – производителей

штампов. Однако, если предприятие использует собственные стандарты или отраслевые нормалы, ему необходимо предоставить методику проектирования стандартных деталей.

Из сказанного выше следует, что создание шаблонов баз данных конкретно для каждого предприятия позволит ускорить проектирование. Процесс создания шаблонов баз данных для PDW формализован.

В системе NX предлагается набор библиотек стандартных данных для конкретного модуля. Так, библиотека типовых деталей последовательных штампов традиционно хранится в директории /Siemens/NX/STAMPINGTOOLS/pdiwizard.

При установке приложения базы данных могут быть размещены в любой пользовательской директории. Для вызова диалогового окна загрузки стандартных баз данных в NX служат специализированные элементы интерфейса. В общем случае у пользователя нет необходимости непосредственно управлять выражениями модели. Манипулирование размерами и формой стандартной модели происходит с помощью только тех параметров, которые разработчик библиотеки данных сделал доступными.

Типичная база данных должна состоять из набора каталогов для размещения электронных моделей изделия, файла хранения параметров и атрибутов изделия и его изображения. Между собой каталоги связаны файлом, содержащим ссылки. Все каталоги, содержащие модели одного узла или детали, находятся в общем каталоге, который обычно носит название фирмы – разработчика базы данных. Для того, чтобы PDW распознал базу данных, необходимо создать файл ссылки на нее.

Подобная структура базы данных характерна как для деталей, так и для шаблонов пакета штампа.

Процесс создания пользовательской базы данных стандартных деталей для PDW может вестись двумя способами:

- редактирование существующих баз данных с последующим пересохранением;
- создание с нуля.

Для обоих способов создания необходимо соблюдать структуру каталогов и размещенных в них файлов описания модели.

Первым этапом создания пользовательской библиотеки данных стал выбор деталей раздельных последовательных штампов. Основа оснастки представляет собой комплект плит штампа для концептуальной модели прессы усилием до 1 МН. Геометрическое моделирование шаблона штампа осуществлялось первым способом – с помощью редактирования существующих моделей из БД.

Для детали любой геометрии происходит инициализация проекта PDW и загружается штамп выбранного типа. За основу был взят пакет плит Universal 7 из базы данных PDW. Стандартными

CAD-средствами NX плиты были модифицированы: добавлены приливы для Т-образных пазов, отредактирован набор внутренних плит, а габаритные размеры плиты прижима-съемника стали равными размерам нижней и верхней плиты. В семикомпонентном штампе подкладная плита съемника была объединена с плитой съемника, а параллельные плиты были удалены.

Отредактированный штамп необходимо сохранить в качестве нового шаблона базы данных. Для этого с помощью средств сохранения шаблона указываются правила именования плит штампа и директория сохранения. Головной файл шаблона штампа должен называться db.prt. При сохранении автоматически создается структура базы данных. При желании в них можно внести изменения вручную.

Создание стандартных деталей и узлов штампа проходило по второму сценарию – они создавались “с нуля”. В качестве деталей были выбраны следующие наборы и узлы:

- направляющие колонки, шариковые сепараторы и втулки двух типов;
- направляющие ролики для полосы с пружинами и пробками;
- ловители цилиндрические и лоток совместно с винтами;
- пакеты пружин;
- винты транспортировочные и наборы из четырех винтов;
- ограничители хода прижима с винтами и штифтами;
- набор из четырех винтов и двух диагонально расположенных штифтов для крепления плит.

Для создания библиотеки данных определяются типовые детали и узлы, которые будут применяться в разрабатываемом штампе. В нашем случае для этого использовались стандарты предприятия автомобильных заводов и ГОСТы для выбранных деталей.

Основная задача, которая была решена на этапе моделирования, заключалась в определении способа параметризации детали. Поскольку размеры стандартных деталей по умолчанию представлены в табличном виде, был выбран способ частичной конвертации табличных баз данных в условные выражения. Например, величина фасок или скругления деталей определялась габаритными размерами деталей, что было отражено в прописывании выражения величины фаски. Большинство размеров, для которых задание выражений отличается трудоемкостью, будет определено позже в процессе формирования файла выражений и атрибутов модели детали штампа.

При создании узлов в среде NX применялись инструменты модуля сборки. Формировался файл узла, и в него подгружалась геометрия детали. При загрузке деталей решалась проблема размещения в соответствии с последующей загрузкой штампа в проект.

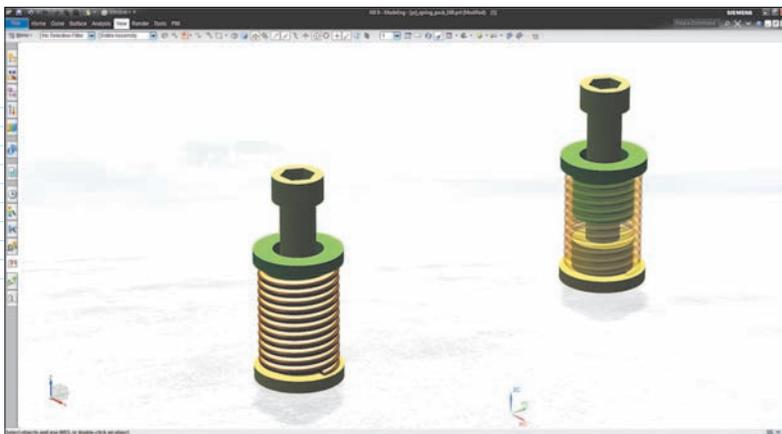


Рис. 1. Пример набора: пакет пружин

Еще одна особенность использования мастер-процессов заключается в автоматическом построении отверстий между пересекающимися телами. По умолчанию плиты штампа не содержат отверстий, потому что детали, размещенные на плите, могут иметь любые размеры и формы. Для решения такой задачи в *PDW* реализован метод построения твердотельной модели детали с карманом. Карманом является тело, повторяющее габаритные размеры модели детали с заданием допуска. Для автоматического формирования отверстия использована технология распределения тел по ссылочным наборам. Тело детали размещается в ссылочном наборе *TRUE*, а тело кармана – на наборе *FALSE*. Модуль *PDW* автоматически находит тела всех деталей, обладающих ссылочным набором *FALSE*, и производит вычитание из текущей детали.

Для узлов параметризация проводится по измененному алгоритму. В файле сборки прописываются основные выражения, а в файле детали создаются выражения, ссылающиеся на выражения сборки. Таким образом, изменяя выражения сборки, можно изменить входящие в нее детали. Для некоторых элементов сборки были созданы выражения подавления компонентов.

После создания электронного каталога всех деталей, началась работа над формированием на его основе базы данных стандартных деталей. Для формирования БД необходимо решить проблему обеспечения первоочередного доступа пользователя к выражениям баз данных. Поскольку детали штампа выбирались из СТП, то их размеры не могли быть произвольными и доступными для изменения.

Задача решается следующим образом: часть выражений из всего набора, представленного в сборке или модели детали, выписывается в электронную таблицу. Именно эти выражения будут доступны пользователю для прямого манипулирования. Остальные выражения,

которые зависят от выбранных, не будут явно открыты, однако их всегда можно изменить с помощью стандартных средств редактирования выражений.

Каталог библиотеки данных представляет собой иерархическую структуру папок. В процессе выполнения проекта были созданы папки *model*, *data*, *bitmap* в соответствии с требованиями формирования структуры. Директория *model* содержит в себе электронные модели детали или узла сборки. В папке *data* находится электронная таблица с параметрами и атрибутами детали или сборки. В директории *bitmap* находится графическое изображение детали в формате *BMP*.

Папка описания детали в свою очередь располагается в каталоге фирмы-разработчика; в нашем случае она носит название *TSU*.

Электронные таблицы создавались для каждой детали и узла; в них должны быть указаны выражения, которые и будут доступны пользователю для редактирования в окне загрузки детали, а также атрибуты для предварительного размещения, атрибуты со ссылками на детали сборки, атрибуты для определения кинематической модели (рис. 2). Название таблиц у всех деталей совпадает с именем модели детали.

Для всех деталей каталога *TSU* был создан единый файл связи электронных моделей, их

	A	B	C	D	E	F
1	##Spring_pack					
2						
3	SHEET_TYPE		0			
4						
5	POSITION		NULL			
6						
7	EXPRESSIONS					
8	TOP_Z=<PDW_DB>.BP_Z)-(<PDW_DB>.BP_H)/2					
9	A=<PDW_DB>.PW*D^2					
10	B=<PDW_DB>.PL)/2-R					
11						
12	ATTRIBUTES					
13	MW_SIDE=TOP					
14						
15						
16						
17						
18	BITMAP		../bitmap/spring_pack.bmp			
19						
20	PARAMETERS					
21	FORCE	move	D	H	R	
22	2	20, 30, 40, 50	28, 34	40.46	30, 40, 50, 60	
23	3			48.3		
24	4			53.62		
25	END					
26						

Рис. 2. Файл выражений

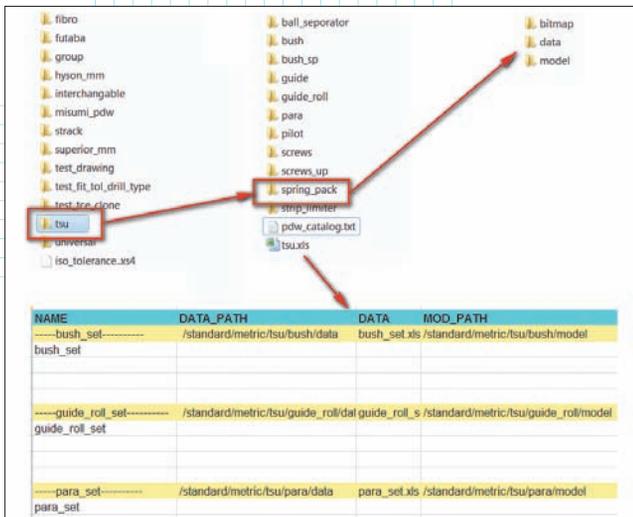


Рис. 3. Файл связи

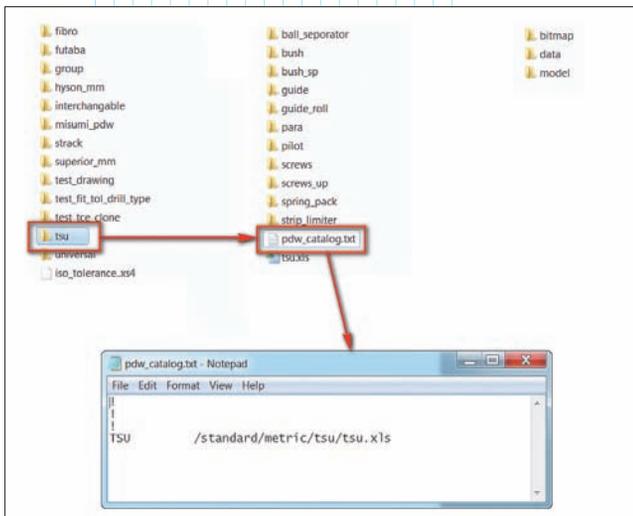


Рис. 4. Файл ссылки

файлов параметров и их изображений (рис. 3). В таблице связей прописывались все применяемые в нашем проекте детали. Компоновка ссылок внутри этого файла определит порядок деталей в окне их загрузки в *PDW*.

В каталоге *PDW* был создан текстовый файл, в котором была прописана ссылка на разрабатываемую библиотеку данных *TSU* (рис. 4); так *PDW* может распознать набор папок в качестве базы данных.

Когда сборочная модель была готова, началась процедура создания изображений на основе электронных моделей. Готовые *BMP*-файлы вставлялись в каталог детали в подпапку *bitmap*.

Созданная командой студентов база данных называется *TSU* и становится доступной пользователям сразу после загрузки её в *PDW* по следующему пути: *Siemens\NX9.0\STAMPING_TOOLS\pdwwizard\standard\metric*.

Разработка техпроцесса изготовления детали типа “клипса”

После создания базы данных началась разработка технологического процесса изготовления детали типа “клипса”. Технологический процесс начался с инициализации электронной модели изделия и параметров материала.

После инициализации проекта система *NX* автоматически создает большой набор файлов структуры, который можно посмотреть в *Навигаторе модели*.

Головной файл называется ****_control_****, и он включает в себя две под сборки – *die* и *product_pack*, в которых, в свою очередь, размещаются остальные файлы. При выполнении операций в мастер-процессах система автоматически раскидывает готовые файлы по структуре навигатора.

Процесс инициализации автоматически загрузил пустую иерархическую структуру файлов. Было спроектировано начальное положение изделия на ленте и первоначальная компоновка полосы, включающая параметры ширины ленты, шага размещения операционных переходов и ориентацию модели.

Отходы разделительных операций в полосе проектировались с помощью специального инструмента. Он позволяет определить геометрию отхода на позициях деталей и переходов и обозначить тип пробиваемого отхода. В предлагаемом техпроцессе отверстия для контроля шага пробиваются на 1-й операции, что позволяет подавать полосу строго на определенное расстояние на последующие операции. Также были созданы перемычки, которые удерживают детали на ленте до последней разделительной операции (рис. 5).

Окончательная компоновка описывает полностью готовую модель полосы, она включает в себя геометрию отходов и изделия по переходам штамповки в полосе. На основе справочной литературы по листовой штамповке, при построении окончательной компоновки полосы был задан наименьший коэффициент использования

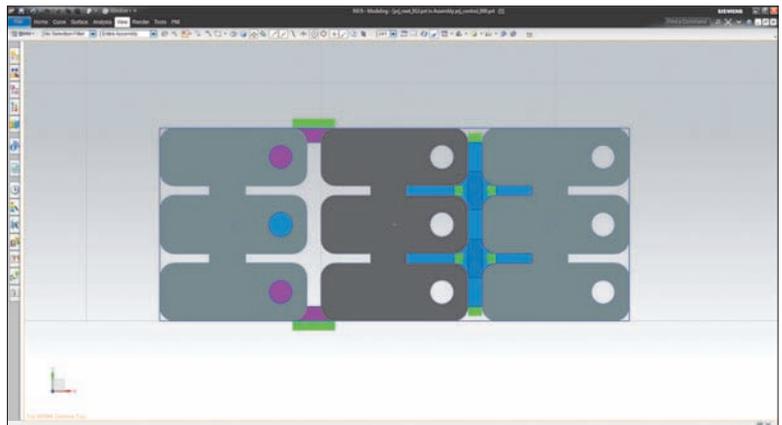


Рис. 5. Карта отходов

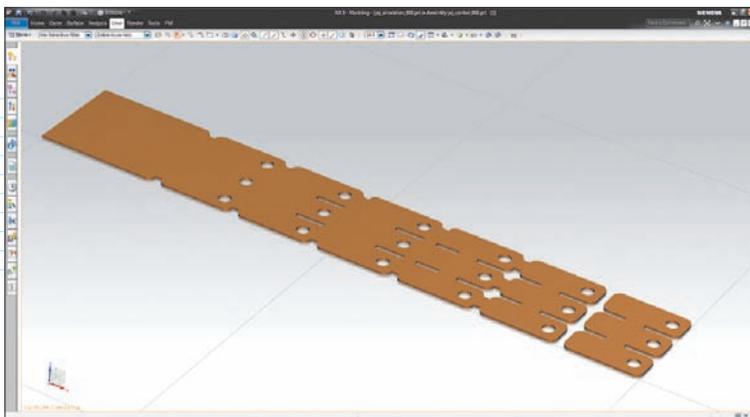


Рис. 6. Окончательная компоновка

материала. На этом разработка технологического процесса была завершена (рис. 6).

Расчет усилия производится автоматически с помощью специального инструмента *PDW*. Он учитывает длину линии реза на всей полосе и задание прочностных характеристик материала. В нашем примере для расчета усилия были использованы все вырубные и пробивные операции в штампе. Кроме того, *PDW* автоматически определил точку приложения усилия. Данный параметр будет важен при выборе центра давления в штампе.

Проектирование штампа для изготовления детали типа “клипса”

После завершения технологической части проектирования началась стадия разработки конструкции штампа. Исходными данными для разработки пакета, стандартных деталей, пуансонов и матриц являлась модель полосы. На основе разработанной ранее библиотеки данных *TSU* был спроектирован штамп для детали типа “клипса”.

После формирования компоновки полосы был вызван инструмент загрузки шаблона пакета штампа. В окне выбора типа шаблона указана разработанная студенческой командой модель пакета штампа из пяти плит со съемником. Модуль *PDW* самостоятельно определил размеры шаблона в соответствии с габаритными размерами полосы. Была произведена калибровка размещения штампа относительно центра давления с помощью специального инструмента *PDW*. Загрузка была произведена автоматически в файл *diebase*.

Следующим шагом стала загрузка в проект рабочего инструмента. С помощью стандартных средств проектирования модуля *Progressive Die Wizard* были созданы матрицы и пуансоны двумя способами.

Для пробивки круглых отверстий выбирался стандартный инструмент из библиотеки данных *PDW*, а для фасонных отверстий был выбран способ построения

матриц и пуансонов по сложному контуру. Высота инструмента рассчитывалась автоматически, исходя из толщины плит. Установка пуансонов была произведена также автоматически в плите пуансонов *PP*, матриц – в плиту *DP*.

С помощью специализированного инструмента в матрицах были построены отверстия для падения отхода; также эта функция автоматически строит карманы для падения отхода во всех плитах.

На следующем этапе произведена загрузка стандартных деталей в штамп с помощью менеджера загрузки (рис. 7). Стандартные детали размещались автоматически на плоскостях и точках, как было прописано в их файлах выражений. Пакеты пружин устанавливались по указанию точки размещения, а роликовые направляющие полосы загружались так, чтобы между их проточками была размещена полоса. Модель колонки загружалась так, что её посадочная часть размещалась в верхней плите. Расстояние между колонками выбиралось вручную – так, чтобы между ними можно было установить другие детали штампа, а высота и диаметр автоматически выбирался из таблицы выражений в соответствии с толщиной плит.

Если загрузка детали приводила к выбору неоптимальных параметров геометрии или размещения, то производилась её доработка. Например, выбрать новое значение размера объекта можно и с помощью окна стандартных деталей – даже после загрузки. Если же требовалось изменить размеры, недоступные для прямого редактирования (например, величину проточки), то необходимо было изменить выражения самой детали.

После формирования сборки штампа потребовалось настроить некоторые параметры. Были получены отверстия во всех плитах там, где размещались детали штампа. Поскольку все стандартные детали были снабжены телом кармана, процедура создания отверстий оказалась полностью автоматизирована.

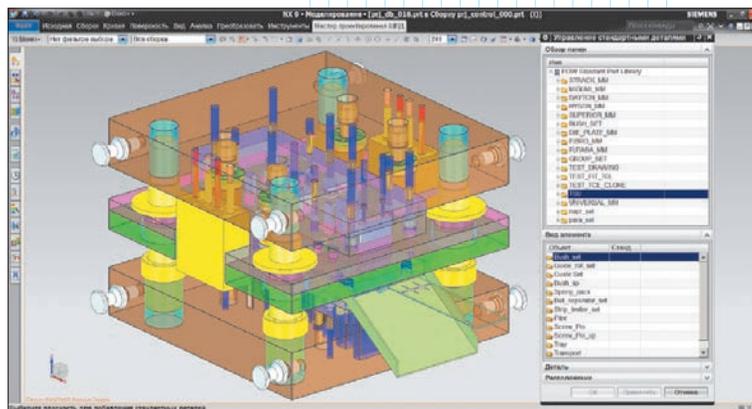


Рис. 7. Окно загрузки стандартных деталей

Для анализа геометрии модели штампа была произведена проверка пересечений с помощью встроенного инструмента, задающего движения элементов последовательного штампа.

По умолчанию в *PDW* существует возможность выбора кинематической модели штампа. В нашем случае была выбрана модель с подвижным съемником. Для основных комбинаций деталей (подвижная и неподвижная часть, детали для съема полосы и детали её подъема) указывались параметры движения: шаг, расстояние подъема и т.д.

Для каждой комбинации были назначены соответствующие детали. После этого модель движения штампа рассчитывалась автоматически. Наличие заранее созданного шаблона кинематической модели позволило резко ускорить процедуру анализа движения последовательного штампа.

Результаты проекта

Время, затраченное на проектирование техпроцесса и штампа для конкурса, составило порядка пяти часов. Таким образом, разработанная база данных стандартных деталей позволила ускорить процесс проектирования в учебных целях.

Инновационная значимость проекта заключается в способе разработки баз данных, который подразумевает гибкость управлением стандартными деталями штампа последовательного действия, их размещением и редактированием. Благодаря применению предлагаемых баз деталей, увеличивается степень автоматизации и скорость проектирования.

Предлагаемые методики параметризации могут использоваться для любых библиотек данных в *NX*.

В результате выполнения проекта получены параметризованные базы данных для модуля *Progressive Die Wizard*, предназначенные для проектирования последовательных штампов, предложены значения параметров стандартных деталей, узлов и сборок штампов. На основе баз данных созданы техпроцесс и последовательный штамп для детали типа “клипса”.

В процессе проектирования студенты использовали следующие инструменты *NX*: средства проектирования модуля *Моделирование*, модуль для листового металла, мастер-процесс *Progressive Die Wizard*, а также инструменты кинематического анализа и создания фотореалистичных изображений. 🗨

◆ Выставки ◆ Конференции ◆ Семинары ◆



АВТОМАТИЗАЦИЯ ОТРАСЛЕВЫЕ РЕШЕНИЯ

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

24-26 марта 2015 МОСКВА, ЭКСПОЦЕНТР

- Отраслевые решения «под ключ»
- ИКТ в промышленности
- Системная интеграция в промышленной автоматизации
- Автоматизация производственной инфраструктуры предприятий
- Автоматизация технологических процессов
- Встраиваемые системы
- Технические и программные средства автоматизации и автоматике
- Измерение, контроль, испытание, диагностика
- Автоматизация ЖКХ
- Автоматизация проектно-конструкторской деятельности
- Электротехническое оборудование и материалы для систем автоматизации



e-mail: ais@farexpo.ru тел.: +7(812) 777 0407, 7183537 www.farexpo.ru/ais-m