

Канюков С.И., Арзамасцев С.В., Коновалов А.В., Муйземнек О.Ю.

СВОЙСТВА, МЕТОДЫ И СОБЫТИЯ ОБЪЕКТОВ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ САПР ТП КОВКИ НА МОЛОТАХ

Аннотация. В данной статье приведено формализованное описание структуры объектов интегрированной интеллектуальной системы автоматизированного проектирования технологических процессов ковки на молотах, разрабатываемой Институтом машиноведения УрО РАН. Особое внимание сосредоточено на объектах системы, их связях между собой и изменению состояния под воздействием внутренних и внешних (управляющих) факторов. Отмечается, что для каждого типа поковки создаётся своя подсистема, учитывающая все технологические особенности и ограничения технологического процесса. Первый уровень интеграции заключается в создании объединённой системы для проектирования всех стандартизованных типов поковок. Второй уровень интеграции связан с встраиванием локальной системы в общий PLM-комплекс в качестве одного из программных продуктов технологической подготовки производства. Рассматривается взаимодействие свойств, методов и событий на конкретном примере проектирования технологического процесса ступенчатого вала. На основе объектно-ориентированной технологии программирования разработаны классы-объекты интегрированной интеллектуальной САПР ТП ковки на молотах для деталей различной конфигурации. Разработаны и реализованы методы и события объектов проектирования.

Ключевые слова: свойства, методы, события, интегрированная интеллектуальная САПР, ковка на молотах, технологические особенности, технологический процесс, объектно-ориентированная технология, классы-объекты, проектирование.

Введение

На основе анализа опыта предыдущей разработки САПР для проектирования технологии ковки ступенчатых валов на молотах¹ и при планировании стратегии дальнейшего развития были выбраны пути, предусматривающие повышение интегрируемости и интеллектуальности системы. Можно выделить два уровня интеграции. Во-первых, каждая отдельная подсистема проектирования должна быть вписана в общую, интегрированную систему с единым интерфейсом, единым пространством данных и знаний, общим набором нормативно-справочной информации и результатов проектирования. Для процессов ковки необходимость в отдельных подсистемах, выступающих в роли агентов² общей системы, диктуется особенностями технологических процессов ковки разных типов поковок и организацией производства. Все возможные типы поковок стандартизованы в зависимости от формы и размеров³. Стандартом выделены поковки типа валов, дисков, втулок и цилиндров, раскатных колец и т.п. Для каждого типа поковки существует своя, собственная методика проектирования технологии и оформления документа технологического процесса. Программные средства для различных типов поковок также различаются между собой. Так, ал-

¹ Коновалов А.В., Арзамасцев С.В., Шалягин С.Д., Муйземнек О.Ю., Гагарин П.Ю. Интеллектуальная САПР технологических процессов ковки валов на молотах // Заготовительные производства в машиностроении. 2010. № 1. С.20-23.

² Гагарин П.Ю., Коновалов А.В., Шалягин С.Д. Агентный подход в САПР ковки коротких поковок // Программные продукты и системы. 2011. № 1. С.148-152; Муйземнек О.Ю., Коновалов А.В., Гагарин П.Ю. Мультиагентный графический редактор САПР ковки // Программные продукты и системы. 2011. № 2. С. 148-151.

³ ГОСТ 7829 – 70. ПОКОВКИ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ И ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ, ИЗГОТОВЛЯЕМЫЕ СВОБОДНОЙ КОВКОЙ НА МОЛОТАХ. ПРИПУСКИ И ДОПУСКИ. Издание официальное. ИПК Издательство стандартов. Москва. 2000.

горитм и интерфейсы, заложенные в графический редактор для ступенчатых валов, отличаются от тех, что нужны для поковок с вертикально расположенной во время ковки осью вращения (диски, втулки, цилиндры). Для поковок раскатных колец применяется особая технология изготовления и расчёта переходов во время ковки. Специфика кузнечного производства требует очень точного расчёта исходной заготовки и промежуточных переходов в процессе ковки, т.к. окончательный вид и размеры поковки получаются в результате формоизменения одного и того же куска металла. Неправильная деформация на промежуточных стадиях ковки может нарушить требуемые свойства и геометрию поковки и сделать невозможным их исправление из данной заготовки. Поэтому для каждого типа поковки создаётся своя подсистема, учитывающая все технологические особенности и ограничения технологического процесса.

Таким образом, первый уровень интеграции заключается в создании объединённой системы для проектирования всех стандартизованных типов поковок. На первом этапе внедрения объединённая интегрированная система функционирует в локальном режиме непосредственно в тех отделах предприятия, которые разрабатывают карты технологических процессов ковки. Неизбежность локализации САПР ТП в рамках отдельного структурного подразделения определяется необходимостью наработать соответствующий опыт их применения, поскольку ни в одном из известных PLM-комплексов нет части, реализующей полноценный сценарий технологического проектирования процесса ковки.

Второй уровень интеграции связан с встраиванием локальной системы в общий PLM-комплекс в качестве одного из программных продуктов технологической подготовки производства. В основном на втором этапе решаются проблемы информационного обмена данными, вовлечёнными в документооборот. Идёт согласование баз данных, ограничение прав доступа, отслеживание изменений, планирование сроков подготовки документации и организация контроля над их исполнением. Другими словами, локальная интегрированная система проектирования процессов ковки должна быть интегрирована в ещё большую по объёму и числу решаемых задач систему. Причём, в этом процессе интеграции необходимо обеспечить параллельность разработки отдельных модулей, решающих различные задачи. То, насколько успешным будет процесс создания САПР, зависит от базовых, основных идей и методов, заложенных в систему в самом начале её разработки.

Объектно-ориентированный подход

Объектно-ориентированный подход предполагает классификацию сущностей, задействованных в процессе проектирования. Обладая внутренней логической связностью, функциональной однородностью и модульностью, объекты-классы позволяют легко структурировать весь процесс, провести декомпозицию задач на отдельные методы, применяемые при возникновении событий под воздействием управляющих сигналов от пользователя или при достижении параметрами системы граничных значений, требующих обработки для возможности продолжения работы системы.

Выделены три основных класса объектов: ДЕТАЛИ, ПОКОВКИ, ТЕХПРОЦЕССЫ. Каждый следующий в иерархии класс наследует некоторые свойства своего родителя, добавляя свои, новые свойства и методы обработки. Выделенные классы являются информационными объектами, имеющими физические аналоги. Классу деталей и поковок соответствуют действительные детали и поковки реального производства, классу техпроцессов соответствуют реальные карты технологических процессов на электронных или бумажных носителях информации.

Данная структура организации объектов САПР ТП ковки, заложенная в работах¹, до сих пор остаётся актуальной и используется при разработке системы.

¹ Арзамасцев С.В., Слугин Е.Н. Технологический процесс ковки как объектно-ориентированная система // Конструирование и технология изготовления машин. Сборник научных трудов. Екатеринбург, УГТУ, 2000. С.105-107; Коновалов А.В., Арзамасцев С.В., Муйземнек О.Ю., Казанский Д.С., Шалягин С.Д., Гагарин П.Ю. Новый принцип разработки САПР ТП ковки // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2007. № 1. С.42-47.

Автоматизация проектирования и технологической подготовки производства

Взаимодействие свойств, методов и событий

Каждому классу соответствует свой, присущий ему набор свойств, методов обработки информации и событий, происходящих с данным объектом. Характерные признаки объектов, по которым их можно идентифицировать или отличать друг от друга, являются свойствами, которые можно прочесть или записать. Свойства хранятся в реляционных таблицах базы данных в виде полей различных типов. Для того, чтобы из объекта ДЕТАЛЬ получить объект ПОКОВКА свойства поковки должны наследовать свойства детали, которые являются общими, а также с помощью методов приобрести новые свойства, которых не было у детали. Различие между деталью и поковкой заключается в геометрических свойствах, а именно: поковка по сравнению с деталью приобретает свойства припусков и напусков, которые представляют собой приращение размеров детали по её контуру, причём припуски и напуски рассчитываются по разным правилам. Если припуски приращиваются эквидистантно к контуру, то напуски определяются из технологически возможных соотношений исходных размеров детали с учётом ограничительных условий.

Для изменения свойств применяют методы назначения припусков и напусков. Методы преобразуют геометрическую информацию, используя класс внутренней геометрической модели, описывающей элементы детали и поковки. Благодаря структуризации данных и объединению их в классы сотни параметров объектов удаётся разместить в нескольких классах. Объект ПОКОВКА является конечным продуктом реального физического процессаковки, но для его изготовления нужен ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС (сокращённо ТЕХПРОЦЕСС), включающий в себя размеры и вид заготовки, пооперационные эскизы и промежуточные размеры переходовковки, технологические режимы обработки: температуры нагрева, минимальные и максимальные степени деформации металла на каждой операции, подбор необходимого оборудования, инструмента и оснастки. Поэтому ТЕХПРОЦЕСС является конечным продуктом системы проектирования. Таким образом, к объекту ПОКОВКА применяются методы проектирования техпроцесса. Вопрос о том, какому объекту принадлежат методы, не имеет существенного значения и решается в основном, исходя из удобства программирования. Чаще всего методы являются составной частью форм, на которых происходит интерактивный диалог пользователя с системой.

Парадигма событийно-управляемого процесса позволяет перейти от жёсткого сценария программы к возможности гибкого проектирования. Все события условно можно разделить на две группы: внутренние и внешние. Внутренние события возникают в точках ветвления алгоритма расчёта или при изменении свойств объектов проектирования, что приводит к вызову соответствующих данному событию методов. Внешние события возникают в результате диалога пользователя с системой. Обработчики событий заранее программируются.

Рассмотрим взаимодействие свойств, методов и событий на конкретном примере проектирования технологического процесса ступенчатого вала (рисунок). Информация о детали вводится в систему в специально разработанном графическом редакторе¹. Она состоит из трёх групп свойств:

1. Постоянные атрибуты детали, однозначно идентифицирующие её в системе учёта конструкторско-технологической документации, как-то: обозначение; наименование; тип изделия, куда входит деталь; наименование узла изделия, технические условия или требования к поковке.
2. Технологические данные: марка стали (сплава); группа поковки; требования к твёрдости или категория прочности.
3. Геометрические параметры: габаритные размеры; размеры отдельных типовых элементов, из которых состоит деталь.

По окончании ввода детали происходит обращение к общему методу конструирования поковки. Создаётся объект класса ПОКОВКА (П) путём объединения объекта ДЕТАЛЬ со вспомогательными объектами ПРИПУСКИ (Пр), НАПУСКИ (Н), ТОРЦЫ (Т), ГАЛТЕЛИ (Г), СКОСЫ (С):

$$П = Д \cup Пр \cup Н \cup Т \cup Г \cup С.$$

¹ Муйземнек О.Ю., Коновалов А.В., Гагарин П.Ю. Мультиагентный графический редактор САПРковки // Программные продукты и системы. 2011. № 2. С. 148-151.

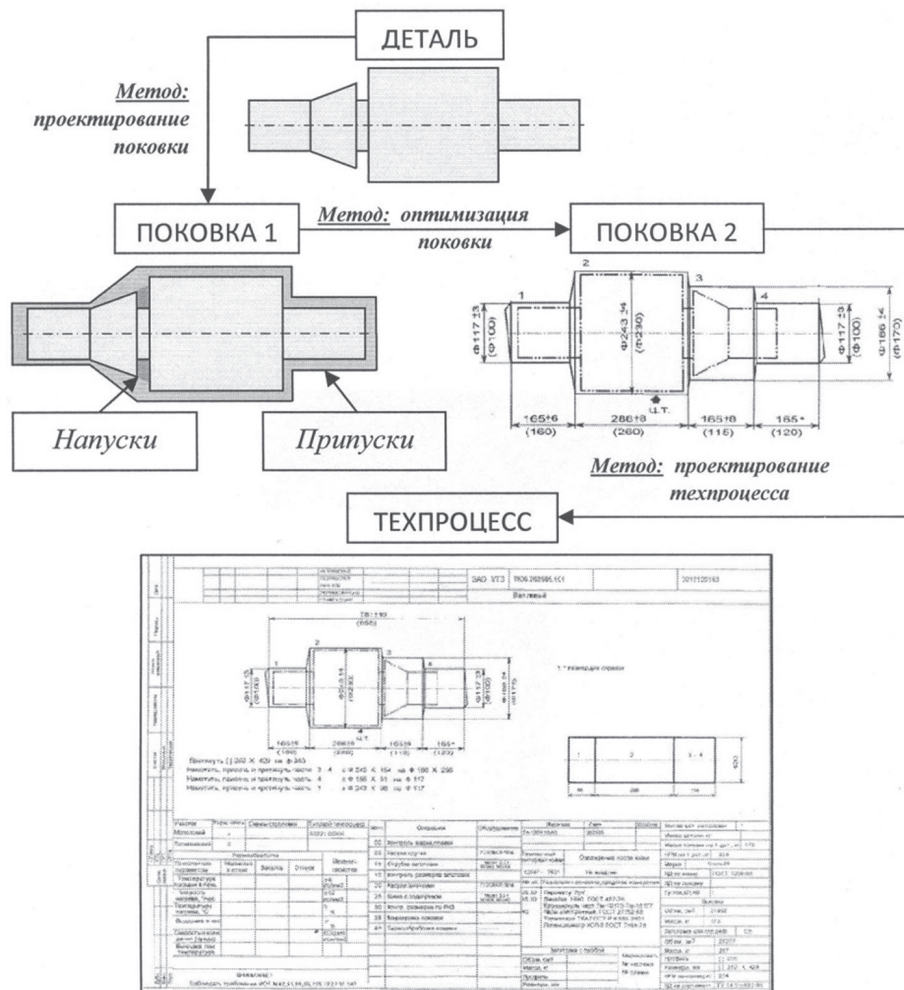


Рисунок. Взаимодействие свойств, методов и событий при проектировании техпроцесса ступенчатого вала

Сначала назначаются припуски и напуски, и тем самым изменяется геометрия детали. На рисунке ей соответствует ПОКОВКА 1. Напуск нужен для того, чтобы закрыть узкую невыполнимую выемку в детали. После метода предварительного проектирования поковки реализуется метод оптимизации и адаптации к производственным условиям. На предприятии, для которого разработан данный техпроцесс, не отковывают конические ступени, поэтому проектируется ПОКОВКА 2 с цилиндрическими ступенями, определяется центр тяжести и поковка переворачивается для смещения центра тяжести ближе к манипулятору, т.е. влево.

После проектирования поковки в системе стартует метод проектирования технологического процесса, формирующий карту технологического процесса. На этом этапе определяются свойства объектов ЗАГОТОВКА, НАГРЕВ, ОПЕРАЦИИ, ТЕРМООБРАБОТКА и т.п. Внутренние события в процессе проектирования сводятся к обработке нестандартных ситуаций, возникающих при расчётах. Они, в свою очередь, могут быть следствием интерактивного диалога пользователя с системой. Внешние события определяются действиями пользователя при корректировке автоматического решения. В программном отношении между событиями и методами нет чёткого различия. Событие можно рассматривать как сигнал, а метод — как отклик или обработчик сигнала. Все рассчитанные параметры техпроцесса сохраняются в базе данных и могут быть использованы в системах PDM/PLM.

Автоматизация проектирования и технологической подготовки производства

Заключение

На основе объектно-ориентированной технологии программирования разработаны классы-объекты интегрированной интеллектуальной САПР ТПковки на молотах для деталей различной конфигурации. Проведена классификация и наполнение конкретными значениями свойств деталей, поковок, техпроцессов и других проектируемых объектов. Разработаны и реализованы методы и события объектов проектирования.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 15, проект 12-П-1-1024, и при поддержке гранта РФФИ № 13-07-00531-А.

Библиография

1. Коновалов А. В., Арзамасцев С. В., Шалягин С. Д., Муйземнек О. Ю., Гагарин П. Ю. Интеллектуальная САПР технологических процессовковки валов на молотах // Заготовительные производства в машиностроении. 2010. № 1. С.20–23.
2. Гагарин П. Ю., Коновалов А. В., Шалягин С. Д. Агентный подход в САПРковки коротких поковок // Программные продукты и системы. 2011. № 1. С.148–152.
3. Муйземнек О.Ю., Коновалов А. В., Гагарин П. Ю. Мультиагентный графический редактор САПРковки // Программные продукты и системы. 2011. № 2. С. 148–151.
4. ГОСТ 7829–70. ПОВОККИ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ И ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ, ИЗГОТОВЛЯЕМЫЕ СВОБОДНОЙ КОВКОЙ НА МОЛОТАХ. ПРИПУСКИ И ДОПУСКИ. Издание официальное. ИПК Издательство стандартов. Москва. 2000.
5. Арзамасцев С. В., Слугин Е. Н. Технологический процессковки как объектно-ориентированная система // Конструирование и технология изготовления машин. Сборник научных трудов. Екатеринбург, УГТУ, 2000. С.105–107.
6. Коновалов А. В., Арзамасцев С. В., Муйземнек О. Ю., Казанский Д. С., Шалягин С. Д., Гагарин П. Ю. Новый принцип разработки САПР ТПковки // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2007. № 1. С.42–47.

References

1. Konovalov A. V., Arzamastsev S. V., Shalyagin S. D., Muizemnek O. Yu., Gagarin P. Yu. Intellektual'naya SAPR tekhnologicheskikh protsessov kovki valov na molotakh // Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii. 2010. № 1. S.20–23.
2. Gagarin P. Yu., Konovalov A. V., Shalyagin S. D. Agentnyi podkhod v SAPR kovki korotkikh pokovok // Programmnye produkty i sistemy. 2011. № 1. S.148–152.
3. Muizemnek O. Yu, Konovalov A. V., Gagarin P. Yu. Mul'tiagentnyi graficheskii redaktor SAPR kovki // Programmnye produkty i sistemy. 2011. № 2. S. 148–151.
4. GOST 7829–70. POKOVKI IZ UGLERODISTOI I LEGIROVANNOI STALI, IZGOTOVLYaEMYE SVOBODNOI KOVKOI NA MOLOTAKH. PRIPUSKI I DOPUSKI. Izdanie ofitsial'noe. IPK Izdatel'stvo standartov. Moskva. 2000.
5. Arzamastsev S. V., Slugin E. N. Tekhnologicheskii protsess kovki kak ob'ektno-orientirovannaya sistema // Konstruirovaniye i tekhnologiya izgotovleniya mashin. Sbornik nauchnykh trudov. Ekaterinburg, UGTU, 2000. S.105–107.
6. Konovalov A. V., Arzamastsev S. V., Muizemnek O. Yu., Kazanskii D. S., Shalyagin S. D., Gagarin P. Yu. Novyi printsip razrabotki SAPR TP kovki // Kuznesno-shtampovochnoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem. 2007. № 1. S.42–47.