

Онтология графического редактора САПРковки валов

О.Ю. Муйземнек,
с.н.с., к.т.н., *olga@imach.uran.ru*,
А.В. Коновалов,
зав. лаб., д.т.н., проф., *avk@imach.uran.ru*,
С.И. Канюков,
с.н.с., к.т.н., доц., *ksi@imach.uran.ru*,
ИМАШ УрО РАН, г. Екатеринбург

Разработана концепция онтологии графического редактора, который является составной частью САПР технологииковки валов на прессах и молотах, разработанной в Институте машиноведения Уральского отделения Российской Академии наук (г. Екатеринбург). Построена концептуальная схема исследуемой предметной области. Для суперкласса **Поковка** определены классы, экземпляры и их атрибуты, сформулированы основные аксиомы, лежащие в основе работы редактора. Сформированная онтологическая база знаний о рассматриваемой предметной области позволяет повысить интеллектуальность редактора и существенно облегчает расширение области его применения.

The ontology of a graphic editor is considered in the work. The editor is a constituent part of the computer-aided system for shaft forging on presses and hammers, which is developed at the Institute of Engineering Science, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg). The conceptual scheme of the subject area is discussed. Classes, instances and their attributes are defined for the superclass named Forging. Basic axioms determining editor behavior are formulated. The ontological knowledge base of the subject area allows one to increase the intelligence of the editor and greatly facilitates the expansion of its application.

Введение

В перечень задач САПР технологииковки входят ввод начальной информации об исходной детали, проектирование поковки, отображение исходной детали и спроектированной поковки на экране дисплея, проектирование технологического процессаковки с отображением технологической карты на экране дисплея, корректировка поковки и технологической карты пользователем (при необходимости).

Процесс проектирования технологииковки неразрывно связан с обработкой графической информации об объектах проектирования. Существуют стандартные программные системы, такие как AutoCAD или Компас, частично решающие подобные задачи. Однако эти системы не предназначены для решения конкретных производственных задач и трудно интегрируются в специализированные САПР технологических процессов. Поэтому для разработки САПР технологииковки валов на молотах и прессах был построен специализированный графический редактор [1].

Задачей специализированного редактора является постоянное сопровождение процесса проектирования поковки и технологического процессаковки, что потребовало точного формализованного описания предметной области на общепринятом языке, понятном разработчикам и пользователям системы и позволяющим связать технологическую информацию с геометрической информацией, используемой в графическом редакторе для отображения и корректировки процесса проектирования технологииковки. Эффективным методом такого описания в настоящее время является онтология проектирования.

1. Онтология проектирования

Под онтологией понимается «формальная спецификация концептуализации, которая имеет место в некотором контексте предметной области» [2]. В свою очередь, концептуализацией является представление предметной области через описание множества понятий (концептов) предметной области и связей (отношений) между ними. Терминология и научные основы онтологии проектирования описаны в работах [3–5]. Основная цель применения онтологии в графическом редакторе, являющемся составной частью САПР ТПковки, состоит в том, чтобы формализовать и вынести знания о предметной области из алгоритмов и программ в онтологическую базу знаний и в дальнейшем передавать их системе как данные, которые в этом случае могут оперативно изменяться как разработчиками, так и пользователями системы.

Обычно модель онтологии рассматриваемой предметной области представляется в виде кортежа [6]

$$O = \langle P, A, R \rangle,$$

где $P = \{ p_i \}$ – множество понятий (классов, подклассов, экземпляров, концептов), образующих онтологию O , $i = \overline{1, n}$, где n – количество понятий, определяющих данную онтологию; $A = \{ a_{ij} \}$ – множество атрибутов понятия p_i , $j = \overline{1, m}$, где m – количество атрибутов, описывающих данное понятие; R – отношение непосредственного наследования. Отношение R удобно задавать матрицей размером $n \times n$, причем если понятие p_k в данной онтологии непосредственно наследует понятию p_i , т.е. $(p_i, p_k) \in R$, то элемент $r_{ik} = 1$, если же $(p_i, p_k) \notin R$, то $r_{ik} = 0$.

Дочерние понятия наследуют атрибуты, входящие в состав родительского понятия, расширяя его состав собственными атрибутами:

$$\exists (p_i, p_k) \in R \Rightarrow A_i \subset A_k.$$

Онтология в общем случае поддерживает множественное наследование понятий, т.е.

$$\exists (p_i, p_k, p_l): r_{ij} = 1 \wedge r_{kl} = 1.$$

Онтология рассматриваемой предметной области включает в себя поля, содержащие имя понятия, состав атрибутов понятия и родовидовые связи понятия.

$$O = \langle N, M, S, D \rangle,$$

где N – имя понятия; M – множество атрибутов понятия; S – множество родительских понятий (суперклассов); D – множество дочерних понятий (подклассов). При этом $M \subset A$.

Атрибут понятия, в свою очередь, характеризуется именем, типом и значением:

$$A = \langle N_A, T, V \rangle$$

где N_A – имя атрибута; T – тип атрибута; V – значение атрибута. К основным типам данных атрибута T понятий онтологии p_i относятся числовой, текстовый, логический и тип ссылки на объект.

В современных онтологических системах представление совокупности понятий предметной области и их отношений в основном реализуется на основе модели семантической сети фреймов [7]. Узлы сети представляют отдельные понятия предметной области, дуги – отношения между понятиями. Отдельное понятие в этой модели представляется фреймом, слоты которого содержат атрибуты понятия. Производные (дочерние) понятия наследуют атрибуты базовых (родительских) понятий.

2. Описание предметной области

Графический редактор САПР технологииковки сопровождает процесс проектирования, начиная от ввода исходной информации на основе чертежа детали и заканчивая получением готовой поковки. При этом системой решаются задачи проектирования поковки (назначение припусков на термическую и механическую обработку, проб для проведения механических испытаний, макроконтроля и др., а также напусков, упрощающих исходную геометрию поковки в зависимости от технологических возможностей кузнечного оборудования) и технологического процессаковки (выбор слитка, оборудования, моделирование промежуточных заготовок и др.).

Первоначально проектирование выполняется в автоматическом режиме и задачей графического редактора является корректное отображение геометрической информации на экране дисплея. Дело в том, что поковки типа валов часто имеют такое соотношение размеров, которое не позволяет произвести их наглядное отображение в виде чертежа в выбранном масштабе (отдельные элементы повокков начинают сливаться). Поэтому, при оформлении технологической документации технологи фактически оформляют не чертежи, а эскизы спроектированных повокков. Появилось даже специальное название такого эскиза – «рабочий чертёж заготовки» (РЧЗ).

На рис.1 приведён результат работы графического редактора – эскиз исходной детали и РЧЗ спроектированной поковки.

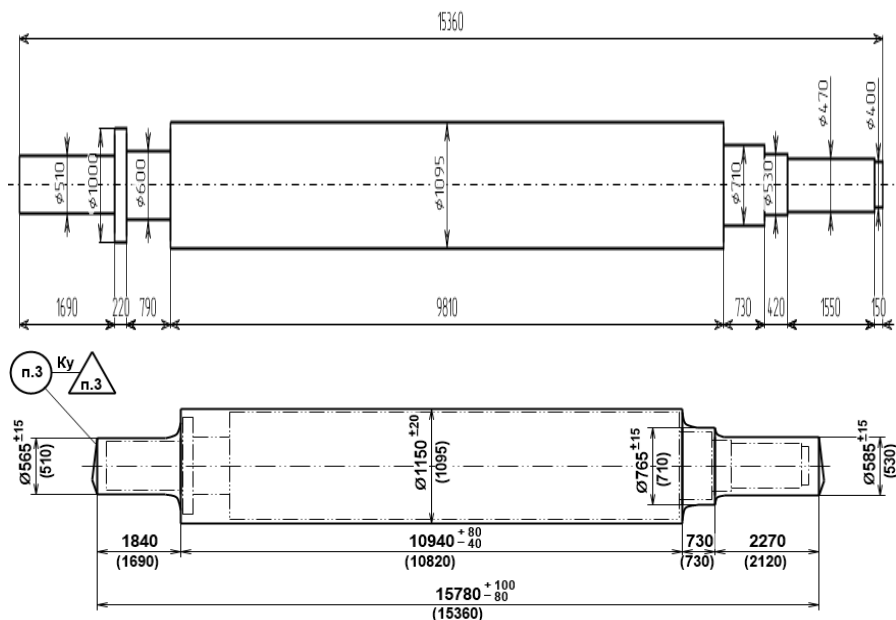


рис. 1 Эскиз исходной детали (вверху) и РЧЗ спроектированной поковки (внизу)

На РЧЗ толстыми сплошными линиями (см. рис.1) изображен контур поковки, тонкими штрихпунктирными линиями показан контур исходной детали. В скобках под размерами РЧЗ указаны размеры соответствующих ступеней детали.

На всех этапах проектирования предусмотрена возможность изменения пользователем решений, предлагаемых системой, для реализации которой в составе лингвистического обеспечения САПР разработан специализированный входной язык. На каждом этапе проектирования поковки и технологического процессаковки к графическому интерфейсу предъявляются свои, специфические требования, вытекающие из особенностей рассматриваемой предметной области и обеспечивающие пользователю комфортность графического диалога. Интеллектуальные возможности редактора определяются тем, что пользователь работает с ним на уровне желаемых действий, а все необходимые расчеты и изменения геометрической информации редактор делает автоматически.

3. Концептуализация предметной области

Концептуализацию предметной области обычно начинают с выделения основных понятий – суперклассов, классов и построения концептуальной схемы. Для графического редактора суперклассом является **Поковка**, который включает в себя конечное множество классов, а каждый класс – конечное множество экземпляров (объектов проектирования), за которые этот класс отвечает. Каждый экземпляр может иметь свой набор атрибутов (характеристик, свойств этих объектов). Следует отметить, что суперкласс **Поковка** включает в себя исходную деталь, поскольку деталь можно рассматривать как поковку, на которую не назначено никаких припусков и напусков.

Состав классов, экземпляров и атрибутов суперкласса **Поковка** графического редактора САПР ТПковки приведён в таблице 1.

Таблица 1

Состав классов, экземпляров и атрибутов суперкласса Поковка

Классы	Экземпляры	Атрибуты		
		Имя	Тип	Значение
Ступень	Количество ступеней	KS	Числовой	Количество ступеней в Поковке Тип ступени: цилиндрическая, коническая Вид ступени: внутренняя, внешняя
	Тип ступени	TS	Текстовый	
	Вид ступени	VS	Текстовый	
Линия	Размерная линия	XL,YL	Числовой	Координаты линии (в пикселях) Размерная надпись Координаты надписи (в пикселях) Наличие стрелок на концах (есть, нет)
		RN	Текстовый	
		XN,YN	Числовой	
		SN1,SN2	Логический	
	Указатель	KU	Числовой	Количество указателей Координаты (в пикселях) Наличие стрелки на конце (есть, нет)
		XU,YU SU	Числовой Логический	
Полка	KP	Числовой	Количество полок Координаты (в пикселях) Поясняющая надпись	
	XP,YP	Числовой		
	PN	Текстовый		
Размер	Длина ступени	LS	Числовой	Длина ступени (в мм) Диаметры ступенилевый и правый (в мм) Габаритная длина (в мм)
	Диаметры ступени	DSL,DSP	Числовой	
	Габаритная длина	LG	Числовой	
Надпись	Количество надписей	KN	Числовой	Количество надписей Координаты надписи (в пикселях) Положение надписи: Горизонтальная, вертикальная Текст надписи
	Координаты	XN,YN	Числовой	
	Положение	PN	Логический	
	Текст	TN	Текстовый	

Классы в табл.1 связаны между собой определёнными отношениями, которые определяются правилами проектирования технологииковки и отражаются в виде концептуальной схемы. Концептуальная схема суперкласса **Поковка** приведена на рис.2.

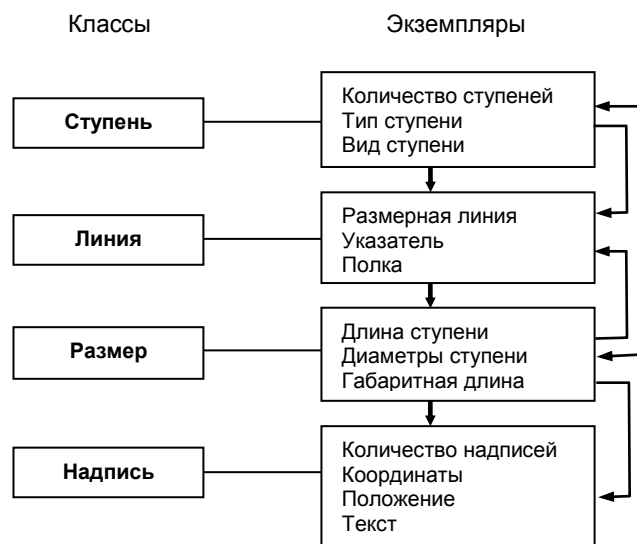


рис.2 Концептуальная схема суперкласса **Поковка**

Отношения между экземплярами (их взаимное влияние друг на друга) характеризуют одно и двухсторонние стрелки, которые отражают соответственно: жирные – направление влияния при проектировании в автоматическом режиме и тонкие – в режиме корректировки пользователем полученных результатов.

Помимо терминов “классы”, “экземпляры”, “атрибуты”, в онтологии проектирования широко используется термин “аксиомы”, которые представляют собой утверждения, принятые большинством специалистов в рассматриваемой предметной области и по существу в нашем случае являются ограничениями, определяющими работу графического редактора.

Аксиомы отражают основные требования к функционированию графического редактора. Представление ступени в виде объекта позволяет осуществить программирование поведения ступени в процессе проектирования: изменение размеров ступеней, их перестановку и копирование, добавление новых ступеней и их исключение и др.

К наиболее важным аксиомам графического редактора относятся следующие.

Аксиома 1.

Если **D** – геометрический объект **Деталь**, а **P** – **Поковка**, то всегда должно выполняться условие $D \subset P$, т.е. контур детали не должен выходить за контур поковки (см. РЧЗ на рис.1).

Аксиома 2

Деталь D может корректироваться только на этапе ввода исходной информации. В процессе проектирования контур детали не изменяется.

Аксиома 3

При выводе размеров детали на РЧЗ (размеры показаны в скобках на рис.1) необходимо соблюдать следующие условия.

При выводе диаметра ступени поковки в скобках показывается наибольший диаметр входящих в неё ступеней детали. Например, вторая слева ступень поковки на рис.1 с размерами $L = 10940$ мм и $\varnothing 1150$ мм включает в себя три ступени детали: $\varnothing 1000$ мм, $\varnothing 600$ мм и $\varnothing 1095$ мм, поэтому на РЧЗ под диаметром этой ступени в скобках показано значение $\varnothing 1095$ мм. Такое правило введено в технологии кузнечного производства с целью осуществления контроля за размерами поковки в процессе ее изготовления кузнечной бригадой.

При выводе длины ступени поковки в скобках указывается суммарная длина входящих в нее ступеней детали. Так, для той же ступени поковки с длиной $L = 10940$ мм в скобках указана длина $220 + 790 + 9810 = 10820$ мм.

В графическом редакторе предусмотрена возможность корректировки пользователем геометрической информации, в том числе изменение размеров (диаметров и длин) ступеней, что приводит к изменению информации о реальном объекте проектирования.

Аксиома 4

Увеличение диаметров ступеней производится практически без ограничений. Уменьшение диаметров осуществляется при условии выполнения Аксиомы 1. Если две соседние ступени поковки или детали имеют одинаковый диаметр, то они объединяются в одну ступень.

Корректировка длин ступеней (уменьшение или увеличение) также осуществляется при условии выполнения Аксиомы 1.

Аксиома 5

Дополнительные ступени, представляющие собой пробы для проведения различного рода испытаний, технологические припуски, припуски на подвешивание поковки при термообработке и др. присоединяются в определенном порядке к крайним ступеням детали.

Исходная информация о детали и рассчитываемая информация о поковке на всех этапах проектирования передается в графический редактор и определяет наличие и расположение классовредактора. В частности, сдвиг поковки относительно детали определяется суммарной величиной припусков на термическую и механическую обработку, а также возможным увеличением длины крайних ступеней в случае невыполнимости их изготовления по технологическим характеристикам использованного оборудования.

Заключение

Разработана концепция построения онтологии графического редактора, являющегося составной частью САПР технологических процессовковки валов на молотах и прессах. Для суперкласса **Поковка** определены классы, экземпляры, атрибуты и их возможные значения, построена концептуальная схема отношений классов суперкласса **Поковка**. Сформулированы основные аксиомы функционирования графического редактора. Определенная таким образом онтологическая база знаний о рассматриваемой предметной области позволяет повысить интеллектуальный уровень и гибкость графического редактора и дает возможность расширить область его применения на различные виды поволоков. САПР ТПковки валов на молотах и прессах, разработанная в Институте машиноведения Уральского отделения Российской Академии наук (г. Екатеринбург) [8], прошла стадию опытной эксплуатации и готова к внедрению на машиностроительных предприятиях. Ориентировочный срок настройки САПР на конкретные условия производства и внедрения – один календарный год.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-07-00597_а.

Литература

1. Муйземнек О.Ю., Коновалов А.В., Арзамасцев С.В. Стратегия взаимодействия агентов графического редактора САПР технологических процессовковки // Программные продукты и системы. 2015. №3. С.192–198.
2. Gruber T.R. The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases // Principles of Knowledge Representation and Reasoning. Proceedings of the Second International Conference. J.A. Allen, R. Fikes, E. Sandewell - eds. Morgan Kaufmann, 1991, p. 601-602.
3. Боргест Н.М. Онтология проектирования: теоретические основы. Часть 1. Понятия и принципы. Учебное пособие/ Н.М. Боргест - Самара: Изд-во СГАУ, 2010. 92 с.
4. Смирнов С.В. Онтологии как смысловые модели / С.В. Смирнов // Онтология проектирования. 2012. № 2(8) С. 16-24.
5. Лапшин В.А. Онтологии в компьютерных системах. М.: Научный мир, 2010.
6. Кравченко Ю.А., Запорожец Д.Ю., Лежебоков А.А. Способы интеллектуального анализа данных в сложных системах // Известия КБНЦ РАН. 2012. № 3 (47). С. 52-57.
7. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы. М.: Лаборатория знаний, 2016. 221 с.
8. Канюков С.И., Коновалов А.В., Муйземнек О.Ю., Халевицкий Ю.В., Партин А.С. Основные принципы построения системы автоматизированного проектирования технологииковки на прессах // Программные продукты, системы и алгоритмы. № 3, 2017. DOI: 10.15827/2311-6749.24.262.