

Описание объекта производства для корректной постановки задачи формообразования

Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины

Задание геометрии объекта производства одновременно с помощью аналитической модели и чертежа нарушает одно из условий корректной постановки задачи формообразования. Для изменения некорректной постановки задачи необходимо дополнить недостающей информацией аналитическую модель геометрии и поднять её статус до эталона, пересмотрев при этом и статус чертежа. Эти мероприятия создают условия для получения единственного решения задачи формообразования, что положительно влияет на корректность ее постановки.

Ключевые слова: аналитический эталон детали, модель покрытий, модель твердости, модель допусков.

Чертеж описывает изделие на языке начертательной геометрии, что вполне удовлетворяет человекоориентированное производство. Для передачи информации об объекте производства используется язык начертательной геометрии, который дополняется специальными символами для предоставления всей необходимой (в том числе и технологической) информации участникам производственного процесса. Появление объектов производства со сложнофасонными формами привело к необходимости использованию языка аналитической геометрии, который получил заметное распространение с началом эксплуатации CAD/CAM систем и оборудования с ЧПУ на машиностроительных предприятиях, что позволило констатировать факт зарождения машиноориентированного производства. Использование сплайновой геометрии в качестве языка при моделировании объектов производства позволило решить проблему описания сложнофасонных форм, а применение оборудования с ЧПУ обеспечило изготовление соответствующих деталей в производственных условиях предприятий.

Несмотря на многие достоинства, эксплуатируемых предприятиями CAD/CAM/CAE/PDM систем, основным документом в процессе выполнения технической подготовки производства и в ходе самого производства остается чертеж. После разработки конструкторами аналитической модели геометрии начинается разработка чертежа по ЕСКД, который по всем имеющимся стандартам предприятия и является первоисточником конструкторской информации, т.е. эталоном. Аналитическая модель в условиях производства по-прежнему остается на вторых ролях и используется инженерным персоналом подразделений при решении некоторых технических проблем. Таким образом, наличие двух описаний объекта производства: чертежа и аналитической модели указывает на некорректность постановки прямой задачи формообразования - нарушение второго условия корректности ее постановки (единственность решения) [9]. Для решения задач формообразования в условиях производства на машиностроительных предприятиях необходимо иметь один источник информации об объекте производства.

В связи с этим для поиска решения проблемы необходимо обратить внимание на некоторые понятия общепринятой концепции управления

информацией об объекте производства (Product Data Management – PDM), большая часть которых взято из материалов американского консультационного союза CIMdata [1]. PDM - это инструментальное средство, которое помогает администраторам, конструкторам, инженерам, технологам и другим специалистам управлять как данными, так и процессами разработки изделия на современном производственном предприятии.

Мастер-деталь (Part Master) - множество данных о детали, которое служит в качестве ее контрольного определения. Сюда может входить такая информация, как номер детали, дата создания, текущий активный уровень ревизий, подразделение, отвечающее за изменения проекта, и т. д. Мастер-деталь связана с другой информацией, которая описывает использование детали в сборке и т. п. В этих и других формулировках геометрическая модель изделия (трехмерная, твердотельная,...) и чертеж изделия рассматриваются как информация об изделии, которая необходима для его сопровождения в течение жизненного цикла. Но приведенное определение не трактует мастер-деталь в качестве источника эталонной информации. Поэтому использование мастер-детали не изменяет статус чертежа как первоисточник информации об изделии на машиностроительных предприятиях и проблема некорректной постановки задачи остается нерешенной. Непокосимый сегодня статус чертежа во многом определяется информацией, которая передается от разработчиков исполнителям работ с помощью этого документа [3, 4] даже при использовании PDM систем.

Важным этапом при решении этой проблемы является придание аналитической модели геометрии статус эталона. Совокупность формул и условий, описывающих геометрию объекта в компьютерной системе, автор работы [2] назвал *аналитическим эталоном*. Такая формулировка однозначно определяет статус аналитической модели геометрии - *эталон*. И в этом случае чертеж уже не должен являться первоисточником информации о геометрии изделия, что указывает на необходимость изменения его статуса [3]. От результата решения этой проблемы напрямую зависит корректность постановки задач формообразования.

Целью статьи является поиск способа описания объекта производства, позволяющего корректно выполнить постановку задачи формообразования [9]. Речь идет о такой постановке задачи, когда ее решение существует, оно единственное и должно непрерывно зависеть от входных данных. Последнее может, например, означать, что объем модели объекта производства или трудоемкость ее получения не должны существенно изменяться при корректировке формы отдельных ее поверхностей. И если происходит изменение формы одной из поверхностей детали с плоской на сложнофасонную - объем модели после коррекции или трудоемкость выполнения этой коррекции не должны существенно отличаться от исходной.

Описание объекта производства с помощью аналитического эталона, сформулированного в работе [2], корректно и полно описывает геометрию детали (изделия) или отдельных фрагментов. Но аналитический эталон не передает характеристик, описывающих качество и точность поверхностей детали. С другой стороны в других работах, например [8], указывается на необходимость включения в модель изделия следующих характеристик:

- геометрических – описывающих одним или несколькими уравнениями поверхности в некоторой системе координат $(0, X, Y, Z)$, жестко связанной с самим сплошным телом;

- поверхностных материальных (физико-химических) параметров, зависящих от расположения точек на поверхности детали, например твердость и шероховатость;
- объемных материальных параметров, измеряемых в областях, лежащих внутри детали, например местная плотность, химических состав.

Поэтому модель объекта производства должны однозначно описывать свойства, относящиеся к нему в целом (например, масса, объем, усталостная прочность) или к отдельным его частям.

Таким образом, для корректной постановки прямой задачи формообразования было введено понятие – *аналитический эталон детали*, который должен включать в себя следующие типы моделей:

- геометрические модели поверхности;
- модели свойств поверхности детали (покрытий; твердости поверхности, шероховатости и т.д.);
- модель свойств материала (плотность).

Эксплуатации машиностроительными предприятиями CAD/CAM систем, использующих сплайновую геометрию, в подавляющем своем большинстве на базе B-сплайнов и их модификации NURBS (Not-uniform Rational B-spline) [7], облегчает выбор типа моделей геометрических поверхностей. В качестве модели геометрических поверхностей объекта производства используется совокупность моделей surface, которые при завершении построения объекта в CAD/CAM системе должны образовать замкнутый объем пространства. Эта модель поверхностей объекта производства была названа *аналитическим эталоном* [2].

Модели свойств поверхности детали (покрытий; твердости поверхности, шероховатости и т.д.), при построении объекта производства в среде CAD/CAM систем целесообразно выполнять на базе моделей поверхности (surface), что позволяет эффективно использовать возможности эксплуатируемых предприятиями программных продуктов.

Необходимость в нанесении по поверхность детали слоя из инородного материала (покрытия) вызывает потребность в отображении этой информации в виде соответствующей модели. В ГОСТ 2.310–68 описана процедура указания покрытий на чертежах [5]. При переходе к аналитическому описанию геометрии объекта появляется потребность в соответствующей модели покрытия, которая описывает конфигурацию зон покрытий различных видов и создается на основе модели поверхности surface (рис. 1).

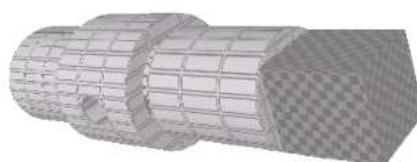
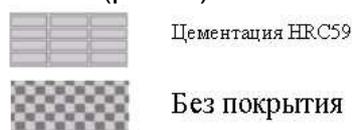


Рис. 1 Модель покрытий

Наличие такой модели позволяет организовать информационную связь каждой зоны покрытия с информацией о соответствующем оборудовании, которое на предприятии обеспечивает его нанесение.

Аналогичным образом рекомендуется поступить для указания шероховатости поверхности. ГОСТ 2.309–79 устанавливает обозначение шероховатости поверхностей и правила нанесения их на чертежах изделий всех отраслей промышленности [5]. Модель шероховатости указывает значения этого параметра в каждой зоне поверхности детали (рис. 2). Наличие такого деления на зоны поверхности детали позволит установить однозначную информационную связь каждой из них с соответствующими единицами оборудования предприятия или определенным их типом, что, несомненно, способствует принятию единственного решения задачи как одного из условий корректной постановки прямой задачи формообразования.

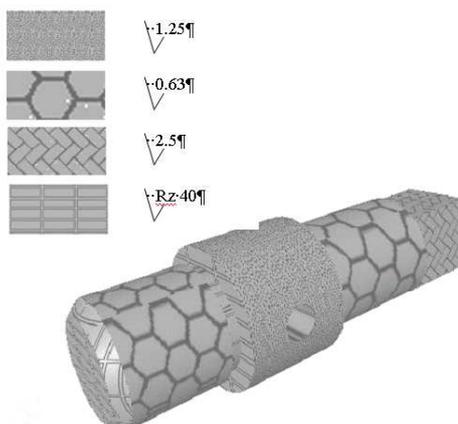


Рис. 2. Модель шероховатости

ГОСТ 2.308–79 устанавливает правила указания допусков форм и расположения геометрических элементов в технических чертежах [5]. Процесс конструирования любого изделия предусматривает сопряжение различных деталей, сборку комплектующих деталей и узлов с применением различных соединений. Требования к сопрягаемым поверхностям деталей определяются точностью сборки изделия. Точность сборки во многом определяется точностью изготовления форм сопрягаемых деталей, что отражает модель допусков детали (рис. 3).

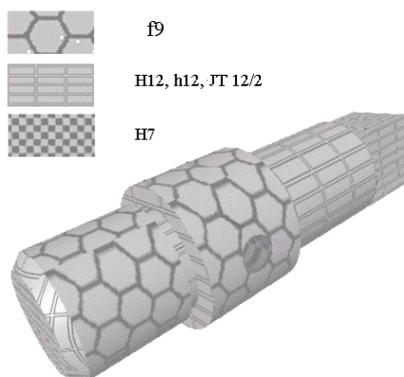


Рис. 3. Модель допусков

По форме сопрягаемых поверхностей соединения подразделяются на: плоские, цилиндрические, конические, сферические, винтовые и профильные. Отнесение сопрягаемых поверхностей к конкретному типу классических форм имеет важное значение при подготовке производства изделия. Поэтому создание модели формы (рис. 4) позволяет наглядным и доходчивым образом передать эту информацию всем участникам разработки и изготовления детали, что способствует получению единственного решения, что является выполнением одного из условий корректной постановки задачи формообразования.

Формирование модели свойств материала (плотности) не вызывает особых трудностей у пользователей CAD/CAM систем, поскольку использование так называемых «твердотельных» моделей (solid) с успехом выполняют эту функцию.

Ниже приведен перечень моделей аналитического эталона детали [6]:

- аналитический эталон геометрии;
- модель покрытий;
- модель твердости поверхности;
- модель шероховатости;
- модель допусков формы (для особо ответственных деталей)
- модель допусков расположения.

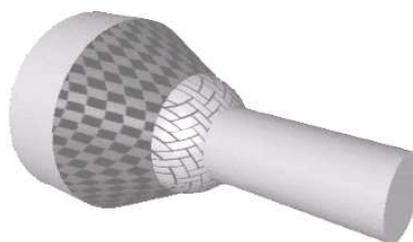


Рис. 4. Модель формы

Предложенный способ формирования моделей свойств поверхности детали был выбран исходя из требований минимальной трудоемкости их формирования при наличии аналитического эталона геометрии объекта производства. В противном случае, если трудоемкость формирования таких моделей будет достаточно высокой, то очень высока вероятность некачественного или неполного описания свойств поверхностей деталей разработчиками конструкции изделия. Это означает нарушение первого или второго условия корректности задачи формообразования. Если же при высокой трудоемкости формирования этих моделей они все же будут создаваться разработчиками, то это может привести к нарушению третьего условия корректной постановки задачи формообразования, что иллюстрируется скачком в зависимости «Трудоемкость построения моделей» от «Объема передаваемой информации» (кривая 1 на рис. 5). Но большинство эксплуатируемых предприятиями CAD/CAM систем позволяют путем использования имеющихся функциональных возможностей выполнять процедуру формирования приведенных выше моделей с минимальной трудоемкостью по

сравнению с ее значением при построении аналитического эталона геометрии изделия.

При использовании чертежа в качестве описания объекта производства трудоемкость его построения для деталей с несложными формами может оказаться значительно ниже, чем при построении аналитического эталона. Но появление хотя бы на одной из поверхностей сложнофасонной формы, приводит к существенному усложнению чертежа, к появлению многих дополнительных видов, сечений и даже таблиц, что может привести к кратному увеличению трудоемкости такой коррекции формы. Чего нельзя сказать об аналитическом эталоне детали – изменение плоской поверхности детали на сплайновую (сложнофасонную) не приведет к существенному увеличению трудоемкости ее построения или объема самой модели (семейство кривых 2 на рис. 5) . Этот факт является подтверждением выполнения третьего условия корректности постановки задачи формообразования при описании объекта производства с помощью аналитического эталона детали.

Таким образом, для выполнения необходимых условий корректной постановки задачи формообразования в качестве описания объекта производства предложена совокупность формул и условий в компьютерной системе, описывающих геометрию объекта, качество его поверхности и свойства материала - названная *аналитическим эталоном детали*.

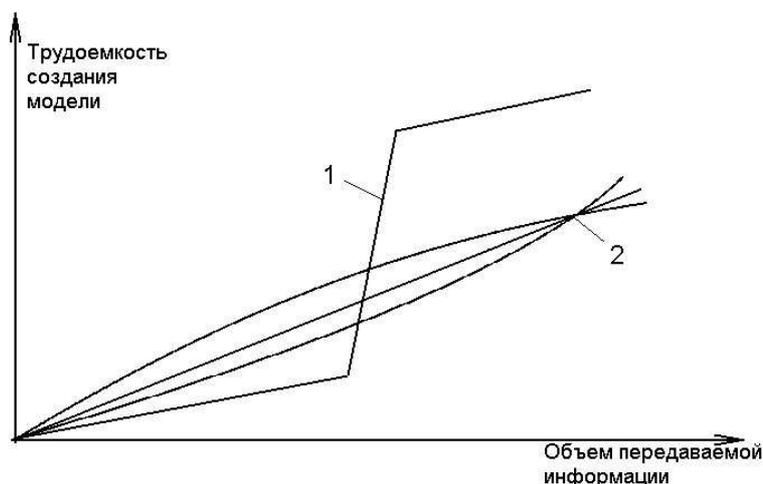


Рис. 5. Трудоемкость описания объекта производства при корректной и некорректной постановке задачи формообразования

Апробацию описанного способа передачи информации необходимо провести на конкретном примере выполнения реальных работ в качестве альтернативы общепринятому чертежному варианту. Предполагается, что создание моделей описания объекта производства должен осуществлять конструктор для передачи этой информации всем участникам проекта, в том числе и технологу для разработки моделей формообразующих процессов.

Список литературы

1. Дубова Н. Словарь терминов по PDM /Н. Дубова, И. Островская // Открытые системы.- 1997.- №3.-С. 62-67
2. Мяслица А. К. Сравнение информационных свойств чертежа и аналитического эталона // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. - Х.: ГАКУ "ХАИ", 1999. - Вып. 4. - С. 37 - 43.

3. Бычков И.В. Модуль "Геометрическое моделирование" информационной системы машиностроительного предприятия / И.В. Бычков, Ю.В. Ващук // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ".- 2003. - Вып. 19 . - С. 226 - 239.
4. Единая система конструкторской документации. Основные положения.- М.:Изд-во стандартов.- 1976.- 335 с.
5. Моргун А.К. Справочник по Единой системе конструкторской документации. / А.К. Моргун, В.П. Градиль, Р.П. Егошин.- Х.:Прапор.-1981.-249с.
6. Бычков И. В. Информационное сопровождение технологической подготовки производства на машиностроительных предприятиях / И. В. Бычков, Ю.В. Ващук // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. -Х.:Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», - 2003. - Вып. 21. - С. 35 – 46.
7. Piegle, W. Tiller. The NURBS book 2-nd Edition. Springer, 1997, Berlin Heidelberg, New Yourk. - 254 p.
8. Волков Ю. С. Введение в теорию размерного формообразования электрофизико-химическими методами / Ю. С. Волков, А. Л. Лившиц – К.: Вища школа, 1978. – 120 с.
9. Бычков И.В. Корректные и некорректные постановки задач формообразования. А. К. Мялица, Е. Н. Бут, И.В. Бычков // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. - Харьков: НАКУ "ХАИ", 2008. Вып. 39. - С. 6–13.

Рецензент: д-р техн. наук, ст. науч. сотр., гл. науч. сотр. Бут Е. Н.,
ИПмаш НАН Украины, Харьков.

Поступила в редакцию 23. 03.10

Опис об'єкта виробництва для коректної постановки завдання формування

Завдання геометрії об'єкта виробництва одночасно з допомогою аналітичної моделі і креслення порушує одну з умов коректної постановки завдання формування. Для зміни некоректної постановки завдання необхідно доповнити недостатньою інформацією аналітичну модель геометрії і підняти її статус до еталона, переглянувши при цьому і статус креслення.

Ключові слова: аналітичний еталон деталі, модель покриття, модель твердості, модель допусків.

Description of object of production for the correct raising of task of making of its form

Description of geometry of object of production simultaneously by two methods (by an analytical model and draft) violates the terms of the correct raising of task of process of making of its form. The analytical model of geometry must be complemented information for the correct forming of problem of making of its form and to heave up its status to the standard, revising here and status of draft.

Keywords: analytic model of detail, model of covering, model of hardness, model of tolerance.