

*The authors of the article describe changes in preparation process of cast parts manufacture caused by application of three-dimension computer design.*

*Е. Г. ШВАРЦ, ПО "МТЗ", А. Е. БАЗЫЛЬЧИК, ИИ "МИКРОЭКСПРЕСС"*

## ОПЫТ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНАСТКИ В ОГМЕТ ПО "МТЗ"

Минский тракторный завод является одним из первых предприятий в Республике Беларусь, которые внедрили трехмерное компьютерное моделирование в процесс подготовки производства. Реализация новых компьютерных технологий на стадии проектирования и изготовления оснастки, как показывает мировая практика, сокращает время, затраты и значительно повышает качество готового изделия.

Рассмотрим, как используются компьютерные технологии при подготовке производства литых деталей в отделе главного металлурга (ОГМет) Минского тракторного завода. В настоящее время там установлены программные продукты компаний UGS (Unigraphics Solutions) и UES, представляющие собой интегрированный комплекс систем 3D-проектирования UNIGRAPHICS и Solid Edge и пакет анализа процессов литья ProCAST. Данный комплекс обеспечивает автоматизированную поддержку всех этапов разработки сложных изделий и конструкций, включая проектирование, инженерный анализ и подготовку к производству. Каждому из этапов соответствует свой набор функциональных модулей. Модули объединены общим интерфейсом и базой данных, в которой хранится полное описание проектируемого изделия.

Остановимся подробнее на перечисленных выше программных продуктах:

Unigraphics — интерактивная система автоматизации проектирования и изготовления. Она включает в себя все технологии и возможности, появившиеся в течение последних пяти лет в области САПР. Среди них ядро твердотельного моделирования Parasolid, объектно-ориентированная архитектура, гибридное моделирование, технология WAVE и интеграция поверхностного и твердотельного моделирования. Unigraphics является сегодня одной из лучших систем машиностроительного САПР высокого уровня.

Solid Edge — высокопроизводительное средство трехмерного проектирования среднего уровня. Системы такого класса возникли сравнительно недавно, предпосылками для их возникновения явилось появление мощных персональных компьютеров под управлением операционной системы

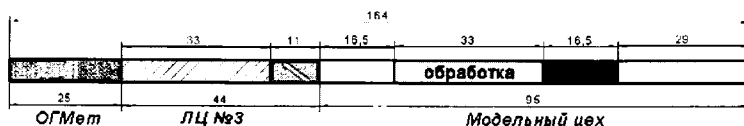
Windows NT, а также нецелесообразность использования систем высокого уровня там, где можно обойтись более простыми средствами. Система не имеет ограничений по количеству компонентов сложных сборок, предоставляет возможности работы с листовым металлом, оформления конструкторской документации в различных стандартах (ЕСКД, ISO, DIN, ANSI), создания фотореалистичных изображений и др.

ProCAST — трехмерная конечно-элементная система, разработанная для моделирования процессов, происходящих при кристаллизации жидкого металла. Кроме того, в ProCAST есть полностью автоматический генератор трехмерной сетки, а также интерфейс с наиболее распространенными системами трехмерного моделирования. ProCAST является одной из немногих доступных сегодня на рынке систем, которая позволяет моделировать полностью совмещенные тепловые процессы, процессы течения и возникновения напряжений. В состав системы входит восемь модулей для решения различных задач заливки и кристаллизации, которые могут решаться совместно с учетом их взаимного влияния.

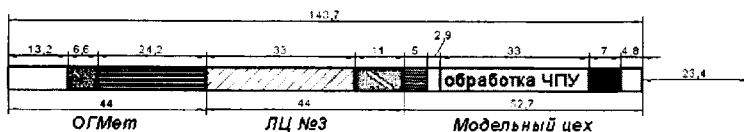
Как и любая массовая технология, литье требует сложного и дорогостоящего подготовительного процесса создания оснастки. В настоящей статье мы хотели бы рассказать, как повлияло появление перечисленных выше компьютерных средств на процесс подготовки производства литых деталей. На рисунке приведено сравнение описаний трех различных методов проектирования. Первый — традиционный метод, существующий сегодня на большинстве литейных производств. Второй — метод, появившийся на ПО "МТЗ" с внедрением описываемой системы и использующий трехмерное моделирование при проектировании оснастки. Третий метод — это наша перспектива, то направление, в котором мы собираемся двигаться. Дело в том, что применение трехмерного моделирования создает благоприятные предпосылки для внедрения других современных технологий — трехмерного прототипирования, использования современных полимеров и т.д.

Как уже отмечалось, традиционный метод является самым распространенным методом проек-

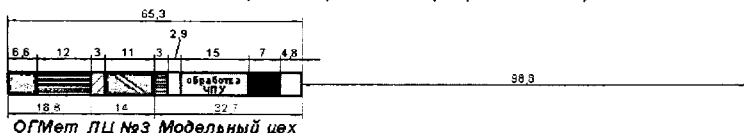
Традиционный метод



Использование 3D-проектирования (изменения за год)



Использование 3D-проектирования (перспектива)



- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li> - создание 3D-модели с чертежа</li> <li> - проектирование оснастки</li> <li> - создание чертежей с 3D-модели оснастки</li> <li> - изготовление макета болвана оснастки</li> <li> - изготовление металлического болвана оснастки</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> - создание ЧПУ-программы</li> <li> - разметка металлического болвана</li> <li> - обработка на станке</li> <li> - обработка на станке с ЧПУ</li> <li> - слесарные работы</li> <li> - исправление ошибок, возникших в результате проектирования оснастки</li> </ul> |
|--|---|

тирования. В его основе лежит использование ручного труда, т. е. проектирование происходит на кульмане (или на компьютере в пакете AutoCAD, что сказывается на характере работы конструктора, но с точки зрения всего процесса подготовки производства — это электронный кульман), а при изготовлении металлических моделей используется обычный универсально-фрезерный станок. В результате несложного сбора и обработки статистических данных было установлено, что проектирование и изготовление оснастки детали средней сложности составляет в среднем 164 человеко-дня, т. е. примерно 7,5 месяцев. Проектирование отливки и оснастки на кульмане в отделе главного металлурга занимает 25 человеко-дней. Выходными данными из отдела являются чертежи оснастки, на основании которых в деревомодельном цехе изготавливается деревянный болван моделей оснастки, время изготовления составляет 33 человеко-дня. Полученные деревянные промодели поступают в литейный цех, где по ним получают металлические модели. На все это в среднем затрачивается полмесяца (11 человеко-дней). Отлитые металлические болванки попадают в модельный цех, в котором происходит сначала разметка (16,5 человеко-дней), затем фрезеровка (33 человеко-дня) и слесарная доводка оснастки (16,5 человеко-дней). На этом процесс изготовления оснастки должен был бы закончиться, однако реально существуют ошибки, на исправление которых затрачивается 30—45% времени изготовления в модельном цехе. В результате общее среднее время изготовления оснастки увеличивает-

ся как минимум на месяц (29 человеко-дней).

Процесс трехмерного проектирования и изготовления оснастки в отделе главного металлурга при использовании внедренной системы выглядит следующим образом. Полученные от головного конструкторского бюро МТЗ чертежи переводятся в трехмерные модели (по мере развития системы на предприятии этот этап будет сокращаться и исчезнет, так как проектирование изделия также будет происходить в трехмерной среде), что занимает в среднем три недели (13,2 человеко-дней), процесс проектирования трехмерных моделей оснастки занимает одну неделю (6,6 человеко-дней). Срок проектирования оснастки также имеет тенденцию к снижению, так как используется база данных типовых элементов литейной оснастки. По мере ее заполнения работа конструктора все больше сводится к выбору необходимой заготовки и добавлению к ней индивидуальной геометрии, зависящей от формы отливки. В принципе уже на этом этапе могут передаваться данные для дальнейшего написания программ обработки на станках с ЧПУ, однако существующая на заводе технология не позволяет полностью или частично отказаться от чертежей. Поэтому с помощью трехмерных моделей оснастки создаются чертежи (24,2 человеко-дня), которые нужны в основном для изготовления деревянного болвана в деревомодельном цехе. Как показала практика, в результате создания чертежей происходит дополнительный контроль, обнаруживаются и устраняются ошибки проектирования. По статистике ОГМет, внесение изменений в оснастку

в процессе подготовки производства, при традиционном способе проектирования и испытаний опытных образцов увеличивает до 80% первоначальную стоимость оснастки. При использовании САПР (UNIGRAPHICS + Solid Edge + ProCAST) все эти расходы резко сокращаются.

Следующим этапом проектирования является создание программы обработки для станка с ЧПУ. Написание программы осуществляется в пакете UNIGRAPHICS и занимает 5 человеко-дней. Далее идет разметка металлического болвана, занимающая 2,9 человеко-дня. Эта операция принципиально отличается по сложности от операции, выполняемой при традиционном методе проектирования. В данном случае она представляет собой выставление нуля и координатных осей, что позволяет сократить время по сравнению с традиционным методом почти в 6 раз. Основная механообработка осуществляется на 2,5-координатном станке и по времени занимает столько же, сколько при обработке на универсально-фрезерном станке. Объясняется это тем, что режимы резания металла на универсально-фрезерном станке и на станке с ЧПУ отличаются на порядок. Основная причина в том, что при получении металлической болванки оснастки ручным способом не выдерживается припуск на обработку модели. Величина отклонения припуска может колебаться в среднем от -10 до +10 мм. По этой причине станок с ЧПУ работает с минимальной подачей и минимальной глубиной резания.

Фаза доработки (7 человеко-дней) и фаза внесения изменений (4,8 человеко-дней) при данном методе проектирования значительно короче, чем при традиционном методе. Вызвано это тем, что качество проектирования существенно выше. Конструктор прорабатывает все сложные места, которые при традиционном способе никто не замечал. Геометрия оснастки, полученная на станке с ЧПУ, полностью соответствует трехмерной модели оснастки, спроектированной в отделе главного металлурга.

К сказанному выше можно добавить, что полученные изменения по срокам и качеству проектирования и изготовления оснастки были достигнуты за год с момента установки программного обеспечения, который включал в себя и этап обучения сотрудников. Данный результат является не окончательным, так как что программное обеспечение установлено еще не во всех подразделениях завода. Кроме того, цеха требуют переоснащения и внедрения новых современных технологий. Например, получение ОГМет из ГСКБ трехмерных компьютерных моделей деталей, а не

чертежей позволит сократить время проектирования как минимум на 30%. Более того, полный отказ от использования чертежей и переход к трехмерным компьютерным моделям даст возможность сократить срок проектирования оснастки до 6,6 человеко-дней. Сегодня мы не можем полностью отказаться от оформления чертежей. Поэтому было предложено создавать упрощенные чертежи, т. е. на чертеже формообразующие поверхности не образмериваются, а для получения необходимой геометрии используются трехмерные компьютерные модели.

Весьма длительным этапом является изготовление деревянной промодели металлического болвана оснастки детали. Такие задачи позволяют быстро решать технологии прототипирования. Внедрение технологии быстрого трехмерного прототипирования позволит исключить ошибки, вносимые на этапе ручного изготовления деревянной промодели, и сократить срок ее изготовления с 33 до 3 человеко-дней. При этом полный цикл изготовления металлического болвана составит не более трех недель (14 человеко-дней).

Переоснащение модельного цеха современным станком с ЧПУ позволит сократить, как минимум в 2 раза стадию обработки с 33 до 15 человеко-дней, а также повысить качество обрабатываемых поверхностей. Общее время работ в модельном цехе сократится до 32,7 человеко-дней. Полный цикл проектирования и изготовления оснастки составит 65,3 человеко-дня. Если сравнивать с традиционным методом (164 человеко-дня), то сокращение составит примерно 2,5 раза. Это приведет к значительному уменьшению материальных и людских затрат при выпуске нового изделия.

На основе опыта, полученного при проведении работ в течение года, можно сделать следующие выводы.

- Моделирование процессов литья в пакете ProCAST позволяет значительно уменьшить количество литейного брака, при этом корректировка оснастки происходит на стадии ее проектирования.

- Число доработок в сложных деталях, связанных с неверным представлением геометрии, сократилось до минимума.

- Использование трехмерных моделей при написании программ обработки в отделе с ЧПУ в значительной мере уменьшило трудоемкость изготовления оснастки.

Эффективность нового подхода очевидна, а для того чтобы выжить в современных условиях, требуется дальнейшее сокращение сроков проектирования и подготовки производства, что при традиционной технологии невозможно.