

# Применение технологии реверсивного инжиниринга от компании Delcam для снижения трудоемкости механообработки формообразующих поверхностей пресс-форм

Алексей Бажин, Иван Печёнкин, Владимир Пузанов

Механообработка сложных формообразующих поверхностей штамповой оснастки и литейных пресс-форм является длительным трудоемким процессом. В случае если инструментальная оснастка изготавливается на фрезерном станке с ЧПУ из заготовки сложной формы, в процессе обработки могут возникнуть дополнительные сложности из-за несоответствия фактической формы заготовки (!) ее расчетной CAD-модели, спроектированной конструктором. Для сокращения времени обработки на станке с ЧПУ требуется минимизация количества проходов инструмента на рабочих подачах вне зоны его контакта с заготовкой (так называемого резания воздуха). Вызванное этим снижение производительности обработки может быть особенно велико, если оснастка изготавливается из труднообрабатываемого материала (например, высокопрочной стали, отбеленного чугуна, жаропрочных сплавов и т. п.), так как любое непредвиденное врезание на высокой подаче может привести к поломке режущего инструмента или узлов станка, а также к браку самой заготовки. В то же время, излишне большой фактический припуск приводит к значительному сокращению срока службы инструмента. Поэтому одним из эффективных методов сокращения времени обработки на станке с ЧПУ является учет фактической формы конкретной заготовки еще на этапе разработки управляющей программы для станка с ЧПУ.

С проблемами, обусловленными несоответствием фактической формы заготовки с ее теоретической CAD-моделью, столкнулись специалисты Ижевского завода штампов и пресс-форм «ИжРЭСТ» (<http://izhrest-ru.all.biz>). Габаритные размеры заготовок (рис. 1) составляли более 1200×900×500 мм, а время обработки формообразующих поверхностей на станке с ЧПУ превышало 200 часов. В процессе обработки заготовок из жаропрочных сплавов марок ЭП-202 и ЖС6-У наблюдался повышенный износ режущего инструмента, вызванный неравномерностью припуска обрабатываемого материала, а кроме того, была отмечена низкая эффективность управляющих программ из-за многочисленных проходов инструмента на рабочих подачах вне зоны контакта с заготовкой.



Рис. 1. Жаропрочные заготовки штамповой оснастки, обрабатываемые на станках с ЧПУ

Для поиска возможных методов повышения эффективности обработки пресс-форм заводом «ИжРЭСТ» к выполнению проекта были привлечены сотрудники ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» (в рамках хозяйственных работ), поскольку данный университет располагает не только квалифицированными кадрами, но и необходимым оборудованием и программным обеспечением.

Для построения фактической 3D-модели заготовки предприятию было предложено использовать метод реверсивного инжиниринга, реализуемый при помощи CAD-системы PowerSHAPE Pro (разработка компании Delcam, [www.delcam.com](http://www.delcam.com)). Оцифровка физического прототипа может выполняться при помощи различных координатно-измерительных машин и 3D-сканеров. На основе сканированных точек строится точная фактическая CAD-модель заготовки, которая впоследствии используется наравне с 3D-моделью готового изделия для разработки управляющих программ для станка с ЧПУ. Это позволяет равномерно распределить припуск на обработку и минимизировать «резание воздуха», благодаря чему значительно сокращается время обработки на станке с ЧПУ.

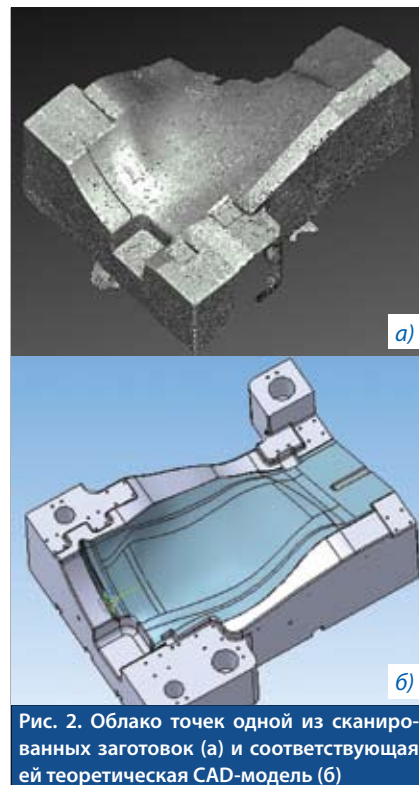


Рис. 2. Облако точек одной из сканированных заготовок (а) и соответствующая ей теоретическая CAD-модель (б)

Учитывая сложную форму и большие габариты заготовок, их сканирование решено было осуществлять непосредственно на предприятии заказчика посредством портативной координатно-измерительной машины (КИМ) CimCore INFINITE 2.0, оснащенной лазерным сканером ScanWorks. С ее помощью было произведено 3D-сканирование трех заготовок. Процесс сканирования осуществлялся в несколько переустановов КИМ, необходимых для доступа к элементам изделия со всех сторон. В итоге для каждой заготовки было получено до шести файлов, описывающих ее форму при помощи облаков сканированных точек в различных системах координат. Затем при помощи CAI-системы PowerINSPECT (также разработка Delcam) файлы были объединены в единую систему координат. На рис. 2 представлен результат сканирования в виде облаков точек (рис. 2а) и теоретическая CAD-модель заготовки, построенная по конструкторской документации (рис. 2б). После обработки в PowerSHAPE Pro сканированных данных (удаления лишних и заведомо ошибочных точек, прореживания и сглажи-

Владимир Пузанов, к.т.н., директор Инжинирингового центра «ИжСпецТех» ИжГТУ им. М.Т. Калашникова.

Алексей Бажин, инженер Инжинирингового центра «ИжСпецТех», ст. преподаватель кафедры КТПМП ИжГТУ им. М.Т. Калашникова.

Иван Печёнкин, инженер Инжинирингового центра «ИжСпецТех», аспирант кафедры КТПМП ИжГТУ им. М.Т. Калашникова.

вания поверхностей) были построены триангулированные 3D-модели фактических заготовок (рис. 3).

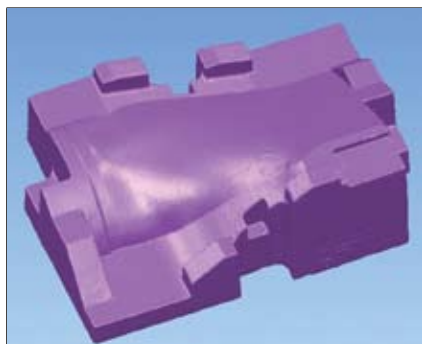


Рис. 3. Пример триангулированной 3D-модели заготовки

Для того чтобы полученные 3D-модели фактических заготовок можно было использовать в применяемой на предприятии САМ-системе, в PowerSHAPE Pro также потребовалось создать на основе триангулированных поверхностей традиционные твердотельные CAD-модели заготовок с точным математическим описанием (рис. 4).

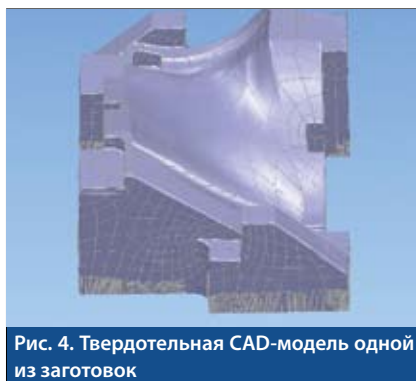


Рис. 4. Твердотельная CAD-модель одной из заготовок

Кроме того, были построены вспомогательные плоскости, служащие для базирования теоретической CAD-модели детали относительно фактической заготовки.

После построения твердотельных CAD-моделей реальных заготовок было выполнено совмещение каждой CAD-модели теоретической детали с моделью реальной заготовки исходя из условия обеспечения максимально равномерного припуска на обработку (рис. 5).

Применение реализованных в ПО Delcam средств реверсивного инжиниринга позволило в сжатые сроки ус-

пешно решить задачу построения твердотельных CAD-моделей фактических заготовок.

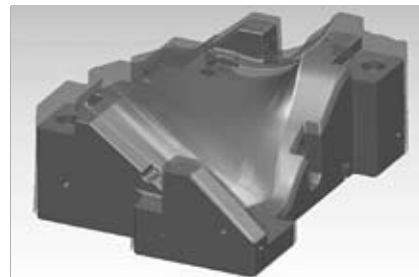


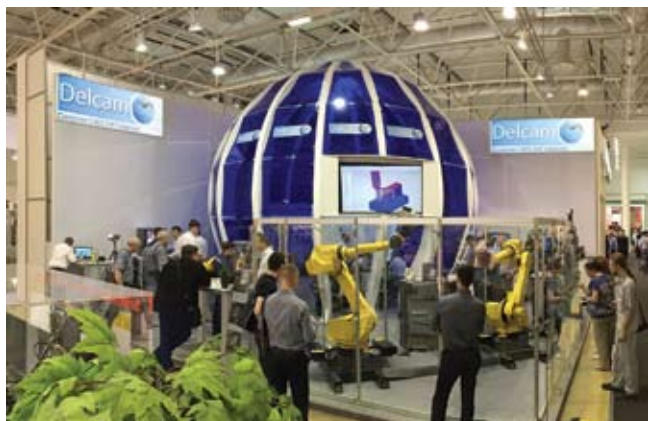
Рис. 5. Процесс совмещения CAD-модели теоретической детали с моделью реальной заготовки для достижения равномерного распределения припуска

Это, в свою очередь, дало возможность программистам-технологам равномерно распределить припуск на обработку и точно задать границы зон гарантированно безопасных перемещений инструмента на ускоренных подачах. Благодаря проделанной работе существенно повысилась эффективность управляющих программ и снизилась вероятность поломки инструмента и оборудования.

## Компания Delcam на выставке «Металлообработка – 2015»

С 25 по 29 мая в Москве в ЦВК «Экспоцентр» прошла 16-я Международная специализированная выставка «Оборудование, приборы и инструменты для металлообрабатывающей промышленности» – «Металлообработка 2015». Ее организаторами являются ЗАО «Экспоцентр» и Российская Ассоциация производителей станкоинструментальной продукции «Станкоинструмент». С 1984 года выставка «Металлообработка» представляет собой крупнейший проект в России в области станкостроения. В этом году в ее работе приняли участие 940 экспонентов из 32 стран. Более половины всех представленных на выставке компаний являются зарубежными.

Для компании Delcam ([www.delcam.com](http://www.delcam.com)) – одного из крупнейших в мире специализированных разработчиков САМ-систем, участие в выставке «Металлообработка» уже много лет является самым значимым событием на российском рынке САПР. Она поставляет свои программные решения для конструкторско-технологической подготовки производства российским предприятиям уже более двух десятилетий. За это время в России, Украине и Белоруссии компанией Delcam была сформирована обширная сеть успешно работающих ре-



гиональных представительств, насчитывающая девять офисов (в Москве, Санкт-Петербурге, Самаре, Екатеринбурге, Новосибирске, Иркутске, Минске и Львове). Региональные офисы Delcam предоставляют заказчикам на местах качественную техподдержку и сопровождение ПО, так как освоение сложных видов многоосевой механообработки требует привлечения экспертов. Некоторые из представительств, например компания «Делкам-Урал», за годы работы стали крупнейшими поставщиками CAD/CAM/CAI/CAE-решений в своих регионах.

Для демонстрации достигнутых финансовых успехов и подтверждения статуса лидирующего поставщика САМ-систем на российском рынке компания Delcam третий год подряд возводит на выставке «Металлообработка» уникальный стенд в форме стилизованного изображения глобуса с логотипа компании. Во время работы выставки стенд компании посетила делегация представителей международной отраслевой ассоциации MTA (Великобритания) во главе с г-ном Джеймсом Силка (James Selka), который высоко оценил достигнутые Delcam успехи в области разработки программного обеспечения для производства и отметил ее значительный вклад в развитие делового сотрудничества между Россией и



Великобританией. Стенд Delcam также посетили представители торгового-инвестиционного отдела посольства Великобритании в России во главе с его директором Джоном Линфелдом (John Lindfield). Посольство Великобритании оказывает Delcam всестороннюю поддержку в ведении бизнеса. Например, ежегодно посол Великобритании устраивает в своей резиденции в Москве торжественный прием в честь победителей проводимого компанией конкурса студенческих и детских работ, выполненных с использованием программных продуктов семейства Power Solution.

В этом году главным действующим экспонатом стенда, привлечшим наибольшее количество посетителей, стала производственная ячейка на основе двух синхронно работающих промышленных роботов, осуществляющих фрезерование скульптуры из модельного пластика. Один из 6-осевых промышленных роботов FANUC был оснащен навесной шпиндельной головкой, а другой такой же робот использовался для крепления обрабатываемой детали. Особенность продемонстрированного принципа фрезерной обработки заключалась в том, что одновременно были задействованы все шесть осей каждого робота! Таким образом, фактически была успешно осуществлена непрерывная двенадцатиосевая (!) механообработка, что наглядно продемонстрировало широкие возможности и гибкость CAM-системы PowerMILL Robot (разработка Delcam). Отметим, что обычно для обработки деталей сложной формы при помощи промышленных роботов используются дополнительные линейные направляющие и поворотный позиционер (одно-, двух- или трехосевой), которые в сумме обеспечивают лишь до четырех вспомогательных осей. Для программирования промышленных роботов в PowerMILL Robot реализована комбинация традиционного подхода к разработке управляющих программ с методом обучения в виртуальной среде, что позволяет эффективно управлять стратегией поведения всех звеньев робота с уче-



том излишних с точки зрения пятиосевой механообработки степеней свободы.

Сегодня промышленные роботы успешно используются для фрезерной обработки легкообрабатываемых материалов на многих предприятиях как за рубежом, так и в России. По сравнению с порталным станком с ЧПУ, позволяющим обрабатывать детали аналогичных размеров, промышленный робот стоит гораздо меньше. Участники успешно завершившегося в Европе проекта COMET ([www.cometproject.eu](http://www.cometproject.eu)), скоординированного компанией Delcam, продемонстрировали возможность обработки с приемлемой точностью и качеством не только алюминиевых сплавов, но и сталей с повышенной обрабатываемостью. В настоящее время многие предприятия рассматривают промышленные роботы как эффективную по стоимости альтернативу станкам с ЧПУ.

9800







PowerMILL Robot является расширенной версией CAM-системы PowerMILL, представляющей собой флагманский программный продукт компании Delcam и предназначенной для программирования сложных видов многоосевой фрезерной обработки на станках с ЧПУ. В арсенале PowerMILL имеется широкий спектр высокоэффективных стратегий фрезерования, в том числе новейшая запатентованная Delcam стратегия Vortex, которая предназначена для высокопроизводительной черновой выборки материала. PowerMILL оперирует полной 3D-моделью остатка материала, что позволяет избежать непредвиденных врезаний и исключить «резание воздуха». Пользователи PowerMILL высоко ценят эту CAM-систему за исключительную надежность (отсутствие зарезов) и высокую эффективность разработанных с ее помощью управляющих программ для станков с ЧПУ. На стенде компании был также установлен настольный четырехосевой фрезерный станок марки Roland, на котором демонстрировались различные стратегии обработки, реализованные в PowerMILL.



Для разработки управляющих программ для многозадачных токарно-фрезерных обрабатывающих центров компания Delcam предлагает CAM-систему FeatureCAM, которая унаследовала из PowerMILL множество методов обработки. FeatureCAM основана на обработке типовых конструктивно-технологических элементов с использованием базы знаний рекомендуемых стратегий и режимов резания, что позволяет добиться максимально возможной автоматизации разработки управляющих программ. Это делает FeatureCAM особенно востребованным у начинающих программистов-технологов, так как высокая степень автоматизации принятия решений позволяет им с первого раза без брака и поломок добиться качественного результата обработки на реальном станке.

На стенде компании Delcam посетители также смогли ознакомиться с работой различных видов координатно-измерительного оборудования, в том числе, портативной КИМ типа «рука» SimCore (оснащенной лазерным 3D-сканером и контактным щупом), а также с оптическими 3D-сканерами Artec и VT ATOM. Сканированные 3D-точки могут быть переданы либо в аппаратно-независимую CAI-систему PowerINSPECT для контроля точности изготовления (путем сравнения полученных данных с теоретической CAD-моделью), либо в CAD-систему PowerSHAPE PRO для реверсивного инжиниринга (так называемого обратного проектирования). Реверсивный инжиниринг широко используется для работы над дизайном изделий, при создании продукции с элементами художественного оформления, в процессе восстановления методом наплавки (плакирования) сколов на лопатках турбореактивных двигателей, а также для создания фактических CAD-моделей литых и штампованных заготовок.

Наибольшей выгоды от применения предлагаемых компанией Delcam CAD/CAM/CAI-систем можно достичь при использовании комплексного решения, охватывающего все стадии конструктивно-технологической подготовки производства и контроля точности. Основной акцент при этом делается на возможности применения прецизионных контактных измерительных систем, устанавливаемых непосредственно на станок ЧПУ. Например, предложенный компанией Delcam метод виртуального базирования заготовки на станке с ЧПУ позволяет адаптировать готовую управляющую программу под конкретный установ детали, а еще более продвинутая технология адаптивной механообработки обеспечивает обратную связь между контролем точности и управляющей программой для обработки, чего невозможно добиться с использованием традиционных методов.

**Делкам**

+7 (499) 685-00-69,  
marketing@delcam.ru  
www.delcam.com

