

УДК 681.3.06(045)

DOI 10.22213/2410-9304-2018-4-18-23

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕСС-ФОРМ В РАМКАХ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Е. И. Екатериничева, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

С. А. Шиляев, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

В связи с ростом темпов производства и переходом на выпуск новой продукции возникает необходимость в сокращении сроков вывода продукции на рынок и обеспечения высокого качества продукции на всех этапах жизненного цикла. При проектировании и производстве пресс-форм полностью не исключается возможность появления ошибок. В определенной мере сократить количество ошибок при проектировании позволяет использование библиотек ранее созданных изделий, хотя на поиск решений также необходимо время. В настоящее время проектирование пресс-форм представляет собой долгий и трудоемкий процесс, который автоматизируют с целью обеспечения сокращения количества ошибок и времени на проектирование, а также повышения качества пресс-форм и, как следствие, самих изделий. В связи с этим появляется необходимость в разработке научно обоснованных рекомендаций по оптимизации отдельных этапов конструкторско-технологической подготовки производства изделий на основе моделирования информационных потоков и применения CAD/CAM-систем. В данной работе представлены рекомендации по оптимизации отдельных этапов конструкторско-технологической подготовки производства изделий. Цель внедрения новых информационных технологий состоит в повышении эффективности процессов подготовки производства и своевременном обеспечении данными системы производственного планирования в сокращении времени на разработку проектов и улучшении качества выпускаемых изделий.

Ключевые слова: пресс-форма, проектирование пресс-форм, конструкторско-технологическая подготовка, машиностроительное производство.

Актуальность проблемы

В связи с ростом темпов производства и переходом на выпуск новой продукции (а также с учетом диверсификации производства и перехода на выпуск продукции гражданского назначения) возникает необходимость в сокращении сроков вывода продукции на рынок и обеспечении высокого качества продукции на всех этапах жизненного цикла. При этом возникает сложность упорядочения действий различных подразделений предприятия, а также внедрения в производство новых информационных технологий.

В настоящее время большую роль в успешной конкуренции на рынке играет быстрая смена моделей изделия. При этом важную роль играет эффективное производство больших объемов изделий самой разнообразной конструкции. В связи с этим в различных отраслях промышленности широкое распространение получили пресс-формы.

Следует отметить, что каждая форма должна быть удобна в эксплуатации, полностью соответствовать технологическим требованиям, но себестоимость изготовления пресс-форм велика.

С другой стороны, применение пресс-форм обусловлено рядом характеристик: получение высококачественных изделий повышенной точности, высокая производительность, возможность применения значительного количества

нормализованных и стандартных деталей, а следовательно, их высокая ремонтпригодность, что также дает возможность сократить время проектирования [1, 2].

Пресс-форма (рис. 1) – технологическая оснастка для обработки давлением при повышенной температуре, под воздействием которого термореактивный материал (пластмасса, резина и др.) приобретает форму и размеры, соответствующие контуру частей оснастки и заданные свойства [3].

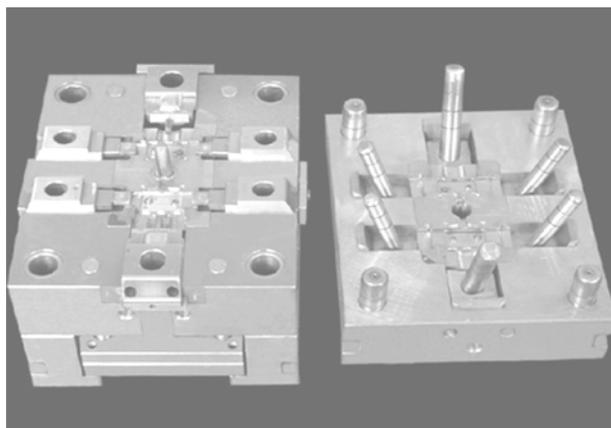


Рис. 1. Стационарная пресс-форма для литья под давлением

Проектирование пресс-форм – важнейший этап конструкторско-технологической подготовки. При этом наибольшая трудоемкость

приходится на изготовление формообразующих деталей форм. В настоящее время представлен широкий спектр стандартных элементов пресс-форм разных габаритов и конфигурации. Однако они не всегда подходят для заданных параметров формы, и их необходимо дорабатывать.

При проектировании и производстве пресс-форм полностью не исключается возможность появления ошибок. В определенной мере сократить количество ошибок при проектировании позволяет использование библиотек ранее созданных изделий, хотя на поиск решений также необходимо время.

Принципиальные технологические различия типов пресс-форм не исчерпывают всего многообразия их особенностей и технологий для изготовления изделий, но позволяют представить реальные масштабы важности создания и эксплуатации формы.

Среди видов пресс-форм выделяют ручные, полуавтоматические и автоматические; съемные, полусъемные и стационарные. Их проектируют и изготавливают для конкретного изделия и точно заданную модель оборудования.

Развитие промышленности диктует необходимость сокращения времени на проектирование и производство изделий, следовательно, и пресс-форм в целом, а также предъявляет к ним жесткие требования.

Следует отметить основные требования, предъявляемые к пресс-формам при их проектировании [4–6]:

1. Получение модели с заданной точностью размеров и шероховатостью поверхности. Точность размеров и качество поверхности изделия зависят от точности размеров формообразующей поверхности пресс-формы и ее конструкции. Для полного заполнения полости пресс-формы модельным составом она должна иметь качественную литниковую систему, а для удаления воздуха в процессе работы пресс-формы – вентиляционную систему. Некоторые модельные составы имеют низкую теплопроводность, а следовательно, медленно охлаждаются. Поэтому пресс-форма должна обеспечивать необходимую скорость охлаждения. Это достигается за счет системы охлаждения в ней.

2. Экономный расход материала. Расход материала зависит от конструкции и количества гнезд пресс-форм, ее степени износа, качества полученного изделия, часто от конструкции системы подачи исходного материала. Все эти параметры экономически целесообразно учитывать при проектировании пресс-формы.

3. Сокращение времени на проектирование и производство пресс-формы. Проектирование и производство пресс-формы должны занимать минимальное время. Поэтому используют эффективные инструменты проектирования в составе современных CAD/CAE/CAM-систем, а также организуют процессы технологической подготовки производства в едином информационном пространстве, что, в свою очередь, позволяет обмениваться технической и организационной информацией, принимать согласованные решения в режиме реального времени и в итоге существенно сократить издержки на передачу и обработку данных.

4. Минимальное число разъемов. Чем меньше разъемов имеет пресс-форма, тем выше точность изделия. Однако для получения сложных изделий необходимо увеличивать число разъемов, чтобы извлечь из пресс-формы.

5. Технологичность в изготовлении. Пресс-форма должна иметь такую конструкцию, чтобы ее можно было просто и быстро изготовить, а материалы для нее были не дефицитными по конструкции и методам изготовления. Обычно различают пресс-формы для единичного и мелкосерийного, серийного и массового производства.

6. Долговечность и удобство в работе. В производстве важно обеспечить высокую производительность пресс-форм. Для получения в одной пресс-форме необходимого и достаточного количества качественных изделий она должна обладать необходимой долговечностью. При проектировании пресс-формы необходимо учитывать такую ее конструкцию, чтобы изделие можно было легко и быстро, без деформаций и повреждений извлечь из рабочей полости пресс-формы.

7. Уменьшение себестоимости изготовления. Одна из наиболее важных проблем – это высокая стоимость изготовления пресс-форм в небольших объемах. Стоимость пресс-формы в основном зависит от ее сложности, которая определяет трудоемкость изготовления и материал пресс-формы. Эти факторы решают технолог и конструктор. При проектировании пресс-формы технолог и конструктор руководствуются требованиями, предъявляемыми к отливкам, и количеством отливок в серии.

Постановка задачи

В настоящее время проектирование пресс-форм представляет собой долгий и трудоемкий процесс, который автоматизируют с целью обеспечения сокращения количества ошибок и времени на проектирование, а также повыше-

ния качества пресс-форм и, как следствие, самих изделий. При этом выделяют следующие основные этапы:

1. Предоставление заказчиком информации об изготавливаемой продукции.
2. Выделение основных параметров, необходимых для изготовления пресс-формы.
3. Создание необходимой документации.
4. Создание 3D-модели детали, для получения которой проектируется пресс-форма.
5. Проектирование формообразующих деталей пресс-формы (матрицы, пуансона).
6. Проектирование пресс-формы в сборе.
7. Разработка чертежей деталей и сборки в целом.
8. Внесение правок по необходимости.

В связи с этим появляется необходимость в разработке научно обоснованных рекомендаций по оптимизации отдельных этапов конструкторско-технологической подготовки производства изделий на основе моделирования информационных потоков и применения CAD/CAM-систем и рационального распределения функций конструкторской и технологической подготовки производства между отдельными подразделениями [7].

Для решения поставленной задачи необходимо:

1. Провести анализ существующих информационных потоков при конструкторско-технологической подготовке производства пресс-форм, что будет учитываться при дальнейшем проектировании.
2. Применять точное оборудование, CAD/CAM-системы для проектирования и разработки конструкторской документации.
3. Разработать 3D-модель пресс-формы для визуализации формы и дальнейшей ее обработки на станке с ЧПУ, так как она используется при написании программы для станка.
4. Смоделировать процесс разработки 3D-модели пресс-формы, учитывающий появление усовершенствований и доработок на этапе внедрения в производство.
5. На основе разработанной модели процесса разработать формообразующую оснастку с использованием CAD/CAM-систем.

Решение поставленной задачи

Вопросы выбора CAD/CAM/CAE-систем решаются исходя из определения поставленных проблем, а следовательно, требований к ним по функциональности и применимости в повседневной работе. Следует учитывать взаимодействие определенной системы с прочими [8]. Необходимо оценивать возможность работы и ана-

лиза со временем увеличивающимся объемом деталей со сложной геометрией, также экономическую эффективность от внедрения конкретной системы, требования программы к производительности ПК [9, 10]. Кроме того, цель внедрения новых информационных технологий состоит в повышении эффективности процессов подготовки производства и своевременном обеспечении данными системы производственного планирования сокращения времени на разработку проектов и улучшение качества выпускаемых изделий [11–13].

Сегодня в успешной конкуренции на рынке выпуск конкурентоспособных отливок и быстрая смена моделей изделия является одной из основных задач машиностроения.

Интерес к программам, по функционалу необходимым для проектирования инструментальной оснастки, очень велик. Для ускорения и совершенствования процесса проектирования может использоваться CAD/CAM/CAE-система Siemens NX, имеющая широкий функционал, предоставляющий удобство в работе с программой. На рис. 2 представлена 3D-модель стационарной пресс-формы, спроектированная в данной системе.

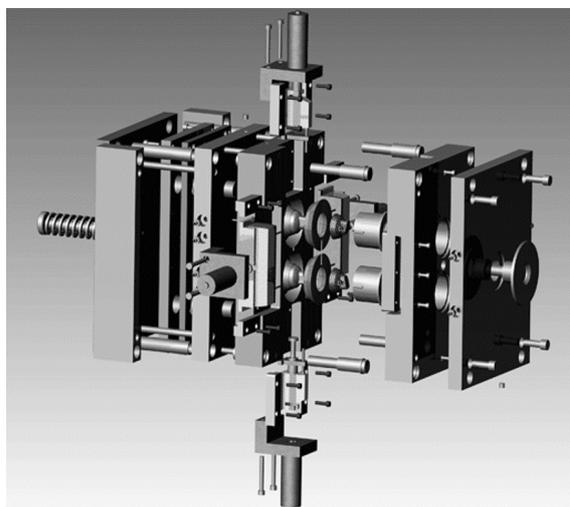


Рис. 2. Пример 3D-модели стационарной пресс-формы в CAD/CAM/CAE-системе Siemens NX

Для оптимального сотрудничества персонала, непосредственно работающего над проектированием и производством пресс-формы, вводится понятие информационных потоков. Главная задача — обеспечение оперативной корректировки конструкции пресс-формы при внесении изменений в конструкцию изделия после получения первоначального технического задания. В связи с этим важную роль играет рациональное распределение функций конструкторско-

торской и технологической подготовки производства на основе анализа уже существующих и новых информационных потоков конструкторско-технологической подготовки производства пресс-форм на предприятии.

На основе проведенного анализа существующего технологического процесса проектирования пресс-форм предложена новая схема, позволяющая выявить неточности в конструкции пресс-форм еще на этапе проектирования:

1. Проектирование 3D-модели детали в базовом модуле Siemens NX.

Основанием для начала работ является заявка заказчика, содержащая ТЗ с требованиями к получаемой детали и пресс-форме, чертежом и 3D-моделью детали. Изучается научно-техническая информация.

2. Отработка детали на технологичность.

Проверяется удобство производства изделия, его эксплуатационные качества: отсутствие мест, не позволяющих построить составляющие пресс-формы. Также необходимо учесть возможность построения уклонов для упрощения извлечения изделия из пресс-формы, снятия его с оправок. Если деталь не технологична по каким-либо параметрам, ее возвращают конструктору на доработку.

3. Выбор количества гнезд пресс-формы.

От этого будет зависеть вид подачи исходного материала, расположение самих гнезд в пресс-форме и других составляющих. Должны задаваться технологами. При необходимости идет согласование с заказчиком.

4. Анализ материала детали.

Необходимо уточнить усадку материала и иные его характеристики, влияющие на построение формообразующих поверхностей составляющих пресс-формы.

5. Проектирование формообразующих поверхностей и их размещение в матрицах.

На основании полученной информации начинается проектирование 3D-модели будущей пресс-формы. Создаются плоскость разъема и формообразующие поверхности, выбираются габариты матриц.

6. Проектирование систем подачи исходного материала.

При литье проектируется литниковая система подачи материала к рабочей области. При прессовании исходный материал помещается в замкнутое пространство.

7. Проектирование системы нагрева/охлаждения исходного материала.

При литье необходимо проектировать систему охлаждения. Литейный материал подается

нагретым через литниковую систему. При прессовании необходимо подводить тепло к пресс-форме, нагревать материал, находящийся внутри, для придания ему пластичности. По окончании прессования форму и изделие необходимо остудить для придания необходимых формы и размеров.

8. Проектирование системы удаления излишнего материала.

Чтобы минимизировать механическую обработку снятого с формы готового изделия, предусматривают систему удаления излишнего материала.

9. Проектирование системы съема готовых изделий.

После окончания процесса литья или прессования возникает необходимость съема готовых изделий с пресс-формы, оправок и знаков. Для этого проектируются системы съема.

10. Проектирование системы крепления и транспортных элементов.

Перед установкой и после снятия пресс-формы с оборудования ее необходимо перемещать из рабочей зоны. Для этого проектируются транспортные элементы.

11. Оформление КД на пресс-форму.

Разрабатываются чертежи с указанием всех технических требований, размеров и шероховатостей. Вместе с 3D-моделями это позволит достичь полного соответствия формы с принятыми нормами износостойкости, высокой ремонтпригодности, уменьшения себестоимости конечной продукции и т. д.

12. Разработка технологического процесса производства пресс-формы, КД на оснастку, электроды.

Проект пресс-формы передается в производственный цех. Рабочий персонал подготавливает технологические процессы для каждого конструктивного элемента будущей пресс-формы.

13. Производство образца пресс-формы.

Наибольшее количество деталей пресс-формы изготавливается на фрезерных и электроэрозионных станках.

14. Испытания образца пресс-формы.

Проверяют работу пресс-формы в условиях, максимально приближенных к реальным, получают первые образцы продукции.

15. Контроль размеров, полученных с пресс-формы деталей.

Выявление несоответствий ТЗ. Устранение несоответствий, составление извещений на доработку пресс-формы.

16. Изготовление опытной партии изделий.

Это важный этап при внедрении абсолютно новой продукции. Пресс-форма и полученные изделия передаются заказчику.

Достоинства данного плана разработки – в сокращении времени на проектирование пресс-формы. Это происходит за счет того, что по предоставленным конструкторским чертежам изделия создается 3D-модель, которая, в свою очередь, отрабатывается на технологичность (возможность ее производства, возможность ее извлечения из пресс-формы и т. д.). Проектирование формы ведется с первых этапов уже по технологической модели (с учетом усадки, уклонов и др. параметров).

На каждом этапе при возникновении вопросов и неточностей не исключается возможность согласования изделия с конструкторами оснастки второго порядка (электродов для прожига формообразующей поверхности и т. д.), технологами, цехом-изготовителем. Согласование ведется на определенном этапе по уже имеющимся наработкам. Каждый из согласующих оценивает возможность изготовления составляющих пресс-формы, возможность ее эксплуатации, при выявлении ошибок предлагаются варианты их устранения. В итоге, определяется единое решение по дальнейшему проектированию, разработке КД и производству пресс-формы, которое, в свою очередь, может корректироваться на последующих этапах, в зависимости от получаемых результатов.

Заключение

Таким образом, поставленная задача, заключающаяся в сокращении количества ошибок и времени на проектирование, а также в повышении качества пресс-форм и, как следствие, самих изделий, получаемых с данных форм, решается путем внедрения прогрессивной, гибкой и интегрированной CAD/CAM/CAE-системы, совершенствования методов проектирования, упорядочения действий различных подразделений предприятия, что, в свою очередь, приводит к изменению требований к проектированию и производству пресс-форм, что значительно сокращает экономические затраты, затраты времени и рабочей силы.

Библиографические ссылки

1. Карпушкин С. В., Карпов С. В., Глебов А. О. Проектирование прессового оборудования для производств резинотехнических изделий : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 151701 «Проектирование технологических машин и комплексов» и направлению 150700 «Машино-

строение». Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. 120 с.

2. Пантелеев А. П., Шевцов Ю. М., Горячев И. А. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс. М. : Машиностроение, 1986. 400 с.

3. ГОСТ 23165–78. Пресс-формы для резиновых изделий. Термины и определения.

4. ГОСТ 27358–87. Пресс-формы для изготовления изделий из пластмасс. Общие технические условия.

5. Ложечко Ю. П. Литье под давлением термопластов. СПб. : Профессия, 2010. 244 с.

6. Пантелеев А. П., Шевцов Ю. М., Горячев И. А. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс. М. : Машиностроение, 1986. 400 с.

7. Бунаков П. Организация конструкторско-технологической подготовки позаказного производства в комплексной САПР корпусной мебели // САПР и графика. 2008. № 1. С. 22–25.

8. Дихл Б. О подходах к выбору CAD/CAM-системы // CNC Machining Magazine. 2001. № 16. URL: <http://www.sapr2000.ru/pressa8.html>, дата обращения 27.09.2018.

9. Мантусов М. Н., Ривин Г. Л. Оптимизация конструкторско-технологического проектирования авиационных конструкций с использованием информационных технологий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, № 4 (2). С. 410–415.

10. Романова Е. Б. Системы автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2004. № 3, т. 4. С. 265–271.

11. Абрамова И. Г. Объектно ориентированные модели конструкторско-технологической подготовки производства // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия (машиностроение). 2008. № 6 (65). С. 388–395.

12. Кузьмич В. Н., Мойсейчик Д. А. Разработка технологии изготовления отливки литьем под давлением // Литье и металлургия. 2012. № 3. С. 241.

13. Хаймович И. Н. Разработка принципов построения бизнес-процессов конструкторско-технологической подготовки производства на основе информационно-технологических моделей // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-8. С. 1709–1714.

References

1. Karpushkin S.V., Karpov S.V., Glebov A.O. *Proektirovanie pressovogo oborudovaniya dlya proizvodstv rezinotekhnicheskikh izdelii* [Designing of press equipment for the production of rubber products: textbook for students majoring in 151701 "Design of technological machines and complexes" and direction 150700 "Engineering"]. Tambov, Publishing house FGBOU VPO "TSTU", 2014. 120 p. (in Russ.).

2. Panteleev A.P., Shevtsov Y.M., Goryachev I.A. *Spravochnik po proektirovaniyu osnastki dlya pererabotki plastmass* [Reference guide of plastic processing equipment engineering]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986. 400 p. (in Russ.).

3. *Press-formy dlya rezinovykh izdelii. Terminy i opredeleniya*, GOST 23165-78 [Press moulds for industrial rubber articles. Terms and definitions] (in Russ.).
4. *Press-formy dlya izgotovleniya izdelii iz plastmass. Obshchie tekhnicheskie usloviya*, GOST 27358-87 [Press moulds for manufacturing of plastic articles. General specifications] (in Russ.).
5. Lozhechko Y.P. *Lit'e pod davleniem termoplastov* [Die casting of thermoplastics]. SPb., Professiya Publ., 2010. 244 p. (in Russ.).
6. Panteleev A.P., Shevtsov Y.M., Goryachev I.A. *Spravochnik po proektirovaniyu osnastki dlya pererabotki plastmass* [Reference guide of plastic processing equipment engineering]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1986. 400 p. (in Russ.).
7. Bunakov P. [Organization of engineering and technological preparation of order production in the complex CAD Cabinet furniture]. *SAPR i grafika*. 2008. No. 1. Pp. 22-25 (in Russ.).
8. Dikhl B. [CAD/CAM a la Carte: A modular approach to choosing machining software]. *CNC Machining Magazine*. 2001. No. 16. Available at <http://www.sapr2000.ru/pressa8.html> (accessed 27.09.2018).
9. Mantusov M.N., Rivin G.L. [Optimization of engineering and technological designing of aviation construction with using information technologies]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. 2011, vol. 13, no. 4 (2). Pp. 410-415 (in Russ.).
10. Romanova E.B. [Automation systems of engineering and technological preparation of production]. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*. 2004. No. 3, vol. 04. Pp. 265-271 (in Russ.).
11. Abramova I.G. [Object-oriented model of design and technological preparation production]. *Vestnik SamGU. Estestvennonauchnaya seriya (mashinostroenie)*. 2008. No. 6. Pp. 388-395 (in Russ.).
12. Kuzmich V.N., Moyseychik D.A. [Development of manufacturing technology of castings by die casting]. *Lit'e i metallurgiya*. 2012. No. 3. P. 241 (in Russ.).
13. Khaimovich I.N. [The development of the principles of business processes engineering and technological preparation of production based on information technology models]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014. No. 9-8. Pp. 1709-1714 (in Russ.).

Optimization of the Press Mould Design Process within the Design and Technological Preparation of Production

E. I. Ekaterinicheva, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

S. A. Shilyaev, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

Due to the growth of the production rates and the conversion to new products, a need arises to reduce the time of introduction products to the market and providing the high quality of products at all stages of the life cycle. In the design and manufacture of a press moulds the possibility of errors is not completely ruled out. In some degree, to reduce the error rate in the design is possible by the usage of already-existing products libraries, although the search for solutions also takes time. Currently, the design of the press moulds is a difficult and time-taking process, which is automated in order to reduce the number of errors and design time, as well as to improve the press mould quality, and, as a result, the products themselves. Consequently, a need arises to develop evidence-based recommendations for optimization of individual stages of engineering and technological preparation of products manufacture based on modeling of information flows and the usage of CAD/CAM-systems. This paper shows recommendations for optimization of individual design stages and technological preparation of products manufacture. The purpose of the introduction of new information technologies is to improve the efficiency of production processes preparation and timely provision of data to the production planning system to reduce the time for project development and improve the products quality.

Keywords: press mould, design of press molds, engineering and technological preparation, mechanical facilities.

Получено 26.10.18