

# Автоматизация технологической подготовки производства деталей со сложнопрофильными поверхностями

*Е.П. Решетникова,  
асп., purpose22@mail.ru,  
П.Ю. Бочкарев,  
проф., д.т.н., проф., bpy@mail.ru,  
СГТУ им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов*

В статье показан способ автоматизированной разработки технологических процессов деталей со сложнопрофильными поверхностями в механообрабатывающих производствах, способствующий повышению качества производимых изделий при сокращении материальных и временных затрат производственного процесса. Анализ традиционного подхода разработки технологических процессов показал свои несовершенства при их реализации, а именно, рекомендации технолога на каждом этапе представляют собой совокупность отдельных процедур, которые назначаются исходя из аналогичной технологии производства, принятой на промышленном предприятии. Однако современные программные средства в области автоматизации организации производства способствуют совершенствованию технологической подготовки производства на основе принятия рациональных технологических решений при проектировании в текущих условиях производственной системы. Этому способствует эффективное применение функциональных возможностей технологических элементов производственной системы, управление которых основано на их моделях, и учет взаимодействия этапов реализации и проектирования производственной системы.

In article shown computer-assisted method of multiproduct manufacturing process for complex surface's details which acts to rise of details' quality. We made the research of traditional method in manufacturing and it shown defects in process of production because a process man create the manufacturing process like different procedure and each of it hasn't cooperation. But modern groupware platform allows creating manufacturing process which keeping detail's variety and day-to-day operation with interrelations between project and implementation phases. For it authors offer to effectively use machine functionality and control them by developed models which let operate them.

Современные тенденции в области повышения качества изготавливаемых изделий с сокращением экономических затрат на их производство определяют вектор развития автоматизированных систем планирования производства, способных обеспечить конкурентоспособность промышленных предприятий, с гарантированным получением прецизионной точности поверхностей деталей, что является одним из приоритетных направлений развития промышленности страны. Однако, существующие системы автоматизированного проектирования (САПР) [1-3] позволяют пользователям лишь использовать их возможности в качестве справочника и принимать технологические решения исходя из аналогичных объектов и условий производства. Также существующие САПР направлены на анализ теоретического состояния производственной системы и не позволяют оценивать ее текущее состояние, а также изменение условий производственного процесса. Поэтому разработка автоматизированной системы планирования производственного процесса является актуальным вопросом повышения эффективности функционирования производственной системы, особенно прецизионного производства. Достаточную долю изготавливаемых изделий прецизионного производства составляют детали со сложнопрофильными поверхностями, которые обеспечивают сокращение весовых и габаритных характеристик итоговой продукции, за счёт наличия поверхностей сложной геометрии.

Решение проблемы автоматизированного планирования организации производства деталей со сложнопрофильными поверхностями (рис.1) предложено с помощью разработки способа организации производственного процесса обработки таких деталей, на основе комплекса контрольно-измерительных процедур (ККИП), обеспечивающего принятие качественных проектных решений.

Комплекс ККИП для деталей со сложнопрофильными поверхностями включает в себя:

- разработку трехмерной геометрической модели заготовки (3D модели) сложнопрофильной детали по имеющемуся ее чертежу;
- получение конкретных значений размерных характеристик заготовки со сложнопрофильными поверхностями;
- принятие целесообразных технологических решений при разработке технологического процесса (ТП) обработки заготовки со сложнопрофильными поверхностями, а именно назначение рационального припуска для обработки поверхностей каждой отдельной заготовки с учетом полученных значений при измерении ее реальных размерных параметров, выбор схем базирования в зависимости от полученных значений отклонений поверхностей от требуемой геометрической формы и их взаимного расположения;
- корректировка чертежа заготовки по измеренным действительным параметрам ее поверхностей и выбор рационального технологического процесса обработки из имеющегося их множества в системе САПЛ-ТП для действующих условий производственной системы;
- формализация выбора контрольно-измерительных средств для оценки точности размерных параметров деталей со сложнопрофильными поверхностями и назначение рационального их комплекта с учетом складывающейся производственной ситуации [4].

Основной аспект ККИП состоит в разработке технологического процесса, базирующегося на установленных реальных размерных характеристиках заготовок сложнопрофильных деталей, а не усредненных требований к их конструктивным характеристикам, что способствует обеспечению требуемого качества и сокращения себестоимости изготовления изделия. Измерение реальных параметров заготовки оказывает существенное влияние на формирование технологического процесса ее получения. Наиболее значимым вопросом при его планировании на уровне операции является выбор ее структуры. В конкретных условиях производства на выбор структуры операции оказывает влияние огромное число факторов, таких как: геометрическая конфигурация обрабатываемой детали, требуемая

точность получаемых размеров, качество поверхности, целый ряд параметров, характеризующих применяемое оборудование и средства технологического оснащения и т.д.

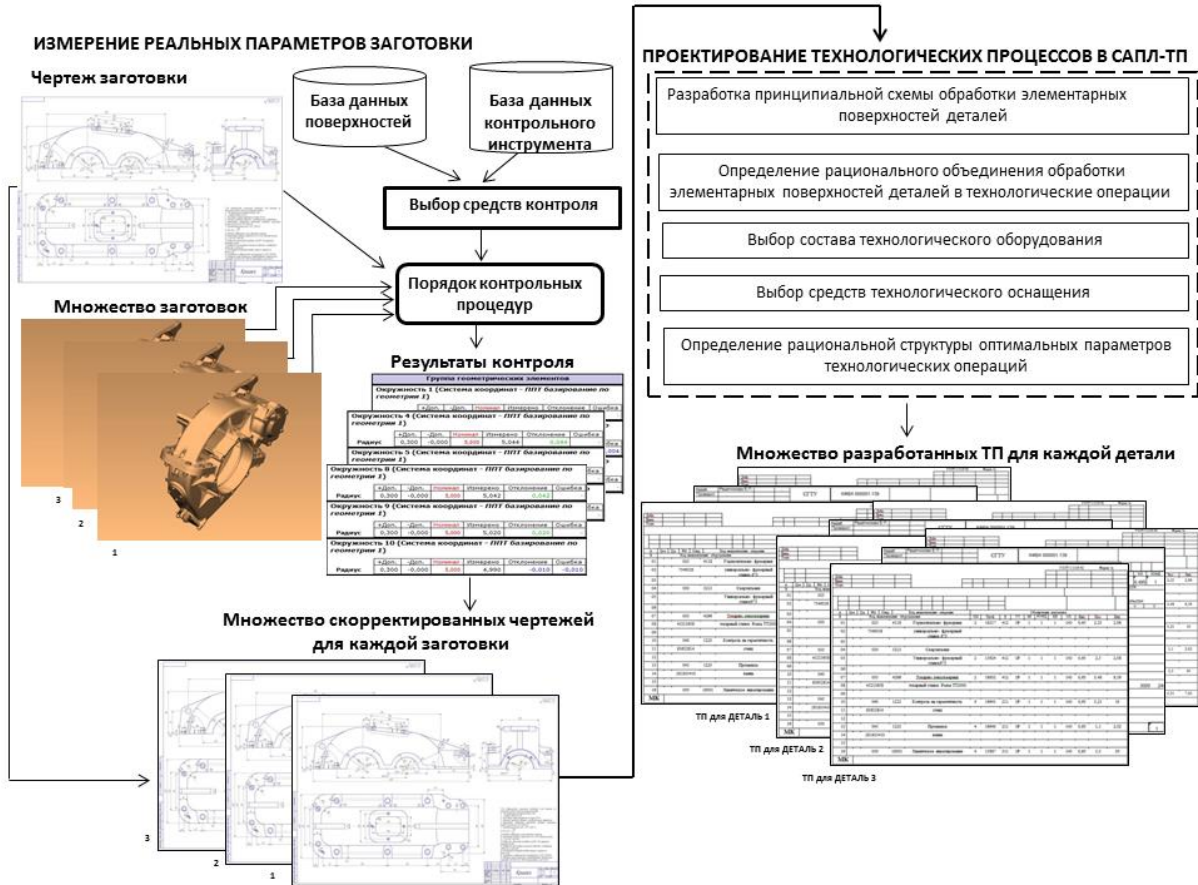


рис. 1 Производственный процесс изготовления деталей со сложнопрофильными поверхностями

Важность правильного решения при выборе структуры технологической операции также определяется тем, что с изменением структуры сильно изменяется станкоёмкость и трудоёмкость обработки. Следовательно, решение этого вопроса оказывает решающее влияние на показатели технико-экономической эффективности создаваемой технологии.

ККИП является частью системы автоматизированного сквозного проектирования (САПЛ-ТП), которая на каждом этапе технологической подготовке производства осведомлена о возможностях конкретной производственной системы, что способствует принятию рациональных решений задач проектирования в короткие сроки [5, 6]. САПЛ-ТП обеспечивает разработку множества технологических процессов, реализация которых обеспечивается в конкретной производственной системе на основе информации об особенностях конструктивных и технических параметров выпускаемой номенклатуры, технологических возможностях оборудования и оснастки, а также, технических характеристик режущего и контрольного инструмента производственной системы.

Генерация множества возможных вариантов технологических процессов обработки деталей в системе САПЛ-ТП (рис.2), осуществлена посредством аппарата теории множеств [7], а именно формируется множество всех возможных вариантов ТП конкретной производственной системы:

$$\{ТП\} = \{Д\} \cap \{З\} \cap \{ТО\} \cap \{ПП\} \cap \{РИ\} \cap \{КИ\} \quad (1)$$

где  $\{ТП\}$  - множество технологических процессов производственной системы;

$\{Д\} = \langle Г, М, m_d, П_o \rangle$  - множество обрабатываемых деталей производственной системы (Г-габариты детали, М-марка материала детали,  $m_d$ - масса детали,  $П_o$ -обрабатываемые поверхности детали);

$\{З\} = \langle Р, Т_3, m_3, М_e, П_3 \rangle$  - множество обрабатываемых заготовок производственной системы (Р-размеры заготовки,  $Т_3$  - точностные параметры размеров заготовки,  $m_3$ - масса заготовки,  $М_e$ - метод получения заготовки,  $П_3$ - обрабатываемые поверхности заготовки);

$\{ТО\} = \langle Ма, В, Т_{то} \rangle$  - множество технологических элементов производственной системы (Ма-марка оборудования, В-вид обработки,  $Т_{то}$ - точностные характеристики технологического оборудования);

$\{ПП\} = \langle В_n, Б, Р_d \rangle$  - множество используемого приспособления в производственной системе (В<sub>n</sub>-вид приспособления, Б-способ базирования обрабатываемой детали в приспособлении, Р<sub>d</sub>- предельные размеры обрабатываемой детали в приспособлении);

$\{РИ\} = \langle H_{ри}, М_{ри}, С, Т_n \rangle$  - множество режущего инструмента производственной системы ( $H_{ри}$ - наименование режущего инструмента,  $M_{ри}$ -материал режущей части, С- стойкость режущего инструмента,  $T_n$ - точностные характеристики получаемой поверхности детали);

$\{КИ\} = \langle M_{ки}, C_k, T_n \rangle$  - множество контрольного инструмента производственной системы ( $M_{ки}$ - вид контрольного инструмента,  $C_k$ - схема контроля,  $T_n$ -контролируемая точность поверхности детали).

Область их пересечения является областью возможных вариантов разработки ТП.

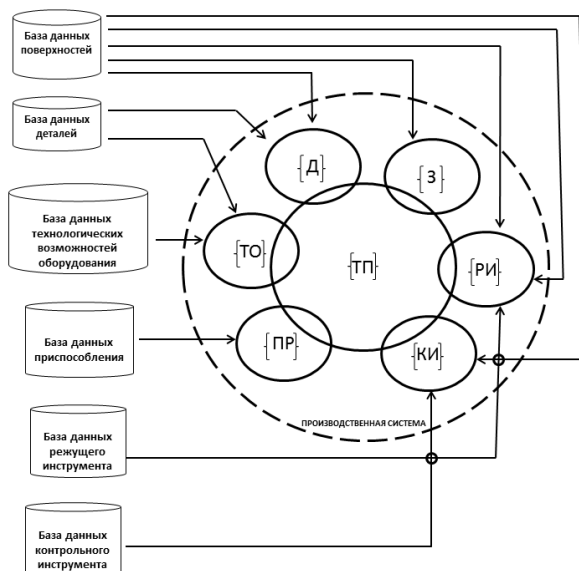


рис. 2 Генерация вариантов технологических процессов обработки деталей со сложнопрофильными поверхностями

Из разработанного множества ТП, на основе учета действительных размерных параметров заготовки выбирается рациональный для текущих условий производственного процесса.

Таким образом, разработанный ТП обеспечивает принятие целесообразных технологических решений по назначению обоснованного припуска для обработки поверхностей измеренной детали с учетом требуемого взаимного их расположения и отклонения от геометрической формы, что влияет на выбор схемы базирования, последовательности обработки элементарных поверхностей, на основе учета технологической наследственности.

### Литература

1. Системы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении /Под.ред. Аллика Р.А. - Л.: Машиностроение, 1986. - 225 с.
2. Блехерман М.Х. Гибкие производственные системы: организационно-экономические аспекты. - М.: Экономика.- М.: Экономика, 1988.- 221 с.
3. Бочкарев П.Ю., Болкунов В.В. О гибкости технологических процессов и критериях ее оценки// Технология авиационного приборо- и агрегатостроения: Произв.-техн. сб.: НИТИ, 1988.- №1.- С.30-31.
4. Решетникова Е.П. Формализация выбора контрольно –измерительных средств в системе планирования технологических процессов [Текст] / Е.П. Решетникова, П.Ю. Бочкарев //Юность и Знания - Гарантия Успеха - 2018: сб.науч.тр. - Курск, 2018. - С.273-276.
5. Митин С.Г. Принципы создания системы автоматизированного проектирования технологических операций в условиях многономенклатурного производства [Текст] / С.Г. Митин, П.Ю. Бочкарев // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. - 2015. - № 2 (32-2). - С. 117-122.
6. Технологическая подготовка изготовления сложнопрофильных деталей [Текст] / Е.П. Решетникова, П.Ю. Бочкарев // Высокие технологии в машиностроении: материалы Всерос. науч.-техн. интернет-конф., г. Самара, 25-28 окт. 2016 г. - Самара, 2016. - С. 45-47.
7. Элементы теории функций и функционального анализа: учебник / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. - 3-е изд., перераб. - М.: Изд-во "Наука", 1972. - 496 с.