

УДК 621.45.002 : 621.9.06-229

Б.С. БЕЛОКОНЬ, А.И. ДЕРИЙ, В.В. ТРЕТЬЯК*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина*

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДИСКОВ КОМПРЕССОРОВ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Рассматриваются особенности механической обработки титановых сплавов для технологических процессов изготовления дисков компрессоров авиационных двигателей. Приведены рекомендации и особенности использования режущего инструмента и охлаждающей жидкости для операций точения и сверления при обработке титановых сплавов. Рассматриваются особенности разработки группового технологического процесса для изготовления диска компрессора, выполненного из титанового сплава. Приведена схема назначения этапов, операций и переходов для автоматического режима формирования технологического процесса в современной системе автоматизированного проектирования. Приведена схема взаимодействия модулей в разработанной базе знаний для расчета параметров токарной и сверлильной операции. Приведен результат расчета для сверлильной операции.

Ключевые слова: титановые сплавы, режимы резания, технологический процесс, режущий инструмент, токарная обработка, сверлильные операции, диск компрессора, групповой технологический процесс.

Введение

Развитие авиадвигателестроения идет в ногу со временем [1, 2].

В настоящий момент требуются все более совершенные двигатели: более легкие, более надежные, более экологически чистые, а главное менее дорогие и позволяющие экономить не только дефицитные материалы, но и топливо.

Эти требования приводят к тому, что необходимо улучшать технологию производства авиадвигателей.

Рост рабочих температур и давлений приводит к увеличению использования высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов, уменьшение количества деталей заставляет усложнять геометрическую форму, а стремление уменьшить удельную массу двигателя требует использования деталей малой плотности.

Проектирование, изготовление и эксплуатация деталей авиационных двигателей связано с целым рядом особенностей в числе которых можно отметить применение в конструкциях высокопрочных материал с низким удельным весом.

Одним из наиболее широко применяемых для этих целей является титан.

Особенности титановых сплавов указывают, что хотя титан и имеет высокую удельную прочность и хорошие коррозионные свойства при температурах до 500-600°C, но сложности которые связаны с его обработкой усложняют его применение.

Однако при использовании современных технологий титан можно обрабатывать также успешно, как и конструкционные стали [3 – 5].

Проектирование и изготовление деталей в настоящее время требует большой степени компьютеризации и унификации. Применение САПР позволяет в кратчайшее время перейти от чертежа детали к готовому изделию.

Особенности механической обработки титановых сплавов

При черновом точении резцы необходимо оснащать пластинками из твердых сплавов ВК12Та, ВК8Та, ВК8. Геометрия режущей части резца: фаска вдоль главной режущей кромки $f = 0,54-0,7$ мм; передний угол на фаске $\gamma_f = 0^{\circ} - 5^{\circ}$, на остальной части передней поверхности $\gamma = 8-10^{\circ}$, задние углы $\alpha = \alpha_1 = 15^{\circ}$; углы в плане $\phi = 45^{\circ}$, $\phi_1 = 15^{\circ}$; радиус при вершине $R = 0,6-0,8$ мм; угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0-5^{\circ}$. Параметры режима резания: $v = 74-25$ м/мин; $s = 0,254-0,40$ мм/об; $t = 2-8$ мм. Меньшие из указанных значений скорости резания и подачи рекомендуются для точения β -сплавов (BT15), большие – для обработки α и $(\alpha+\beta)$ -сплавов.

Указание различных величин для глубины резания предусматривает возможное биение поверхности обрабатываемой заготовки и подчеркивает необходимость снятия хотя бы минимального припуска (в отдельных местах заготовки) даже при наличии такого биения.

При выполнении данной операции следует применять в качестве смазочно-охлаждающей жидкости эмульсию стандартного состава, подаваемую непрерывно и обильно обычным способом (поливом). Значительное повышение эффективности обработки по корке достигается применением мер, указанных выше [2].

При получистовом непрерывном точении применяются резцы, оснащенные пластинками из твердых сплавов BK4, BK6, BK6M, BK8, BK8Ta, BK12Ta, а при чистовом – резцы с пластинками из сплавов BK2, BK4, BK6M, BK6, BK8, BK8Ta. Геометрические параметры отличаются от приведенных для чернового точения лишь величинами переднего угла на фаске и угла наклона главной режущей кромки, которые принимаются равными соответственно $\gamma_f = 0-5^\circ$ и $\lambda = 0^\circ$.

При непрерывном точении резцами, оснащенными пластинками из твердых сплавов указанных марок, в зависимости от технологических требований и структуры сплава обрабатываемой заготовки принимаются следующие режимы резания: $v = 20-100$ м/мин; $S = 0,14-0,2$ мм/об; $t = 0,34-1,0$ мм.

Чистовое и получистовое точение в условиях прерывистого резания может осуществляться резцами, оснащенными пластинками из сплавов BK12Ta, BK8Ta, BK12, BK8, а также быстрорежущими резцами из сталей P10K5Ф5, P14Ф4, P9КЮ, P18Ф2К8М, производительность которых в 3 – 4 раза ниже.

Геометрия резцов для прерывистого точения аналогична геометрии резцов, применяемых для обработки по корке.

При чистовом и получистовом прерывистом точении резцами, оснащенными пластинками из твердых сплавов указанных марок, принимаются следующие режимы резания: $v = 15-25$ м/мин; $s = 0,1-0,2$ мм/об; $t = 0,3-1,5$ мм.

При минимальных значениях скорости обрабатываются сплавы с β -структурой, при максимальных – сплавы с α - и $(\alpha+\beta)$ -структурой.

При чистовом и получистовом прерывистом точении как инструментом с пластинками из твердых сплавов, так и быстрорежущим инструментом применяется стандартная эмульсия, подаваемая непрерывно и в обильном количестве.

Для сверления отверстий диаметром от 2 до 6 мм следует применять специальные сверла со спиральной цельнопрессованной рабочей частью из твердых сплавов BK8, BK10M, BK15M, закрепленной в державке путем пайки или запрессовки.

Таковыми сверлами успешно обрабатывают отверстия значительной глубины ($L > 12D$) в титановых сплавах. По скорости и стойкости они превосходят

сверла из лучших марок быстрорежущей стали (ВНИИ-1, P10K5Ф5, P14Ф4, P9К10 и др.).

Сверление отверстий большого диаметра (от 6 до 30 мм) следует производить спиральными сверлами, оснащенными пластинкой из твердого сплава BK8 (ГОСТы 6647–64, тип II и 5756–64). В зависимости от глубины отверстия применяются длинные или укороченные сверла. Для сверления очень мелких отверстий диаметром менее 2 мм используются быстрорежущие сверла.

Геометрические параметры сверл: $\gamma = 0-3^\circ$; $\alpha = 12-15^\circ$; $2\phi = 120-130^\circ$; $\omega = 25-30^\circ$. Для облегчения образования стружки, уменьшения трения и улучшения режущей способности сверл рекомендуется уменьшать ширину направляющих ленточек в зависимости от диаметра сверла до 0,1–0,3 мм, производить подточку поперечной кромки (перемычки) до величины, равной 0,1 D, выполнять двойную заточку заборного конуса $2\phi = 130-140^\circ$, $2\phi_0 = 70-80^\circ$.

В зависимости от структуры обрабатываемого сплава и диаметра сверла рекомендуются следующие режимы резания: для сверл с прессованной рабочей частью из твердых сплавов BK10M и BK15M и оснащенных пластинкой из твердого сплава BK8: $v = 10-18$ м/мин, $s = 0,05-0,2$ мм/об; для сверл из быстрорежущей стали P10K5Ф5, P9К10, P14Ф4, P18Ф2К8М, P18: $v = 3-7$ м/мин, $s = 0,05-0,3$ мм/об.

В зависимости от условий сверления (глубины отверстия, его диаметра, расположения на детали и пр.) возможно применение ручной подачи. При сверлении глубоких отверстий необходимо периодически выводить сверло из отверстия для очистки от стружки и охлаждения.

Во избежание наклепа и связанного с ним значительного затруднения сверления не следует оставлять сверло в отверстии без подачи и допускать трение его кромок о дно отверстия.

Критерием затупления сверла следует считать износ на уголках задних поверхностей, равный 0,4 – 0,5 мм.

При сверлении быстрорежущими и твердосплавными сверлами необходимо применение смазочно-охлаждающих жидкостей

Разработан технологический процесс и модули САПР диска 4 ступени КВД компрессора высокого давления авиационного двигателя, выполненного из сплава BT8.

Это – титановый деформируемый сплав, длительно работающий при температуре 400 – 450°C, класс по структуре $\alpha+\beta$. На диске по периферии расположено 95 пазов, типа «ласточкин хвост», в которые устанавливаются лопатки.

Через диск на лопатки передается работа котловая превращается в работу сжатия воздуха.

Разработка параметрической модели диска

Для разработки трехмерной и двумерной параметрической модели диска использована система трехмерного твердотельного моделирования T-FLEX CAD 3D. Профиль модели диска строился как в 3D окне, так и на 2D плоскости. На рис. 1 представлена трехмерная (рис. 1,а) и двумерная модель диска (рис. 1,б), в которой задано 7 переменных. Разработка технологического процесса вы-

полнена в системе ТехноПро. Информационная модель детали состоит из общих сведений о детали, ее характеристик, перечня элементов конструкции (поверхностей), составляющих деталь и значений их параметров (рис.2,3).

Формирование единичного ТП проводилось в полуавтоматическом режиме (рис.4). Произведено формирование операций и переходов, подобран режущий и мерительный инструмент.

На завершающем этапе сформирован комплект технологической документации.

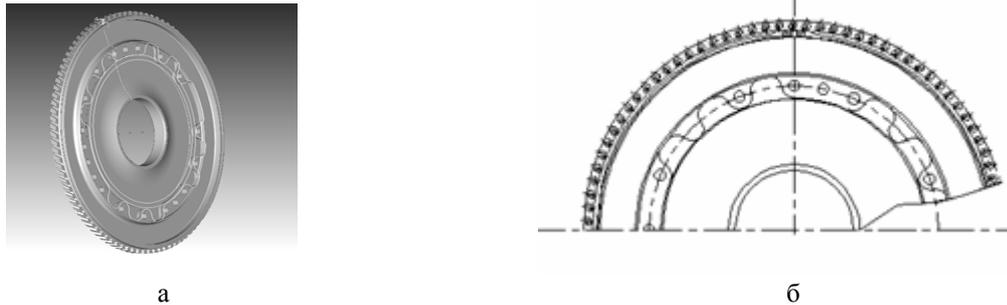


Рис. 1. Параметрическая модель диска в системе T-FLEX CAD:
а - трехмерная параметрическая модель диска; б – фрагмент двумерной модели диска

Код элемента	Вид	Тип	Номер	Код, наименование	Сопряжен
01	nrТорцовая	nrТорцовая		030301 nrЦилиндрическая\верхняя\01	Сопряжен
02	nrУступ			080101 nrФаска\Правая\01	
03	nrЦилиндрическая			110101 nrЗубчатая\00	
04	nrЦилиндр. Параллельна:			130301 nrЛыска\верхняя\01	
05	nrЦилиндр. Перпендикул:			140301 nrКанавка\верхняя\01	
06	nrРезьбовая			260102 nrТорцевая фасонная\правая\02	
07	nrМногогранная			260201 nrТорцевая фасонная\левая\01	
08	nrФаска			390301 nrКонтур\верхняя\01	
				500401 vnЦилиндрическая\нижняя\01	
				570101 vnФасонная\правая\01	
				570201 vnФасонная\левая\01	
				590101 vnФаска\правая\01	
				590102 vnФаска\правая\02	
				590201 vnФаска\левая\01	

Рис. 2. Схема формирования нумерации поверхностей детали «Диск компрессора»

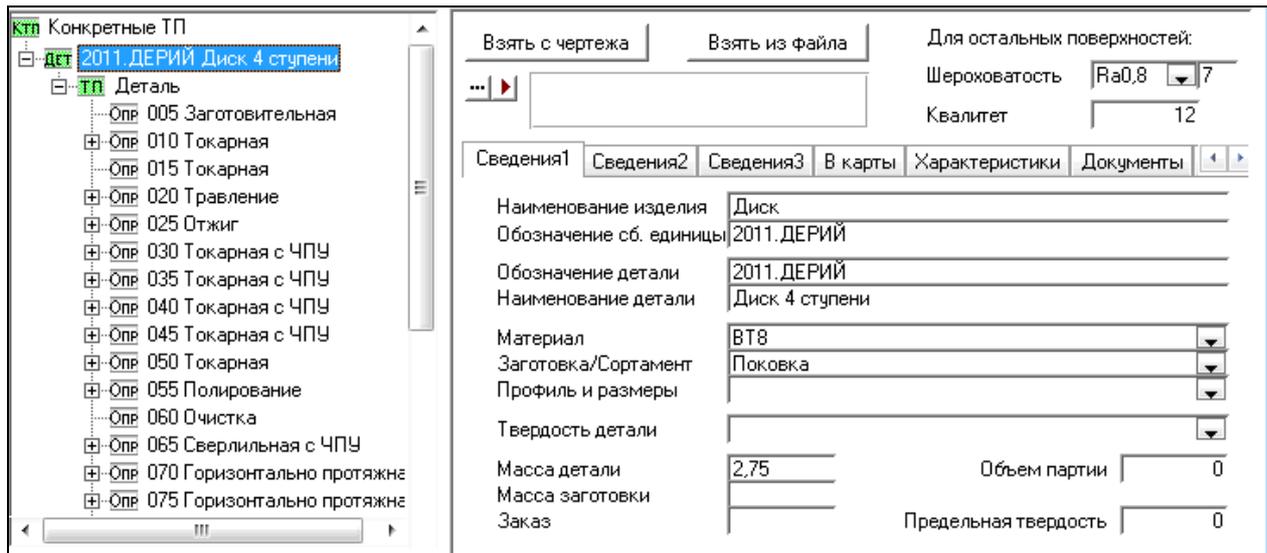


Рис. 3. Заполнение таблиц сведений о детали и формирование технологического процесса

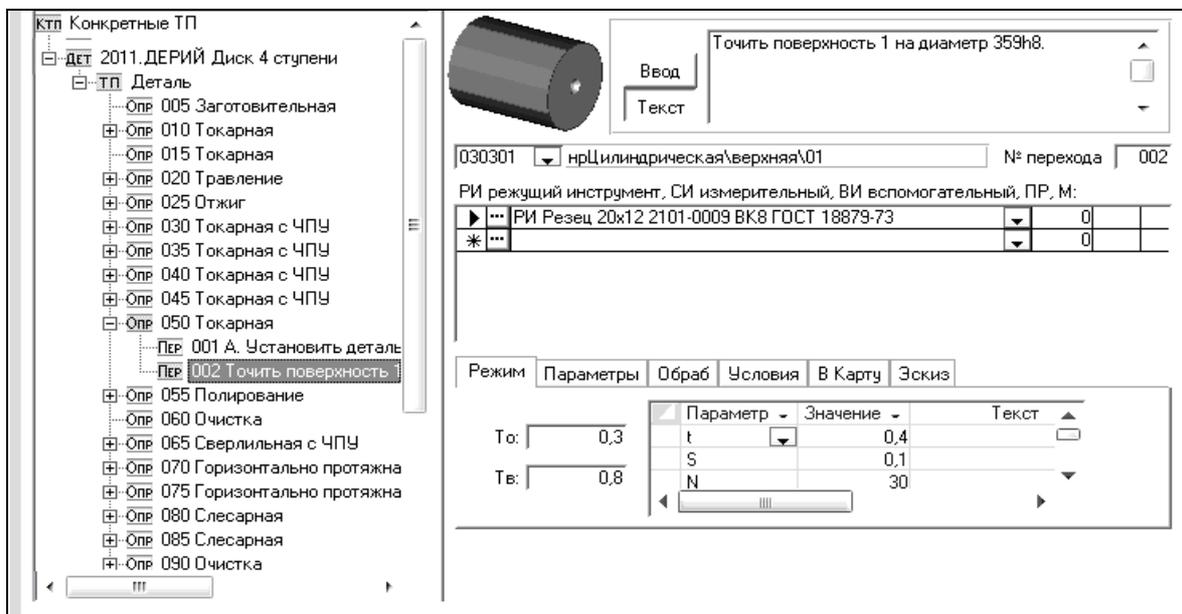


Рис. 4. Формирование переходов обработки

Последовательность формирования группового технологического процесса детали типа «Диск компрессора»

Для проектирования группового технологического процесса детали «Диск компрессора» использован программный пакет СПРУТ ТП.

Разработка плана технологического процесса производилась в следующей последовательности:

- создание библиотеки;
- создание объекта и структуры его свойств;
- создание экземпляров. На данном этапе описывается каждая деталь конкретной группы со сво-

им определенным набором параметров в виде отдельного экземпляра;

- описание ресурсов к имеющемуся набору этапов, операций, переходов добавляются недостающие и используемые в проектируемом ТП;

- описание этапов обработки. Последовательность выполняемых этапов представляется в виде «дерева», в котором указывается четкая последовательность этапов обработки с указанием условий, которые в дальнейшем позволяют определить алгоритм выполнения этапов для конкретной детали группы;

- описание операций обработки. Выполняется описание последовательности операций в каждом этапе отдельно.

-описание условий для определения последовательности операций для конкретной детали группы;

- описание последовательности переходов в каждой операции отдельно.

Каждая операция имеет вид «дерева» с необходимыми условиями для определения последова-

тельности переходов в операциях для конкретной детали;

Для проектирования ТП необходимо создать новый экземпляр или выбрать из ранее созданных экземпляров.

При этом в автоматическом режиме в зависимости от параметров экземпляра будет сформирован технологический процесс.

Последовательность разработки ТП для обработки детали типа диск представлена на рис. 5

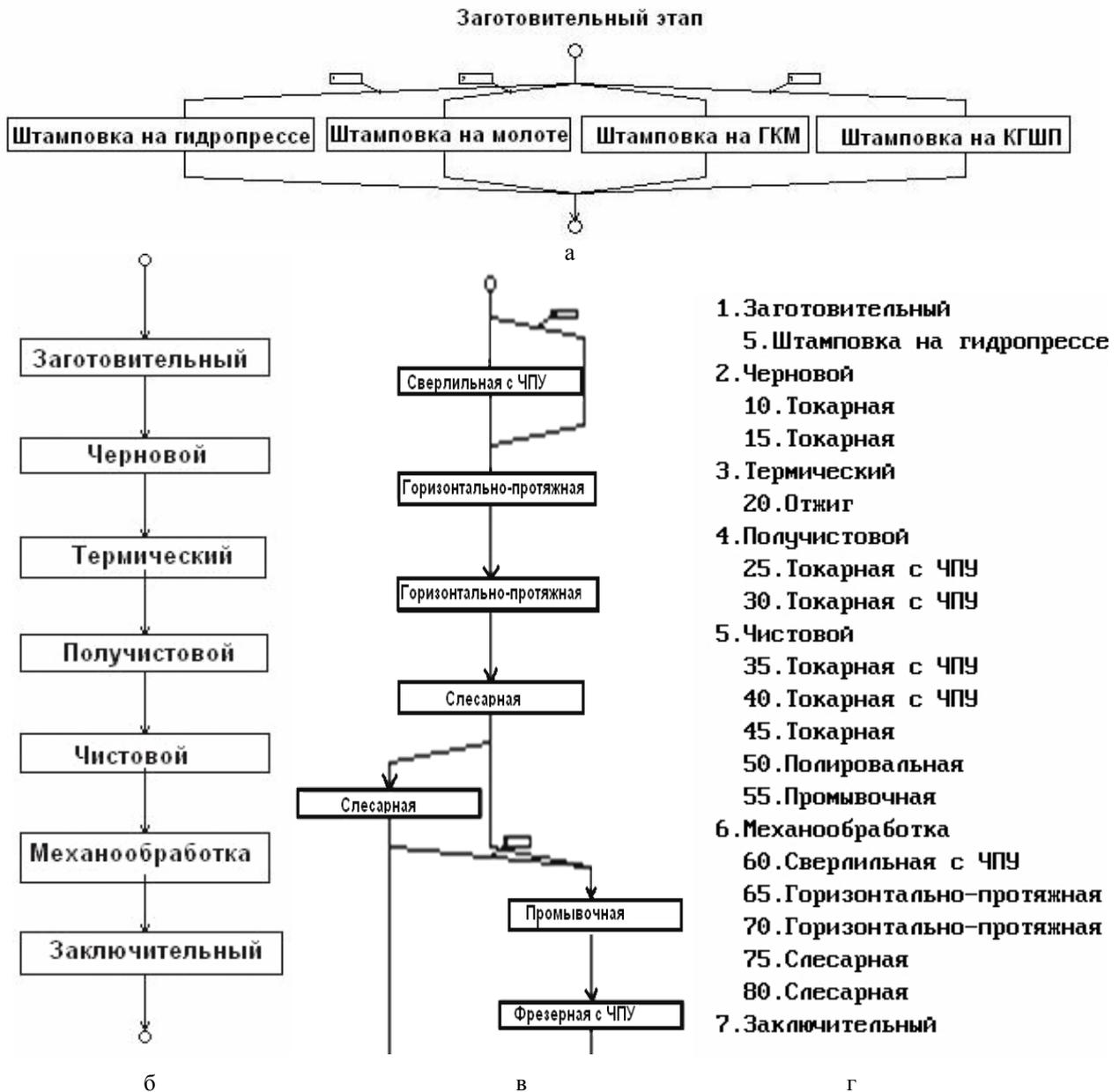


Рис. 5. Этапы разработки структуры группового технологического процесса детали типа «Диск компрессора»:
 а – формирование заготовительного этапа; б – назначение этапов обработки;
 в – формирование этапа механообработки; г – формирование маршрута ТП экземпляра «Диск компрессора»

Расчет режимов резанья выполнен в информационной среде – базы знаний системы СПРУТ. Архитектура взаимодействия модулей экспертной подсистемы с использованием данной технологии для токарной и сверлильной операции представлена на рис. 6.

Заключение

Расчеты выполнены в модулях инженерных знаний (МИЗ), которые характеризуются входными и выходными свойствами, ограничениями на значения входных свойств и механизмом преобразования

входных свойств в выходные. Связанные между собой по входу и выходу модули инженерных знаний имеют общий словарь и объединены в два метода, которые можно присоединять к объекту, описанному в редакторе информационных моделей.

На рис. 7 приведен результат расчета метода для сверлильной операции. Аналогичный метод создан для токарной операции.

Данные методы можно использовать для расчетов режимов резания труднообрабатываемых сплавов (в том числе титановых) в системе автоматического проектирования Спрут ТР.

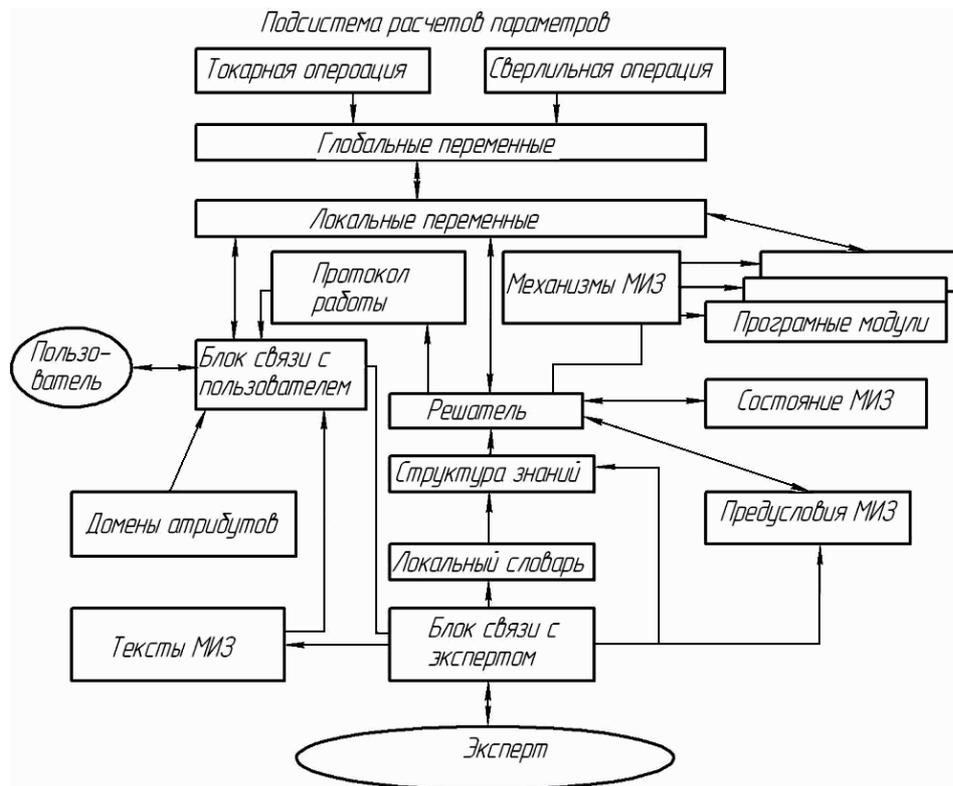


Рис. 6. Структура взаимодействия модулей в составе базы знаний для расчета токарной и сверлильной операции

Значения переменных модуля		
Диаметр отверстия	Do	: 10
Падача	Sp	: 0.1
Поправочный коэффициент для осевой силы	Cp	: 3.5
Поправочный коэффициент для крутящего момента	Cm	: 60
Глубина сверления	Klv	: 12
Обрабатываемый материал	Material	: BT8
Диаметр обрабатываемого отверстия	Diam	: 10-12
Скорость резания	Up	: 28.346
Крутящий момент	Mkr	: 457.381
Потребная мощность	Np	: 0.303

Рис. 7. Результаты расчета метода для сверлильной операции

Литература

1. Технология производства авиационных двигателей Ч.1. Основы технологии / В.А. Богуслаев, А.Я. Качан, А.И. Долматов, В.Ф. Мозговой, Е.Я. Корневский. – Запорожье, «МоторСіч», 2007. – 518 с.

2. Технология производства авиационных двигателей Ч.2. Основы производства авиационных двигателей и технологическая подготовка производства / В.А. Богуслаев, А.Я. Качан, А.И. Долматов, В.Ф. Мозговой, Е.Я. Корневский. – Запорожье, «МоторСіч», 2007. – 557 с.

3. Кривоухов В.А. Обработка резанием титановых сплавов / В.А. Кривоухов, А.Д. Чубаров. – Машиностроение, 1970. – 183 с.

4. Чечулин Б.Б. Титановые сплавы в машиностроении / Б.Б. Чечулин, С.С. Ушков. – Машиностроение, 1977. – 248 с.

5. Жучков Н.С. Повышение эффективности резания заготовок из титановых сплавов / Н.С. Жучков, П.Б. Беспяхотный. – Машиностроение 1989. – 152 с.

6. Белоконь Б.С. Расчет режимов резания труднообрабатываемых материалов: учеб. пос. / Б.С. Белоконь, Б.Ф. Федоренко. - Х.: «ХАИ», 1996. – 85 с.

7. Система генерации баз знаний. - М.: Центр СПРУТ-Т, 2000. – 14 с.

Поступила в редакцию 2.03.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры производства двигателей летательных аппаратов В.К.Борисевич, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДИСКІВ КОМПРЕСОРИВ З ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Б.С. Білоконь, А.І. Дерій, В.В. Третьяк

Розглядаються особливості механічної обробки титанових сплавів для технологічних процесів виготовлення дисків компресорів авіаційних двигунів. Приведені рекомендації і особливості використання ріжучого інструменту і охолоджуючої рідини для операцій точіння і свердлення при обробці титанових сплавів. Розглядаються особливості розробки групового технологічного процесу для виготовлення диска компресора, виконаного з титанового сплаву. Приведена схема призначення етапів, операцій і переходів для автоматичного режиму формування технологічного процесу в сучасній системі автоматизованого проектування. Приведена схема взаємодії модулів в розробленій базі знань для розрахунку параметрів токарної і свердлувальної операції.

Ключові слова: титанові сплави, режими різання, технологічний процес, ріжучий інструмент, токарна обробка, свердлувальні операції, диск компресора, груповий технологічний процес.

FEATURES OF DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR MAKING OF DISKS OF COMPRESSORS FROM TITANIC ALLOYS

B.S. Belokon, A.I. Deriy, V.V. Tretyak

Features are considered of tooling of titanic alloys for the technological processes of making of disks of compressors of aviation engines. The recommendations are resulted and features of the use of cutting instrument and cooling liquid for the operations of sharpening and boring at treatment of titanic alloys. Features are considered of development of group technological process for making of disk of the compressor, executed from the titanic alloy. A chart is resulted of purpose of stages, operations and transitions for the automatic mode of forming of technological process in the modern computer-aided design. A chart is resulted of co-operation of the modules in the developed knowledge base for computation of parameters of lathe and drilling operation.

Keywords: titanic alloys, modes of cutting, technological process, cutting an instrument, lathe treatment, drilling operations, disk of compressor, group technological process.

Белоконь Борис Сергеевич – канд. техн. наук, доцент кафедры производства двигателей летательных аппаратов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Дерій Андрей Игоревич – магистр кафедры производства двигателей летательных аппаратов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Третьяк Владимир Васильевич – канд. техн. наук, доцент кафедры производства двигателей летательных аппаратов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.