

УДК 621.45.002 : 621.9.06-229

Н.А. ФИЛИМОШКИН¹, Н.П. ИВЧЕНКО²

¹Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского “ХАИ”, Украина
²ГП «Харьковское агрегатное конструкторское бюро», Украина

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТОВ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ УНИФИЦИРОВАННОГО ОСНАЩЕНИЯ

Рассматриваются вопросы проектирования технологических процессов изготовления корпусных деталей агрегатов авиадвигателей в условиях мелкосерийного производства. Приведён укрупнённый поэтапный план технологического процесса изготовления корпусных деталей. Рассматриваются вопросы эффективности применения унифицированного оснащения при изготовлении, доработке и ремонте корпусных деталей. Спроектировано специализированное станочное приспособление для обработки корпусных деталей на станках токарной группы. Рассматриваются варианты базирования и закрепления приспособления на станке.

Ключевые слова: технологический процесс, мелкосерийное производство, унифицированное оснащение, станочное приспособление, корпусные детали.

Введение

Прогресс в создании новых и совершенствовании существующих образцов авиационных двигателей связан в основном с достижениями в области технологии производства изделий, что требует постоянного совершенствования технологических процессов, разработки и внедрения прогрессивных методов и средств изготовления деталей, узлов и агрегатов, обеспечивающих повышение эксплуатационной надёжности, стандартизации и унификации технологической оснастки. Технология определяет трудоёмкость и себестоимость изготовления деталей и узлов, стабильность и культуру производства и в целом ресурс двигателя, а также конкурентоспособность изделия на рынке.

Наиболее сложными деталями с точки зрения технологии являются корпусные детали. Корпусные детали авиационных двигателей и их агрегатов обычно имеют сложную конфигурацию, отверстия, расположенные с разных сторон и в разных плоскостях, фасонные внутренние полости, каналы, ребра и перегородки. Корпусные детали определяют взаимное расположение деталей и узлов изделий, отсюда высокие требования к этим деталям по точности. Построение технологического процесса, выбор технологического оборудования и технологического оснащения определяются конструктивными особенностями корпусов. Технологическое оснащение играет важную роль в интенсификации производства изготовления деталей, поэтому на предприятии вопросам, касающимся её применения, проектирования, изготовления и эксплуатации уделяется большое внимание.

Основное внимание при конструировании станочных приспособлений уделяется решению вопросов по совершенствованию, универсальности и унификации конструкций, уменьшению времени на проектирование и изготовление. Сложность технологического процесса изготовления деталей агрегатов авиадвигателей обуславливает применение большого числа разнообразных конструкций приспособлений.

1. Особенности проектирования технологических процессов изготовления корпусных деталей агрегатов авиадвигателей в условиях мелкосерийного производства

Функционирование современного предприятия, выпускающего агрегаты авиадвигателей, в условиях рыночной экономики усложняется индивидуализацией заказов, повышенными требованиями к качеству изделий, тенденцией уменьшения сроков выполняемых заказов, частая сменяемость моделей выпускаемых изделий, расширением кооперативных связей предприятия.

В современных условиях борьба за рынок вынуждает предприятие постоянно совершенствовать свои технологии, производственные фонды и структуру управления.

Технологические процессы изготовления корпусов агрегатов авиадвигателей в большинстве случаев являются самыми трудоёмкими и длительными по сравнению с другими деталями. Это объясняется сложной конструкцией, наличием точных и качест-

венных поверхностей, потребностью в специальных приспособлениях и режущих инструментах.

Конструкции корпусных деталей агрегатов определяются выполняемыми ими функциями. Их поверхности могут формировать проточную часть для воздуха, газа; содержат различные разделительные полости и соединительные каналы для топлива, масла, воздуха; удерживают подшипники вращающихся деталей; воспринимают усилия от этих деталей, от давления газа и жидкости и передают их на корпус двигателя. При всём разнообразии форм корпусов,

размеров и материалов они имеют общие технологические особенности конструкции: наличие функционально объединенных групп поверхностей с весьма жесткими допусками на их расположение внутри группы и менее жесткими допусками на параметры взаимного расположения этих групп; большое количество конструктивных элементов с необработанными поверхностями, точность которых обеспечивается на заготовительных операциях; особые требования к герметичности. На рис. 1 приведены типовые корпусные детали агрегатов авиадвигателей.

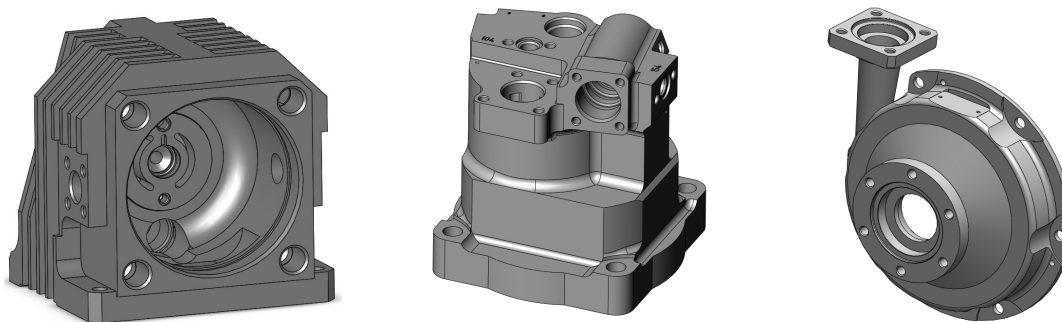


Рис. 1. Корпусные детали агрегатов авиадвигателей

Технологический процесс на изготовление типового корпуса условно разделяется на этапы.

На заготовительном этапе производится получение заготовки и термическая обработка.

На черновом этапе выполняется снятие основного припуска с поверхностей фланцев, бобышек и др.; производится формирование поверхностей, определяющих окончательный контур детали; выполняется подготовка баз с более высокими техническими требованиями по сравнению с другими поверхностями для дальнейшей обработки на получистовом и чистовом этапах. Деталь базируется и закрепляется в специальном приспособлении. Для устранения внутренних напряжений после чернового этапа выполняется термическая обработка – термостабилизация.

На получистовом этапе выполняется обработка внутренних не точных поверхностей и выхаживание поверхностей наружного контура. После получистового этапа выполняется термостабилизация.

На чистовом этапе выполняются сложные расточки, сверлятся и прожигаются труднодоступные соединительные каналы. Деталь базируется и закрепляется в специальном приспособлении. Большинство операций выполняется на координато-расточных станках, которые оснащены поворотным столом, позволяющим обрабатывать деталь в разных плоскостях. Также на чистовом этапе выполняются разделка сложнейших расточек на токарных станках. Обрабатывать деталь такого типа на токарном станке достаточно проблематично и необходимо специальное приспособление типа угольник для базирования и

закрепления детали, которое будет вращаться вместе со шпинделем. Подробнее о таком приспособлении речь пойдет в третьей части настоящей статьи.

На окончательном этапе производится восстановление основных баз и окончательная обработка точных поверхностей корпуса.

На завершающем этапе выполняется окончательный (приёмочный) контроль качества изготавливаемых деталей, испытания на прочность и герметичность, нанесение покрытий.

Важным моментом при проектировании технологических процессов изготовления корпусных деталей является выбор и тщательная подготовка черновых и основных баз. В качестве черновых баз могут служить различные поверхности и элементы детали: бобышки, сквозные и глухие отверстия, литейные пяточки, цилиндрические и конические поверхности и т.п. В качестве основных баз служат плоскости максимальной протяжённости и два отверстия, расположенные на возможно большем расстоянии. Базовые поверхности должны быть чистыми для обеспечения однозначности базирования.

2. Эффективность применения унифицированного оснащения при изготовлении корпусных деталей

Станочные приспособления для обработки корпусных деталей представляют собой многопозиционные, сложные сборочные единицы. На проектирование и изготовление таких приспособлений затрачивается много времени, трудовых и финансовых ресур-

сов. По причине отсутствия готовых приспособлений, которые необходимы уже на черновых этапах технологических процессов изготовления корпусных деталей, на предприятии наблюдается простаивание партий деталей между операциями, что увеличивает общие затраты времени на изготовление изделия.

В условиях крупносерийного и массового производства для каждой конкретной корпусной детали удобно, а главное рентабельно изготовить оригинальное станочное приспособление. В свою очередь, в условиях мелкосерийного и опытного производства, когда изготавливаются опытные образцы или опытные партии деталей, не прошедших предварительные и приёмочные испытания, спроектировать и изготовить сложное станочное приспособление является не рентабельным и не экономичным. Затраты на проектирование и изготовление приспособления будут включены в себестоимость детали и изделия, а, следовательно, будут увеличивать стоимость готовой продукции и понижать спрос на неё.

В отдельных ситуациях предприятие не успевает изготовить запланированные объёмы продукции в установленные договорами сроки. Чтобы не срывать сроки поставок и не выплачивать штрафные санкции, предприятие вынуждено заказывать готовые детали у сторонних организаций. При входном контроле деталей на рассматриваемом предприятии, изготовленных сторонними организациями, возможны отклонения от чертежей и возникает потребность в доработке. В одних случаях, эти отклонения выполнены предприятием-изготовителем, а в других – по причине изменения контрольных чертежей и конструкции изделия предприятием-заказчиком. Для доработки отдельных корпусных деталей часто требуются специальные приспособления, а их проектирование и изготовление необходимо выполнить в максимально сжатые сроки. В результате на предприятии накладываются двойные затраты на получение готовых деталей.

Большинство предприятий, выпускающих агрегаты авиадвигателей, занимаются ремонтом подобной техники. В отдельных случаях возникает необходимость доработки или изготовления каких-либо деталей ремонтируемого агрегата, а для этого требуется наличие специальных приспособлений.

Применение на предприятии унифицированного оснащения позволяет решать вышеописанные производственные задачи, связанные с изготовлением, доработкой и ремонтом корпусных деталей. Эффективность от применения унифицированного оснащения выражается в сокращении сроков выполняемых работ и экономии финансовых средств.

Также следует отметить ещё один положительный момент от применения унифицированного оснащения, рабочему за станком не требуется посто-

янно изучать новые приспособления и их особенности при обработке новых деталей.

3. Проектирование специализированного станочного приспособления для обработки корпусных деталей на станках токарной группы

В данной части статьи спроектировано специализированное приспособление для обработки корпусных деталей в условиях мелкосерийного производства – унифицированный угольник. Использование приспособления позволяет в короткие сроки выполнить технологическую подготовку производства сложнейших корпусных деталей. При проектировании конструкции и определении рабочих зон приспособления были рассмотрены реальные корпусные детали агрегатов авиадвигателей. При анализе деталей внимание обращалось: на необходимость применения приспособления, габаритные размеры, наружный контур и форма, наличие поверхностей, которые могли бы служить базами и их размеры.

К конструкции приспособления были предъявлены следующие требования:

- 1) приспособление должно быть специализированным, то есть служить для обработки деталей одной квалификационной группы – корпусные детали;
- 2) для применения на станках токарной группы;
- 3) легкопереналаживаемым;
- 4) обеспечивать заданную точность установки детали на данной операции;
- 5) получение высокой производительности при обработке детали и экономической эффективности от применения;
- 6) выполнение условий эксплуатации: соблюдение всех правил охраны труда; обеспечение удобства установки и снятия деталей; обслуживание приспособления и др.
- 7) максимальные размеры заготовок – 160x140x160 мм;
- 8) максимальная масса деталей – до 10 кг;
- 9) масса приспособления до 15 кг;
- 10) точность выполняемых технологических размеров: линейных размеров между осями системы расточек – $\pm 0,05$ мм; линейных размеров между осью расточки и базовой плоской поверхностью – $\pm 0,1$ мм.

Была выбрана конструкция приспособления с условным названием – угольник. Трёхмерная модель приспособления представлена на рис. 2.

Корпус приспособления имеет угловую форму. Такая форма неизбежна, так как часто установочные поверхности находятся с обрабатываемыми по одну сторону от оси вращения шпинделя.

Во всех приспособлениях токарного типа вращение приспособления выдвигает на первый план

условие безопасности работы. Безопасность требует цилиндрической формы корпуса приспособления и желательного отсутствия в конструкции выступающих частей. Это важно, так как выполняя операцию, необходимо наблюдать место обработки. Кроме того такое оформление конструкций уменьшает неудобства, которые может вызвать стружка (разбрасывание, наматывание сливной стружки) и смазочно-охлаждающая жидкость (разбрызгивание).

Учитывая рекомендации справочной литературы и опыт предприятия по проектированию подобных приспособлений, была рассмотрена конструкция уни-

фицированного угольника по основным моментам:

1. Варианты базирования и закрепления на станке:

– в самоцентрирующемся трёхкулачковом патроне со спирально-реечным механизмом по $\varnothing 250$ (рис. 3);

– на малой планшайбе ($\varnothing 250$), закрепление с помощью нормализованных шпилек и гаек через три дуговых паза, выполненных на корпусе угольника (рис. 4);

– на большой планшайбе ($\varnothing 400$), закрепление с помощью нормализованных прихватов (рис. 5);

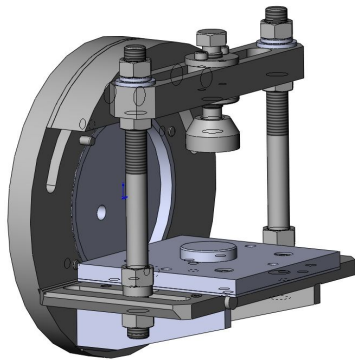


Рис. 2. Трёхмерная модель угольника

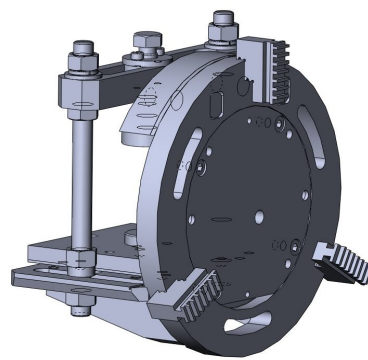


Рис. 3. Установка угольника в трёхкулачковом патроне

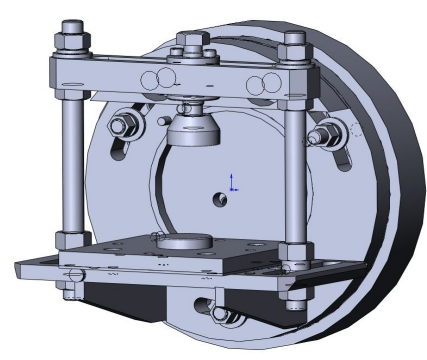


Рис. 4. Установка на малой планшайбе

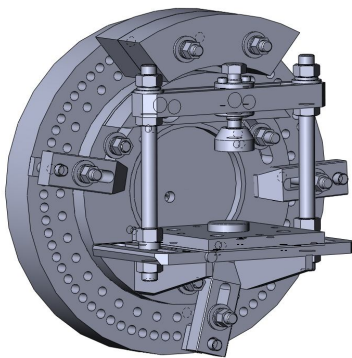


Рис. 5. Установка на большой планшайбе

– на поворотном столе (на координатно-расточных станках);

– на рабочем столе (на фрезерных станках).

2. Варианты базирования детали в приспособлении выполняется по двум установочным элементам: базовому (цилиндрическому) и фиксирующему (ромбическому) пальцам;

3. Варианты закрепления детали в приспособлении:

– через центральную шпильку (при наличии сквозного отверстия в заготовке);

– с помощью универсального ярма (одного или нескольких);

– с помощью специального «кронштейна» (при обработке заготовок высотой более 160 мм);

– специальными прихватами и др.

Приспособление будет вращаться до 600 об/мин. При этом при вращении более 300 об/мин необходимо предусмотреть дополнительные приёмы по достижению уравновешенности (балансировки) приспособления с деталью.

На корпусе предусмотрено место под балансировочные элементы при базировании в трёхкулачковом патроне и на малой планшайбе $\varnothing 250$ (рис. 3 и 4).

При установке на большой планшайбе $\varnothing 400$ балансировка выполняется с помощью универсальных балансировочных элементов, устанавливаемых на планшайбе (рис. 5).

Унифицированный угольник был изготовлен на предприятии и применялся при изготовлении конкретного корпуса. Сейчас приспособление используется при изготовлении других корпусных деталей.

Унифицированный угольник состоит из постоянных, унифицированных и специальных элементов.

При использовании приспособления для обработки конкретной детали необходимо изготовить только комплект унифицированных элементов: сменные вертикальную и горизонтальную накладки, базовый и фиксирующий пальцы. Остальные элементы постоянные. 20% деталей приспособления являются нормализованными. Для изготовления сменных элементов в короткие сроки рассмотрена возможность использования специальных заготовок.

Выводы

Проводились работы по проектированию специализированного станочного приспособления для обработки корпусных деталей. Унифицированный угольник был изготовлен на предприятии и применялся для изготовления конкретной детали. Были рассмотрены варианты базирования и закрепления приспособления на станке, варианты базирования детали и закрепления детали в приспособлении.

Результаты работы нашли применение при разработке технологических процессов на новые корпусные детали. Эффективность от применения унифицированного угольника выражается в сокращении времени на технологическую и производственную подготовку производства, в уменьшении финансовых затрат.

Перспективными направлениями развития пред-

ставленной темы являются вопросы расширения рабочих зон и создание модификаций унифицированного угольника, позволяющих обрабатывать корпусные детали с габаритными размерами $220 \times 180 \times 220$ мм.

Литература

1. *Технология производства авиационных газотурбинных двигателей: учеб. пособие для вузов / Ю.С. Елисеев, А.Г. Бойцов, В.В. Крымов, Л.А. Хворостухин. – М.: Машиностроение, 2003. – 512 с.*

2. *Шманёв В. А. Приспособления для производства двигателей летательных аппаратов / В.А. Шманёв. – М.: «Машиностроение», 1990. – 256 с.*

3. *Фираго В.П. Основы проектирования технологических процессов и приспособлений. Методы обработки поверхностей / В.П.Фираго. – М.: Машиностроение, 1973. – 468 с.*

Поступила в редакцию 18.02.2011

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

ДО ПИТАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТИВ АВІАДВИГУНІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ УНІФІКОВАНОГО ОСНАЩЕННЯ

М.О. Філімошкін, Н.П. Івченко

Розглядаються питання проектування технологічних процесів виготовлення корпусних деталей агрегатів авіадвигунів в умовах дрібносерійного виробництва. Наведено укрупнений поетапний план технологічного процесу виготовлення корпусних деталей. Розглядаються питання ефективності застосування уніфікованого оснащення при виготовленні, доопрацювання та ремонті корпусних деталей. Спроектовано спеціалізоване верстатне пристосування для обробки корпусних деталей на верстатах токарної групи. Розглядаються варіанти базування і закріплення пристосування на верстаті.

Ключові слова: технологічний процес, дрібносерійне виробництво, уніфіковане оснащення, верстатне пристосування, корпусні деталі.

TO THE QUESTION OF DESIGN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF MANUFACTURING OF CASE DETAILS OF UNITS OF AIRCRAFT ENGINES WITH APPLICATION OF THE UNIFIED EQUIPMENT

N.A. Filimoshkin, N.P. Ivchenko

Questions of design of technological processes of manufacturing of case details of units of aircraft engines in conditions of small-lot production are considered. The integrated stage-by-stage plan of technological process of manufacturing of case details is resulted. Questions of efficiency of application of the unified equipment are considered at manufacturing, completion and repair of case details. It is designed specialized machine-tool adaptation for processing case details on machine tools of turning group. Versions of basing and fastening of the adaptation on the machine tool are considered.

Key words: technological process, the small-lot production, the unified equipment, machine-tool adaptation, case details.

Філімошкін Николай Александрович – студент каф. технологи производства двигателей летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», технолог механического цеха государственного предприятия «Харьковское агрегатное конструкторское бюро», Харьков, Украина, e-mail: flatter10@mail.ru.

Івченко Николай Петрович – начальник технологического бюро механического цеха государственного предприятия «Харьковское агрегатное конструкторское бюро», Харьков, Украина.