

УДК 621.452.3

К.Б. БАЛУШОК, А.Ю. БАСОВ, В.А. ПАНАСЕНКО, С.В. ПУТИЛИН*ОАО «Мотор Сич», Запорожье, Украина***ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ СО СЛОЖНЫМ ПРОФИЛЕМ
(МОНОКОЛЁС И ШИРОКОХОРДНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ ЛОПАТОК)
ФРЕЗЕРОВАНИЕМ НА СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ
ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

В данной статье приведены новейшие технологии обработки моноколёс и широкохордных вентиляторных лопаток, применяемые на ОАО «Мотор Сич» и позволяющие преодолеть или же существенно снизить влияние негативных факторов на процесс фрезерования поверхностей со сложным профилем: отжим инструмента, износ дорогостоящих фрез. Указаны режимы резания и специфические особенности черновых, получистовых и чистовых операций, при соблюдении которых достигается наиболее оптимальное качество обработанной поверхности и наименьший износ инструментов, в нашем случае – цилиндрических фрез, оснащенных круглыми твердосплавными пластинами и сферических угловых фрез.

Ключевые слова: лопатка, моноколесо, высокоскоростное фрезерование, режимы обработки, технология механической обработки.

Введение

Современные высокие темпы развития авиадвигателестроения делают его одной из наиболее наукоёмких и проблемных отраслей машиностроения. Проблемы выражены в поиске путей сокращения трудоёмкости обработки деталей из высокопрочных материалов при сохранении заданного качества поверхности (в том числе точности и шероховатости).

Предприятие «Мотор Сич» для решения поставленных задач применяет новейшие технологии обработки поверхностей, современный режущий инструмент и оборудование (в качестве примера можно привести пяти координатные станки фирмы «LIECHT» TURBOBLISK-1500 и трёх координатные центры фирмы «Hugon» K2X20 с системой ЧПУ Sinumeric-840D).

Механическое формообразование поверхностей со сложным профилем (например, моноколёс или широкохордных вентиляторных лопаток) чаще всего осуществляется фрезерованием – одним из наиболее широко-применяемых в промышленности процессом, отличающимся высоким качеством обрабатываемой поверхности и высокой производительностью операции.

Основные проблемы, с которыми сталкиваются специалисты, применяя на практике данный метод обработки поверхностей детали и которые влияют на трудоёмкость и качество результата процесса: объём тела заготовки намного превы-

шает объём готовой детали, отжим инструмента под действием сил резания, быстрый износ инструментов.

Цель работы. Определение наиболее оптимальной технологии механической обработки поверхностей со сложным профилем на примере моноколёс и широкохордных вентиляторных лопаток.

Экспериментальная часть

При черновом фрезеровании лопаток для снятия наибольшего количества материала за единицу времени, что, соответственно, снижает объём работ на чистовых операциях, используются дисковые фрезы, оснащенные твердосплавными пластинами. При этом одной из особенностей обработки сплавов титана является необходимость постоянного контакта твердосплавных пластин с металлом и постоянная погруженность режущей кромки в сплошной металл ниже уровня штамповочной корки. Соблюдение всех вышеперечисленных условий работы инструмента зарекомендовали себя как наиболее целесообразные при обработке широкохордных лопаток и моноколёс, но при обработке последних нужно учитывать особенности конструкции детали, которые не позволяют применить широкие дисковые фрезы, поэтому при черновой обработке моноколёс применяется цилиндрический инструмент. К тому же на черновых переходах используется жёсткий инструмент с минимальным вылетом фрезы, что по-

зволяет минимизировать отжим. И моноколеса и лопатки обрабатываются двумя черновыми операциями – из-за сложной конструкции деталей и наличия так называемых «теневых зон» инструмент не может провести черновую обработку всей детали за одну операцию, поэтому следующая за ней черновая операция проводится по предыдущей схеме после переворачивания заготовки в том же приспособлении.

Режимы обработки широкохордной вентиляторной лопатки при черновом фрезеровании катушечной фрезой фирмы СКИФ МТ200-100В32-Р07РР16 диаметром 100 мм, оснащенной круглыми твердосплавными пластинами из твёрдого сплава НС35:

$V_{рез} = 50$ м/мин;

$F_z = 0,12 - 0,14$ мм/зуб;

$n = 160$ об/мин;

глубина фрезерования – 3 мм;

ширина фрезерования – 40 мм.

Фреза проработала более 120 мин, не достигнув критического износа. Критерием износа пластин служил максимально допустимый износ по задней поверхности пластины – 0,3мм.

Режимы обработки межлопаточного пространства широкохордного моноколеса при черновом фрезеровании:

скорость резания $V_{рез} = 9-17$ м/мин;

подача на зуб $S_z = 0,013-0,016$ мм.

После черновой обработки заготовка принимает форму, близкую к форме готовой детали, что существенно облегчает получистовые и чистовые операции.

Заготовка отправляется на термостабилизацию, по окончании которой осуществляется получистовая и чистовая обработка. Обычно она производится в тех же приспособлениях, что и черновая, с применением высокопроизводительного твердосплавного инструмента с мелкозернистыми марками твердых сплавов, отличающихся высокой износостойкостью (Н10F, НВ30F, SGS и т.д.) в отличие от твердосплавных фрез (к примеру, из ВК8).

Получистовое фрезерование моноколес из-за их тонкостенной формы и малой поперечной жесткости проводится по разработанной схеме обработки, позволяющей существенно снизить упругие деформации тонких участков детали (лопаток): осуществляется «поэтажно» до определенных тех-

нологических границ, устанавливаемых с учетом максимальной высоты обработки.

Используются сферические угловые фрезы с углом конуса – 5 градусов, радиусом при основании – 5 мм.

Режимы резания:

$V_{рез} = 70$ м/мин;

$F_z = 0,06$ мм.

Формообразование лопаток моноколес на чистовых переходах проводится спиральным высокоскоростным фрезерованием, во время которого профиль лопатки создается массивом проходов фрезы с постоянной высотой смещения инструмента. Перемещение фрезы при финишной обработке этих деталей задается так, чтобы инструмент при этом не зарезал тела смежных лопаток.

Режимы резания:

$V_{рез} = 70 - 140$ м/мин;

$S_z = 0,01 - 0,09$ мм.

Заключение

Проведённые исследования работы режущего инструмента и качества обработанных деталей показали, что данная технология обработки поверхностей, имеющих сложный профиль, с применением высокоскоростного фрезерования является перспективной и требует дальнейшего развития и совершенствования.

Применение вышеописанной технологии существенно снижает трудоёмкость предварительных операций и повышает качество обрабатываемых деталей.

Литература

1. *Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД. Лопатки компрессора и вентилятора, часть 1: монография / В.А. Богуслаев, Ф.М. Муравченко, П.Д. Жеманюк и др. – Запорожье: Изд-во ОАО «Мотор Сич», 2003. – 396 с.*
2. *Кривоухов В.А. Обработка резанием титановых сплавов / В.А. Кривоухов, А.Д. Чубаров. – М.: Машиностроение, 1970. – 184 с.*
3. *Богуслаев А.В. Высокоскоростное финишное фрезерование лопаток моноколёс / А.В. Богуслаев, А.Я. Качан, В.П. Карась // Вестник двигателестроения. – 2002. – N 1. – С. 110-111.*

Поступила в редакцию 28.05.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Я. Качан, Запорожский национальный технический университет, Запорожье.

**ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ЗІ СКЛАДНИМ ПРОФІЛЕМ
(МОНОКОЛЕС ТА ШИРОКОХОРДНИХ ВЕНТИЛЯТОРНИХ ЛОПАТОК)
ФРЕЗЕРУВАННЯМ НА ВЕРСТАТАХ З ЧИСЛОВИМ
ПРОГРАМНИМ УПРАВЛІННЯМ**

К.Б. Балушок, О.Ю. Басов, В.О. Панасенко, С.В. Путілін

У даній статті наведені новітні технології обробки моноколес і широкохордних вентиляторних лопаток, застосовувані на ВАТ «Мотор Січ», які дозволяють подолати або ж істотно знизити вплив негативних факторів на процес фрезерування поверхонь зі складним профілем: віджим інструмента, зношування дорогих фрез. Зазначено режими різання й специфічні особливості чорнових, напівчистових і чистових операцій, при дотриманні яких досягається найбільш оптимальна якість обробленої поверхні й найменше зношування інструментів, у нашому випадку - циліндричних фрез, оснащених круглими твердосплавними пластинами й сферичними кутовими фрезами.

Ключові слова: лопатка, моноколесо, високошвидкісне фрезерування, режими обробки, технологія механічної обробки.

**THE TECHNOLOGIES OF PROCESSING SURFACES
WITH THE INDICATE PROFILE
(MONOWHEELS AND WIDECORD VENTILATOR BLADES)
BY MILLING ON THE NUMERICAL CONTROL MACHINE**

K.B. Balyshok, A.Y. Basov, V.A. Panasenko, S.V. Putilin

The newest technologies of processing monowheels and widechord ventilator blades, which are used in OAS “Motor Sich” and which are allowed to overpass or considerably reduce the influence of negative factors on the process of milling surfaces with the intricate profile: repulsion of the instrument, deterioration of expensive mills are shown in this article. There are displayed cutting conditions and specific features rough and finish operations which help to improve quality of milling surface and reduce deterioration of mills in our case – cylindrical mills, which are equipped with round carbide and spherical angle-milling cutter.

Key words: blade, monowheel, high-speed milling, operating mode, technology of tooling.

Балушок Константин Брониславович – зам. головного технолога УГТ ОАО «Мотор Січ», Запорозьке, Україна, e-mail: ugt@motorsich.com.

Басов Алексей Юрьевич – начальник отдела ОАО «Мотор Січ», Запорозьке, Україна, e-mail: ugt@motorsich.com.

Панасенко Валерий Александрович – начальник бюро УГТ ОАО «Мотор Січ», Запорозьке, Україна, e-mail: ugt@motorsich.com.

Путилин Сергей Витальевич – инженер-программист УГТ ОАО «Мотор Січ», Запорозьке, Україна, e-mail: ugt@motorsich.com.