

## Список литературы

1. Пуш А. В. Шпindelные узлы: Качество и надёжность. – М.: Машиностроение, 1992. – 228 с.:ил.

**ОБРАБОТКА ЛОПАСТЕЙ ТУРБИН  
ДЛЯ СУДОВОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Блинков С.С., Линник А.В.

*Комсомольский-на-Амуре ГТУ,*

*Комсомольск-на-Амуре, e-mail: AvKosm@knastu.ru*

Изготовление лопастей турбин для судовой и энергетической промышленности – наиболее трудоёмкая работа, требующая особого внимания и умения. Поскольку долговечная и безопасная работа турбинных установок зависит от точности и качества изготовления всех деталей и узлов, входящих в её конструкцию, то особое внимание во многих отраслях промышленности уделяется доводочным и чистовым операциям. Механическая обработка охватывает область от удаления выступов, закругления острых краев, удаление жира, ржавчины и окалины с металлических деталей по всей длине до блестящей полировки металлических элементов. Для изготовления сложной геометрической поверхности лопаток турбомашин применяют фрезерные станки с числовым программным управлением.

На границе выхода фрезерного инструмента и поверхности обрабатываемого изделия образуются заусенцы, наличие которых в ответственных и быстроходных механизмах не допустимо. Поэтому возникает необходимость в сглаживании поверхностей и полировке лопастей турбин после станочной обработки.

В процессе длительной работы турбинных установок, возникает значительный износ поверхности рабочих лопаток, что связано с наличием агрессивных и абразивных включений в рабочей среде. Износ лопастей в значительной мере оказывает влияние на рабочие характеристики узла и на работоспособность механизма в целом, приводящий, в нередких случаях, к его выходу из строя. Когда речь идет о сложных деталях с высокими требованиями к качеству отделки поверхности, удаление заусенцев и подготовка поверхности могут производиться с использованием различных операций: шлифование, волочение, дробеструйная обработка и другие.

Но, как показала практика, применение сложного и громоздкого оборудования для доводочных операций не всегда оказывается экономически целесообразным. Большинство энергетического оборудования не допускает значительных простоев для проведения ремонтных операций.

Применение станочного оборудования, в нередких случаях, подразумевает демонтаж отдельных узлов оборудования для обработки, а, порой, и транспортировку их к месту обра-

ботки. Поэтому большинство ремонтных работ производится в месте расположения оборудования без демонтажа, либо с частичным демонтажем отдельных его деталей и узлов. Часто это происходит при помощи ручных операций. Прежде всего, качество шлифовки вручную целиком зависит от людей, выполняющих работу, и их физического и душевного состояния. Поэтому удаление заусенцев, шлифовка вручную обычно сопровождаются значительным количеством переделок или даже брака. Ручное удаление заусенцев с рабочей поверхности лопаток турбомашин, в большинстве случаев, заключается в многократном и трудоёмком процессе шлифования с использованием абразивных листов и кругов. Для обработки крупногабаритных лопаток турбомашин применяют ручные электрические машины с абразивными дисками. Для ремонта и обработки малоразмерных и ответственных лопаток турбинных колёс этот способ не является приемлемым. В таких случаях применяют ручное шлифование абразивными листами, что значительно увеличивает время простоя оборудования.

Для снижения трудоёмкости, повышения качества обработки поверхности деталей и повышения экономической эффективности процесса ремонта предлагается использовать вибробезопасные ручные пневмошлифовальные машины с бесконтактными подшипниками на газовой смазке. Применение такого типа шлифовальных машин в составе с качественным и современным абразивным инструментом, позволяет в значительной мере снизить периоды простоя оборудования при ремонте и повысить срок службы обрабатываемых деталей. Вибробезопасные высокоскоростные пневмошлифовальные машины – это новый класс ручных инструментов с улучшенными характеристиками и расширенными технологическими возможностями. Пневмошлифовальные машины неприхотливы к условиям работы – их можно использовать и в сильно загрязнённых, запылённых, загазованных помещениях, в помещениях со взрыво- и пожароопасной атмосферой и в тяжёлых климатических условиях [1]. Сразу же после включения машина готова к использованию. Оператору не нужны особые средства защиты. Его здоровью не угрожают вредные воздействия шума и вибрации. Машина предназначена для точных подгоночных работ; для обработки твёрдосплавных материалов; для доводки изношенных рабочих поверхностей деталей; для обработки стеклопластиков, углепластиков и других труднообрабатываемых материалов; для зачистки сварных швов; для разделки кромок под сварку; для фрезерования пазов различной конфигурации; для обработки заготовок после отливки.

Применение пневмошлифовальных машин позволяет повысить производительность и качество обрабатываемой поверхности при

шлифовании и фрезеровании, снизить затраты на производство, вследствие сокращения норм времени на производство изделий с помощью пневмошлифовальных машин и улучшить условия труда операторов, позволяет производить прецизионную обработку внутренних и наружных поверхностей деталей.

Достижение заданного эффекта осуществляется за счет повышения точности вращения и скорости обработки по сравнению с отраслевыми аналогами. Достоинства пневмошлифовальных машин конструкции КнАГТУ по сравнению с отраслевыми аналогами заключается в следующем: пониженный износ абразивного и фрезерного инструмента благодаря высокой скорости вращения; высокая производительность; высокий ресурс работы пневмошлифовальной машины в связи с отсутствием трущихся деталей; низкий уровень шума и вибрации; высокая чистота обрабатываемой поверхности; неприхотливость к условиям работы; небольшая масса; высокая частота вращения; отсутствие необходимости применения средств защиты оператора; удобство и простота эксплуатации; возможность использования в труднодоступных местах и тесных помещениях; высокая ремонтпригодность; широкий спектр используемого инструмента; уменьшение затрат на покупку абразивного и фрезерного инструмента.

В качестве абразивного инструмента для обработки поверхности лопаток турбин предлагается использовать щётки из абразивного нейлона. Высокоэффективная обработка достигается благодаря твёрдым и острым граням абразивных зёрен, очень гибкой рабочей поверхности и надёжной конструкции щёток. Эти свойства помогают щёткам из абразивного нейлона сглаживать абсолютно равномерно и удалять заусенцы с поверхностей и кромок точно по контурам изделия. Одновременно они могут использоваться в экстремальных рабочих условиях, которые могут возникать при придании профиля изделию, на острых кромках и в труднодоступных местах.

#### Список литературы

1. Космынин А.В. Газовые подшипники высокоскоростных турбоприводов металлообрабатывающего оборудования / А.В. Космынин, В.С. Виноградов. – Владивосток: Дальнаука, 2002. – 327 с.

### РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ НА БЕСКОНТАКТНЫХ ОПОРАХ

Блинков С.С., Тихова М.Е.

*Комсомольский-на-Амуре ГТУ,*

*Комсомольск-на-Амуре, e-mail: AvKosm@knastu.ru*

Производительность, надёжность, высокая точность металлообрабатывающего оборудования является важной проблемой маши-

ностроения. Поэтому к шпиндельному узлу предъявляются высокие требования по обеспечению высокой точности вращения, быстроходности, параметрической надёжности и т.д. Поскольку движение формообразования осуществляется шпинделем и шпиндельными подшипниками, то именно они вносят решающий вклад в выходные характеристики шпиндельных узлов. В современных конструкциях высокоскоростных ШУ применяют опоры качения, гидростатические, гидродинамические, электромагнитные и газостатические подшипники. Каждый из этих типов опор имеет свои преимущества и недостатки. Так, для подшипников качения предельная быстроходность составляет всего  $1,4 \cdot 10^6$  мм мин<sup>-1</sup>. Кроме того, потеря заданной точности вращения наступает после 1000...2000 часов работы ШУ, что связано с износом тел качения и колец подшипников. К изменению точности механообработки ведет также увеличение температуры опор качения [1]. Применение электромагнитных опор ведет к росту стоимости шпиндельного узла из-за необходимости использования сложной электронной аппаратуры и дополнительных периферийных компонентов, а так же не высокой несущей способности [2]. Недостаток опор скольжения с жидкой смазкой (как гидродинамических, так и гидростатических), состоит в значительном выделении тепла в результате относительного скольжения слоёв смазки, поскольку мощность, затрачиваемая на трение, пропорциональна вязкости смазки и квадрату скорости вращения. Шпиндельные газостатические опоры способны развить быстроходность до  $2,5 \cdot 10^6$  мм мин<sup>-1</sup> и обеспечить точность вращения шпинделя, равную 0,02...0,04 мкм. Преимущества высокоскоростных шпинделей на газовых опорах состоит в простоте конструкции и независимости от температурных режимов. Главным недостатком газовых подшипников является невысокая несущая и демпфирующая способность смазочного слоя, что при повышенных силах резания ведёт к снижению точности обработки и возможной потере устойчивой работы подшипника. Поэтому также опоры применяют в малонагруженных ШУ, когда динамические нагрузки малы, а статические регламентированы. Улучшить эксплуатационные характеристики шпиндельных газостатических подшипников можно за счет применения газовых опор с частично пористой стенкой вкладыша, стационарные характеристики которых к настоящему времени исследованы достаточно полно. Поэтому главной задачей усовершенствования бесконтактных опор является разработка комбинированных опор – газоманитных, где недостатки газовых опор (невысокая несущая способность) можно компенсировать магнитными силами, а недостатки магнитных опор (неустойчивое положение и, как следствие сложная система управ-