

УДК 621.923

А.А. ГОРБАЧЕВ

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ"

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ГЛУБИННОГО ШЛИФОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сформулирована проблема необходимости разработки нового оборудования и технологии обработки методом глубинного шлифования плоских и плоско фасонных поверхностей деталей авиационных двигателей из трудно обрабатываемых материалов. Были проведены исследования состояния применяемого оборудования для глубинного шлифования. Получено новое оборудование для обработки плоских и плоско фасонных поверхностей деталей авиационных двигателей при помощи планетарной шлифовальной головки, позволяющей более эффективно и с меньшими трудозатратами вести обработку трудно обрабатываемых материалов.

**Ключевые слова:** глубинное шлифование, технологический процесс, планетарное глубинное шлифование, экономический эффект, труднообрабатываемые материалы.

### Введение

Реализация преимуществ глубинного шлифования возможна при условии создания оборудования для глубинного шлифования.

Специфика глубинного шлифования (ГШ) плоских и плоско-фасонных поверхностей деталей авиационных двигателей из труднообрабатываемых материалов, обусловленная кинематикой и термодинамикой процесса, предъявляет особые требования к оборудованию.

Станки для глубинного шлифования должны быть виброустойчивыми, иметь повышенную мощность главного привода, высокую статическую и динамическую жесткость; особое значение придает-

ся охлаждению опор шпинделя для обеспечения постоянной температуры при вспомогательном (холостом) его вращении и под нагрузкой.

### 1. Формулирование проблемы

Для ГШ используются как универсальные плоскошлифовальные, так и специальные станки. Часто для плоского глубинного шлифования модернизируют плоскошлифовальные станки (например, станок ЗБ722, рисунок 1). При модернизации асинхронный двигатель переменного тока для привода круга заменяют электродвигателем переменного тока (например, 2ПФ-180ГУ4 мощностью 18 кВт для станка ЗД722).

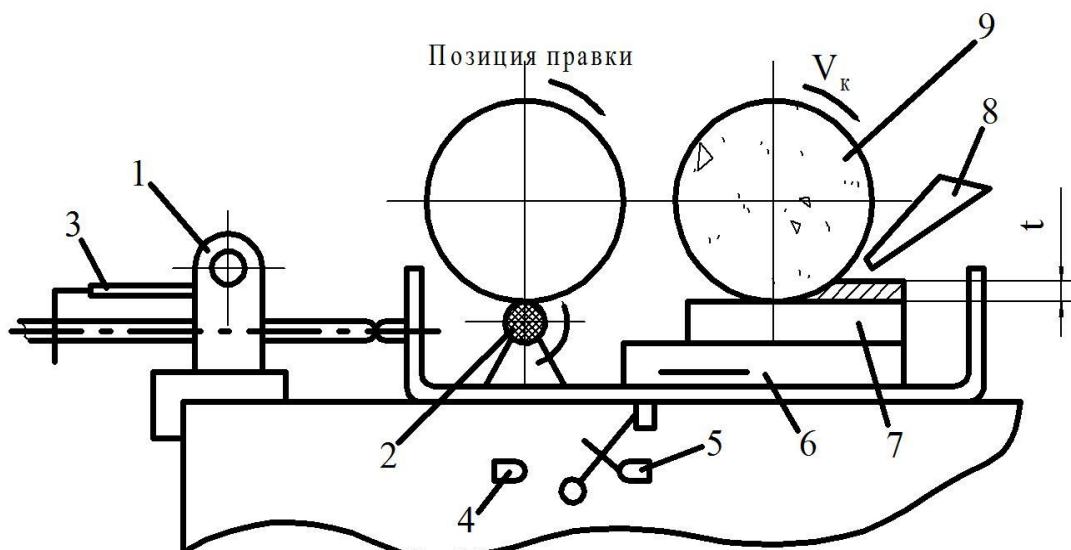


Рис. 1. Схема работы станка ЗБ722:  
1 – редуктор медленной передачи; 2 – алмазный ролик; 3-5 – концевые выключатели;  
6 – приспособление; 7 – деталь; 8 – сопло подачи СОЖ; 9 – шлифовальный круг

Для рабочих перемещений часто используют шаговые двигатели. Применение таких двигателей позволяет увеличить диапазон подач от 1 до 2500 [1]. В качестве приводов продольного перемещения применяют гидросистемы.

Для продольно-профильных станков используют электромеханические приводы, обеспечивающие медленное перемещение стола (20 мм/мин...10 м/мин).

Станки для глубинного шлифования оснащают системами обильного подвода СОЖ в зону шлифования, включающими: холодильные установки, сепараторы, гидроциклоны, центрифуги; кроме того, предусматривают устройства для компенсации изнашивания круга, а на станках для скоростного глубинного шлифования – устройства для балансировки кругов в процессе работы [2, 3]. Данное оборудование не позволяет обработать детали аэрокосмической техники из труднообрабатываемых материалов, потому требует дальнейшего развития.

## 2. Решение проблемы

Дальнейшее совершенствование станков для глубинного шлифования идет по пути разработки новых кинематических схем, а также совершенствования систем управления, как работой отдельных узлов станков, так и процессом резания в целом. В связи с этим отечественное и зарубежное оборудование для глубинного шлифования оснащают устройствами ЧПУ (системы CNC НЦ-31, НЦ-80-31, 2У-85, 2Р-22, 2С-42 и другие), обеспечивающими возможность адаптивного управления, измерения и диагностирования.

Применение данных систем наиболее целесообразно при нестационарном шлифовании, например, заготовок с неравномерным припуском или коротких заготовок. Так, при обработке сравнительно коротких заготовок практически весь цикл обработки состоит из периода врезания и периода выхода шлифовального круга из контакта с заготовкой. При этом изменения объема припуска, снимаемого с обрабатываемой поверхности в единицу времени, тем больше, чем больше заданная глубина шлифования.

Изменение интенсивности съема металла в первую очередь отражается на мощности, потребляемой приводом главного движения и приводом движения подачи заготовки. Характер изменения мощности привода главного движения позволяет судить о напряженности процесса резания. Использование этого параметра в качестве носителя информации в САУ значительно упрощает управление глубинным шлифованием, позволяет разрабатывать САУ и встраивать их в устройства ЧПУ станков для

глубинного шлифования.

Проведенные исследования и практика применения САУ на шлифовальных станках показали, что за счет поддержания постоянной мощности привода главного движения обеспечивается повышение производительности в 1,5...2 раза. При этом уменьшаются погрешности обработки; кроме того, устройство дает возможность оптимизировать глубинное шлифование при изменяющихся условиях обработки.

Станок SS-013 ELB-Schliff (ФРГ) имеет два шпинделя с горизонтальным расположением (рис. 2). За рубежом выпускают двухшпиндельные станки для ГШ, позволяющие обрабатывать деталь одновременно с двух сторон.

Преимуществами одновременной обработки двух противоположных поверхностей являются: экономия времени, высокая степень параллельности и расположения поверхности относительно оси детали.

Обработка производится в автоматическом цикле по заданной программе. Для поддержания постоянной окружной скорости по мере изнашивания кругов предусмотрено автоматическое бесступенчатое регулирование. В качестве привода продольного перемещения стола применяют электромеханический привод, обеспечивающий медленное перемещение стола при шлифовании методом врезания. Профилирование и правка абразивных кругов производится прецизионным алмазным роликом. Круги правятся поочередно при попутном вращении круга и алмазного ролика. Правка происходит при вертикальной замедленной подаче круга.

С аналогичной схемой работы фирмой АВА-Werk выпускается плоскошлифовальный двухшпиндельный станок для глубинного шлифования FUV2-1060NC с числовым программным управлением. Автоматическая правка проводится при попутном вращении кругов и алмазного ролика с реверсом нижнего круга. Правка проводится при перемещении стола с замедленной скоростью. Оба круга правятся одновременно. Скорость вращения кругов при правке – 23 м/с, скорость вращения алмазного ролика – 18,5 м/с. Плавная регулировка скорости стола проводится с помощью потенциометра. Диапазон подач стола (0,165...165)10<sup>-3</sup> м/с.

Для реализации ВСГШ потребовалось еще более мощное и дорогое оборудование. Создается новое поколение прецизионных станков с мощностью привода 20...70 кВт, обеспечивающих скорость резания 180 м/с и скорость съема металла более 100 мм<sup>3</sup>/мм<sup>2</sup>·с. Примерами таких станков могут служить, например, станки модели «SPEED Gut 2000» фирмы CCI, GmbH типа Profimat MT фирмы Blohm, станки модели HEDG Master фирмы Elb-Schliff.

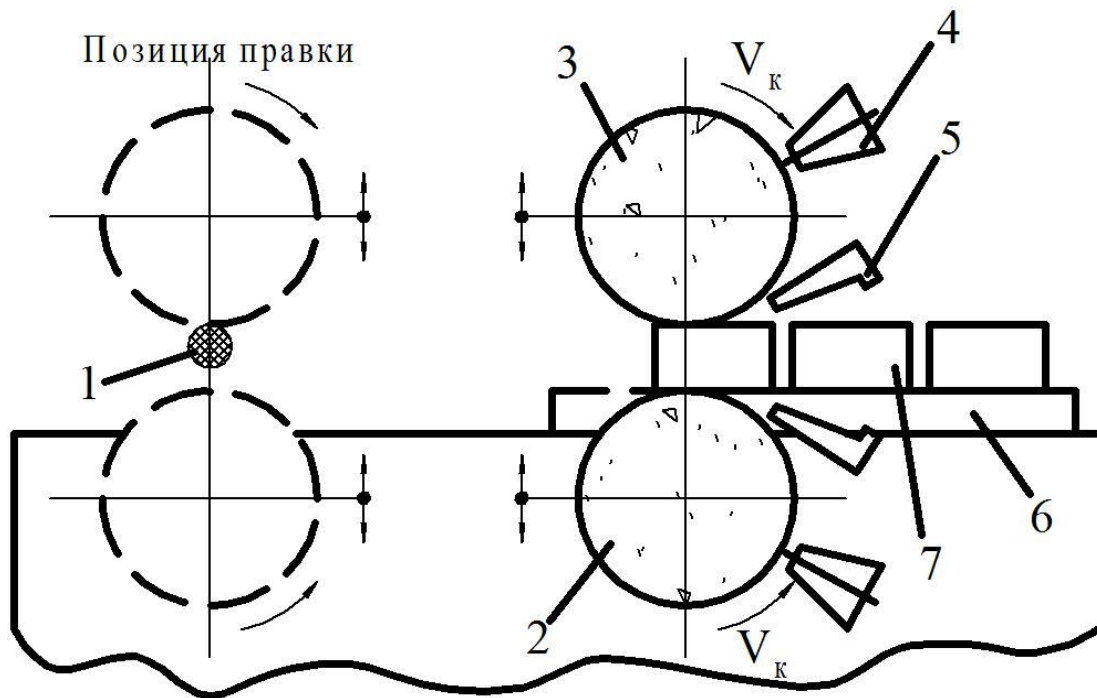


Рис. 2. Схема работы станка SS-013:

1 – алмазный ролик; 2,3 - шлифовальные круги; 4 – сопло подачи СОЖ для очистки круга;  
5 – сопло подачи СОЖ в зону шлифования; 6 - приспособление; 7 – деталь

Совершенные конструкции шпинделей шлифовальных кругов и приводов исполнительных устройств позволяют использовать широкий диапазон режимных параметров от «традиционных» до ГШ и ВСГШ. Станки оснащены многшпиндельными системами ЧПУ на основе персональных компьютеров.

В настоящее время на кафедре «Технологии производства двигателей летательных аппаратов» Национального аэрокосмического университета имени Н.Е. Жуковского «ХАИ» совместно с институтом проблем машиностроения имени А.Н. Подгорного были разработаны способ и устройство для планетарного глубинного шлифования при помощи планетарной шлифовальной головки (ПШГ) [5, 6], устанавливаемой на обычном серийном оборудовании. Применение ПШГ позволяет существенно снизить энергоёмкость процесса, а также температуру, что исключает появления прижогов. А также обеспечивает остаточные напряжения сжатия, что благотворно влияет на эксплуатационные характеристики изделия.

### Заключение

В результате выше приведенных исследований были изготовлены и опробованы в промышленных условиях ПШГ для глубинного шлифования труднообрабатываемых материалов. Что позволило

произвести замену дорогостоящих кругов на обычные круги, вплоть до изношенных кругов из обычных материалов, применения дорогих СОЖ с ПАВ и специальных станков для глубинного шлифования.

### Литература

1. Болонова, Е.В. Силовое и скоростное шлифование [Текст] / Е.В. Болонова // В кн.: Резание металлов, станки и инструмент. - М.: ВИНТИ АН СССР. - 1971. - С. 66-110.
2. Глубинное шлифование деталей из труднообрабатываемых материалов [Текст] / С.С. Силин, В.А. Хрульков, А.В. Лобанов, Н.С. Рыкунов. - М.: Машиностроение, 1984. - 64 с.
3. Силин, С.С. Оптимизация технологии глубинного шлифования [Текст] / С.С. Силин, Б.Н. Леонов. - М.: Машиностроение, 1989. - 120 с.
4. Крымов, В.В. Производство лопаток газотурбинных двигателей [Текст] / В.В. Крымов, Ю.С.Елисеев, К.И. Зудин; под ред. В.В. Крымова. - М.: Машиностроение: Машиностроение-Полет, 2002. - 376 с.
5. Пат. 78872 Украина, В 24 В 1/100. Способ планетарного шлифования / Горбачев А.А., Сурду Н.В., Долматов А.И., Телегин А.В.; заявитель и патентообладатель Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский Авиационный Институт». — № а 2005 04196; заявл. 04.05.05; опубл. 25.04.07, Бюл. № 5. - 3 с.
6. Пат. 91409 Украина, В 24 В 1/100. Устройство

ство и способ планетарного шлифования плоских поверхностей / Куцин М.А., Долматов А.И., Горбачёв А.Ф., Горбачёв А.А.; заявитель и патентообладатель Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский Авиацион-

ный Институт». – № а 2008 11417; заявл. 22.09.08; опубл. 26.07.10, Бюл. № 14. – 3 с.

7. Куцин, М.А. Начало переходной экономики [Текст] / Куцин М.А., В.Ф. Зенковский // От плана – к рынку. – Х.: Прапор, 2000. – Т.1. – 584 с.

Поступила в редакцию 15.05.2012, рассмотрена на редколлегии 29.05.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зам. директора по НИР А.Я. Мовшович, Харьковский НИИ технологий машиностроения, Харьков.

## ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ГЛИБИННОГО ШЛІФУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ З ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

*О.О. Горбачов*

Сформульовано проблему необхідності розробки нового обладнання та технології обробки методом глибинного шліфування плоских і плоско фасонних поверхонь деталей авіаційних двигунів з важко оброблюваних матеріалів. Було проведено дослідження стану обладнання для глибинного шліфування. Отримано нове обладнання для обробки плоских і плоско фасонних поверхонь деталей авіаційних двигунів за допомогою планетарної шліфувальної головки, що дозволяє більш ефективно і з меншими трудовитратами вести обробку важко оброблюваних матеріалів..

**Ключові слова:** глибинне шліфування, технологічний процес, планетарне глибинне шліфування, економічний ефект, важкооброблювані матеріали.

## EQUIPMENT FOR HIGH SPEED DEEP GRINDING PARTS OF DIFFICULT CUTTING MATERIALS

*A.A. Gorbachov*

Presents the problem of the need for new equipment and processing technology by deep grinding flat and flat shaped surfaces of parts of aircraft engines of difficult to cut materials. There have been studies of the use-direct-equipment for deep grinding. Received new equipment for the processing of flat and flat shaped surfaces of aircraft engine parts using a planetary-shaft grinding heads, allowing more efficient and less labor to machine difficult to cut materials..

**Key words:** deep grinding, technological process, the planetary deep grinding, economic effect, difficult to machine materials.

**Горбачев Алексей Александрович** – канд. техн. наук, доцент кафедры технологии производства двигателей летательных аппаратов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.