

## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ

*Копейкина М.Ю., Лавриненко В.И. Институт сверхтвердых материалов  
им. В.Н. Бакуля НАН Украины,*

*Майборода В.С. НТУ Украины «Киевский политехнический институт  
имени Игоря Сикорского», Киев*

*Акулович Л.М. Белорусский государственный аграрный технический университет*

*Лебедев В.Я. Физико-технический институт НАН Беларуси,*

*Худолей А.Л. Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова НАН Беларуси, Минск*

Ведущая роль в интенсификации развития всех отраслей экономики принадлежит машиностроению, которое призвано обеспечить отрасли конкурентоспособными машинами для реализации технологий, направленных на снижение трудовых, материальных и энергетических затрат. Повышение конкурентоспособности производимой продукции является одной из важнейших задач современного машиностроения. Стремление производителей машиностроительной продукции поддерживать ее конкурентоспособность неизбежно приводит к повышению силовых и скоростных параметров машин, технологического оборудования и оснастки.

Возрастающие требования к надежности машин вызывают необходимость совершенствования технологических процессов их изготовления с применением новых финишных методов обработки. Обеспечение высокого качества поверхностей деталей машин технологическими способами является одной из актуальных задач современного машиностроительного производства.

Одним из параметров, характеризующих конкурентоспособность машин и механизмов, является надежность их работы, который всегда лимитируется той или иной деталью или сборочной единицей. Особенно это актуально, если лимитирующий узел работает в условиях воздействия агрессивных сред, без смазки, в контакте с частицами абразивных материалов и др. Поэтому актуальным является повышение ресурса работы деталей машин путем использования новых материалов и инновационных технологий. Обеспечение

надежности изделий с повышенными скоростными и силовыми характеристиками требует совершенствования технологических процессов, обеспечивающих качество поверхностей при их изготовлении. В условиях конкуренции качество продукции должно расти опережающими темпами, а это возможно обеспечить только на основе научных исследований формирования показателей качества различными технологическими методами.

Долговечность деталей во многом определяется состоянием поверхностного слоя, параметры которого формируются на протяжении всего технологического процесса изготовления и стадий эксплуатации машины. Научные исследования П.И. Ящерицына, А.М. Дальского, Э.В. Рыжова, В.М. Смелянского, их коллег и учеников, а также производственная практика показали, что при правильно назначенных режимах обработки на заключительных стадиях технологического маршрута, устраняющих накопленные дефекты на предшествующих операциях, можно значительно увеличить долговечность деталей машин [1].

Современные процессы лезвийной обработки обеспечивают возможность производительного формообразования изделий из различных конструкционных материалов с широким спектром механических свойств, обеспечивая при этом требуемое качество обработанной поверхности. Созданный во второй половине прошлого века класс синтетических сверхтвердых материалов, их бурное развитие в настоящее время позволили разработать режущие инструменты, обеспечи-

вающие финишную обработку деталей из абразивосодержащих полимерных композитов, цветных сталей и сплавов, кремния и германия, закаленных сталей (рис. 1) и высокотвердых чугунов, жаропрочных сплавов и многих других материалов [2].

Среди финишных методов доминирует абразивная обработка, которая нередко является единственно возможным способом обеспечения требуемого качества поверхности деталей. При финишной абразивной обработке важнейшим фактором является возможность управлять контактным взаимодействием частиц абразивного порошка с обрабатываемой поверхностью заготовки. Для этого создаются абразив-содержащие композиты со специальным комплексом физико-механических свойств и инструменты на их основе (рис. 2). Современные алмазно-абразивные инструменты позволяют производительно и с высоким качеством обрабатывать изделия из различных труднообрабатываемых конструкционных материалов, позволяя использовать их в машинах и механизмах, обеспечивая длительный срок эксплуатации и высокую эффективность.

Технологии финишной обработки свободным абразивом в жидкой смазывающей охлаждающей технологической среде и методы управления магнитным полем этой средой в процессах обработки впервые разработаны в Беларуси и на начальных этапах получили наиболее значимое развитие в России и Украине. Магнитно-абразивная обработка (МАО) была предложена Г.С. Шулевым и Е.Г. Коноваловым и непрерывно совершенствовалась Ф.Ю. Сакулевицем, Л.М. Кожуро, Н.Я. Скворчевским, Ю.М. Бароном, И.А. Сенчило и многими другими.

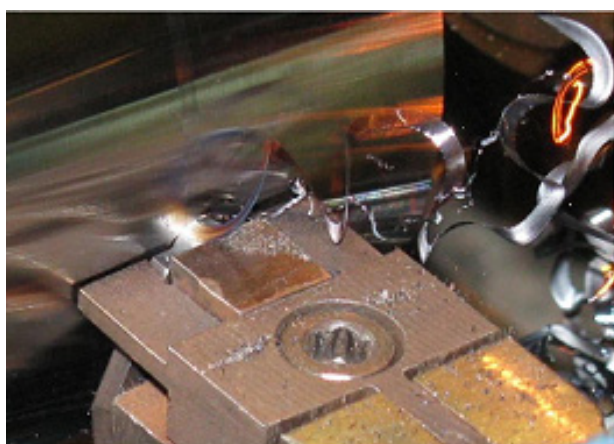


Рис. 1. Обработка детали из закаленной стали резцом с рабочей частью из сверхтвёрдого композита «борсинит»



Рис. 2. Алмазно-абразивные инструменты

Магнитно-абразивная обработка совмещает достоинства процессов резания, электроэрозионной и электрохимической обработки [4]. Для ее реализации не требуется изготавливать профилирующий абразивный инструмент, а также периодически его править. Процесс протекает без прямого контакта инструмента с заготовкой. Под действием магнитного поля частицы незакрепленного абразива ориентируются наибольшей осью перпендикулярно обрабатываемой поверхности. В результате частицы незакрепленного абразива под действием магнитного поля по мере износа переориентируются в направлении, перпендикулярном обрабатываемой поверхности, а процесс микрорезания производится постоянно-обновляющимися острыми кромками (рис. 3).

Разработка магнитореологического полирования начиналась З.П. Шульманом, В.И. Кордонским, Л.К. Глебом, Г.Р. Городкиным и другими, и на настоящий момент, несмотря на повсеместное распространение этой технологии, в Беларуси ведущий центр по производству оборудования.

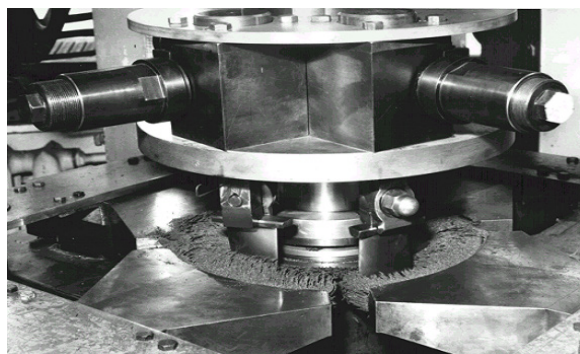


Рис. 3. Установка для МАО лопаток ГТД

Магнитореологическое полирование, используемое в качестве среды магниточувствительные неколлоидные жидкости, является одним из наиболее перспективных направлений прецизионной обработки поверхностей [5]. В его основе лежит эффект левитации немагнитных тел в магнитной жидкости (рис. 4). Магниточувствительную жидкость, в которую вводят частицы абразивного материала, помещают в зону обработки и воздействуют на нее неоднородным магнитным полем с градиентом, направленным от поверхности обрабатываемой детали. Частицы абразивного наполнителя, испытывая магнитное давление, всплывают к движущейся поверхности полируемой детали и прижимаются к ней.

Перспектива методов финишной обработки поверхностей изделий сопряжена со стабилизацией параметров ориентированного абразивного резания и полирования при обработке различных участков. Для этого необходимо решать проблемы управления формообразующими параметрами рабочих технологических сред и целенаправленно изменять давление частиц порошка на обрабатываемую поверхность. При этом, нужно понимать, что набор технологий финишной обработки в каждом случае обусловлен требованиями к обрабатываемой детали с учетом того, что параметры состояния поверхностного слоя, сформированные на предыдущей операции, являются для последующей операции такими же технологическими факторами, как и условия формообра-

зования – режимы резания, параметры физико-технического воздействия, наличие технологической среды и т.д.

Основа для разработки новых и совершенствования существующих технологий – изучение процессов обработки, как с точки зрения создания материалов для инструментов и самих инструментов, исходя из понимания закономерностей в зоне обработки, так и управления закономерностями процесса обработки для обеспечения высокой производительности, длительной работоспособности инструмента, ресурсосбережения, состояния поверхностного слоя на основе представлений о структуре и свойствах инструментального и обрабатываемого материалов, изучение их неизбежной трансформации и структурной приспособляемости под воздействием термобарических факторов, сопровождающих процесс формообразования деталей.

Современные технологии механической и физико-технической обработки – неотъемлемая часть промышленного производства, потенциальные возможности которых изучены и используются недостаточно. В процессе обработки можно, зная основные закономерности протекающих в зоне обработки процессов, не только сохранить свойства обрабатываемых материалов, и, используя принципы технологического обеспечения качества и технологической наследственности, усилить их, обеспечивая тем самым требуемые свойства деталей машин.

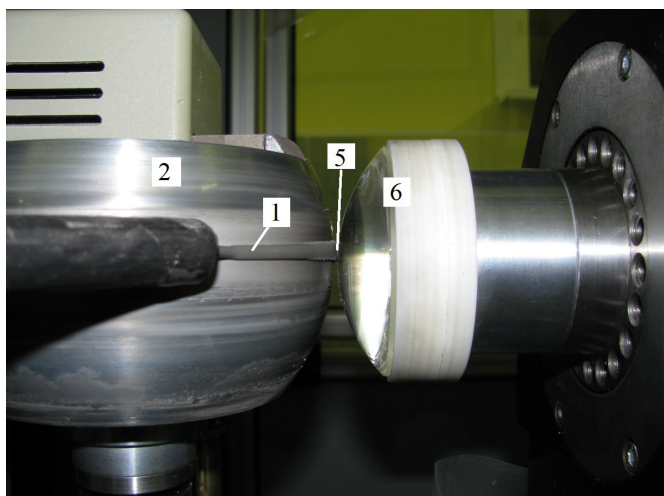
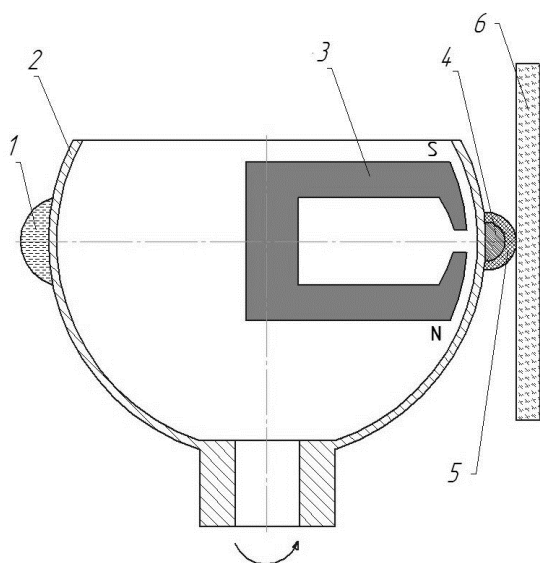


Рис. 4. Схема модуля полирования:

1 – жидкость вне действия магнитного поля; 2 – опорная поверхность; 3 – магнитная система; 4 – жидкость в магнитном поле; 5 – абразив; 6 – обрабатываемая деталь



Совершенствование технологий механической и физико-технической обработки нуждается в объединении материаловедческих представлений об эффективных структурах и оптимальных свойствах инструментальных и обрабатываемых материалов с развитием представлений о закономерностях процессов вдавливания припуска и формообразования. Основу такого подхода составляют современные знания о механике, теплофизике, кинетике, термодинамике и физикохимии контактного взаимодействия в зоне обработки с учетом действия окружающей среды. Они базируются на положениях теории резания, высокотемпературного структурообразования, вычислительной термодинамики, представлениях о возможностях управления технологическими параметрами, диагностики *in situ*, анализе состояния поверхностного слоя обработанных изделий. К анализу целесообразно привлечь современные синергетические представления о сложных процессах в открытых системах.

Количественное описание текущего физико-химического и механического состояния инструментального и обрабатываемого материалов в

контактной зоне для конкретных условий процесса обработки, изучение эволюции и возможности трансформации поверхностей инструмента в контактной зоне под действием термобарических условий, характерных для каждой конкретной технологии формообразования, составляют фундаментальную основу совершенствования рабочих инструментов и процессов механической и физико-технической обработки, используется в мотивации выбора или создания инструментальных материалов, конструкций инструментов.

Знание основных закономерностей процессов, имеющих место в зоне обработки, с учетом принципов технологического обеспечения качества и технологической наследственности, позволяет использовать в деталях машин самые современные конструкционные материалы с высокими потенциальными свойствами, формировать в поверхностном слое деталей требуемое состояние, обеспечивая тем самым их эксплуатационные свойства. Для этого, прежде всего, нужно рассматривать проблему создания технологий механической и физико-технической обработки как актуальную задачу современного материаловедения.

#### *Список использованных источников*

1. Технологические и эксплуатационные методы обеспечения качества машин / Под общ. ред. П.А. Витязя. – Мн.: Беларус. наука, 2010. – 110 с.
2. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под. ред. Н.В. Новикова, С.А. Клименко. – М.: Машиностроение, 2014. – 608 с.
3. Лавриненко, В.И. Инструменты из сверхтвердых материалов в технологиях абразивной и физико-технической обработки / В.И. Лавриненко, В.Ю. Солод. – Каменское: ДГТУ, 2016. – 529 с.
4. Акулович, Л.М. Основы профилирования режущего инструмента при магнитно-абразивной обработке / Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев. – Минск: БГАТУ, 2014. – 279 с.
5. Высокоточная обработка поверхностей материалов с использованием магнитореологических жидкостей / А.Л. Худoley [и др.] // Наука и инновации. – 2015. – № 6. – С. 20–23.