

УДК 621.793.79

## ПРИМЕНЕНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ АЛМАЗОПОДОБНЫХ ПОКРЫТИЙ В КАЧЕСТВЕ ЭФФЕКТИВНОГО ИНСТРУМЕНТА СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИЗДЕРЖЕК ПРЕДПРИЯТИЙ

А. И. ШАПОВАЛОВ, А. В. МАКАРОВ

Старооскольский технологический институт им. А. А. Угарова (филиал)  
Национального исследовательского технологического университета «МИСиС»  
Старый Оскол, Россия

В сложившейся сложной экономической ситуации для предприятий РФ и Беларуси остро встает вопрос снижения производственных издержек. Возникает необходимость уменьшить операционные затраты, в частности, снизить расходы на приобретение и восстановление работоспособности инструмента и оснастки. Одним из эффективных методов повышения ресурса является нанесение различных функциональных покрытий. К таким методам можно отнести: электродуговую наплавку, напыление, электроискровое легирование, вакуумные физические и химические методы осаждения из паровых фаз нитридов, карбонитридов, алюмокарбонитридов тугоплавких материалов, ионную имплантацию и др.

Анализ показывает, что при всех своих преимуществах эти методы обладают рядом факторов, которые сдерживают их применение. В частности, повышенные температуры нанесения, что может привести к короблению инструмента и оснастки; наличие сложных вакуумных систем, повышающих стоимость владения данным оборудованием; наличие камер, что ограничивает габариты и массу упрочняемых изделий; необходимость дополнительной подготовки поверхности перед нанесением покрытий и последующей механической обработки; необходимость внесения изменений в технологический процесс изготовления или восстановления работоспособности, учитывающие наличие припуска, требования по скруглению кромок и т. д.

В большей степени от данных недостатков свободна технология, основанная на применении плазменных методов нанесения покрытий в безвакуумных средах. В результате протекания плазмохимических реакций в дуговом плазматроне на поверхности формируется аморфное упрочняющее алмазоподобное нанопокрытие. Для формирования покрытия в плазменную струю доставляются реагенты, содержащие в ионизированном или атомарном состоянии систему Si-O-C-B-N. На полированной поверхности получаемое покрытие имеет вид тонкой пленки толщиной 2 мкм, которое при изменении освещения и угла зрения имеет вид цветов побежалости. При этом процесс нанесения является низкотемпературным, поверхность покрываемой детали не нагревается выше 100 °С...120 °С. Покрытие наносится без использования камер и вакуума.

Таким образом, при применении данной технологии отсутствует ряд недостатков, которые присущи другим технологиям: отсутствует перегрев инструмента и оснастки; нет сложных вакуумных систем; покрытие не требует дополнительной подготовки поверхности и учета толщины его на припуск, т. к. его толщина в большинстве случаев находится в пределах допусков; не требуется механическая обработка после нанесения покрытия.

Формируемое покрытие имеет высокие эксплуатационные характеристики: микротвердость до 52 ГПа, способность кратковременно эксплуатироваться без окисления при температуре до 1100 °С, низкий коэффициент трения (например, равный 0,07 по стали ШХ15), высокие антиадгезионные и барьерные свойства.

Анализ результатов испытаний и внедрения данной технологии на предприятиях РФ показал высокую эффективность и подтвердил следующие эксплуатационные свойства.

1. При обработке концевыми твердосплавными фрезами лопаток газовых турбин и авиадвигателей, изготавливаемых из сплавов ВТ3-1, ХН45МВТЮБР-ИД (ЭП718-ИД), ВТ8М-1, эксплуатационный ресурс фрез повысился от 2,9 до 4 раз.

2. Стойкость протяжек, изготовленных из стали ЭП863МП, при протягивании пазов в деталях из жаропрочных материалов повысилась более чем в 2 раза. При этом длина протяжек более 1 м. Конструкция их предполагает клеевое соединение режущей части с основой. Нанесение покрытия проводилось без разборки клеевого соединения.

3. Стойкость фасонных твердосплавных фрез при обработке алюминиевых деталей увеличилась более чем в 4 раза при одновременном исключении брака от наростообразования обрабатываемого материала на режущих кромках инструмента.

4. После нанесения покрытия на кромки пуансонов и матриц обрезных и вырубных штампов, их стойкость при применении на поковках из высоколегированных сталей увеличилась в 3,3 раза.

5. При формировании на гибочном штампе изделия «Лепесток смесителя» из аустенитных никель-хромовых жаропрочных сплавов стойкость штампа после нанесения покрытия увеличилась в 8 раз.

6. При проведении операции вытяжки гильз патронного производства из биметаллических лент (латунь–сталь) пуансонами из стали У10А нанесение покрытия позволило увеличить их ресурс в 2,2 раза.

Приведенные результаты испытаний подтверждены документально.

Таким образом, применение технологии безвакуумного плазменного нанесения упрочняющего алмазоподобного нанопокрyтия системы Si-O-C-B-N является эффективным методом, повышающим ресурс эксплуатации инструмента и оснастки, который, в конечном итоге, ведет к снижению производственных затрат предприятий.