

## ТЕХНОЛОГИЯ СОВМЕЩЕННОГО МАГНИТНО-ДИНАМИЧЕСКОГО НАКАТЫВАНИЯ В АКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Довгалев А. М., канд. техн. наук, доцент  
*Белорусско-Российский университет*

**Аннотация.** Разработка инновационных методов отделочно-упрочняющей обработки поверхностей деталей машин является актуальной задачей. В работе представлена технология отделочно-упрочняющей обработки, при которой на поверхность ферромагнитной детали одновременно воздействуют концентрированным потоком энергии вращающегося магнитного поля и колеблющимися деформирующими шарами, осуществляющими многократное импульсно-ударное деформирование. При этом упрочняющую обработку производят в активной технологической среде, в качестве которой используют смесь, состоящую из ультра- или мелкодисперсных порошков мягких металлов или их соединений и веществ, восстанавливающих металлы и активизирующих процесс растворения химически стойких окислов.

Проведенные в работе исследования микроструктуры упрочненных стальных образцов, шероховатости поверхности, результаты рентгеноструктурного анализа, триботехнические испытания позволили выявить преимущества разработанной технологии поверхностной модификации ферромагнитных деталей.

**Ключевые слова:** накатывание; активная технологическая среда; комбинированный инструмент; импульсно-ударное деформирование; износостойкость.

Разработка инновационных методов и технологий отделочно-упрочняющей обработки поверхностей деталей, обеспечивающих существенное повышение их износостойкости, является важной технологической задачей.

Высокий научный и практический интерес вызывает разработанная технология упрочняющей обработки поверхностей ферромагнитных деталей совмещенным магнитно-динамическим накатыванием (МДН) в активной технологической среде.

В соответствии с технологией упрочняющую обработку осуществляют в активной технологической среде и воздействуют на упрочняемую поверхность ферромагнитной детали (далее детали) деформирующими шарами, получающими энергию для многократного



импульсно-ударного деформирования от периодически действующего магнитного поля инструмента. Одновременно на деталь воздействуют вращающимся магнитным полем с индукцией 0,05–1,20 Тл, силовые линии которого располагают вдоль обрабатываемой поверхности. В качестве активной технологической среды используют смесь, состоящую из ультра- или мелкодисперсных порошков мягких металлов, или их соединений и веществ, восстанавливающих металлы и активизирующих процесс растворения химически стойких окислов.

Для реализации технологии применительно к упрочнению внутренних и наружных поверхностей вращения, а также плоских поверхностей ферромагнитных заготовок на станках токарной и сверлильно-фрезерно-расточной групп, спроектированы прогрессивные конструкции комбинированных инструментов с магнитной системой на основе постоянных магнитов из редкоземельных материалов.

Разработана динамическая модель процесса совмещенного МДН в активной технологической среде, учитывающая динамические параметры технологической системы, в том числе жесткость связи деформирующих шаров с магнитной системой инструмента, позволяющая определять требуемые характеристики источников магнитного поля комбинированного инструмента.

Выполнены экспериментальные исследования характеристик магнитной системы комбинированного инструмента и определена величина индукции магнитного поля в кольцевой камере в зоне расположения деформирующих шаров.

Разработаны и испытаны разновидности активных технологических сред для осуществления технологии комбинированной модификации.

Проведенные исследования микроструктуры упрочненных стальных образцов показали, что технология совмещенного МДН в активной технологической среде относится к нанотехнологиям поверхностной модификации и позволяет получить модифицированный поверхностный слой глубиной 13–14 мкм, состоящий из упрочненного твердосмазочного покрытия толщиной 1,7–3,6 мкм, и расположенных ниже в основном материале образца наноструктурированного слоя высотой 3,0–4,5 мкм (с размером субзерен до 100 нм) и упрочненного слоя высотой 4,9–8,5 мкм (с размером субзерен более 100 нм). Состав получаемого на поверхности ферромагнитных деталей твердосмазочного покрытия зависит от компонентов применяемой активной технологической среды.



Представлены исследования влияния количества рабочих ходов инструмента на толщину формируемого твердосмазочного покрытия. Анализ результатов исследования показал, что наибольшая толщина твердосмазочного покрытия формируется на поверхности стальных заготовок при осуществлении первых трех рабочих ходов инструмента.

Результаты рентгеноспектрального микроанализа упрочненных стальных образцов позволили выявить в упрочненном наноструктурированном поверхностном слое основного материала увеличение содержания углерода, а в твердосмазочном покрытии – наличие меди.

Предложена физическая модель формирования в поверхностном слое ферромагнитной заготовки совмещенным МДН в активной технологической среде мелкодисперсной субзеренной структуры.

Получены зависимости шероховатости поверхности заготовок, упрочненных совмещенным МДН в активной технологической среде от режимов процесса комбинированной модификации.

Исследовано влияние режимов процесса совмещенного МДН в активной технологической среде на характеристики микрорельефа упрочняемой поверхности заготовок.

Определены рациональные режимы совмещенной упрочняющей обработки для достижения минимальной шероховатости поверхности заготовок из стали 45 (30–35 HRC).

Установлено, что совмещенное МДН в активной технологической среде позволяет обеспечить снижение шероховатости поверхности стальных заготовок (по параметру Ra) с 1,60–0,16 до 0,20–0,08 мкм.

Выявлено, что предложенная технология упрочнения обеспечивает повышение маслоемкости поверхности стальных заготовок.

Триботехнические испытания показали, что разработанная технология совмещенного МДН в активной технологической среде позволяет:

- снизить коэффициент трения скольжения поверхности образцов в 1,3-1,5 раза;
- повысить износостойкость поверхностей стальных заготовок в 4,9 раза.