

УДК 621.9.02

Кинденко Н. И.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СМАЗОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

В настоящее время в теоретических работах и практике машиностроения получают развитие вопросы, связанные с технологическим упрочнением поверхностных слоев инструмента и изменением их свойств в нужном направлении.

Причины отказов инструментов чаще всего связаны не с их поломкой, а с утратой ими своей первоначальной поверхностной конфигурации вследствие износа, сколов, смятия, растрескивания, т. е. в связи с разрушением или деформации тонких поверхностных слоев металла [1].

Улучшение качества инструментов можно достичь легированием материалов, а также с применением всех известных механизмов объемного упрочнения при термической обработке. Значительные успехи достигнуты в области упрочнения инструмента поверхностными и объемными покрытиями, в частности, вакуумно-плазменными и обработкой инструмента в импульсном магнитном поле [2].

Однако эти перспективные способы повышения износостойкости инструмента в сочетании с антифрикционными покрытиями не находят пока еще широкого применения для инструментов в связи с отсутствием надлежащих исследований физической сущности процесса трения в тяжелых условиях контакта инструмент-деталь [3].

Вместе с тем пока еще нет и единого, всесторонне подтвержденного взгляда на причины, вызывающие изменение эксплуатационных свойств режущего инструмента в результате воздействия импульсного магнитного поля с последующим нанесением антифрикционных покрытий.

Целью работы является на базе известных теоретических представлений проанализировать возможность применения антифрикционных материалов, как однокомпонентных смазок, некоторых видов поверхностно-активных веществ, для инструментов, обработанных в импульсном магнитном поле.

Теория смазочного действия антифрикционных покрытий основывается на данных внутреннего строения, физико-химическом взаимодействии отдельных компонентов, входящих в покрытие, с материалом инструмента, обрабатываемым материалом и внешней средой.

Наибольшее значение в качестве смазочных веществ приобрели поверхностно-активные вещества, и сложные твердые материалы, обладающие вследствие своей кристаллической структуры низким коэффициентом трения.

Были рассмотрены смазки, обладающие хорошей антифрикционностью с соответствующей структурой кристаллической решетки, высокой термостойкостью, высоким сопротивлением тангенциальным нагрузкам и, кроме того, достаточной сцепляемостью с поверхностью инструментальных сталей и сплавов.

Эпиллирующий состав представляет собой прозрачную, бесцветную, негорючую, нетоксичную, пожаро-взрывобезопасную жидкость с плотностью 1,57 г/см³.

Раствор содержит 99,5 % хладона 113, остальное – добавка поверхностно-активного вещества. Температура кипения раствора 47 °С. Пленка ПАВ, образующаяся на твердой поверхности инструмента, термостабильна до температуры 400 °С, не растворяется в известных используемых растворителях.

Технологические твердые смазки представляют собой связывающую основу, в состав которой в определенном соотношении введены, антифрикционные и адгезионные компоненты, а также ряд поверхностно-активных веществ.

На поверхности инструмента, погруженного в эпиламирующий состав, адсорбируются поверхностно-активные вещества в виде мономолекулярного или близкого к нему слоя. Поверхностно-активные вещества имеют молекулы с ассиметричным строением, состоящие из полярных и неполярных частей. Полярные группы образуют на поверхностях твердого тела прочно связанные с ним ориентированные слои.

Адсорбированный слой образуется тем интенсивнее, чем большим сродством с металлом обладают молекулы ПАВ. Физические свойства тонких поверхностных пленок, адсорбированных на твердых телах, сильно отличаются от обычных свойств жидкости. Они приближаются к свойствам твердых тел. Молекулы пленки, располагаясь в определенном порядке, образуют как бы кристаллическую решетку. При этом образуется чрезвычайно прочная связь между поверхностью твердого тела и адсорбированным слоем.

Образовавшаяся пленка предохраняет рабочую поверхность инструмента и обрабатываемой детали от непосредственного контакта, что способствует значительному снижению сил трения и поверхностной энергии в процессе обработки. Эпилам прочно удерживается на поверхности, обладает высокими антифрикционными свойствами, предотвращает развитие микротрещин, повышает усталостную прочность и износостойкость.

Однако в условиях интенсивной пластической деформации, высоких зонных температур и удельных давлений на инструмент, применение эпиламирования ограничено низкой термостойкостью молекул смазочной композиции эпилама. Это обусловлено тем, что переходной слой твердой фазы, на поверхности которого молекулы адсорбируются и внутрь которого они проникают, обладают недостаточной физико-химической активностью.

С целью повышения эксплуатационной надежности и долговечности антифрикционных слоев и, исходя, из физических свойств эпиламы было предложено операцию обработки эпиламирующим составом вести на инструменте, предварительно обработанным импульсным магнитным полем.

После обработки импульсным магнитным полем в инструментальном материале происходят изменения, как в кристаллической решетке матрицы, так и в карбидной фазе.

Обработка режущего инструмента в постоянных и переменных магнитных полях может привести к повышению стойкости режущего инструмента, не зависимо от его магнитного состояния. Это объясняется воздействием магнитного поля на структурное изменение состояния быстрорежущей стали. В этом случае происходит распад остаточного аустенита в поверхностном, вторично закаленном слое быстрорежущей стали.

Атермическое мартенситное превращение возникает в результате увеличения амплитуды колебаний кристаллической решетки аустенита, которые стремятся превратить ее в решетку мартенсита. Под воздействием импульсного магнитного поля возбуждение вызвано изменением направления спиновых моментов электронов, в том числе в ядрах дислокаций, что сопровождается появлением упругих напряжений магнотриксционной природы и активацией дислокационных процессов.

Релаксационный процесс в условиях ускоренной диффузии протекает в инструментальном материале после воздействия поля при комнатной температуре и переводит систему дефектов структуры в квазиравновесное состояние, которое характеризуется новым распределением дефектных комплексов и пониженным уровнем внутренних напряжений.

Нанесение твердых технологических смазок на инструмент способствует улучшению обрабатываемости материалов и режущих свойств используемого инструмента. Механизм действия твердых технологических смазок обуславливается, с одной стороны, физическими явлениями адсорбции, диспергирования, пластифицирования и адгезии, с другой – химическими превращениями, протекающими в тонких поверхностных слоях контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью.

Нанесение антифрикционного покрытия на рабочую поверхность инструмента после его обработки в импульсном магнитном поле, способствует тому, что адсорбируясь на твердой поверхности в виде тонкого слоя, антифрикционная смазка резко снижает микротвердость,

поверхностные напряжения, а, следовательно, и поверхностную энергию. Это вызвано тем, что при импульсных электромагнитных воздействиях переходной слой твердой фазы становится более активным в физико-химическом отношении, с увеличением энергии воздействия молекул смазок с адсорбентом увеличивается прочность антифрикционного покрытия.

Имеющиеся данные свидетельствуют, что сверла, обработанные в импульсном магнитном поле и применение твердых смазок, замедляет развитие износа передней и задней поверхностей инструмента (рис. 1). Отмечено практически полное отсутствие проточин и усов у краев контактных площадок инструмента, где наиболее сильно реализуются химико-окислительные виды износа. Отсутствие дополнительных очагов износа у краев контактных площадок сверла положительно влияет на стойкость сверла, так как при этом устраняются источники интенсивного трения и тепловыделения.

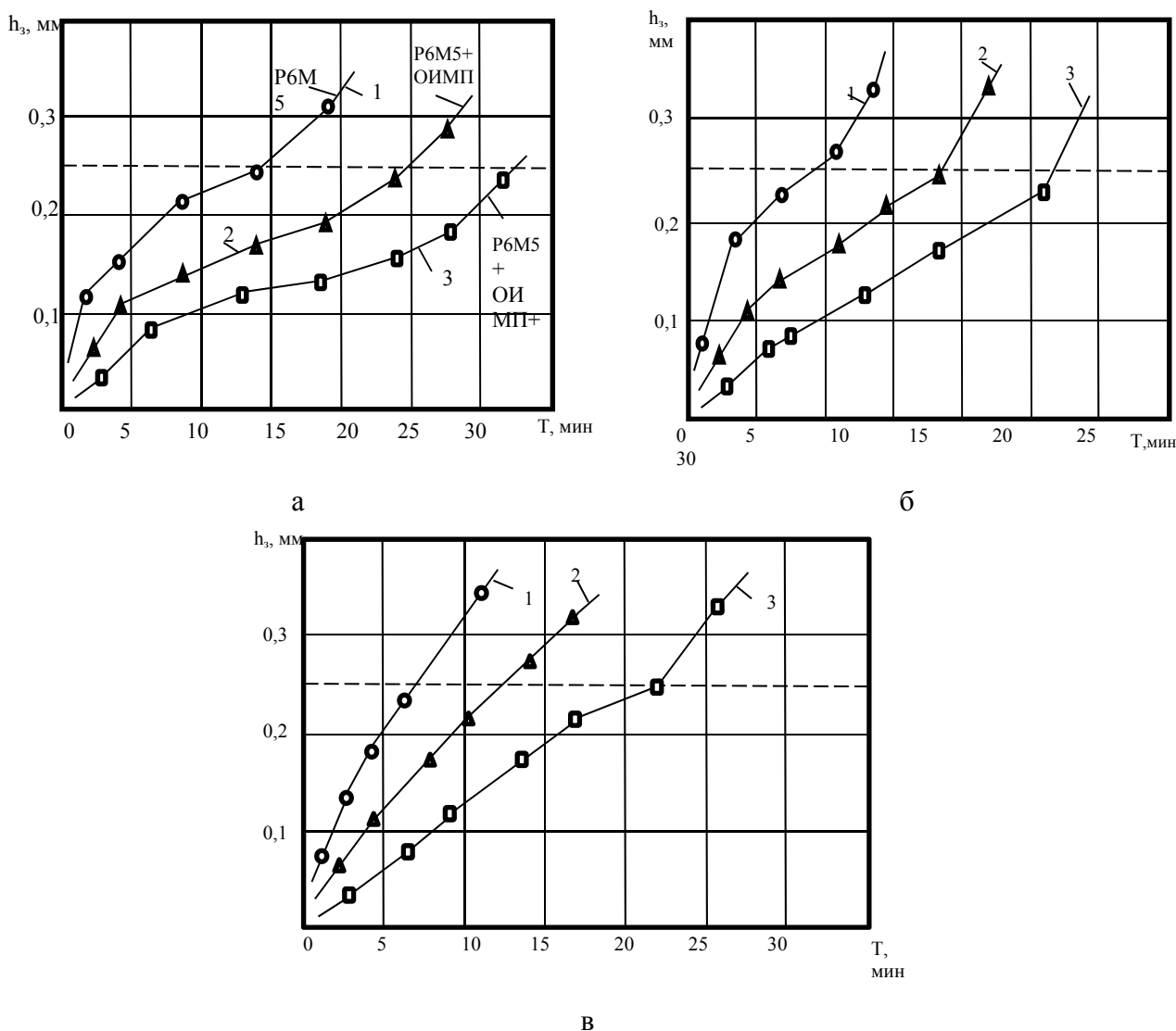


Рис. 1. Зависимость износа задней поверхности сверл Р6М5 от времени работы при $S = 0,14$ мм/об:
 а – $V = 4,8$ м/мин; б – $V = 6,5$ м/мин; в – $V = 8,6$ м/мин

Анализ зависимостей $h_3 - T$ для сверл из быстрорежущей стали Р6М5 показывает, что с увеличением скорости резания стойкость инструмента обработанного импульсным магнитным полем с последующим нанесением твердых технологических смазок становится заметно больше по сравнению со стойкостью сверл при обычном сверлении.

Одновременное рассмотрение соотношения времени работы сверл обработанного импульсным магнитным полем и примененных твердых смазок до разрушения к периоду стойкости сверл показало, что непосредственной причиной роста эффективности такого инструмента из быстрорежущей стали на больших скоростях резания является резкое увеличение этого соотношения по мере роста скорости резания.

Импульсное магнитное поле, взаимодействуя с материалом детали, изменяет ее тепловые и электромагнитные свойства, улучшает структуру и эксплуатационные характеристики, что положено в основу технологии магнитного упрочнения.

Первопричиной улучшения эксплуатационных характеристик инструмента, подвергнутого магнитной обработке, является изменение свойств инструментального материала. Оно происходит за счет магнитострикционного упрочнения быстрорежущей стали, что выражается в повышение ее теплостойкости.

Из рис. 2 следует, что с увеличением напряженности магнитного поля, в котором проводилась обработка инструмента, возрастало, и значение твердости и теплостойкости стали Р6М5К5.

Одновременно с тепловыми процессами за счет импульсного магнитного поля в металле происходит полярная ориентация спинов электронов атомов, расположенных в области контакта кристаллитов и зерен сплавов, вследствие чего улучшаются механические свойства материала.

Время выдержки инструмента в процессе магнитной обработки является важным элементом режима магнитной обработки. Для быстрорежущих сталей достаточно времени воздействия магнитного поля в течение 60 с, чтобы достичь наибольшего увеличения твердости материала (рис. 3).

Повышение стойкости инструмента происходит не за счет недостатков термической обработки, а за счет улучшения свойств инструментального материала и в первую очередь таких эксплуатационных свойств как твердость и теплостойкость.

Процесс магнитнодисперсионного твердения протекает не мгновенно, а через некоторое время после операции магнитной обработки, чтобы стабилизировать новые свойства инструментальной стали.

Для завершения внутренних процессов, связанных с рассеиванием электромагнитной энергии в материале детали необходимо время.

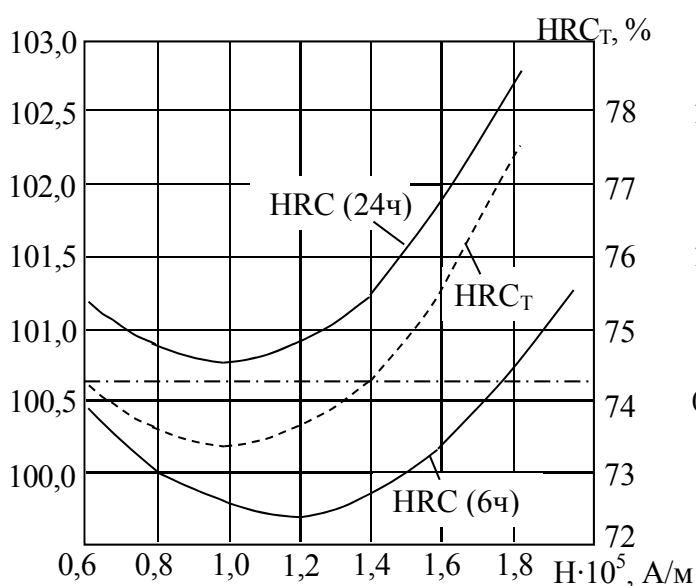


Рис. 2. Зависимость изменения твердости и теплостойкости стали Р6М5К5 от напряженности поля и времени старения

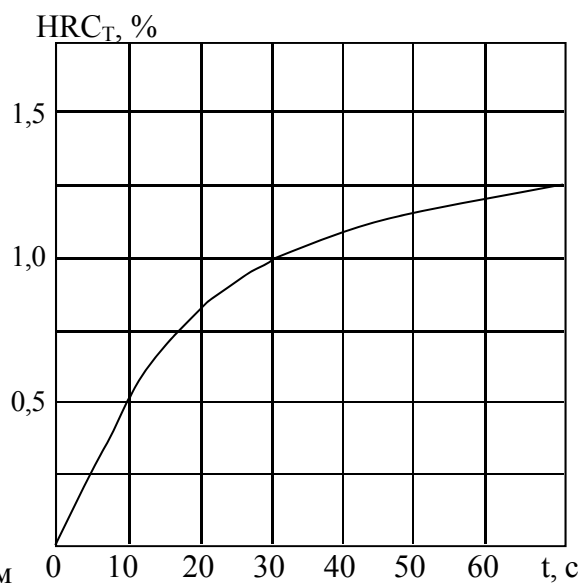


Рис. 3. Зависимость изменения твердости быстрорежущей стали Р6М5 от продолжительности магнитной обработки

Сравнительные стойкостные испытания по исследованию влияния твердых технологических смазок и эпиламы на стойкость магнитообработанного инструмента проводились на операции сверления отверстий.

Для исключения возможных систематических ошибок в результатах испытаний проводилась рандомизация.

Испытания инструмента оценивались средним количеством полученных отверстий, количеством выкрашиваний и поломок, количеством остановок оборудования в смену.

Сравнение результатов лабораторных испытаний выполнялось на основе статистических методов их анализа и обработки. Схема такого сравнения в предположении, что закон распределения стойкости близок к нормальному, включая статистическую оценку параметров распределения, статистическую проверку гипотез и, наконец, определение по средним коэффициента изменения износа K_n по отношению к исходному уровню.

Значимость фактора (обработки инструмента) и статистическое отличие средних значений его уровней (методов обработки) определяли с достоверной вероятностью 0,95.

Статистическая проверка стойкостных испытаний сверл, обработанных различными методами, подтвердила значимое влияние любого из использованных методов на износ инструмента. Во всех сериях опытов размеры выборок оказались равными числу повторов, что свидетельствует об удовлетворительном качестве инструмента и нормальных условиях его эксплуатации.

Применение комбинированной обработки магнитообработанного инструмента путем эпиламирования и применения твердых технологических смазок приводит к повышению износостойкости инструмента от 1,5 до 2,0 раз. Эффективность зависит от режима обработки, свойств инструментального и обрабатываемого материалов.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ некоторых аспектов смазочного действия антифрикционных покрытий позволяет сделать следующие выводы:

- слой поверхностно-активных веществ на поверхности режущего инструмента предотвращает развитие микротрещин, повышает усталостную прочность и износостойкость;
- применение магнитообработанного инструмента в комплексе с твердой технологической смазкой или с поверхностно-активными веществами стабилизирует процесс обработки и способствует улучшению обрабатываемости конструкционных материалов и режущих свойств используемого инструмента;
- использование эпиламы и технологических твердых смазок в качестве антифрикционного покрытия в сочетании с магнитообработанным инструментом позволяет решить комплекс технологических задач по повышению производительности процесса обработки, увеличению точности и качества обработанных деталей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кинденко Н. И. Повышение надежности вольфрамсодержащего инструмента обработкой в импульсном магнитном поле / Н. И. Кинденко // *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем*. – Краматорськ, 2005. – Вип. 17. – С. 113–118.
2. Гвоздева Л. И. Упрочнение инструментальных импульсным магнитным полем / Л. И. Гвоздева, Ю. П. Никифоров, А. Г. Гвоздев // *Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов. Сборник докладов 7-й Международной конференции «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов»*. – Х., 2006. – Т. 1. – С. 149–151.
3. Овчаренко А. Г. Комбинированная магнитно-импульсная обработка режущего инструмента / А. Г. Овчаренко, А. Ю. Козлюк, М. О. Курепин // *Технология машиностроения*. – М., 2010. – № 9. – С. 26–29.