

УДК 621.9.02

**Кинденко Н. И.**

## **МЕХАНИЗМ ИЗНАШИВАНИЯ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ИНСТРУМЕНТА, ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ И УПРОЧНЕННОГО МЕТОДОМ ОИМП**

Проблема совершенствования технологических процессов механической обработки деталей осевым инструментом из быстрорежущей стали, обеспечивающих высокую производительность, минимальную себестоимость, высокую точность, заданное качество и эксплуатационные свойства деталей машин, является весьма актуальной.

Одним из основных направлений физической технологии на современном этапе в области повышения стойкости осевого инструмента является магнитная обработка быстрорежущих сталей с последующим нанесением антифрикционных покрытий.

В целом результат магнитной обработки рассматривается как проявление эффектов последствия в материалах, находящихся на границах стабильности их свойств и подвергнутых воздействию внешнего силового поля [1].

Анализ литературных данных об особенностях и физической сущности процесса магнитной обработки показывает, что магнитно-импульсная обработка представляет собой сочетание электромагнитного и термодинамического способов управления неравновесной структурой вещества [2].

Эффективность способа магнитной обработки зависит от целого ряда факторов, относящихся как к условиям воздействия на инструмент магнитным полем (характер магнитного поля, его напряженность и время выдержки инструмента в индукторе), так и к условиям, в которых этот инструмент эксплуатируется (режимы резания, магнитное состояние инструмента и др.) [3].

Однако нет единого, всесторонне подтвержденного взгляда на причины, вызывающие изменение эксплуатационных свойств режущего инструмента, изготовленного из быстрорежущих сталей, в результате воздействия импульсного магнитного поля.

Целью работы является рассмотрение механизма изнашивания и изменения работоспособности инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали и упрочненного путем обработки импульсным магнитным полем (ОИМП), основываясь на некоторых известных представлениях.

Работоспособность инструмента из быстрорежущих сталей при достаточно высоких скоростях резания определяется способностью быстрорежущей стали сопротивляться необратимым, динамически протекающим рекристаллизационным процессам вблизи задней поверхности.

Работоспособность инструментов из быстрорежущей стали исследовали при обработке отверстий в нержавеющей стали X18H9T свёрлами P6M5. Для экспериментов отбирали свёрла одинаковой твёрдости HRC 63, которые разделяли на партии: одна из них составила контрольную группу, на другой партии свёрл была осуществлена обработка в импульсном магнитном поле при оптимальном соотношении параметров процесса ОИМП.

Кинематику изнашивания свёрл из P6M5 исследовали при сверлении отверстий в деталях из нержавеющей стали X18H9T. Обобщённые кривые зависимости  $h_z - T$  для трёх скоростей резания показаны на рис. 1.

Полученные данные свидетельствуют о том, что свёрла, обработанные в импульсном магнитном поле, и применение твёрдых смазок замедляет развитие очагов износа передней и задней поверхностей инструмента. Отмечено практически полное отсутствие проточин

и усов износа у краёв контактных площадок инструмента, где наиболее сильно реализуются химико-окислительные виды износа. Отсутствие дополнительных очагов износа у краёв контактных площадок сверла положительно влияет на стойкость сверла, так как при этом устраняются источники интенсивного трения и тепловыделения.

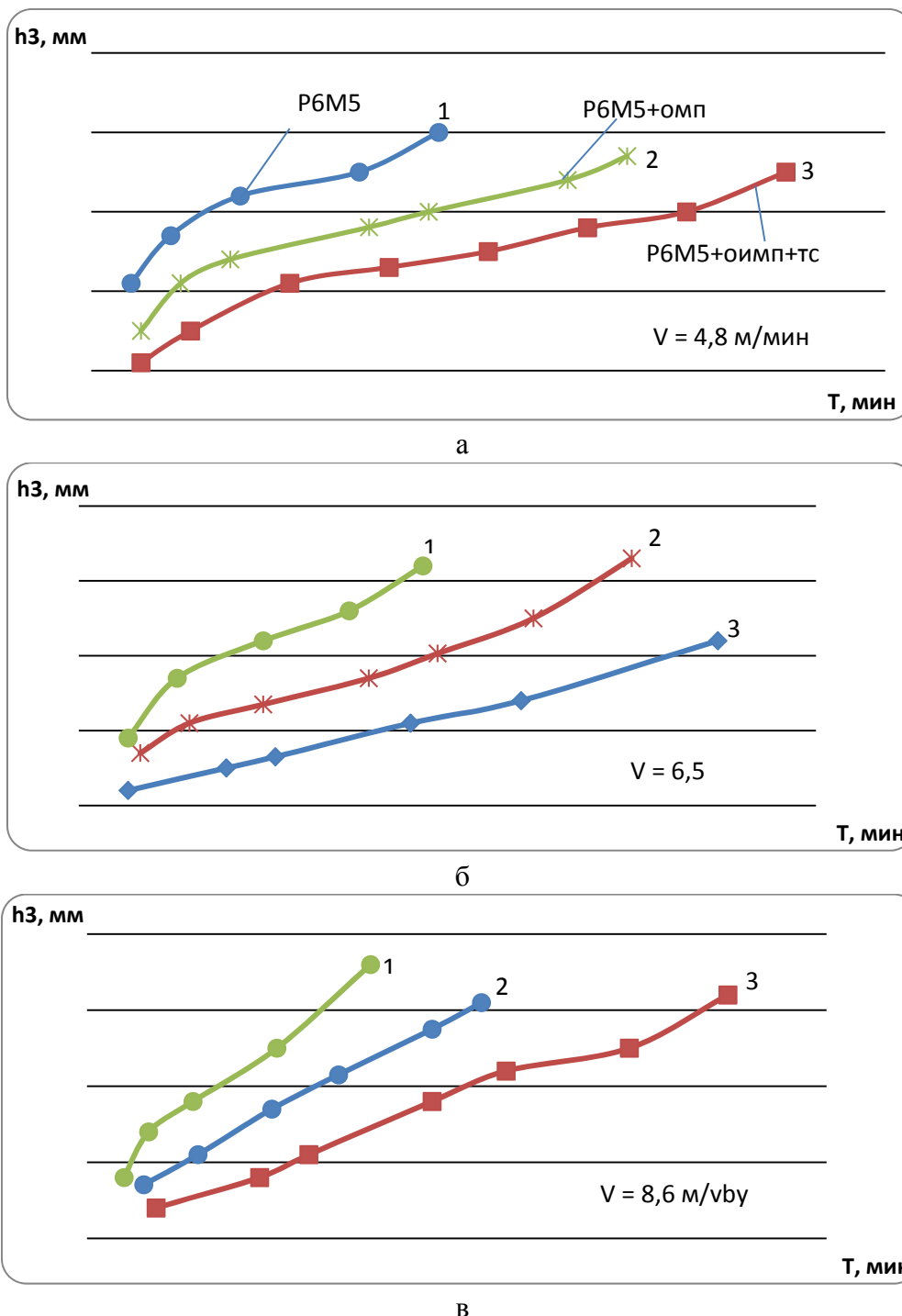


Рис. 1. Зависимость износа задней поверхности сверл P6M5 от времени работы при  $S = 0,14$  мм/об

Анализ зависимости  $h_3 - T$  для свёрл из быстрорежущей стали P6M5 показывает, что с увеличением скорости резания стойкость инструмента, обработанного ОИМП, становится заметно больше по сравнению со стойкостью свёрл при обычном сверлении.

Одновременное рассмотрение соотношения времени работы свёрл, обработанных ОИМП, и применённых твёрдых смазок до разрушения к периоду стойкости свёрл показало, что непосредственной причиной роста эффективности инструмента из быстрорежущей стали с ОИМП на больших скоростях резания является резкое увеличение этого соотношения по мере роста скорости резания. Первопричиной улучшения эксплуатационных характеристик свёрл, подвергнутых магнитной обработке, является изменение свойств инструментального материала. Оно происходит за счёт магнотриксционного упрочнения быстрорежущей стали, что выражается в повышении её теплостойкости.

Известно, что процесс рекристаллизации в быстрорежущей стали является главной причиной разрушения инструмента на стадии катастрофического износа при резании.

Для оценки влияния ОИМП на сдерживание этих процессов были проведены специальные опыты. Оценка эффективности магнитной обработки инструмента производилась при помощи коэффициента повышения стойкости ( $K_m$ ), под которым понимается отношение  $T_m/T_{исх}$ , где  $T_m$  – стойкость инструмента после обработки инструмента в импульсном магнитном поле, а  $T_{исх}$  – стойкость того же инструмента в исходном состоянии.

Магнотриксционное упрочнение быстрорежущей стали, вызывающее улучшение физико-механических свойств материала, тесно связано с напряженностью наложенного на инструментальный материал магнитного поля.

Исследование влияния напряженности магнитного поля на коэффициент повышения стойкости свёрл Р6М5 проводилось во всём диапазоне полей, создаваемых установкой ОИМП-РК1. В качестве критерия затупления принимался износ по задней грани  $h_z$ . У свёрл  $h_z$  на расстоянии 0,5 мм от периферии сверла принимался 0,30 мм. Напряжённость поля при этом менялась в диапазоне  $1,5 \cdot 10^4 - 1,7 \cdot 10^5$  А/м. Время выдержки инструмента в обрабатываемой катушке для операции сверления было выбрано 1 мин.

Воздействие магнитного поля напряженностью около  $0,5 \cdot 10^5$  А/м не привело к повышению стойкости сверла. Затем коэффициент повышения стойкости начал расти пропорционально значению напряжения магнитного поля и достиг максимума при  $H \approx 1,2 \cdot 10^5$  А/м. Дальнейшее увеличение значений  $H$  привело к снижению  $K_m$  и при напряженности поля  $\approx 1,75 \cdot 10^5$  А/м  $K_m = 1,0$ , т. е. эффект повышения стойкости равен нулю.

Повышение значений напряженности поля за  $1,75 \cdot 10^5$  А/м при очень крутом переднем фронте импульса приводило к снижению стойкости инструмента по сравнению с исходным состоянием, а механизм износа имел характерные признаки хрупкого скалывания. Дальнейшее увеличение напряженности поля приводило к выкрашиванию инструмента во время работы.

Выполненные эксперименты позволили установить вполне определённый диапазон значений напряженности магнитного поля, обработка в котором заметно улучшает эксплуатационные свойства режущего инструмента из быстрорежущей стали.

Практический интерес, с точки зрения трудоёмкости осуществления технологической операции обработки инструмента в импульсном магнитном поле, представляет время ( $T$ ) выдержки инструмента в магнитном поле.

Исследование влияния выдержки инструмента в импульсном магнитном поле на коэффициент повышения стойкости проводилось при сверлении стали марки 12Х18Н10Т свёрлами Р6М5.

Зависимость  $K_T = f(T)$  при оптимальной напряженности рабочего магнитного поля ( $H \approx 1,2 \cdot 10^5$  А/м) строилась как на основании износа инструмента по задней грани в исходном состоянии, так и после магнитной обработки.

Из рис. 2 следует, что увеличение времени выдержки до 40...60 секунд приводит к росту коэффициента повышения стойкости.

Дальнейшее повышение времени обработки инструмента (в наших опытах это время доводилось до 2-х часов) не приводило к изменению величины  $K_T$ .

Результаты, полученные в этой серии опытов, позволяют отметить, что технологические операции магнитной обработки инструмента являются способом с самой малой трудоёмкостью из всех известных способов повышения стойкости режущего инструмента.

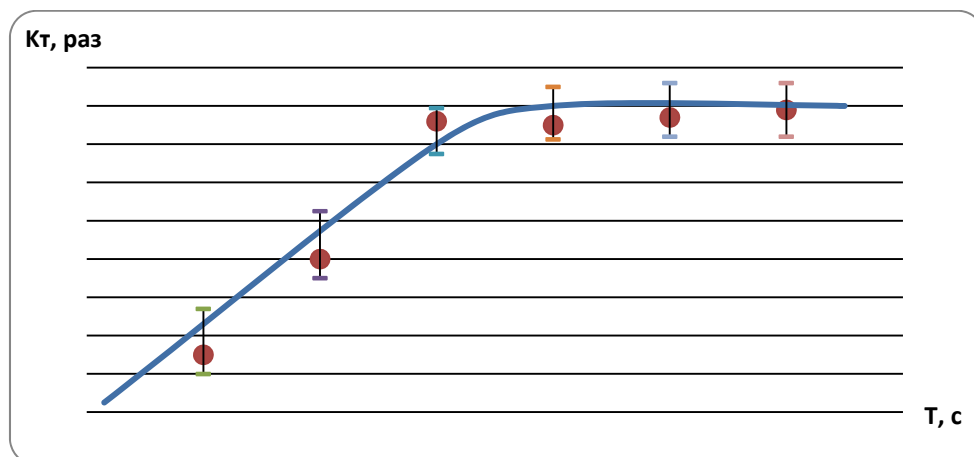


Рис. 2. Зависимость повышения стойкости быстрорежущих сверл от времени выдержки в магнитном поле (Сталь 12X18H10T. Сверло P6M5. Геометрия:  $\alpha = 9^\circ$ ;  $\alpha_1 = 18^\circ$ ;  $2\phi = 125^\circ$ ;  $\psi = 55^\circ$ ;  $\phi 6,2$  мм. Режим резанья:  $V = 7,8$  м/мин;  $S = 0,14$  мм/об. Характер поля – импульсное,  $H = 1,2 \cdot 10^5$  А/м)

При магнитной обработке детали вследствие неоднородной кристаллической структуры в ней возникают вихревые токи. Вихревые токи обуславливают магнитное поле и локальные микровихри, которые в свою очередь, нагревают участки вокруг кристаллитов напряженных блоков и неоднородностей структуры металла. В местах концентрации остаточных или усталостных напряжений, связанных с технологией производства, обработки или эксплуатации детали, теплота, наведенная вихревыми токами, частично уменьшает избыточную энергию составляющих кристаллитов и зёрен структуры образца, особенно в зоне контакта напряженных участков.

Процесс магнитно-дисперсионного твердения быстрорежущей стали в результате воздействия магнитного поля позволяет получить более однородную структуру материала. Такое твердение происходит не мгновенно и для стабилизации приобретенных быстрорежущей сталью свойств в результате магнитной обработки требуется некоторое время выдержки перед эксплуатацией инструмента.

С этой целью были проведены специальные опыты. Исследование по изучению влияния времени старения инструмента после магнитной обработки производилось при сверлении и нарезании резьбы в стали марки 12X18H10T инструментами из стали P6M5. Результаты опытов приведены на рис. 3.

Стойкостные испытания проводились по несколько раз в сутки в течение всего того времени, пока не стабилизировались значения  $K_T$ . Зависимость  $K_T = f(T)$  строилась на основании зависимости  $h_3 = f(T)$  для инструмента, прошедшего магнитную обработку.

Установлено, что в течение 6 часов после магнитной обработки коэффициент повышения стойкости остаётся равным 1,0, т. е. повышение стойкости не наблюдается. В течение 12 и 18 часов происходит рост значений  $K_T$  и к концу суток стойкость инструмента стабилизируется.

Таким образом, для улучшения эксплуатационных свойств инструмента из быстрорежущей стали марки P6M5 методом магнитной обработкой необходимо время старения порядка 1-х суток.

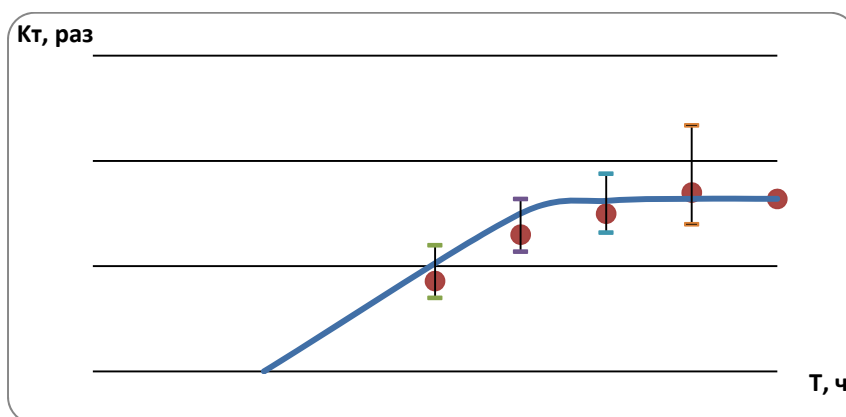


Рис. 3. Залежність коефіцієнта підвищення стійкості інструмента від часу старіння після магнітної обробки (Сталь 12Х18Н10Т. Сверло Р6М5. Геометрія:  $\alpha = 9^\circ$ ;  $\alpha_1 = 18^\circ$ ;  $2\phi = 125$ ;  $\psi = 55^\circ$ ;  $\phi = 6,2$  мм)

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод о том, что для устойчивого проявления эффекта ОИМП необходимо учитывать напряженность магнитного поля, время выдержки инструмента в магнитном поле и время старения инструментального материала.

## ВЫВОДЫ

Проведенный анализ механизма изнашивания и изменения работоспособности инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали и упрочненного методом ОИМП, позволяет сделать следующие выводы:

- наибольшее увеличение коэффициента стойкости магнитнообработанного инструмента и наибольшее улучшение физико-механических свойств инструментального материала получено при одинаковых режимах магнитной обработки;
- для устойчивого проявления эффекта магнитной обработки инструмента необходимо в каждом конкретном случае учитывать значение напряженности магнитного поля, время выдержки инструмента в рабочем индукторе и время старения инструмента после магнитной обработки;
- существует определённый интервал значений напряженности поля, магнитная обработка в котором заметно улучшает эксплуатационные свойства инструмента.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кинденко Н. И. Обоснование технологических границ применения способа магнитной обработки пробивного пуансона и сверл из быстрорежущих сталей в импульсных магнитных полях / Н. И. Кинденко, В. А. Мотов // Обработка материалов давлением : сб. науч. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2016. – № 2 (43). – С. 165–169.
2. Кинденко Н. И. Анализ гипотез о причинах повышения стойкости инструмента в результате воздействия магнитного поля на зону резания [Электронный ресурс] // Научный вестник ДГМА. – Краматорск, 2015. – № 2 (17Е). – С. 83–88. – Режим доступа: [http://www.dgma.donetsk.ua/science\\_public/science\\_vesnik/%E2%84%962\(17%D0%95\)\\_2015/article/16.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%962(17%D0%95)_2015/article/16.pdf).
3. Кинденко Н. И. Физическая сущность и классификация методов магнитной обработки режущих инструментов из быстрорежущей стали [Электронный ресурс] // Научный вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. – Краматорск, 2014.0 – № 1 (13Е). – С. 38–45. – Режим доступа: [http://www.dgma.donetsk.ua/science\\_public/science\\_vesnik/%E2%84%961\(13%D0%95\)\\_2014/article/8.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%961(13%D0%95)_2014/article/8.pdf).