

АНАЛИЗ ГИПОТЕЗ О ПРИЧИНАХ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЗОНУ РЕЗАНИЯ

Кинденко Н. И.

Настоящая работа посвящена исследованию вопросов, связанных с повышением эксплуатационных свойств инструментов из быстрорежущих сталей путем магнитно-импульсной обработки, представляющей собой сочетание электромагнитного и термодинамического способов управления неравновесной структурой вещества. Проведен анализ существующих способов магнитной обработки, с одной стороны, как методов повышения стойкости режущего инструмента путем наложения на зону резания магнитного поля и, с другой стороны, воздействия магнитного поля на материал, из которого изготовлен инструмент. Установлено, что наиболее стабильно повышают стойкость и качество инструмента методы, связанные с обработкой самого материала инструмента в постоянных, переменных и импульсных магнитных полях. Показано, что эффективность способа магнитной обработки зависит от целого ряда факторов, относящихся как к условиям воздействия на инструмент магнитным полем, так и к условиям, в которых этот инструмент эксплуатируется.

Дана робота присвячена дослідженню питань, які пов'язані з підвищенням експлуатаційних властивостей інструменту, виготовленого із швидкорізальних сталей шляхом магнітно-імпульсної обробки, яка являє собою поєднання електромагнітного і термодинамічного способів керування неврівноваженою структурою речовини. Проаналізовано існуючі способи магнітної обробки, з однієї сторони, як методів збільшення стійкості ріжучого інструмента шляхом наложення на зону різання магнітного поля та, з іншої сторони, впливу магнітного поля на матеріал, з якого виготовлений інструмент. Виявлено, що найбільш стабільно збільшують стійкість та якість інструменту методи, що пов'язані з обробкою самого матеріала інструменту в постійних, змінних і імпульсних магнітних полях. Показано, що ефективність способу магнітної обробки залежить від цілого ряду факторів, які відносяться як до умов впливу на інструмент магнітним полем, так і до умов, в яких цей інструмент експлуатується.

The present work is devoted to the study of issues related to improving the performance properties of tools made of high speed steels by magnetic-pulse treatment, a combination of electromagnetic and thermodynamic control methods non-equilibrium structure of matter. The analysis of existing methods of magnetic treatment, on the one hand, as methods of increasing the life of cutting tools by applying to the cutting zone of the magnetic field and on the other hand, the impact of magnetic field on the material of the tool. Found that the most consistently improves durability and quality of instrument methods associated with treatment of material of the tool constant, variable and pulsed magnetic fields. It is shown that the efficiency of the method of magnetic treatment depends on a number of factors related both to the exposure to the magnetic field instrument, and the conditions in which this tool operates.

Кинденко Н. И.

канд. техн. наук, доц. ДГМА;
okmm@dgma.donetsk.ua

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.9.02

Кинденко Н. И.

АНАЛИЗ ГИПОТЕЗ О ПРИЧИНАХ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЗОНУ РЕЗАНИЯ

В настоящее время разрабатываются новые способы повышения стойкости режущего инструмента, которые основаны на использовании сложных физических явлений, как в процессе резания, так и при его изготовлении. 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 [1].

Существует два принципиально различных направления в разработке методов магнитной обработки режущих инструментов [2].

Согласно первому из них, повышение стойкости режущего инструмента, а также механических и технологических свойств деталей достигается путем наложения на зону резания магнитного поля.

Второе направление предполагает воздействие магнитного поля самого материала, из которого изготовлен инструмент.

Каждое из названных направлений реализуется на практике многочисленными способами, различными как по своим физическим, технологическим принципам, так и по конструктивным исполнениям установок.

Имеется коренное различие между двумя указанными группами методов. Речь идет о характере изменения условий процесса резания при наложении магнитного поля на зону резания и при обработке материалов намагниченным инструментом [3].

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

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.

Целью работы является на базе известных теоретических представлений проанализировать гипотезы о причинах повышения стойкости инструмента в результате воздействия магнитного поля на зону резания.

Согласно гипотезам первой группы, обязательным условием повышения стойкости инструмента должно быть присутствие в зоне резания магнитного поля.

При резании материалов в магнитном поле на инструмент действуют следующие факторы: распределение тепловых потоков в зоне резания за счет термомагнитного эффекта Риги-Ледюка и повышение механических свойств материала инструмента за счет упорядочения зернистости структуры.

Первый фактор проявляется в поперечном магнитном поле, а второй как в продольном, так и поперечном магнитном поле.

Исследование влияния напряженности постоянного и переменного магнитных полей и режимов резания на стойкость быстрорежущего инструмента, показало:

- наложение магнитного поля на зону резания снижает износ инструмента, причем эффективность этого влияния зависит от напряженности магнитного поля (рис. 1);

- повышение стойкости инструмента зависит, как от напряженности поля, так и от режимов резания;
- эффект наложения на зону резания магнитного поля тем выше, чем больше величина, принятая за критерий затупления инструмента;
- для каждой скорости резания существует определенная напряженность магнитного поля, соответствующая максимальному увеличению стойкости инструмента.

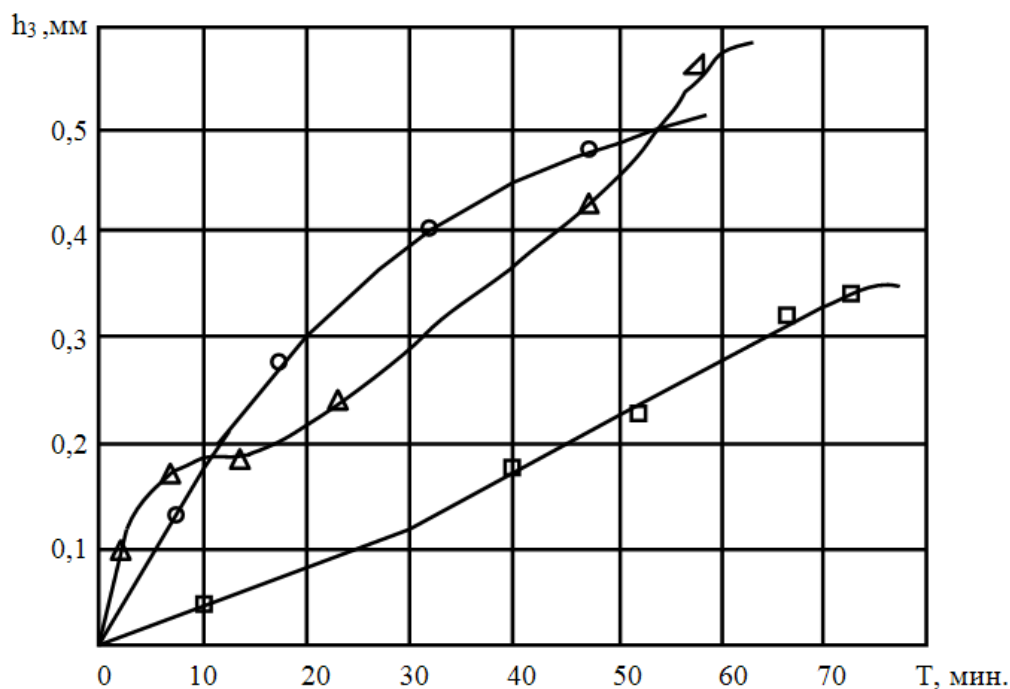


Рис. 1. Зависимость износа инструмента из быстрорежущей стали от времени при обработке чугуна (характеристики магнитного поля – переменное; ○ – стандартное сверление; Δ – воздействие магнитного поля через «инструмент – заготовка»; □ – воздействие магнитного поля через «заготовка – инструмент»).

Наложение магнитного поля на зону резания обуславливает появление усилия, вызывающего изгиб в корне стружки, сокращение длины контакта стружки с инструментом и, следовательно, снижение сил резания. Одновременно с уменьшением площади контакта изменяется угол сдвига, а также толщина стружки, вследствие чего уменьшаются силы резания.

Увеличение срока службы инструмента из быстрорежущей стали при наложении магнитного поля на зону резания зависит от напряженности поля, направления магнитного потока и условий резания. При скорости резания более 10 м/мин повышение напряженности поля увеличивает стойкость инструмента, а при более низкой скорости резания существует оптимальная напряженность поля для каждой скорости.

В результате наложения на зону резания магнитного поля, повышение стойкости инструмента происходит путем изменения поворота теплового потока в зоне резания, который либо нагревает, либо охлаждает режущую кромку инструмента.

Повышение стойкости инструмента в результате наложения на зону резания магнитного поля оказывается тем значительнее, чем выше индуктивность поля.

Эффект наложения на зону резания магнитного поля тем выше, чем больше величина, принятая за критерий затупления инструмента.

При наложении магнитного поля на зону резания, характер зависимостей относительного поверхностного износа от скорости резания не изменяется, при этом наблюдается лишь

снижение или повышение уровня оптимальных скоростей резания (в зависимости от полярности магнитного поля) и уменьшения величины оптимального поверхностного износа.

Наиболее стабильно повышают стойкость инструмента методы, связанные с обработкой самого материала инструмента в постоянных, переменных и импульсных магнитных полях.

Импульсная магнитная обработка значительно повышает износостойкость и режущие свойства быстрорежущих сталей. Эффективность магнитной обработки быстрорежущих сталей зависит от напряженности импульсного магнитного поля. Для каждой марки быстрорежущей стали существует оптимальная напряженность импульсного магнитного поля, которая обеспечивает наибольшее увеличение износостойкости быстрорежущей стали после импульсной магнитной обработки.

Упрочнение тесно связано с работой намагничивания единицы объема инструментального материала, а, следовательно, и с величиной напряженности магнитного поля (H).

Исследования показали, что относительно слабые магнитные поля не приводят к изменению значений твердости (HRC) и теплостойкости (HRC_T). Необходимо отметить, что значение твердости и теплостойкости для каждого значения поля замерялись в течение ряда суток, вплоть до окончания изменения его значений.

Результаты исследований показаны на рис. 2.

Значения твердости и теплостойкости имеют максимум при напряженности поля $H = 1,2 \cdot 10^5$ А/м.

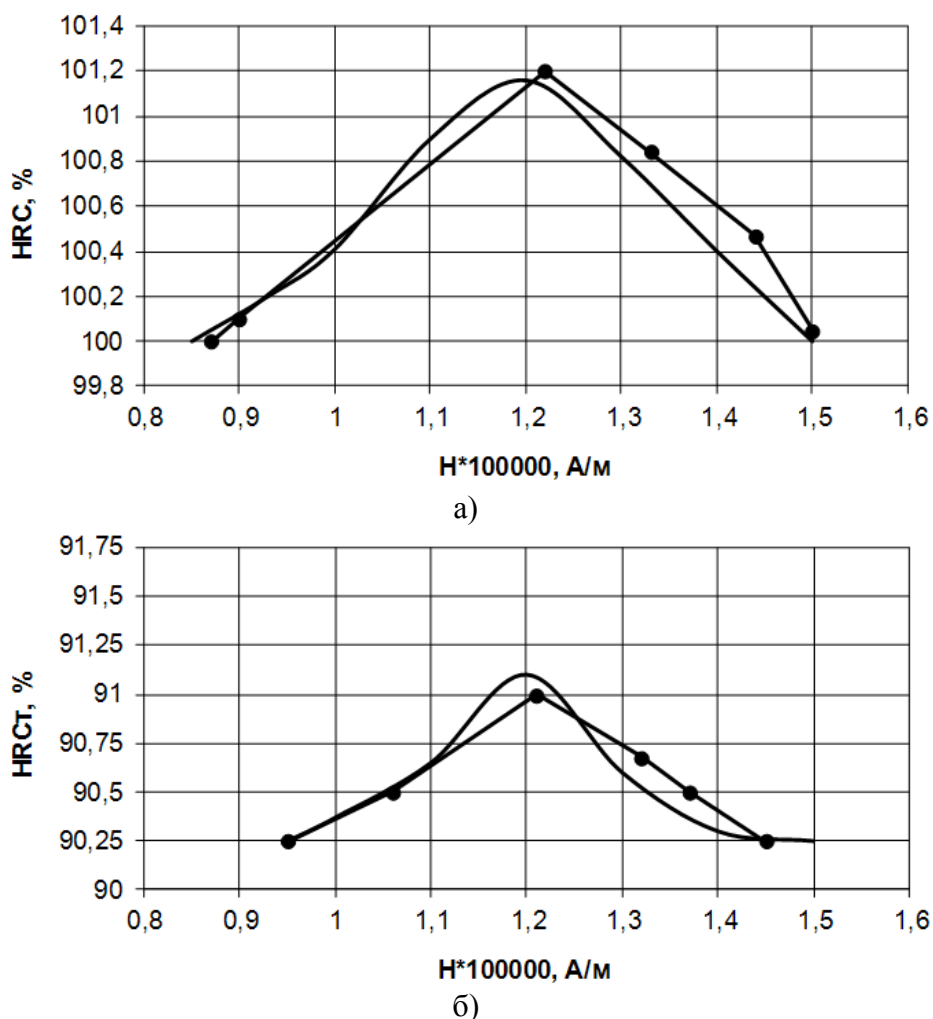


Рис. 2. Зависимость изменения твердости и теплостойкости стали Р6М5 от напряженности магнитного поля

Установлено, что наибольшее повышение стойкости магнитнообработанного инструмента и наибольшее повышение значений твердости и теплостойкости получены при одних и тех же значениях рабочего поля $H=1,2 \cdot 10^5$ А/м.

Максимальное повышение твердости и теплостойкости быстрорежущей стали при напряженности поля $H=1,2 \cdot 10^5$ А/м происходит за счет магнитострикционного структурного упрочнения.

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.

Дальнейшее увеличение напряженности магнитного поля приводит к снижению твердости и теплостойкости, и при $H=1,6 \cdot 10^5$ А/м эти параметры практически не отличаются от твердости и теплостойкости в исходном положении.

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

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 при МИО вихревыми токами, частично уменьшает избыточную энергию составляющих кристаллитов и зерен структуры образца, особенно в зоне контакта напряженных участков.

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.

Быстрорежущая сталь, как любое твердое тело, обладает упругим внутренним полем, обусловленным реальной дислокационной структурой. С наложением магнитного поля на материал на это собственное упругое поле накладывается на упругое поле, вызванное магнитострикционной деформацией.

Взаимодействие упругого поля, обусловленного магнитострикцией стали, с упругим полем ее реальной дислокационной структурой приводит к появлению локальных перенапряжений. В этих местах резко возрастает вероятность термофлуктуационного разрыва межатомных связей.

В тех местах, где эти локальные перенапряжения превышают пределы упругости материала, формируются очаги пластической деформации. Именно здесь интенсивно протекают процессы размножения и перемещения дислокаций. С увеличением плотности дислокации, когда лес дислокаций все более затрудняет их собственное движение в других плоскостях скольжения, сталь претерпевает своеобразный наклеп, что выражается в изменении параметра решетки мартенсита и снижении температуры обратного мартенситного превращения.

Упрочнение тесно связано с работой намагничивания единицы объема инструментального материала, а, следовательно, и с величиной напряженности магнитного поля.

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, независимо 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 магнитострикционной природы и активизацией дислокационных процессов.

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.

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.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ данных об особенностях и физической сущности процесса магнитной обработки позволяет сделать следующие выводы:

- способы магнитной обработки следует рассматривать, с одной стороны, как методы повышения стойкости режущего инструмента путем наложения на зону резания магнитного поля и, с другой стороны, воздействия магнитного поля на материал, из которого изготовлен инструмент;
- эффект увеличения срока службы инструмента из быстрорежущей стали при наложении магнитного поля на зону резания зависит от напряженности поля, направления магнитного потока и условий резания;
- магнитная обработка представляет собой сочетание электромагнитного и термодинамического способов управления неравновесной структурой вещества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Кинденко Н. И. Физическая сущность и классификация методов магнитной обработки режущих инструментов из быстрорежущей стали // *Научный вестник ДГМА*. – Краматорск : ДГМА, 2014. – № 1 (13E). – С. 38–45. – Режим доступа: [http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vestnik/%E2%84%961\(13%D0%95\)_2014/article/8.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vestnik/%E2%84%961(13%D0%95)_2014/article/8.pdf).
3. Кинденко Н. И. Характеристика методов магнитной обработки режущих инструментов из быстрорежущих сталей // *Вісник ДДМА*. – Краматорськ : ДДМА, 2012. – № 3 (28). – С. 287–292.