

УДК 621.9.02

Кинденко Н. И.

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

Повышение износостойкости и долговечности металлообрабатывающего инструмента в машиностроении в условиях рыночной экономики имеет чрезвычайно большое значение.

Улучшение качества инструментов можно достичь легированием материалов, а также с применением всех известных механизмов объемного упрочнения при термической обработке. 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].

Именно этими обстоятельствами объясняется интенсивное развитие многочисленных методов и разработок в области поверхностного упрочнения инструментов, которые основаны на использовании сложных физических явлений как в процессе резания, так и при его изготовлении.

Одним из основных направлений физической технологии является магнитная обработка материалов. Особое место в магнитной обработке материалов отводится способам улучшения физико-механических свойств быстрорежущих сталей [2].

В целом результат магнитной обработки рассматривается как проявление эффектов последствия в материалах, находящихся на границах стабильности их свойств и подвергнутых воздействию внешнего силового поля [3].

Анализ литературных данных показывает, что способ магнитного воздействия на инструмент выгодно отличается от других методов упрочнения целым рядом факторов, в числе которых относительная дешевизна оборудования, отсутствие токсичных сред, высоких температур и т. п.

Однако нет описания четких границ применения способа магнитной обработки.

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 анализ на базе известных теоретических представлений различных методов магнитной обработки и их влияния на стойкость осевого режущего инструмента из быстрорежущих сталей.

Существует два принципиально различных направления в разработке методов магнитной обработки режущих инструментов (табл. 1).

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.

Таблица 1

Характеристика методов магнитной обработки и области их обработки

№ п/п	Способ реализации методов магнитной обработки	Инструмент	Достоинства способа	Недостатки способа
1.	Наложение магнитного поля на зону резания			
1.1	Обработка с направленной концентрацией магнитного потока «инструмент + заготовка»	Резцы, сверла, зенкера, метчики, протяжки и т.д.	Простота технологии магнитной обработки	Повышение износа инструмента по сравнению потоком «заготовка + инструмент»
1.2	Обработка с направленной концентрацией магнитного потока на «заготовка + инструмент»	Резцы, сверла, зенкера, метчики, протяжки и т. д.	Снижение износа инструмента по сравнению с магнитным потоком «инструмент + заготовка»	Снижение стойкости инструмента при обработке магнитных сталей
1.3	Обработка с северной полярностью магнитного потока	-//-	Пик стойкости смещается в сторону больших скоростей резания	-//-
1.4	Обработка с южной полярностью магнитного потока	-//-	Стойкость намагниченного инструмента выше стойкости инструмента в исходном состоянии	Смещение пика стойкости в область меньших значений скорости резания, повышение температуры резания
2.	Воздействие магнитного поля на режущий инструмент			
2.1	Обработка статическим магнитным полем	Резцы, сверла, зенкера, метчики, протяжки	Повышение эксплуатационных свойств инструментов	
2.1.1	Обработка с размагничиванием через 8...24 часа	Резцы, сверла, розвертки, метчики, штампы, прошивки,	Увеличение стойкости инструмента, повышение теплостойкости инструмента	
2.1.2	Обработка с одним импульсом с локальной концентрацией магнитного потока на заготовку	Резцы, протяжки, прошивки	Повторная переточка инструмента не снижает стойкость	
2.2	Магнитно-импульсная обработка			
2.2.1	Обработка без последующего размагничиванием	Осевой режущий инструмент	Увеличение стойкости инструмента	
2.2.2	Обработка с размагничиванием через 1...24 часа	-//-	-//-	

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

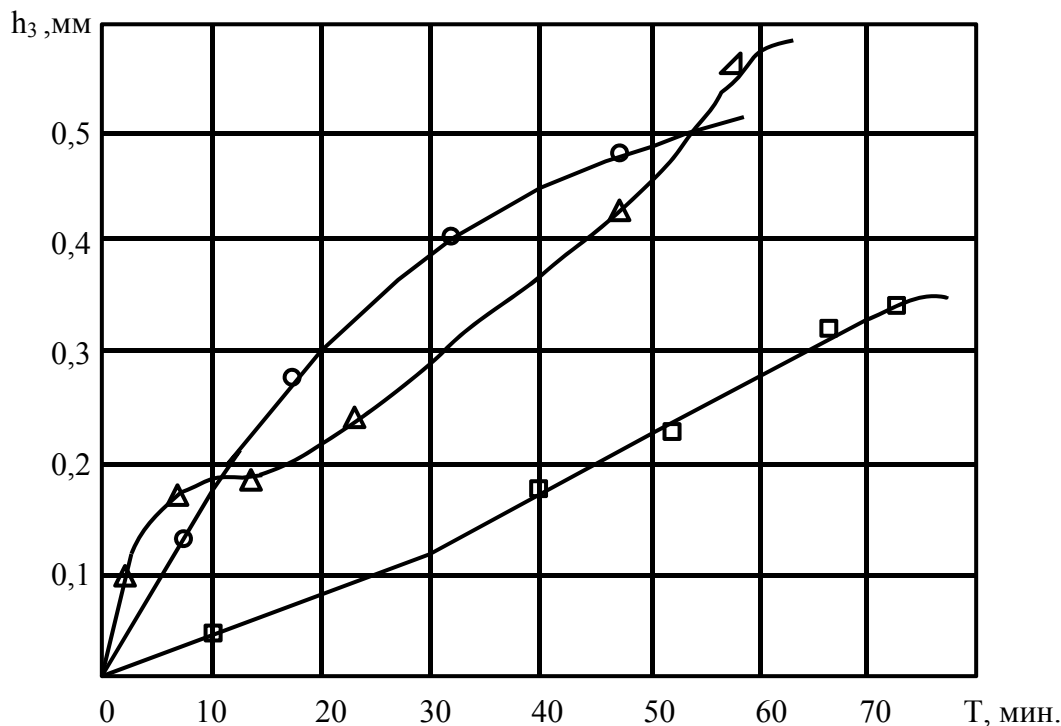


Рис. 1. Зависимость износа инструмента из быстрорежущей стали от времени при обработке чугуна. Характеристики магнитного поля:

— переменное; о – 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, сокращения длины контакта стружки с инструментом и, следовательно, снижения сил резания. Одновременно с уменьшением площади контакта изменяется угол сдвига, а также толщина стружки вследствие чего уменьшаются силы резания.

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

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 [2].

Наиболее стабильно повышает 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.

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 повышении ее теплостойкости.

При магнитной обработки 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.

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 упругое поле, вызванное магнитострикционной деформации.

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 (H).

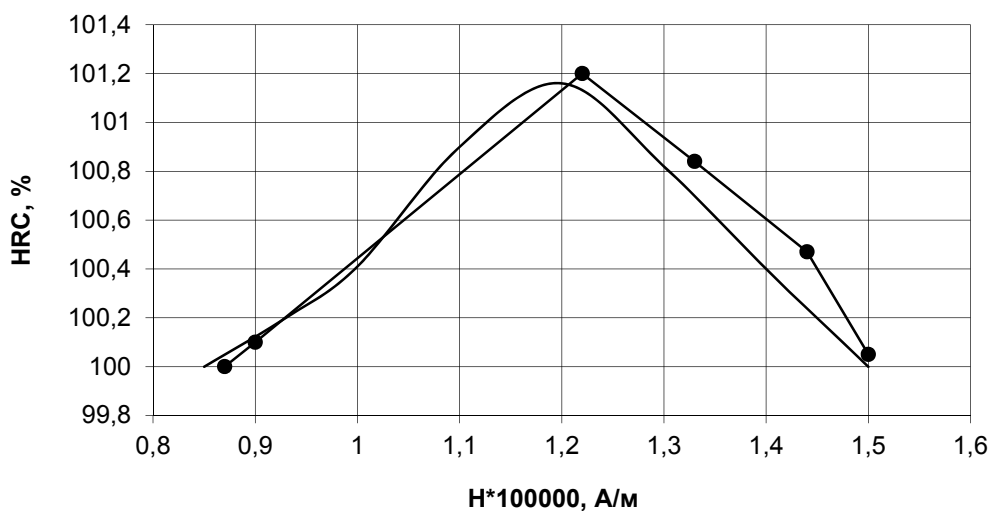
Исследования показали, что относительно слабые магнитные поля не приводят к изменению значений твердости (HRC) и теплостойкости (HRC_T). Необходимо отметить, что значение твердости и теплостойкости для каждого значения поля замерялись в течение ряда суток, вплоть до окончания изменения его значений.

Результаты исследований показаны на рис. 2.

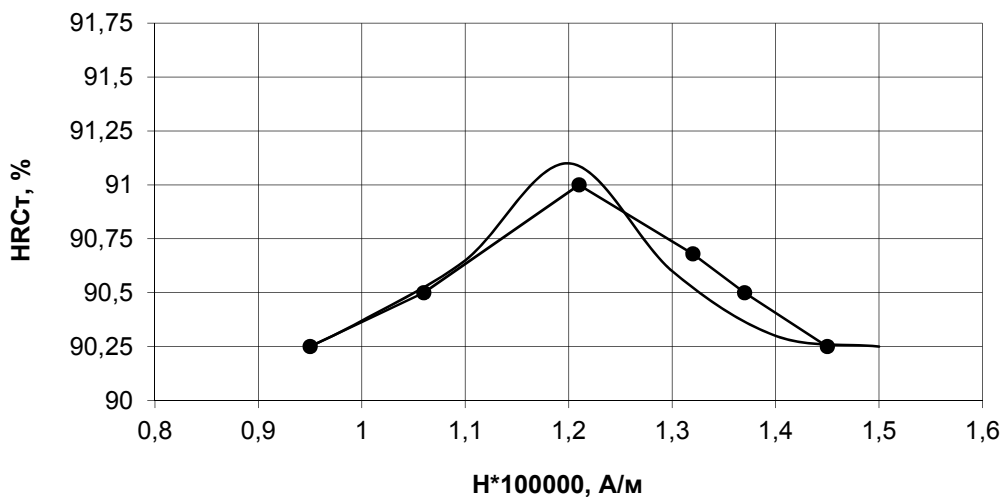
Значения твердости и теплостойкости имеют максимум при напряженности поля $H = 1,2 \cdot 10^5$ А/м. Дальнейшее увеличение напряженности магнитного поля приводит к снижению твердости и теплостойкости, и при $H = 1,6 \cdot 10^5$ А/м эти параметры практически не отличаются от твердости и теплостойкости в исходном положении.

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 субструктурного упрочнения.



а



б

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

Все опыты проводились с частотой следования импульсов 5 Гц, так как варьирование частоты импульсов не влияет на изменение твердости исследуемых сталей.

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.

Динамика старения изучалась на образцах из быстрорежущей стали Р6М5. Окончанием времени старения считалось такое время, по истечению которого прекращалось изменение твердости образцов.

Данные о влиянии времени старения образцов после магнитной обработки приведены на рис. 3.

Эти данные показывают, что рост твердости образцов из стали марки Р6М5 начинается после 6 часов после обработки и через 24 часа после этой операции достигает наибольших значений.

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.

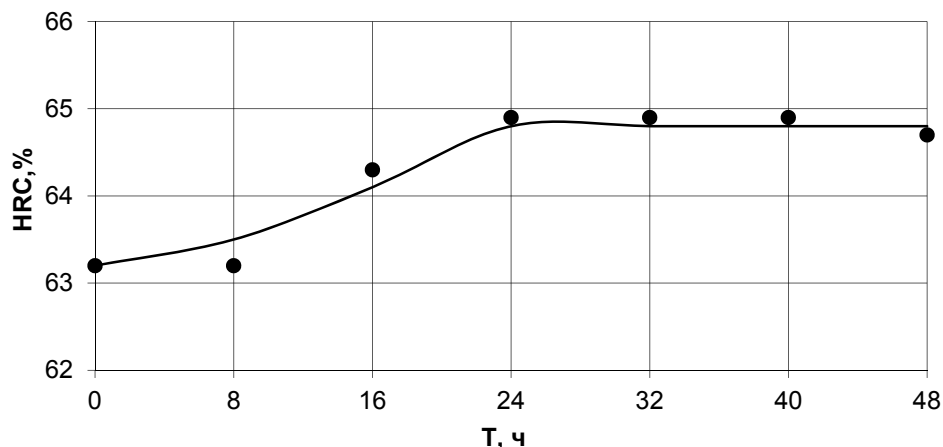


Рис. 3. Зависимость твердости стали Р6М5 от времени старения после магнитной обработки

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 методов магнитной обработки инструментов позволяет сделать следующие выводы:

- магнитная обработка представляет собой сочетание электромагнитного и термодинамического способов управления неравновесной структурой вещества;
- 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, как воздействие магнитного поля на материал, из которого изготовлен инструмент;
- износостойкость магнитнообработанного режущего инструмента отличается от износа инструмента в исходном положении;
- 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.

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* : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – Вип. 17. – С. 113–118.
2. Исследование влияния магнитно-импульсных поверхностных воздействий на эксплуатационные характеристики инструментальных сталей и инструмента / В. Л. Володин, Л. Б. Зуев, Т. В. Володин, В. В. Гайдук // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. – М., 2009. – № 6. – С. 61–65.
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.