

Модель може бути використана для подальшого моделювання термо-напруженого стану валків, а також для прогнозування і, відповідно, регулювання температури зовнішньої поверхні валка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Impact of Warm Rolling Process Parameters on Crystallographic Textures, Microstructure and Mechanical Properties of Low-Carbon Boron-Bearing Steels / M. Zebarjadi Sar та ін. *Metals-Open Access Metallurgy Journal*. 2018. №8 (11). URL : https://www.researchgate.net/publication/328840684_Impact_of_Warm_Rolling_Process_Parameters_on_Crystallographic_Textures_Microstructure_and_Mechanical_Properties_of_Low-Carbon_Boron-Bearing_Steels.
2. Effect of Hot-Rolling and Warm-Rolling Process on Properties of Cast-Rolling AZ31B Magnesium Alloy Strip / Daheng Mao та ін. *Procedia Engineering*. 2012. № 27. P. 887–894. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.12.535>.
3. Variability in the mechanical properties and processing conditions of a High Strength Low Alloy steel / G. W. Bright etc. *Procedia Engineering*. 2011. № 10. P. 106–111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.020>.
4. Кулик Т. А. Математическое моделирование температурного поля очага деформации теплокатанной полосы при реализации различных схем ее нагрева. *Вестник Карагандинского государственного индустриального университета*. 2018. № 3 (22). С. 30-34.

Надійшла до редколегії 07.09.2020.

УДК 621.9.02

DOI 10.31319/2519-2884.tm.2020.12

КИНДЕНКО Н.И., к.т.н., доцент

Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск

АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ОБСЕЧНЫХ МАТРИЦ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ И ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ БОЛТОВ И ГАЕК

Вступление. 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.

Одним из основных направлений физической технологии является магнитная обработка материалов. При магнитном воздействии вещество изменяет свои физические и механические свойства.

Улучшение свойств у ферро магнитных деталей, которые прошли магнитно-импульсную обработку (МИО), достигается за счет направленной ориентации свобод-

ных электронов вещества внешним полем, вследствие чего увеличивается тепло- и электропроводимость материала. Взаимодействие импульсного магнитного поля с деталью из токопроводящего материала происходит тем интенсивнее, чем выше структурная и энергетическая неоднородность вещества [2].

Поля локальных перенапряжений в инструментальных материалах появляются в результате магнитострикции. В этих условиях частицы карбидной фазы оказываются концентраторами напряжений, которые уменьшаются за счет дополнительных источников дислокаций.

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. 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 инструмента в результате воздействия импульсного магнитного поля.

Постановка задачи. Целью работы является на базе известных теоретических представлений проанализировать различные методы магнитной обработки, а также исследовать влияние магнитной обработки на стойкость обесечных матриц из быстрорежущих сталей.

Результаты работы. Существует два принципиально различных направления в разработке методов магнитной обработки инструментов для холодной высадки (рис.1). Согласно первому из них повышение стойкости инструмента, а также механических и технологических свойств деталей достигается путем наложения на зону обработки 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 штамповки при наложении магнитного поля на зону обработки и при обработке материалов намагниченным инструментом.

При холодной штамповке материалов в магнитном поле на инструмент действуют следующие факторы: распределение тепловых потоков в зоне высадки 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 обработки на стойкость обесечных матриц, показало, что наложение магнитного поля на зону обработки снижает износ инструмента, причем эффективность этого влияния зависит от напряженности магнитного поля.

Для повышения надежности работы механизма необходимо величину максимальной вероятности разрушения детали снизить примерно в 4 раза. Это возможно за счет уменьшения избыточной энергии материала.

Из рисунка 2 следует, что для каждого материала существует оптимальное значение внешнего импульсного магнитного поля H_{opt} , при котором концентрация напря-

жений в материале, а следовательно, и избыточная энергия предельно уменьшается ($F \rightarrow F_{min}$), вследствие чего повышается надежность детали.

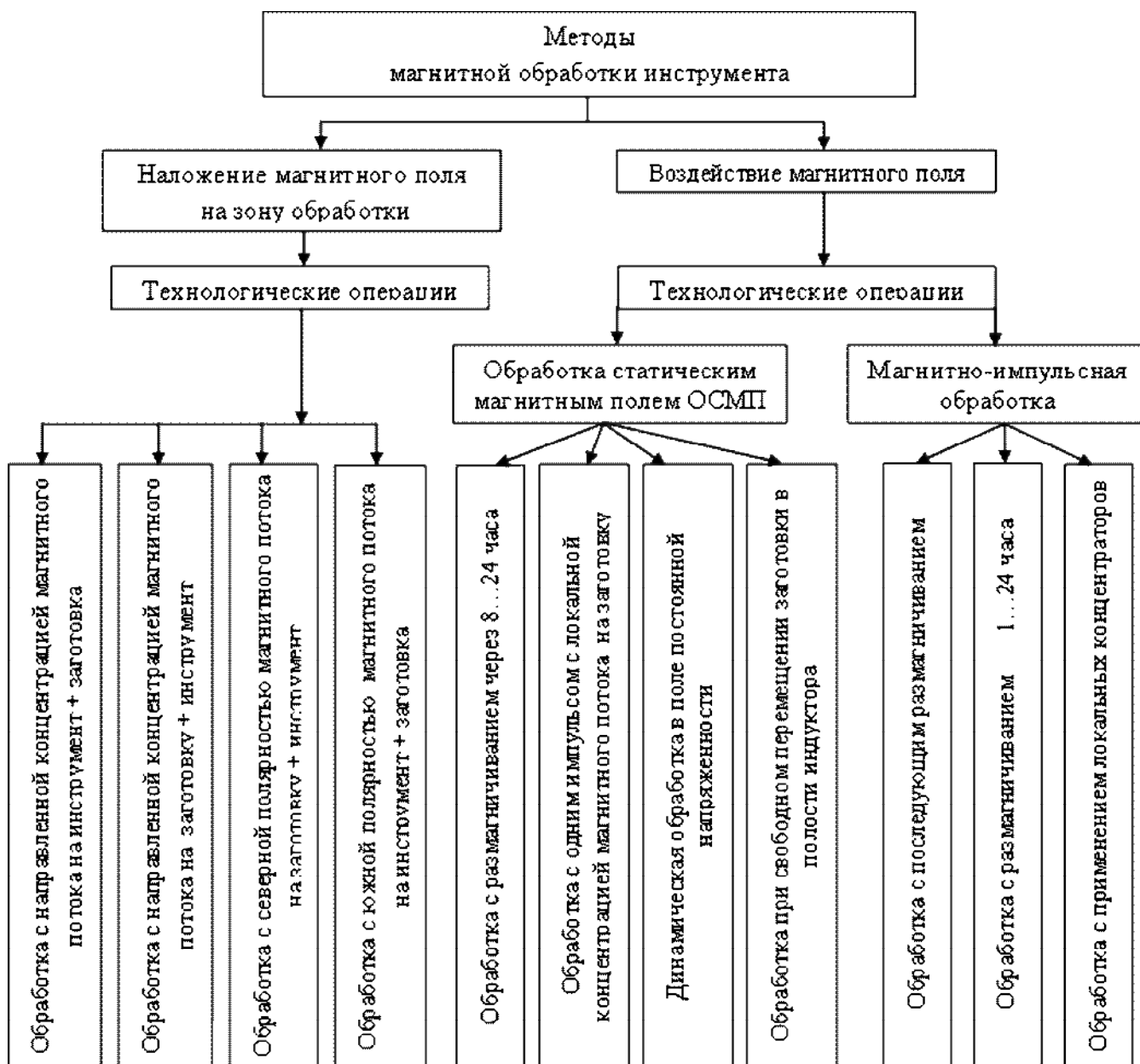


Рисунок 1 - Классификация методов магнитной обработки инструментов для холодной высадки

При наложении магнитного поля на зону обработки характер зависимостей относительного поверхностного износа от скорости обработки не изменяется, при этом наблюдается лишь снижение или повышение уровня оптимальных скоростей (в зависимости от полярности магнитного поля) и уменьшения величины оптимального поверхностного износа.

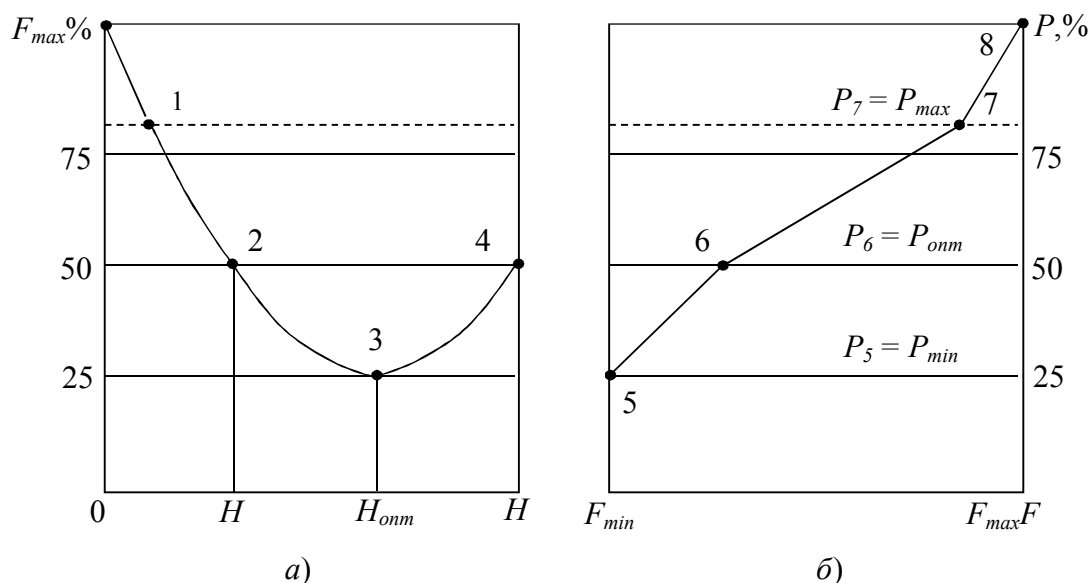


Рисунок 2 - Изменение избыточной энергии F в образце из ферро магнитного сплава в зависимости от напряженности поля H при магнитно-импульсной обработке (а) и влияния F на вероятность разрушения детали P (б)

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 магнитоупрочнения быстрорежущей стали, что выражается в повышении ее теплостойкости.

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

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 магнитоупрочнением деформации.

Взаимодействие упругого поля, обусловленного магнитоупрочнением стали, с упругим полем ее реальной дислокационной структурой приводит к появлению локаль-

ных 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.

Для каждой стали существует определенная величина напряженности импульсного магнитного поля, а следовательно, и величина магнитной энергии, которая поглощается материалом в течение времени обработки и максимально улучшает его механические и технологические свойства. Между повышением стойкости детали и магнитной проницаемостью существует корреляционная зависимость.

Из рис.3 следует, что с увеличением напряженности магнитного поля, в котором проводилась обработка инструмента, возросло и значение твердости и теплостойкости стали Р6М5К5.

Время выдержки инструмента в процессе магнитной обработки является важным элементом режима магнитной обработки. Так для стали Р6М5 (рис.4) достаточно времени воздействия магнитного поля в течение 60 сек., чтобы достичь наибольшего увеличения твердости материала.

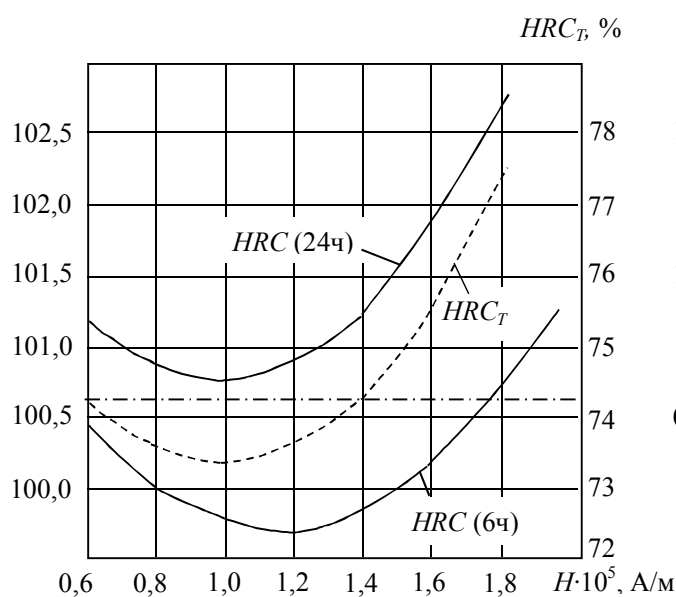


Рисунок 3 - Зависимость изменения твердости и теплостойкости стали Р6М5К5 от напряженности поля и времени старения

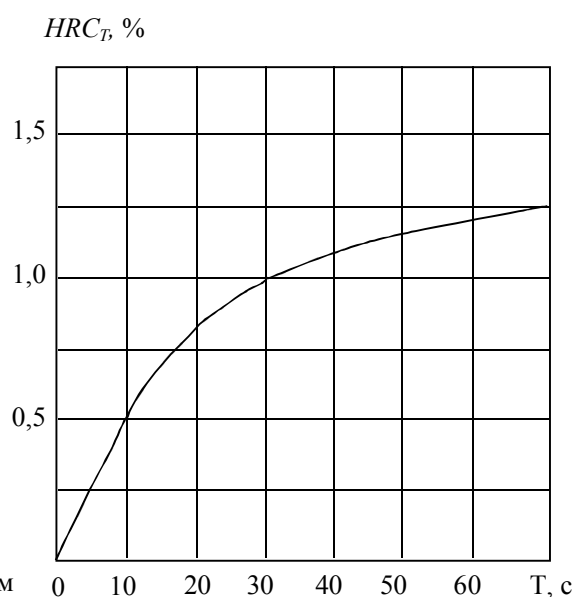


Рисунок 4 - Зависимость изменения твердости быстрорежущей стали Р6М5 от продолжительности магнитной обработки

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

Выводы. Проведенный анализ методов магнитной обработки инструментов показал, что магнитная обработка представляет собой сочетание электромагнитного и термодинамического способов управления неравновесной структурой вещества. Спо-

собы магнитной обработки следует рассматривать, с одной стороны, как методы повышения стойкости инструмента путем наложения на зону обработки магнитного поля и с другой стороны, воздействие магнитного поля на материал, из которого изготовлен инструмент. В результате воздействия импульсного магнитного поля происходит изменение физико-механических свойств быстрорежущих сталей, возрастает холодная и горячая твердость и инструментальный материал становится более однородным по структуре. 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кинденко Н. И. Повышение надежности вольфрамсодержащего инструмента обработкой в импульсном магнитном поле. *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем*. Краматорськ, 2005. Вип.17. С. 113-118.
2. Володин В. Л., Зуев Л. Б., Володин Т. В., Гайдук В. В. Исследование влияния магнитно-импульсных поверхностных воздействий на эксплуатационные характеристики инструментальных сталей и инструмента. *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. М., 2009. № 6. С. 61-65.
3. Кантович Л. И., Малыгин Б. В., Первов К. М. Повышение ресурса инструмента и деталей горных машин методом магнитной обработки. *Горное оборудование и электромеханика*. 2007. № 1. С. 13–16.

Поступила в редколлегию 04.09.2020.

УДК 621.9

DOI 10.31319/2519-2884.tm.2020.13

БОРОВИК П.В., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля, м. Сєвєродонецьк

УТОЧНЕННЯ МОДЕЛІ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ ПРИ РІЗАННІ МЕТАЛУ НА НОЖИЦЯХ В ХОЛОДНОМУ СТАНІ

Вступ. Виконання операцій поздовжнього і поперечного різання металопрокату в умовах сучасного прокатного виробництва досить часто виконуються за допомогою ножиць [1, 2], котрі є досить складними машинами за кінематикою та конструкцією. Подальший розвиток процесів і машин різання вимагає вирішення актуальних завдань по дослідженню процесів розділення та розширенню можливостей обладнання, шляхом підвищення точності математичного моделювання і підвищення достовірності та наукової обґрунтованості при прийнятті проектних і технологічних рішень.

Постановка задачі. На шляху вирішення, зазначених завдань перевага віддається експериментальним дослідженням процесів обробки тиском. Однак такий підхід не завжди здатний забезпечити повноту одержуваної інформації, оскільки вимагає цілого ряду додаткових фінансових витрат і організаційних дій. При цьому зростання можливостей обчислювальної техніки, а також успішний розвиток методів теоретичних досліджень, що базуються на розробці чисельних математичних моделей відкриває перед дослідниками нові перспективи. Основу даних моделей складають закони теорії пружності і пластичності, а також механіки руйнування. Такий комплексний підхід в поєднанні з достовірною інформацією про механічні властивості конкретного матеріалу,