

УДК 621.9.02

Кинденко Н. И.

АНАЛИЗ ГИПОТЕЗ О ПРИЧИНАХ, ВЫЗЫВАЮЩИХ ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Актуальность износостойкости и долговечности металлообрабатывающего инструмента возрастает в современных условиях рыночной экономики, когда в машиностроении особую роль призвано сыграть качество инструментов, в первую очередь режущих, определяющих во многом производительность станков и себестоимость обработки в целом.

Проблема совершенствования технологических процессов механической обработки деталей 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 [1].

В целом результат магнитной обработки рассматривается как проявление эффектов последствия в материалах, находящихся на границах стабильности их свойств и подвергнутых воздействию внешнего силового поля [2].

Анализ существующих гипотез о возможности повышения стойкости инструмента из быстрорежущих сталей в результате воздействия магнитного поля показал, что условно можно разделить эти гипотезы на две группы, отличающиеся между собой.

Согласно гипотезам первой группы, обязательным условием повышения стойкости инструмента должно быть присутствие в зоне резания магнитного поля. Вторая группа гипотез не предполагает присутствие магнитного поля как обязательного фактора, но обработку материалов производят магнитно обработанным инструментом [3].

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

Целью работы является анализ гипотез о причинах, вызывающих повышение стойкости инструмента, изготовленного из быстрорежущих сталей в результате воздействия магнитного поля, основываясь на некоторых известных представлениях.

При резании металлов 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.

Из выводов работ, исследовавших влияние напряженности постоянного и переменного магнитных полей и режимов резания на стойкость быстрорежущего инструмента, следует:

- наложение магнитного поля на зону резания снижает износ инструмента, причём эффективность этого влияния зависит от направления магнитного поля (рис. 1);
- повышение стойкости инструмента зависит как от напряженности поля, так и от режимов резания (рис. 2);
- эффект наложения на зону резания магнитного поля тем выше, чем больше величина, принятая за критерий затупления инструмента (рис. 3);

– для каждой скорости резания существует определенная напряженность магнитного поля, соответствующая максимальному увеличению стойкости инструмента (рис. 4).

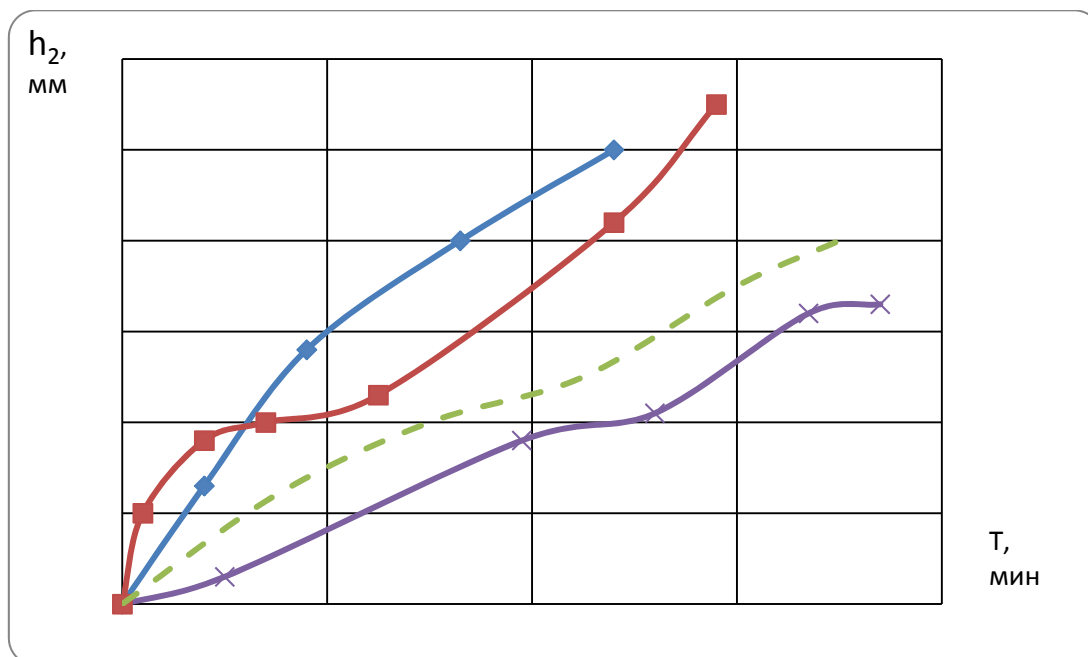


Рис. 1. Зависимость износа инструмента из быстрорежущей стали от времени при обработке чугуна:

режим резания: $S = 26,37$ м/мин; $V = 0,12$ мм/об; характер магнитного поля – переменное; \blacksquare – стандартное сверление; \blacksquare – воздействие магнитного поля через «инструмент-заготовку»; \times – воздействие магнитного поля через «заготовку-инструмент»

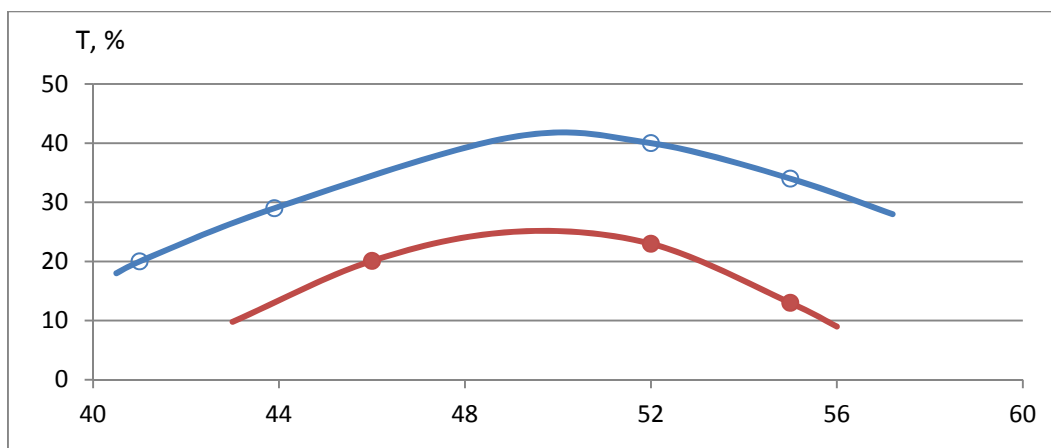


Рис. 2. Зависимость изменения повышения стойкости от скорости резания и интенсивности намагничивания при обработке стали 20X13 инструментом из быстрорежущей стали Р6М5:

режим резания $S = 0,1$ мм/об; $t = 2,1$ мм; $T = 3$ мин; характер поля – постоянное; \circ – ток намагничивания 1,25А; \bullet – ток намагничивания 2,6А

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.

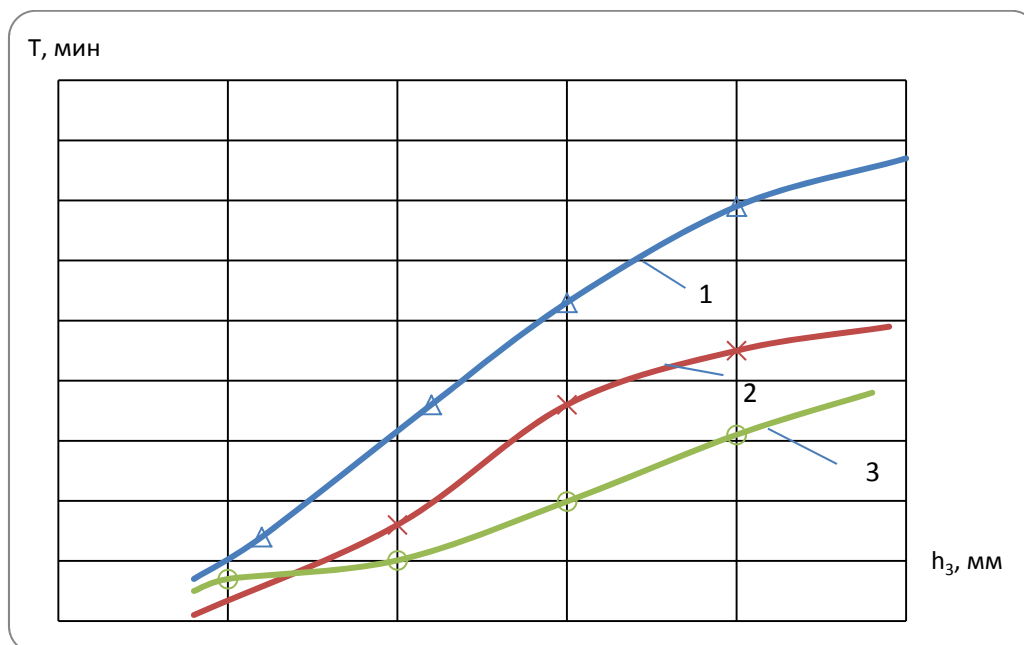


Рис. 3. Зависимость стойкости инструмента от критерия затупления при обработке чугуна инструментом из быстрорежущей стали:

режим резания: $S = 26,4$ м/мин; $V = 0,12$ мм/об; характер поля – переменное; 1 – воздействие магнитного поля через «заготовку-инструмент»; 2 – воздействие магнитного поля через «инструмент-заготовку»; 3 – стандартное сверление

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.

Наложение магнитного поля на зону резания обуславливает появление усилия, вызывающего изгиб в корне стружки, сокращения длины контакта стружки с инструментом и, следовательно, снижение сил резания. Одновременно с уменьшением площади контакта изменяется угол сдвига, 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. Наличие такого оптимума можно объяснить возможностью частичного уменьшения стойкости за счёт индукционного нагрева инструмента.

Кроме того повышение стойкости инструмента происходит также вследствие того, что мелкие частицы стружки, сцепленные с рабочими поверхностями инструмента, могут действовать как смазочно-охлаждающая жидкость, увеличивая срок службы инструмента.

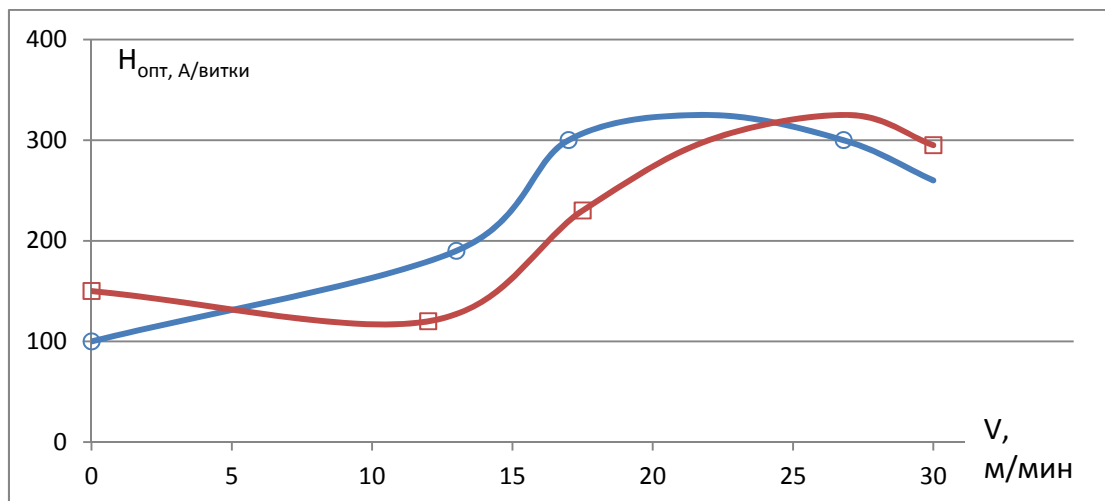


Рис. 4. Изменение оптимальной напряженности поля в зависимости от скорости резания при обработке чугуна инструментом из быстрорежущей стали: режим резания: $S = 0,12$ мм/об; характер поля – переменное; время резания: о – 5 мин; □ – 10 мин.

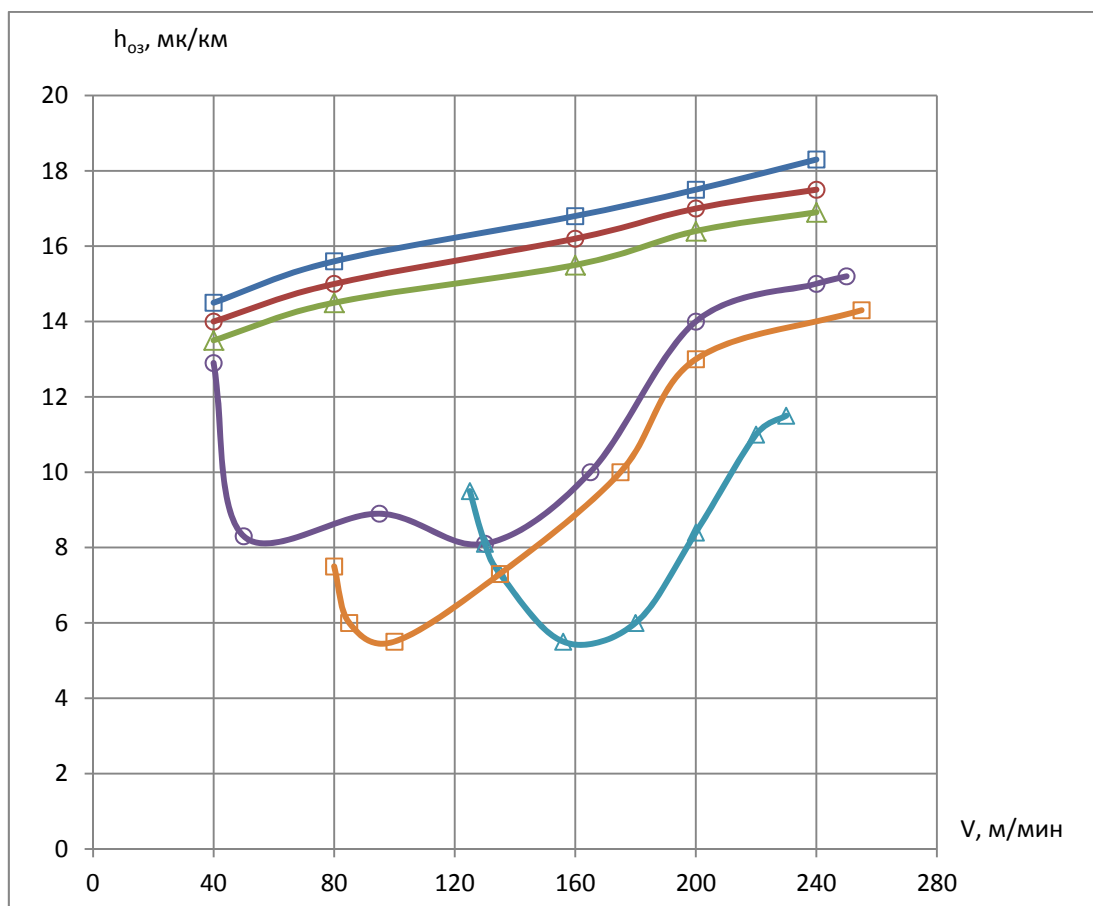


Рис. 5. Влияние скорости резания на среднюю температуру контакта и относительный износ при точении стали 30ХГСА в магнитном поле: резец П15К6; режим резания: $S = 0,12$ мм/об; $t = 0,25$ мм; о – без магнитного поля; □ – резец с южной полярностью; Δ – резец с северной полярностью

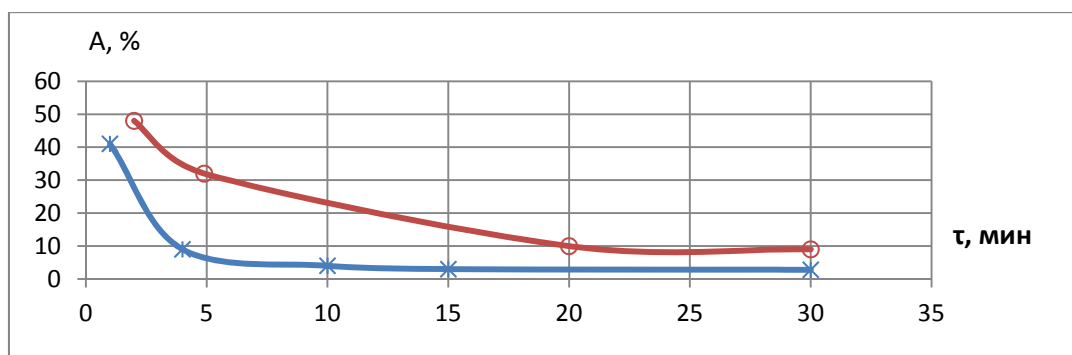
Повышение стойкости инструмента в результате наложения на зону резания магнитного поля происходит за счет изменения поворота теплового потока в зоне резания, который либо нагревает, либо охлаждает режущую кромку инструмента.

Как показывают результаты работ, выполненных проф. А. Д. Макаровым применительно к твердосплавному инструменту, наложение магнитного поля на зону резания приводит к повышению стойкости, которая оказывается тем значительнее, чем выше индукция поля.

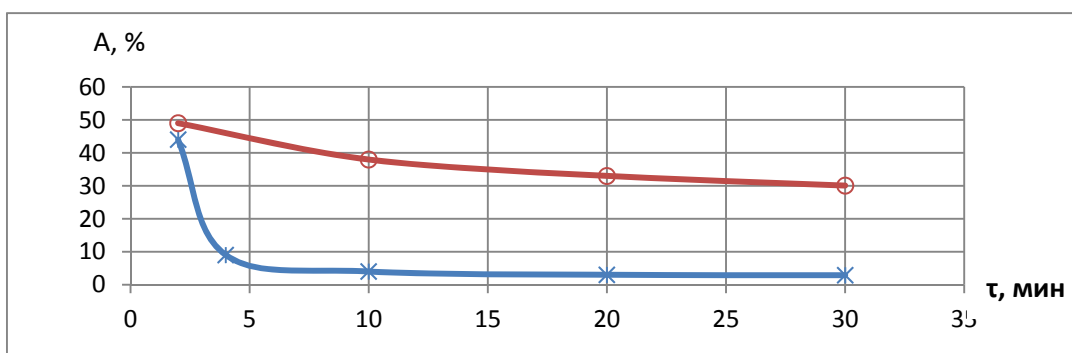
При исследовании влияния внешнего магнитного поля на стойкостные характеристики твердосплавного резца Т15К6 при обработке стали 30ХГСА установлено, что северная полярность магнитного поля снижает температуру резания, а южная – повышает.

При наложении магнитного поля на зону резания характер кривых зависимостей относительно 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 уменьшение величины оптимального поверхностного износа (рис. 5).

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, образовавшемся в результате заточки ($J-\alpha$ превращение) (рис. 6).



а



б

Рис. 6. Влияние продолжительности магнитной обработки на количество остаточного аустенита во вторично закаленном слое:

быстрорежущая сталь Р9К5; характер поля: а – постоянное; б – переменное; напряженность поля: а – 1-Н = 400 А/м; 2-Н = 560 А/м; б – 1-Н = 240 А/м; 2-Н = 320 А/м

С учётом изложенного и на основании накопленного в настоящее время промышленного опыта в области технологии обработки конструкционных материалов с использованием магнитного поля можно сделать вывод о том, что обязательным условием для повышения

стойкости режущего инструмента является присутствие в зоне резания магнитного поля различной напряженности или обработка инструментом, предварительно подвергнутым упрочнению магнитным полем.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ гипотез о причинах, вызывающих повышение стойкости инструмента, изготовленного из быстрорежущих сталей в результате воздействия магнитного поля, позволяет сделать следующие выводы:

– магнитно-импульсная 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 путём наложения на зону резания магнитного поля, с другой стороны, воздействие 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;

– наиболее стабильно повышают стойкость и качество инструмента методы, связанные с обработкой самого материала инструмента в постоянных, переменных и импульсных магнитных полях;

– магнитно-дисперсионного твердения быстрорежущей стали в результате воздействия магнитного поля позволяет получить более однородную структуру материала;

наибольшее увеличение стойкости магнитнообработанного инструмента и наибольшее улучшение физико-механических свойств инструментального материала получены при одинаковых режимах магнитной обработки;

– 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;

– связь между износостойкостью и эксплуатационной надежностью осевого инструмента, с одной стороны, и основными характеристиками качества, с другой, показывает, что технология обработки деталей магнитнообработанным инструментом позволяет значительно увеличить ресурс работы инструмента и эксплуатационную надёжность деталей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кинденко Н. И. Магнотриксционное упрочнение и магнитно-дисперсионное твердение быстрорежущих сталей в импульсных магнитных полях [Электронный ресурс] / Н. И. Кинденко // Научный вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. – Краматорск, 2017. – № 2 (23Е). – С. 31–35. – Режим доступа: [http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%962\(23%D0%95\)_2017/article/8.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/science_vesnik/%E2%84%962(23%D0%95)_2017/article/8.pdf).

2. Кинденко Н. И. Анализ гипотез о причинах повышения стойкости инструмента в результате воздействия магнитного поля на зону резания [Электронный ресурс] / Н. И. Кинденко // Научный вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. – 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. Механизм изнашивания и работоспособность инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали и упрочненного методом ОИМП [Электронный ресурс] // Н. И. Кинденко // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – Краматорськ, 2018. – № 2 (44). – С. 120–124. – Режим доступа: [http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/ddma/Herald_2\(44\)_2018/article/24.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/science_public/ddma/Herald_2(44)_2018/article/24.pdf).