

УДК 674.055

**П.В. Рудак, Д.В. Куис, О.Г. Рудак**

(P.V. Rudak, D.V. Kuis, O.G. Rudak)

(БГТУ, г. Минск, РБ)

E-mail для связи с авторами: RudakPV@belstu.by

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ  
НА КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКОЕ ИЗНАШИВАНИЕ  
ОБРАЗЦОВ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ  
ДЛЯ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА  
С ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ**

**RESULTS OF TESTS FOR CORROSIVE-MECHANICAL WEARING OF SAMPLES  
FROM HIGH SPEED STEEL FOR WOODWORKING TOOLS  
WITH VACUUM-PLASMA COATINGS**

*Проведены испытания образцов быстрорежущей стали с вакуумно-плазменными покрытиями на механо-химическое изнашивание. Установлено, что механическое воздействие на образцы быстрорежущей стали без покрытий в условиях присутствия продуктов сухой термодеструкции древесины увеличивает интенсивность изнашивания образцов до 50 % по сравнению с изнашиванием вне среды продуктов пиролиза. Установлено, что исследованные многокомпонентные наноструктурные покрытия, полученные в условиях бомбардировки потоком низкоэнергетических ионов газов, повышают коррозионно-механическую стойкость образцов в продуктах сухой термодеструкции древесины от 4 до 10 раз по сравнению с образцами без покрытий.*

*Testing of high-speed steel specimens with vacuum-plasma coatings for mechanical and chemical wear was carried out. It has been established that the mechanical action on samples of high-speed steel without coatings in conditions of the presence of products of dry thermal destruction of wood increases the wear rate of the samples to 50 % in comparison with wear outside the pyrolysis products.*

*It has been found that the multicomponent nanostructured coatings obtained under bombardment with a stream of low-energy gas ions increase the corrosion-mechanical resistance of samples in products of dry thermal destruction of wood from 4 to 10 times in comparison with uncoated samples.*

Для испытаний на коррозионно-механическое изнашивание образцов быстрорежущей стали для деревоорежущего инструмента с вакуумно-плазменными покрытиями различного состава применялась разработанная методика, основанная на замерах диагоналей отпечатков, предварительно нанесенных на поверхности образцов с помощью пирамидального индентора. Образцы истирались на экспериментальной установке на базе шлифовально-полировального станка LaboPol-5 в комплекте с устройством сложного вращательного движения и дозирования нагрузки LaboForce-3 с применением диска MD Mol (Struers, Дания) из тафты в присутствии продуктов сухой термодеструкции древесины без покрытия (БП) и с покрытиями (АТ72, ТК13, ТК12) [1]. Частота вращения контртела – 150 мин<sup>-1</sup>; усилие, оказываемое держателем на один испытываемый образец – 10 Н. Испытания проводились одновременно для трех образцов. На рисунке 1 представлены графические зависимости величины диагоналей  $d$  отпечатков на поверхности образцов при индентировании с нагрузкой 490,3 мН от времени механо-химического воздействия  $t$ .

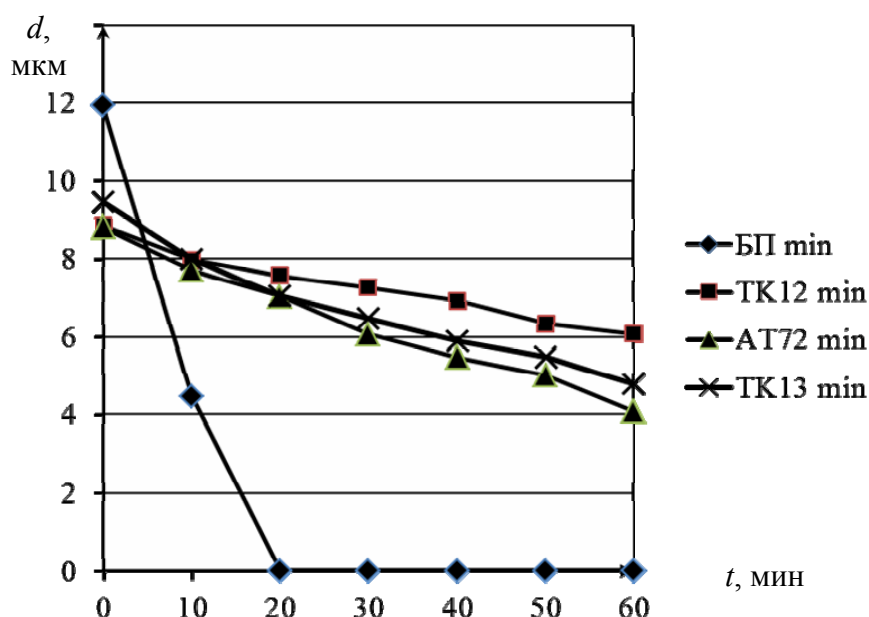


Рис. 1. Графические зависимости величины диагоналей отпечатков на поверхности образцов при индентировании с нагрузкой 490,3 мН от времени механо-химического изнашивания

Наибольшая интенсивность механо-химического изнашивания обнаружена у образца без покрытия. Через 20 мин механо-химического воздействия износостойкость образцов с покрытием стала выше стойкости образцов без покрытия: ТК12 – в 7 раз, АТ72 – в 5 раз, а ТК13 – в 4 раза. Через 60 мин механо-химического воздействия износостойкость образцов с покрытием стала еще выше стойкости образцов без покрытия: ТК12 – в 10 раз, образцов с покрытиями АТ72 и ТК13 – в 6 раз.

Среди образцов с покрытиями наибольшее увеличение стойкости по сравнению с образцами без покрытия при механо-химическом воздействии показало покрытие ТК12, которое по результатам предшествующих испытаний характеризуется наибольшей микротвердостью и химической стойкостью [2]. Покрытие ТК13 обладает меньшей твердостью по сравнению с покрытием АТ72, однако химическая стойкость данного покрытия выше. При механо-химическом воздействии в течение 60 мин, несмотря на более высокую твердость, покрытие АТ72 проявило более высокую интенсивность потери материала с поверхности по сравнению с покрытием ТК13.

Через 20 мин после начала механо-химического воздействия износ образцов с покрытием АТ72 был на 5 % меньше в сравнении с образцами с покрытием ТК13.

Это может быть объяснено тем, что на первых этапах изнашивания основную роль в препятствии диссипации материала играет твердость покрытия, а по мере продолжающегося воздействия химических веществ особое значение приобретает химическая стойкость поверхности образцов. В связи с этим может быть сделан вывод, что химическая стойкость поверхности дереворежущего инструмента в среде продуктов пиролиза древесины оказывает существенное влияние на износостойкость и не менее важна чем твердость поверхности инструмента.

Подтверждением данного вывода являются результаты проведенных испытаний на механическое и механо-химическое изнашивание образцов быстрорежущей стали без покрытия в условиях как присутствия, так и отсутствия продуктов пиролиза древесины (рис. 2).

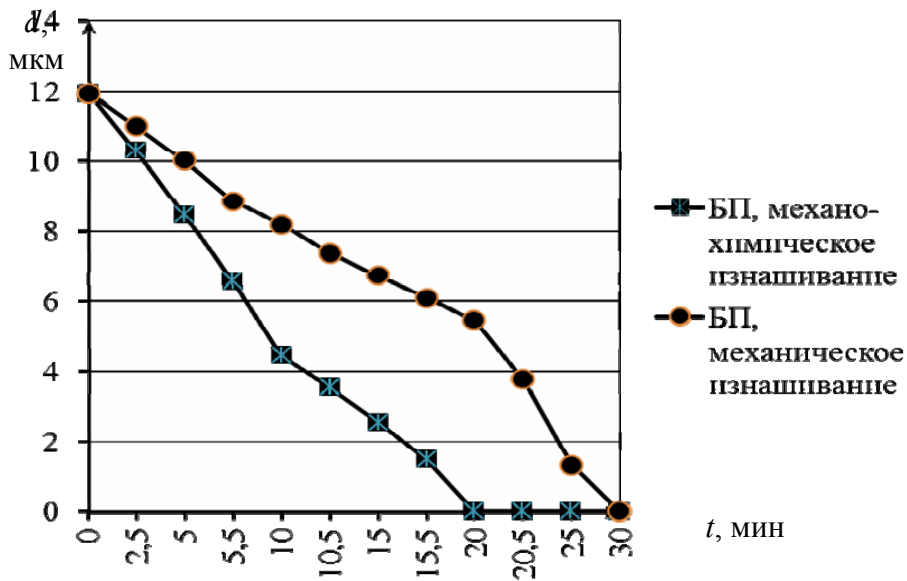


Рис. 2. Графические зависимости величины диагоналей отпечатков на поверхности образцов при индентировании с нагрузкой 490,3 мН от длительности механо-химического и механического изнашиваний

Анализируя графики на рисунке 2, можно сделать вывод, что продукты пиролиза древесины приводят к росту интенсивности изнашивания примерно на 50 %.

На рисунке 3 представлены графические зависимости величины диагоналей отпечатков на поверхности образцов при индентировании с нагрузкой 4,903 Н от времени механо-химического воздействия.

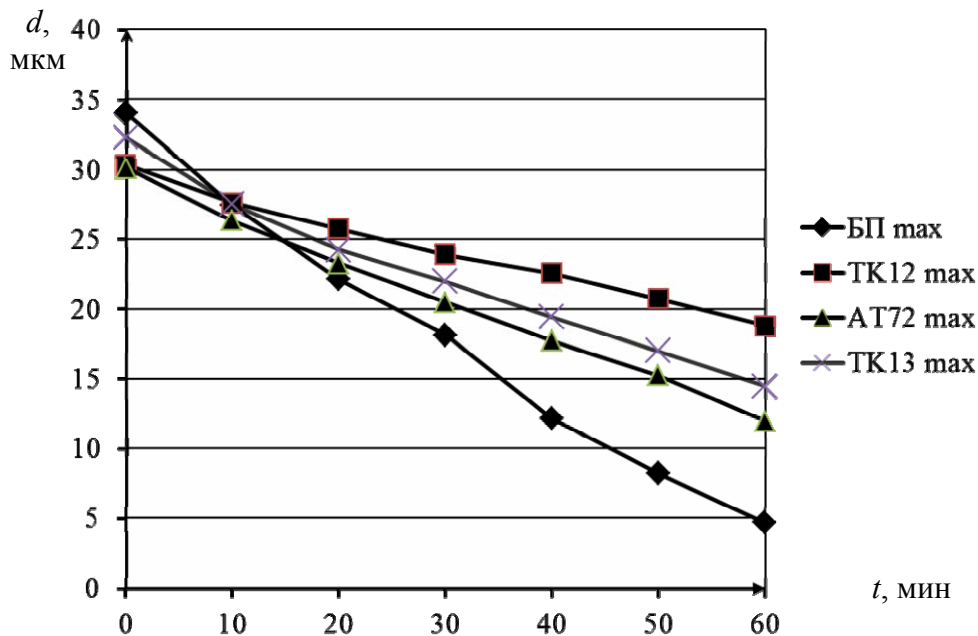


Рис. 3. Графические зависимости величины диагоналей отпечатков на поверхности образцов при индентировании с нагрузкой 4,903 Н от времени механо-химического воздействия

Уменьшение величин диагоналей отпечатков, полученных при нагрузке 4,903 Н, происходит несколько более интенсивно по сравнению с уменьшением диагоналей отпечатков, полученных при нагрузке 490,3 мН.

Можно предположить, что более глубокие отпечатки достигают материала основы образца, обеспечивая контакт с продуктами пиролиза.

На рисунке 4 представлены графические зависимости интенсивности уменьшения диагоналей отпечатков, полученных при нагрузках 490,3 мН (БП min) и 4,903 Н (БП max) на образцах без покрытия в процессе механо-химического изнашивания.

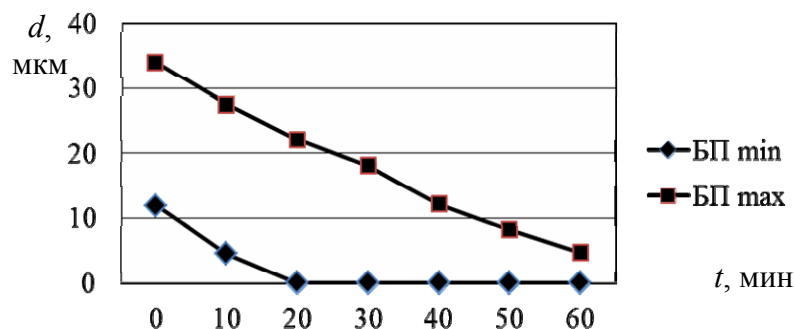


Рис. 4. Уменьшения диагоналей отпечатков, полученных при нагрузках 490,3 мН (БП min) и 4,903 Н (БП max) в процессе механо-химического изнашивания образцов

Из графиков на рисунке 4 видно, что интенсивности уменьшения диагоналей отпечатков, полученных при нагрузках 490,3 мН и 4,903 Н для образцов без покрытия (БП) практически совпадают.

На основе проведенных в соответствии с разработанной методикой экспериментальными исследованиями установлено, что продукты сухой термодеструкции древесины, находясь в зоне трения, оказывают существенное влияние на коррозионно-механическую стойкость образцов быстрорежущей стали с покрытиями и без покрытий. Установлено, что механическое воздействие на образцы быстрорежущей стали без покрытий в условиях присутствия продуктов сухой термодеструкции древесины увеличивает интенсивность изнашивания образцов до 50 % по сравнению с изнашиванием вне среды продуктов пиролиза.

Установлено, что исследованные многокомпонентные наноструктурные покрытия, полученные в условиях бомбардировки потоком низкоэнергетичных ионов газов, повышают коррозионно-механическую стойкость образцов в продуктах сухой термодеструкции древесины от 4 до 10 раз по сравнению с образцами без покрытий.

### Библиографический список

1. Protective Woodcutting Tool Coatings / S.D. Latushkina, P.V. Rudak, D.V. Kuis, O.G. Rudak, O.I. Posylkina, O.Y. Piskunova, J. Kovač, J. Krilek, Š. Barcik // Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun. 2016. V. 64. Pp. 835–839.
2. Experimental researches tribological properties of hard-alloy blades with a vacuum-plasma coating in the chipboards milling process / P.V. Rudak, J. Kováč, D.V. Kuis, O.G. Rudak, Š. Barcík, J. Krilek, E.J. Razumov // Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun. 2015. V. 63. Issue 5. Pp. 1543–1547.