

УДК 537.525.7:621.762

С. С. Карпович¹, Н. С. Царь², С. И. Карпович²¹филиал Белорусского национального технического университета
«Институт повышения квалификации и переподготовки кадров
по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ»²Белорусский государственный технологический университет**ВЛИЯНИЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ
НА ХАРАКТЕР ЗАТУПЛЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

В статье приведены результаты исследований влияния ионно-плазменного азотирования на характер затупления режущего инструмента. По итогам исследований установлено, что при невысокой твердости металла основы потери работоспособности инструмента происходят за счет пластической деформации режущей кромки и на покрытии появляется сетка микротрещин. Это снижает эффективность упрочняющей технологии. При применении упрочняющего покрытия на твердой основе изнашивается задняя поверхность режущего клина без деформации режущей кромки, что обеспечивает максимальную эффективность упрочняющего покрытия.

Ключевые слова: азотирование, лезвия, резцы, заточка, резание, упрочнение, покрытие, древесина.

S. S. Karpovich¹, N. S. Tsar'², S. I. Karpovich²¹branch of the Belarusian National Technical University “Institute for Advanced Studies
and Retraining for New Areas of Engineering, Technology and Economy BNTU”²Belarusian State Technological University**THE INFLUENCE OF ION-PLASMA NITRIDING
ON THE NATURE OF DULLNESS OF THE CUTTING TOOL**

In the article the results of researches of influence of ion-plasma nitriding on the nature of dullness of the cutting tool. By results of researches it is established that at low hardness of the base metal, the failure of the tool occurs due to plastic deformation of the cutting edge and the coating is covered with a mesh of microcracks. This reduces the efficiency of hardening technology. When applying reinforcing coating on the basis of solid wear back surface of cutting wedge, without deformation of the cutting edge that gives maximum efficiency of the reinforcing coating.

Key words: nitriding, blades, cutters, grinding, cutting, hardening, coating, wood.

Введение. Эффективность повышения работоспособности деталей машин, инструмента за счет нанесения покрытий не требует дополнительного обоснования. Дальнейшее расширение возможностей технологии нанесения упрочняющих покрытий лежит в области оптимизации как химического состава покрытий, так и технологии нанесения многослойных, композиционных покрытий.

Нанесение упрочняющих покрытий при повышенных температурах связано с разупрочнением металла, снижением твердости, что для инструмента нежелательно. Большинство упрочняющих технологий проводятся при температурах в диапазоне средней – высокой отпуск. Окончательное формирование структуры стального режущего инструмента осуществляется при низком отпуске. Снижение температуры процесса упрочнения целесообразно и по другой причине. Появляется возможность применять для изготовления инструмента менее теплостойкие стали, а это низко- и среднелегированные сплавы.

Стоимость таких сталей ниже применяемых в настоящее время высоколегированных инструментальных сталей, из которых изготавливают режущий инструмент. Экономический эффект от применения упрочняющих покрытий в этом случае существенно повышается.

Основная часть. Явления, вызывающие затупление дереворежущего инструмента, имеют разную природу, а именно механическую, физическую, химическую. Силовое взаимодействие между режущим клином и обрабатываемым материалом увеличивает влияние тех или других факторов с учетом температурного поля в зоне резания.

Природу затупления инструмента при обработке органических материалов можно классифицировать по следующим категориям:

– механические причины износа – напряжения в резце, в том числе остаточные напряжения в металле после механической обработки. Внешние признаки такого износа – хрупкое или пластическое разрушение, деформация режущей кромки, абразивное и усталостное

диспергирование инструментального материала в зоне контакта с обрабатываемым материалом;

– термическая природа затупления связана с повышением температуры в зоне резания, что ведет к снижению твердости инструмента в контактной зоне и возникновению термических напряжений;

– химические процессы, протекающие между инструментом и обрабатываемым материалом с учетом влияния температурного поля в зоне резания. Процесс химической природы затупления связан как с возможным образованием агрессивных соединений, макрорадикалов, так и с сочетанием механического и химического факторов износа;

– электрическая природа износа связана с гальваническими явлениями, электрохимической коррозией, трибоэлектрическими процессами и электрической эрозией.

В первую очередь характер затупления определяется твердостью инструментального материала. На рис. 1, 2 приведена форма износа режущей кромки резца из стали 9ХФ твердостью HRC = 45. Изменение геометрии режущей кромки произошло за счет пластической деформации, отгиба лезвия к задней поверхности режущего клина с образованием на ней валика (вид по стрелке рис. 2).

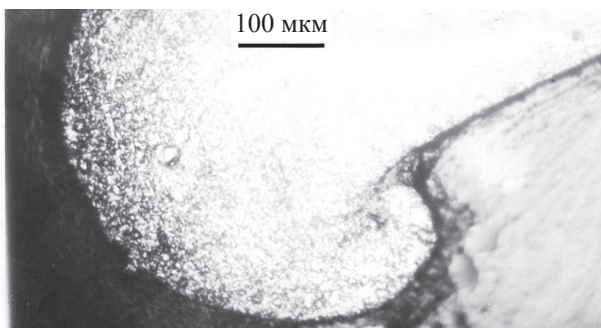


Рис. 1. Сечение режущего клина с деформацией режущей кромки резца твердостью HRC = 45

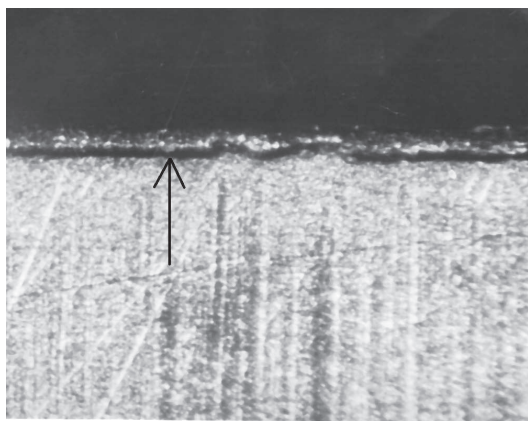


Рис. 2. Валик отгиба на задней поверхности (по стрелке)

Инструмент с более высокой твердостью изнашивается по другой схеме, с симметричным округлением режущей кромки относительно передней и задней поверхностей режущего клина (рис. 3).

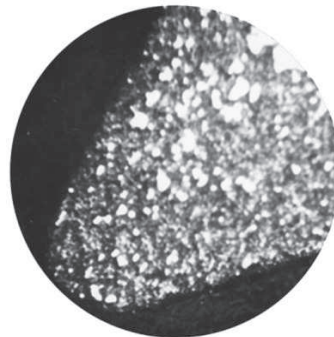


Рис. 3. Схема износа резца из стали P18 с твердостью HRC = 62

В первом и во втором случаях обрабатываемым материалом являлась древесина сосны с влажностью $W = 10\%$. Геометрические параметры резца: передний угол 30° , угол заострения 45° , задний угол 15° .

Процесс формирования упрочняющих покрытий связан с последующим вторичным нагревом инструмента до сравнительно высоких температур. Например, при ионно-плазменном азотировании процесс протекает при температуре в пределе $400\text{--}600^\circ\text{C}$. Такие температуры ведут к изменению структуры металла и как следствие влияют на весь комплекс показателей. Оптимизировать эксплуатационные показатели инструмента с упрочняющими покрытиями затруднительно без учета структурных изменений в металле подложки с учетом температур формирования этих пленочных покрытий.

Качество пленочных покрытий обеспечивается не только его свойствами, но и адгезией к металлу основания. Решение этой проблемы найдено в нанесении промежуточных слоев, обеспечивающих переходную зону между металлом основы и упрочняющим твердым покрытием [1].

Повышение эффективности эксплуатации инструмента осуществляется в основном по трем направлениям: снижение энергоемкости процесса резания, повышение качества поверхностей обработки и увеличение износостойкости инструмента. Основные исследования ведутся в области совершенствования режущей зоны инструмента.

При проектировании дереворежущего инструмента необходимо учитывать особенности обрабатываемого материала – древесины. В первую очередь ее низкую теплопроводность и анизотропию свойств.

В процессе обработки древесины самым теплопроводным является материал инструмента, который выполняет роль своеобразного канала для отвода тепла из зоны резания. В результате чего, несмотря на невысокие механические показатели древесины в сравнении с металлом, лезвие дереворежущего инструмента нагревается до температур порядка 800°C. Температурный фактор не только является причиной износа инструмента, но и способствует пластической деформации вершины режущего клина в виде ее отгиба, образования валика на задней поверхности резца.

Деформация лезвия режущего инструмента ведет не только к изменению его линейных размеров и геометрии, а при наличии пленочного упрочняющего покрытия – к растрескиванию покрытия и, как следствие, к уменьшению износостойкости. В этом случае эффект от нанесения упрочняющего износостойкого покрытия уменьшается и может оказаться бесполезным.

Соотношение твердости упрочняющего покрытия к твердости металла основы обеспечивает хорошее сочетание износостойкости покрытия с механическими свойствами корпуса инструмента. При работе инструмента в условиях ударных, изгибающих нагрузок, помимо твердости рабочей зоны, материал корпуса должен иметь высокие показатели прочности.

Характер износа ножа с упрочняющим покрытием по передней поверхности приведен на рис. 4.

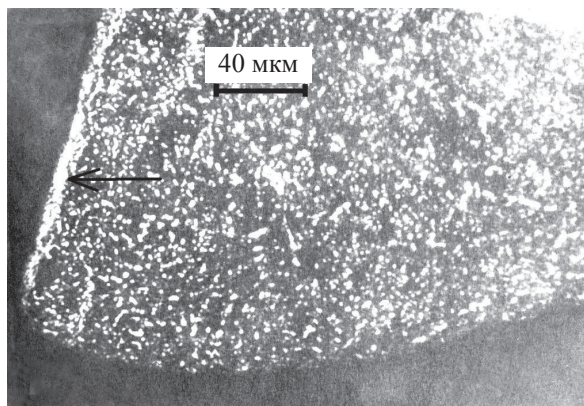


Рис. 4. Вид затупления резца с азотированным слоем (азотированный слой по стрелке)

На инструменте с упрочненной передней поверхностью следов износа не видно. Задняя поверхность изнашивается по пологому радиусу. По профилю затупившегося резца можно предположить, что износ вершины режущей кромки происходит по схеме микровыкрашивания, о чем свидетельствует меньший радиус округления этой части режущего клина. По мере затупления резца трение по задней поверхности

возрастает и, естественно, увеличивается тепловыделение. Это позволяет сделать вывод, что для инструмента с упрочненной передней поверхностью задний угол надо увеличивать.

Износ по передней поверхности режущего клина минимизируется за счет твердого упрочняющего покрытия. При заточке инструмента по задней поверхности высокую твердость сохраняет слой на передней поверхности, который располагается на металле основы, имеющей меньшую твердость.

Эта часть задней поверхности изнашивается более интенсивно, т. е. наблюдается эффект самозатачивания, что увеличивает период работоспособности инструмента. В такой ситуации процесс затупления идет по схеме микровыкрашивания твердого слоя. При значительной толщине слоя, больше допустимого радиуса округления режущей кромки, процесс затупления идет по схеме макровыкрашивания, что связано с необходимостью более частой заточки инструмента.

Производственные испытания опытных партий ножей с упрочненным покрытием на износостойкость проводились на рубильных машинах МР-40 при заготовке топливной щепы. Комплекты рубильных ножей изготавливались из марок сталей 6ХВ2С и Х12МФ с применением ионно-плазменного азотирования на следующих режимах: температура азотирования $\leq 450^\circ\text{C}$, длительность процесса – 6 и более часов в атмосфере $\text{Ar} + \text{N}_2 + \text{H}_2$, абсолютное давление – 100–250 Па.

Критерием износостойкости был объем переработанной древесины (м^3) в щепу за период стойкости ножей.

По результатам испытаний можно сделать следующие выводы. Износостойкость упрочняющих покрытий на режущем инструменте зависит не только от свойств упрочненного слоя, но и от свойств металла основы, на который наносится упрочняющее покрытие. Ножи из стали Х12МФ имеют лучшие эксплуатационные показатели в сравнении со сталью 6ХВ2С.

Для дереворежущего инструмента, работающего в условиях ударных нагрузок, соотношение твердости упрочненного слоя к твердости металла основы в пределах 1,3–1,7 обеспечивает высокую износостойкость инструмента при эксплуатации в производственных условиях.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Установлено влияние твердости металла подложки на износостойкость упрочненного слоя и механизм изнашивания режущей кромки инструмента. При невысокой твердости металла

основы потери работоспособности дереворежущего инструмента происходят за счет пластической деформации режущей кромки с образованием валика на задней поверхности. При такой схеме затупления находящееся на передней поверхности упрочняющее покрытие испытывает изгибающие напряжения и покрывается сеткой микротрещин. При дальнейшем контакте с обрабатываемым материалом эти микрообъемы отслаиваются от основы, что ведет к

интенсивному износу режущей кромки. В этом случае эффективность упрочняющей технологии значительно снижается.

2. Механизм износа режущей кромки с упрочняющим покрытием на более твердой основе другой – изнашивается задняя поверхность режущего клина, без деформации режущей кромки. В этом случае достигается максимальная эффективность при нанесении упрочняющего покрытия.

Литература

1. Режущий инструмент: пат. Респ. Беларусь, МПК С 23 С 28/00 / С. Д. Латушкина, Д. С. Карпович, О. И. Гапанович, А. Г. Жижченко, А. В. Емельянов, В. А. Емельянов, С. Ф. Сенько; заявитель Физико-технический ин-т НАН Беларуси № u 20121066; заявл. 29.11.12; опубл. 30.06.13, Афіц. бюл. 3 с.

References

1. Latushkina S. D., Karpovich D. S., Gapanovich O. I., Zhizhchenko A. G., Emel'yanov A. V., Sen'ko S. F. *Rezhushchiy instrument* [Cutting tools]. Patent BY, no u 20121066, 2013.

Информация об авторах

Карпович Сергей Семенович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Новые материалы и технологии». Филиал Белорусского национального технического университета «Институт повышения квалификации и переподготовки кадров по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ» (220107, г. Минск, пр-т Партизанский, 77, Республика Беларусь). E-mail: KarpovichSI@belstu.by

Царь Николай Славамирович – магистрант кафедры организации производства и экономики недвижимости. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: koliktsar@inbox.ru

Карпович Семен Иванович – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник кафедры материаловедения и технологии металлов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: KarpovichSI@belstu.by

Information about the authors

Karpovich Sergey Semenovich – PhD (Engineering), Assistant Professor, Head of the Department “New Materials and Technologies”. Branch of the Belarusian National Technical University “Institute for Advanced Studies and Retraining for New Areas of Engineering, Technology and Economy BNTU” (77, Partizanskiy Ave., 220107, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: KarpovichSI@belstu.by

Tsar' Nikolay Slavamirovich – Master's degree student, the Department of Production Organisation and Real Estate Economics. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: koliktsar@inbox.ru

Karpovich Semen Ivanovich – PhD (Engineering), Assistant Professor, Leading Researcher, the Department of Material Science and Metal Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: KarpovichSI@belstu.by

Поступила 15.02.2016