

## ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТОНКОСТЕННОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

<sup>1</sup>Скобло Т.С., д.т.н., проф., Романюк С.П., асп.,  
Сидашенко А.И., к.т.н., проф.

<sup>2</sup>Гаркуша И. Е., д.ф.-мат. наук, Бырка О. В., м.н.с.,  
Муратов Р. М., инженер

<sup>1</sup>Харьковский национальный технический университет сельского  
хозяйства имени П. Василенко

<sup>2</sup>Институт Физики Плазмы, ННЦ Харьковский Физико-Технический  
Институт

*Предложен метод повышения эксплуатационной стойкости тонкостенного режущего инструмента нанопокрытиями с формированием ребер жесткости. Такой способ обеспечивает упрочнение режущей кромки и повышение усталостной прочности остальной части ножа.*

Неотъемлемой частью пищевого перерабатывающего производства является измельчающее оборудование, детали которого эксплуатируются в крайне экстремальных условиях. Преждевременным выходом из строя измельчающего оборудования является ускоренный износ обрабатываемого инструмента: потеря формы режущей кромки и деформация всего ножа, что приводит к его трещинообразованию за счет усталостной повреждаемости. Одним из путей повышения стойкости является нанесение высокостойкого покрытия, соответствующего состава. Наносимое покрытие на поверхность изделия должно уменьшать диффузию углерода, за счет образования карбидов, обеспечения их стабильности, уменьшения склонности к усталостной повреждаемости, выкрашиванию и загибу кромки.

Целью работы является способ повышения долговечности тонкостенных ножей наноструктурными покрытиями за счет упрочнения режущей кромки и повышения усталостной прочности остальной части ножа.

Упрочнение режущих инструментов является актуальной и важной задачей, поскольку от их показателей зависят условия процесса резания, не допущения выкрашивания режущей кромки, эксплуатации оборудования и качества процесса. Решению данной задачи посвящено большое количество научных работ [1-4]. Каждый из применяемых методов имеет свои преимущества и недостатки.

Упрочнение тонкостенных деталей посредством магнитоэлектрической обработки с нанесением ферромагнитного порошка [2] не обеспечи-

вадет необходимой шероховатости и точности покрытий поверхности детали. Оно склонно к выкрашиванию, что недопустимо в пищевом перерабатывающем производстве.

При изготовлении упругих элементов применяют закалку, холодную пластическую деформацию, старение, вырубку и локальный нагрев лазерным излучением до 700-1000°С по периметру свободной кромки пластины [3].

Такая обработка приводит к повышению сопротивления разрушению в зоне максимальной концентрации напряжений - кромки, при этом сопротивление усталостному разрушению остальной поверхности изделия не изменяется.

Для упрочнения тонкостенных изделий целесообразным является метод вакуумного ионно-плазменного нанесения многослойного износостойкого покрытия для режущего инструмента [4]. Он включает нанесение слоя сложного нитрида титана-алюминия и слоя нитрида хрома при вращении покрываемой подложки относительно распыляемых катодов, при этом между слоем сложного нитрида титана-алюминия и слоем нитрида хрома наносят дополнительный барьерный слой из сложного нитрида цирконий-ниобий.

Данный способ упрочнения ножей, не может быть использован в пищевом производстве, поскольку эти компоненты не входят в состав перерабатываемой продукции, а также не рекомендованы для материалов режущих инструментов пищевого производства, т.к. при эксплуатации, возможно, их выкрашивание с покрытия.

Дисковый режущий инструмент для дробления орехов в кондитерском производстве изготавливают из холоднокатаной тонколистовой стали 65Г(отечественные) или нержавеющей типа 20Х13 (зарубежные) [5].

Конструктивной особенностью дисковых ножей из нержавеющей стали является утолщенный ободок, который располагается сразу за режущей кромкой и предназначен для стабильной ее работы при эксплуатации. В сечении он на 0,08 мм больше основания. Однако, такая конструктивная особенность в полной мере не обеспечивает снижение повреждаемости как лезвия, а тем более и остальной его части.

Используют дисковые ножи диаметром 75 - 76мм с отверстием 32мм. Толщина ножа составляет 0,64мм и по его периметру нарезают режущую кромку.

В процессе эксплуатации тонкостенные ножи подвергаются износу режущей кромки и сильной деформации зоны вне ее, что в результате изменяет уровень напряженного состояния и приводит к диффузии основных компонентов материала ножей. Это определяет их повреждаемость – выкрашивание и пластическую деформацию лезвия (загиб кромки) [6], усталостную повреждаемость середины и основания ножа [7] и способствует их выходу из эксплуатации.

Для очистки тонкостенных дисковых ножей проводили обработку поверхности ВЧ разрядом, а затем наносили нанопокрытие с одной стороны всей режущей кромки, обеспечивая тем самым эффект самозатачивания при эксплуатации. На остальной части формировали, перпендикулярно расположенные к режущей кромке, полосы жесткости (рис.1). Для упрочнения использовали покрытие, состоящее из композиции 50%W + 50%С. Его наносили вакуумно-дуговым методом с применением высокочастотного разряда (ВЧ) в стационарном внешнем магнитном поле (~ 30 эрстед). При давлении в вакуумной камере  $P = 8 \cdot 10^{-3}$  Торр и в среде Ag. Отрицательное смещение на ВЧ – электроде составляло  $E_{см} = 700$  В при времени нанесения покрытия - 1ч. Расстояние между ВЧ - электродом и образцом - 4 см. Такие параметры обработки позволяют получить нанопокрытие С+W толщиной до 50 нм. Толщина получаемого покрытия определяется временем обработки.



Рис.1. Режущий инструмент с ребрами жесткости

Использованная конфигурация упрочнения снизила усталостную повреждаемость ножа и износ режущей кромки (табл.1).

Таблица 1. Характеристика упрочненного ножа

Способ использования ножей	Характеристика показателей		
	Средняя микротвердость при нагрузке 0, 245Н	Коэффициент износа лезвия	Коэффициент усталостных повреждений
До упрочнения	500,4	1,0	1,0
После предложенного программируемого способа нанопропрочнения	609,65 (упрочнение 21,83%)	0,78 (снижение на 22%)	0,82 (снижение на 18%)

Покрытие обеспечивает формирование трех типов специальных карбидов:  $W_2C$ , WC и промежуточного карбида вольфрама, отличающегося

по содержанию этих компонентов. Уровень микротвердости покрытия повышается на 21,83% по сравнению с исходным материалом (сталь 65Г после закалки).

Упрочняющую обработку в вакууме проводили всей поверхности ножа, а перед ее осуществлением зоны, не подлежащие обработке вне режущей кромки, натерли орехами, что позволило в результате прямолинейного упрочнения полос не нарушить конфигурации этих участков (зоны упрочнения см. рис.1). За счет их масленичных свойств исключали адгезию покрытия с изделием, т.е. обеспечивали принцип Шарпи, когда в мягкой матрице формируются запрограммированные, армирующие твердые зоны (наноупрочненные).

Проведенные промышленные испытания (рис.2) подтвердили увеличение срока службы режущего инструмента с нанопокрытием WC, упрочненного по предложенной методике, в 20 раз по сравнению с дисковыми ножами из исходного материала (сталь 65Г после закалки и отпуска). При этом время эксплуатации в 2 раза выше по сравнению с ножом с нанопокрытием WC, упрочненного по всей поверхности при одинаковой толщине покрытия.

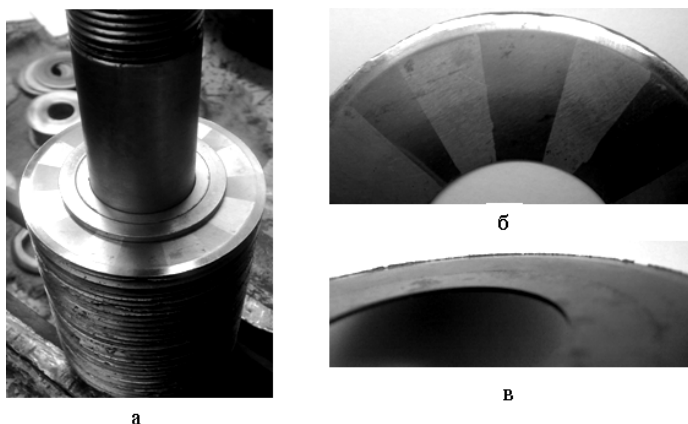


Рис. 2. Шпиндель дисковых ножей (а) и внешний вид ножа с ребрами жесткости после эксплуатации (б, в)

При таком программируемом упрочнении снизилась деформация средней зоны, основания ножа, стабилизировалась и работа режущей кромки. Предварительная обработка ВЧ перед нанесением покрытия исключила развитие коррозии при эксплуатации, которая характерна для ножей текущего производства из стали 65Г.

В результате предложенного программируемого вакуумно-дугового метода нанесения упрочняющего нанопокрытия из композиции 50%W+50%С обеспечено повышение стабильной работы режущей кромки и

снижена склонность к развитию усталостной повреждаемости основной и средней части ножа. В результате промышленных испытаний было показано, что их срок службы может быть еще дополнительно увеличен при оптимальной толщине нанопокрытия до 100нм для упрочнения режущей кромки.

### **Выводы**

Предложен способ (защищен патентом [8]) повышения долговечности тонкостенных ножей наноструктурными покрытиями за счет упрочнения режущей кромки и повышения усталостной прочности остальной части ножа.

При таком упрочнении уменьшается деформация лезвия и обеспечивается снижение износа режущей кромки на 22%. Склонность к усталостной повреждаемости снижена на 18%. Это достигается повышением средней микротвердости покрытия на 21,83%.

### **Список использованных источников**

1. Романюк С. П. Анализ методов упрочнения режущих инструментов// Вісник ХНТУСГ: [«Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві»]. - Випуск 133. – Харків, 2013. - С.136 - 142.
2. Авторское свидетельство № 521107 СССР, кл. В 23Р 1/18, С23С 17/00. Способ нанесения покрытий электрическими разрядами./В.И. Абрамов, Б.П. Чемисов; Заявитель и патентообладатель Новополицкий политехнический институт.- № 2064907/01. Заявл. 08.10.74.; опубл. 15.07.76., Бюл. №26.
3. Авторское свидетельство №1447878 СССР, кл. С21 D1/09. Способ изготовления упругих элементов. / В.Н. Закрой, Е.А. Коломьшев, В.Г. Марченко, В.А. Пчелинцев, А.Ю. Цуприн; Заявитель и патентообладатель Суской филиал Харьковского политехнического института им. В.И.Ленина. – № 4233525/31-02. Заявл. 22.04.87.; опубл. 30.12.1988., Бюл. №48.
4. Патент 2478138 Российская Федерация МПК С23С14/06, С23С14/24. Способ вакуумного ионно-плазменного нанесения многослойного износостойкого покрытия для режущего инструмента / Блинков И.В., Волхонский А.О., Подстяжонков О.Б.; Заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", -№ 2011149033/02. заявл. 02.12.2011, опубл. 27.03.2013.
5. Скобло Т.С. Исследование особенностей структурных изменений режущего инструмента из сталей 65г и 20х13 с помощью математической статистики /Т.С.Скобло, Е.Л.Белкин, С.П.Романюк // Вісник ХНТУСГ: [«Проблеми надійності машин та засобів механізації сіль-

- ського господарського виробництва»]. - Випуск 151. – Харків, 2014. - С.141-146.
6. Скобло Т. С. Кинетика структурных изменений ножей в процессе трения при переработке продукции/ Т.С.Скобло, А.И.Сидашенко, С.П.Романюк// М. Научное обозрение.- 2014. - №4. - С.197 – 204.
  7. Скобло Т.С. Процессы, происходящие в тонкостенных ножах при их изготовлении и эксплуатации /Т.С.Скобло, С.П.Романюк, Е.Л.Белкин, А.И.Сидашенко //Промышленность в ФОКУСЕ.– 2014.–№ 3.- С.54-57.
  8. Патент №95489 Україна, МПК (2015.01) В23Р 9/00, С21D 1/00. Спосіб наноструктурного зміцнення тонкостінного ріжучого інструменту/ Скобло Т.С., Романюк С.П., Сідашенко О.І., Гаркуша І. Є., Бирка О.В., Муратов Р. М.; заявник та патентоутримувач Романюк С.П. - №u201407614. заявл. 07.07.2014.; опубл. 25.12.14., Бюл. № 24.

#### **Анотація**

### **ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ТОНКОСТІННОГО РІЖУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ**

**Скобло Т.С., Романюк С.П., Сідашенко О.І., Гаркуша І.Є.,  
Бирка О.В., Муратов Р.М.**

*Запропоновано метод підвищення експлуатаційної стійкості тонкостінного ріжучого інструменту нанопокриттям з формуванням смуг жорсткості. Такий спосіб забезпечує зміцнення ріжучої кромки та підвищення втомної міцності іншої частини ножа.*

#### **Abstract**

### **INCREASING OF DURABILITY OF THE THIN-WALLED CUTTING TOOL**

**Skoblo T.S., Romaniuk S.P., Sidashenko O.I., Garkusha I.E.,  
Byrka O.V., Muratov R.M.**

*The method of increasing of operational stability of the thin-walled cutting tool by nanocoatings with the formation of stiffener is proposed. This method provides the hardening of the cutting edge and increasing of the fatigue strength of the rest of the knife.*