

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 20776

(13) С1

(46) 2017.02.28

(51) МПК

G 01B 5/213 (2006.01)

## (54) ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ШИРИНЫ ЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА К МИКРОМЕТРУ И СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИУСА ЗАКРУГЛЕНИЯ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА

(21) Номер заявки: а 20130727

(22) 2013.06.07

(43) 2015.02.28

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Кулак Михаил Иосифович; Медяк Диана Михайловна; Кулак Иосиф Иосифович; Барковский Евгений Валерьевич (ВУ)

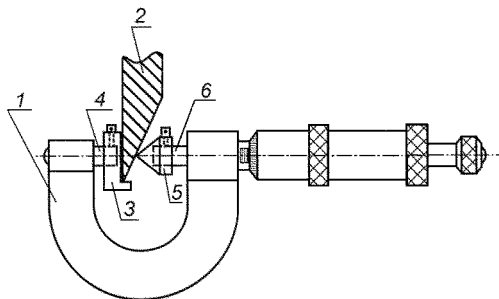
(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (ВУ)

(56) SU 1224545 А, 1986.  
SU 1355855 А1, 1987.  
SU 1682755 А1, 1991.  
SU 616526, 1978.  
RU 110471 U1, 2011.  
SU 1298510 А1, 1987.

(57)

1. Приспособление для измерения ширины лезвийного инструмента к микрометру, содержащее закрепляемый на пятке микрометра наконечник с полкой, включающей боковую стенку и выступ, и наконечник с конической измерительной губкой, закрепляемый при необходимости на микрометрическом винте.

2. Способ определения радиуса закругления режущей кромки лезвийного инструмента или режущей кромки с фаской лезвийного инструмента, при котором устанавливают лезвийный инструмент в приспособление к микрометру по п. 1, при этом обеспечивают контакт задней грани лезвийного инструмента с боковой стенкой наконечника с полкой, его режущей кромки или режущей кромки с фаской - с выступом наконечника с полкой и передней грани лезвийного инструмента - с острием конической измерительной губки; осуществляют измерение ширины  $B$  лезвийного инструмента по индикатору микрометра и определяют радиус  $\rho$  закругления режущей кромки лезвийного инструмента из выражения:



Фиг. 1

$$\rho = \frac{B - (h + r \sin \beta) \operatorname{tg} \beta}{1 + \cos \beta - (1 - \sin \beta) \operatorname{tg} \beta},$$

где  $h$  - расстояние между выступом наконечника с полкой и осью микрометрического винта, мкм;

$r$  - радиус закругления острия конической измерительной губки, мкм;

$\beta$  - угол заточки лезвийного инструмента,

или определяют радиус  $\rho$  закругления режущей кромки с фаской лезвийного инструмента из выражения:

$$\rho = \frac{B - (h + r \sin \beta - b_{\varphi} \cos \varphi) \operatorname{tg} \beta - b_{\varphi} \sin \varphi}{1 + \cos \beta - \sin \varphi - (1 - \sin \varphi - \cos \varphi) \operatorname{tg} \beta},$$

где  $b_{\varphi}$  - ширина фаски, мкм;

$\varphi$  - угол заточки фаски.

Изобретение относится к полиграфической, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности и может быть использовано для определения радиуса закругления режущей кромки лезвийного инструмента с помощью микрометра.

Известен оптический способ измерения ширины режущей кромки лезвия и расчета радиуса его закругления [1, с. 20]. Сущность способа заключается в том, что с помощью внешней подсветки лезвия добиваются наиболее четкого перехода от тени к свету в местах сопряжения его передней и задней граней с режущей кромкой. При рассмотрении в микроскоп режущая кромка наблюдается в виде темной полоски. Ширина режущей кромки лезвия измеряется с помощью окулярного микрометра микроскопа типа МИМ. Точность измерения ширины кромки лезвия зависит от установки лезвия на столике микроскопа, освещения и выбора увеличения. Далее по известным формулам рассчитывают радиус закругления режущей кромки.

Недостатками этого способа являются субъективность при измерении ширины кромки, длительность получения результата, сложность измерений непосредственно на рабочем месте, а также при малых радиусах закругления. Световые блики, которые появляются при измерении лезвий со шлифованными поверхностями, могут стать причиной искажения результатов измерения. Также возникают затруднения при измерении лезвий со значительным затуплением режущей кромки.

Повысить оперативность измерений позволяет способ с использованием электрического поля [2]. При его реализации выполняется следующая последовательность действий. Перед электродом устанавливают резец с зазором 4-5 мм, на него подают напряжение порядка 3-4 кВ, далее напряжение постепенно повышают до появления коронного разряда, измеряют напряжение зажигания разряда. Радиус закругления режущей кромки определяют по тарировочному графику, представляющему напряжение зажигания коронного разряда как эмпирическую функцию от радиуса либо по специально проградуированной шкале вольтметра.

Недостатки данного способа проистекают из того, что это косвенный способ измерения. Для построения тарировочного графика необходимо предварительно прямым измерением определить радиус закругления режущей кромки при различных значениях напряжения зажигания коронного разряда. Напряжение электрического пробоя воздуха существенно зависит от его влажности. Поэтому если этот параметр может быть стабильным в лабораторных условиях при проведении исследований с целью построения тарировочного графика, то в производственных условиях влажность воздуха может существенно меняться даже на протяжении рабочей смены.

В процессе износа инструмента происходит образование вторичных структур в материале на поверхности режущей кромки [3, 4]. В результате его свойства, в том числе электропроводность, начинают динамически меняться в зависимости от степени износа кромки. Все эти факторы понижают стабильность и надежность измерений в рамках способа [2].

Известен способ определения радиуса закругления с помощью слепков с режущей кромки лезвия [1, с. 26]. Способ позволяет определять радиус закругления режущих кромок у лезвий ножей, зубьев пил, сверл, резцов, фрез и других режущих инструментов. Сущность способа заключается в том, что исследуемое лезвие вдавливается в блок из трех свинцовых или алюминиевых пластинок. Для повышения точности измерения пластинки должны быть тонкими (1,5-2,0 мм), измерение выполняется по средней пластинке. Измерение радиуса на слепках осуществляется несколькими способами: проецированием с увеличением слепка на экран; измерением по слепку на микроскопах типа МИМ-5, БМИ; фотографированием слепка с увеличением на микроскопе и последующим проецированием изображения на экран; фотографированием цифровой фотокамерой, встроенной в микроскоп типа POLAR, и определением радиуса в графическом пакете PhotoShop или CorelDraw на ЭВМ. Недостаток способа слепков заключается в его трудоемкости, поэтому он находит применение преимущественно в лабораторных условиях.

Способ определения радиуса закругления с помощью слепков получил развитие в [5]. Отличие состоит в том, что с целью упрощения измерений на слепке измеряют глубину вдавливания  $L$  и ширину отпечатка  $a$ . Радиус закругления  $\rho$  (или затупления - по терминологии, принятой в [5]) рассчитывают по формуле:

$$\rho = \frac{a - L \operatorname{tg} \beta}{1 - \operatorname{tg} \beta + \frac{1}{\cos \beta}},$$

где  $\beta$  - угол заточки лезвия. Данная формула позволяет найти радиус  $\rho$ , если поверхность пластинки для получения слепка и задняя грань лезвия при вдавливании строго перпендикулярны. Однако на практике это трудновыполнимо. За счет того, что задняя грань лезвия внедряется в пластинку перпендикулярно, а передняя грань - под углом  $\beta$ , силы сопротивления, действующие на эти грани, не уравновешены. В результате возникает крутящий момент, стремящийся развернуть лезвие против часовой стрелки и уравновесить силы, действующие на обе грани. Таким образом, в слепок вносится искажение, он не является точной геометрической копией лезвия, а отражает траектории движения точек лезвия при его внедрении в пластинку. Кроме этого, материалы, из которых изготавливаются пластинки, в определенной степени обладают упругими свойствами. Поэтому после удаления лезвия из пластинки упругая составляющая деформации также будет вносить искажения в отпечаток.

В целом способы, связанные с получением слепков, при кажущейся простоте и доступности методики снятия самих слепков, не дают возможности получить достаточную точность, как и большинство косвенных способов измерений. Они пригодны для приблизительной оценки состояния лезвия. В этом отношении способы, основанные на прямых измерениях лезвия, имеют преимущество.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ прямого измерения радиусов притупления кромок деталей [6]. Устройство для реализации способа содержит базовую призму с перпендикулярно расположенными сторонами и отсчетный узел, измерительный шток которого направлен по биссектрисе базовой призмы. Перед началом измерения измерительный шток настраивают на начало отсчета по линии пересечения сторон базовой призмы, при этом шток ориентируют по биссектрисе призмы. Далее в измерительную призму устанавливают деталь с притупленной кромкой, регистрируют величину  $L$  перемещения измерительного штока до контакта с кромкой и вычисляют радиус закругления кромки по формуле:

$$\rho = \frac{L}{\frac{1}{\sin \frac{\beta}{2}} - 1},$$

где  $\beta$  - угол между сторонами призмы. В описании изобретения [6] указывается, что базовая призма имеет перпендикулярно расположенные стороны, т.е.  $\beta = 90^\circ$ . Однако в формуле изобретения угол  $\beta$  не конкретизируется. Формула для расчета радиуса закругления кромки  $\rho$  справедлива для любых углов  $\beta \leq 90^\circ$ . Если считать лезвие деталью, то способ [6] теоретически применим для прямых измерений радиусов закругления режущих кромок лезвий.

Недостатком этого способа является низкая точность при измерении кромок с малым радиусом закругления. Для обеспечения точности измерения базовая призма должна касаться контролируемого лезвия обеими гранями, причем измерительный штوك должен перемещаться строго по биссектрисе угла заточки лезвия. Ввиду подвижности призмы обеспечить выполнение этих условий технически достаточно сложно. Сложность измерений многократно возрастает при контроле лезвий, расположенных в труднодоступных местах, когда режущий инструмент установлен в обрабатывающем станке, где не всегда есть возможность визуально проконтролировать условия контакта базовой призмы и режущей кромки. Способ не универсален при техническом исполнении. Если на производстве используется лезвийный инструмент с разными углами заточки или фасками, то необходимо иметь комплект измерительных устройств или базовых призм для каждого значения угла заточки.

Задачей изобретения является определение радиуса закругления режущей кромки лезвийного инструмента путем прямого измерения с помощью микрометра в производственных условиях, по возможности без снятия инструмента с рабочего органа машины или станка.

Для решения указанной задачи предлагается:

1. Приспособление для измерения ширины лезвийного инструмента к микрометру, содержащее закрепляемый на пятке микрометра наконечник с полкой, включающей боковую стенку и выступ, и наконечник с конической измерительной губкой, закрепляемый при необходимости на микрометрическом винте.

2. Способ определения радиуса закругления режущей кромки лезвийного инструмента или режущей кромки с фаской лезвийного инструмента, при котором устанавливают лезвийный инструмент в приспособление к микрометру по п. 1, при этом обеспечивают контакт задней грани лезвийного инструмента с боковой стенкой наконечника с полкой, его режущей кромки или режущей кромки с фаской - с выступом наконечника с полкой и передней грани лезвийного инструмента - с острием конической измерительной губки; осуществляют измерение ширины  $B$  лезвийного инструмента по индикатору микрометра и определяют радиус  $\rho$  закругления режущей кромки лезвийного инструмента из выражения:

$$\rho = \frac{B - (h + r \sin \beta) \operatorname{tg} \beta}{1 + \cos \beta - (1 - \sin \beta) \operatorname{tg} \beta},$$

где  $h$  - расстояние между выступом наконечника с полкой и осью микрометрического винта, мкм;

$r$  - радиус закругления острия конической измерительной губки, мкм;

$\beta$  - угол заточки лезвийного инструмента;

или определяют радиус  $\rho$  закругления режущей кромки с фаской лезвийного инструмента из выражения:

$$\rho = \frac{B - (h + r \sin \beta - b_\varphi \cos \varphi) \operatorname{tg} \beta - b_\varphi \sin \varphi}{1 + \cos \beta - \sin \varphi - (1 - \sin \varphi - \cos \varphi) \operatorname{tg} \beta},$$

# ВУ 20776 С1 2017.02.28

где  $b_\phi$  - ширина фаски лезвия, мкм;

$\phi$  - угол заточки фаски.

Сущность отличия предложенного способа заключается в том, что он позволяет определять радиус закругления лезвий с любыми углами заточки как при наличии фаски, так и при ее отсутствии. При этом лезвие фиксируется по двум сторонам полки, что обеспечивает отсутствие его подвижности в процессе выполнения измерения. Для измерения может использоваться стандартный цифровой микрометр с плоскими измерительными губками, имеющий точность измерения 0,1-1,0 мкм, на который установлено предлагаемое приспособление. Могут использоваться специальные микрометры с конической измерительной губкой, в этом случае на пятку микрометра устанавливается наконечник с полкой, а наконечник с конической измерительной губкой не используется.

Измерение может осуществляться непосредственно на обрабатывающем или заточном станке без снятия режущего инструмента при наличии доступа к лезвию. Данное обстоятельство существенным образом повышает оперативность измерения, снижает трудоемкость, повышает точность и надежность контроля состояния лезвийного режущего инструмента в процессе его эксплуатации, а также при заточке и подготовке к использованию.

Учитывая высокую точность и оперативность способа, он может быть эффективно использован при исследовании закономерностей износа и затупления лезвийного инструмента, построении кривых износа режущей кромки по радиусу закругления и биссектрисе угла заточки, измерении профилей износа лезвий.

Изобретение поясняется фигурами чертежей:

на фиг. 1 - гладкий микрометр с приспособлением для измерения радиуса закругления режущей кромки лезвийного инструмента;

фиг. 2 - специальный микрометр с конической измерительной губкой и установленным приспособлением для измерения радиуса закругления кромки;

фиг. 3 - метрологическая схема измерения для лезвия без фаски;

фиг. 4 - метрологическая схема измерения для лезвия с фаской;

фиг. 5 - профиль износа ножа бумагорезальной машины.

На фиг. 1 приведен микрометр 1 с гладкими измерительными губками и установленное на нем приспособление для измерения радиуса закругления режущей кромки лезвийного инструмента 2. Приспособление состоит из наконечника с полкой 3, который крепится на пятке микрометра 4, и наконечника с конической измерительной губкой 5, который закрепляется на микрометрическом винте 6.

На фиг. 2 приведен специальный микрометр 1 с конической измерительной губкой 5 на микрометрическом винте. В этом случае только наконечник с полкой 3 закрепляется на пятке микрометра 4.

Метрологическая схема измерения, реализующая предлагаемый способ, для лезвия без фаски приведена на фиг. 3 и для лезвия с фаской - фиг. 4.

Измерение выполняется в следующей последовательности. Наконечник с полкой приводят в устойчивый жесткий контакт с лезвием, взаимодействие задней грани лезвия осуществляют по боковой стороне полки, а режущей кромки - по ее выступу, коническую измерительную губку приводят в контакт с передней гранью лезвия и фиксируют показание на цифровом индикаторе микрометра.

Изобретение поясняется примером.

## **Пример.**

Указанным способом проводилось измерение радиуса закругления лезвия режущего инструмента. Измерение проводилось на лезвии без фаски с углом заточки  $\beta = 25^\circ$ .

Предварительно инструмент просматривался на микроскопе марки "Регула5001МК.01" с увеличением  $\times 115$ . Режущая кромка лезвия просматривалась сбоку с обеих сторон. Изображение кромки фотографировалось цифровой фотокамерой, встроенной в

## ВУ 20776 С1 2017.02.28

микроскоп. Всего для одного лезвия получали две фотографии в цифровом формате JPEG. С целью повышения резкости, четкости изображение обрабатывалось на компьютере в программном пакете растровой графики PhotoShop, переносилось в пакет CorelDraw, масштабировалось  $\times 5$  и выполнялось измерение радиуса закругления кромки. Результаты измерения приведены в таблице.

Вид измерения	1	2	3	Среднее значение	Радиус $\rho$ , мкм
Фотография, $\rho$ , мкм	21,739	19,130	-	20,435	20,435
Приспособление, $B$ , мкм	2096	2097	2099	2097,333	21,400

Далее выполнялось измерение лезвия с помощью предлагаемого приспособления. Детали приспособления имели следующие размеры: ширина выступа полки  $b = 2$  мм; расстояние между полкой наконечника для пятки микрометра и осью микрометрического винта  $h = 4$  мм; радиус закругления острия конической измерительной губки наконечника для микрометрического винта  $r = 1$  мм. Для измерения использовался электронный гладкий микрометр МКЦ: шаг измерений (дискретность) 1 мкм; диапазон измерений 0-25 мм.

Измерение выполнялось в трех разных точках лезвия, полученные значения ширины лезвия  $B$  также приведены в таблице. Расчет радиуса закругления режущей кромки проводился в математическом пакете MathCAD.

Анализ данных в таблице показывает, что расхождение данных, полученных путем измерения по микрофотографии режущей кромки лезвия и с помощью предлагаемого способа составляет 4,72 %. Таким образом, предлагаемый способ определения радиуса закругления режущей кромки лезвийного инструмента с помощью микрометра и приспособление для его реализации обеспечивают точность измерений, достаточную для контроля состояния режущей кромки лезвий как в производственных условиях, так и при проведении научных исследований.

В качестве примера действенности использования предлагаемого способа и приспособления для проведения научных исследований на фиг. 5 приведен построенный с их помощью профиль износа ножа бумагорезальной машины IDEAL 7228-95 LT.

Профиль износа измерялся после длительной эксплуатации ножа перед его отправкой на заточку. Измерение выполнялось в девяти точках по длине ножа  $L$ . Далее рассчитывался относительный износ лезвия по радиусу  $W_p$ . При этом учитывалось, что самые крайние точки ножа не подвержены износу.

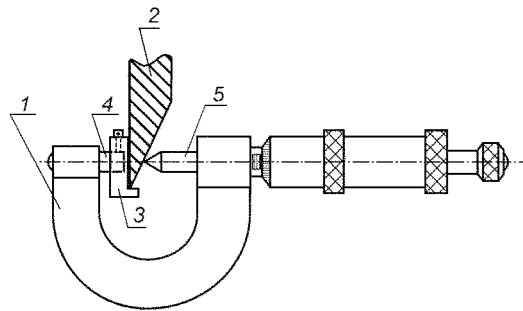
Как видно на фиг. 5, области максимального износа смещены от центральной зоны на края ножа, поскольку бумагорезальная машина используется в основном для трехсторонней обрезки книжной продукции. Таким образом, особенности эксплуатации резального оборудования накладывают отпечаток на характер износа лезвийного инструмента. Предлагаемый способ измерения и приспособление для микрометра обеспечивают требуемую точность и позволяют исследовать такие особенности.

В Республике Беларусь данное изобретение может быть внедрено на предприятиях: полиграфической промышленности РУП "Издательство "Белорусский Дом печати", ОАО "Полиграфкомбинат им. Я. Коласа", РУП "Минская печатная фабрика" Гознака; целлюлозно-бумажной промышленности ОАО "Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат", ОАО "Белорусские обои", УП "Бумажная фабрика" Гознака, ОАО "Бумажная фабрика "Спартак", ОАО "Добрушская бумажная фабрика "Герой труда", ОАО "Слонимский картонно-бумажный завод "Альбертин"; деревообрабатывающей промышленности ПО "Минскмебель", "Бобруйскдрев", "Гомельдрев", "Витебскдрев", "Мостовдрев", "Пинскдрев".

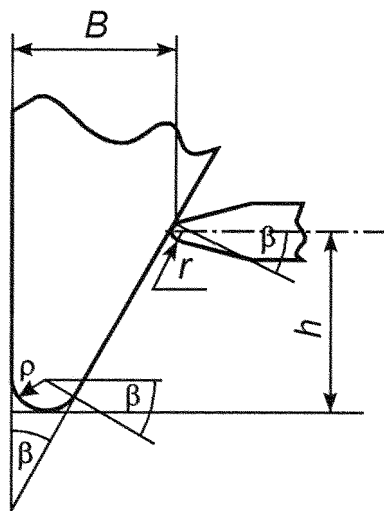
# ВУ 20776 С1 2017.02.28

Источники информации:

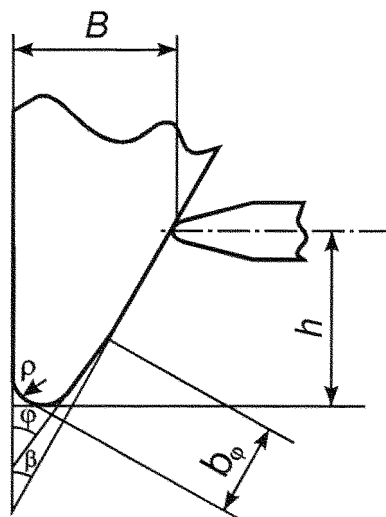
1. Санев В.И., Сергеевичев А.В. Основы резания древесины: Лабораторный практикум. - СПб.: СПбГЛТА, 2007. - 87 с.
2. А. с. СССР 582914, МПК<sup>2</sup> В 23 В 25/06, 1977.
3. Грубе А.Э. Дереворежущие инструменты. - М.: Лесная пром-сть, 1971. - 344 с.
4. Киселев С.С. Стойкость бумагорезательных ножей. - М.: Лесная пром-сть, 1971. - 105 с.
5. А. с. СССР 1682755, МПК<sup>5</sup> G 01 В 5/20, 1991.
6. А. с. СССР 1224545, МПК<sup>2</sup> G 01 В 5/20, 1986 (прототип).



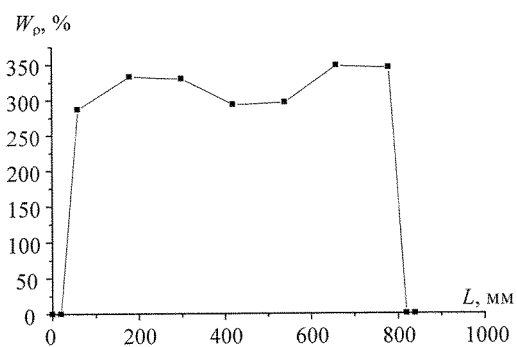
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5