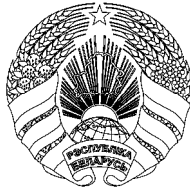


**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **20337**

(13) **С1**

(46) **2016.08.30**

(51) МПК

**G 01N 19/02** (2006.01)

**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ПО ЗАДНЕЙ  
ПОВЕРХНОСТИ ЛЕЗВИЯ С РЕЖУЩЕЙ КРОМКОЙ И  
КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ПО ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ  
ЛЕЗВИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСНО-ПЛИТНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ**

(21) Номер заявки: а 20130595

(22) 2013.05.07

(43) 2014.12.30

(71) Заявитель: Учреждение образования  
"Белорусский государственный техно-  
логический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Рудак Павел Викторович;  
Куис Дмитрий Валерьевич; Рудак  
Оксана Геннадьевна; Пискунова  
Ольга Юрьевна (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение  
образования "Белорусский государ-  
ственный технологический универ-  
ситет" (ВУ)

(56) РУДАК П.В. Деревообработка: техно-  
логии, оборудование, менеджмент  
XXI века: труды VII Международного  
Евразийского симпозиума. - Екате-  
ринбург: Уральский государственный  
лесотехнический университет, 2012. -  
С. 278-284.

ВУ 14868 С1, 2011.

RU 2343455 С1, 2009.

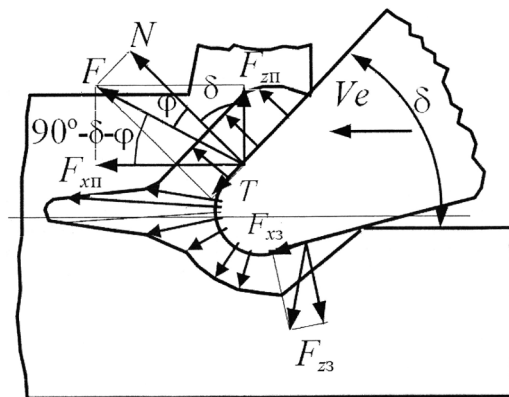
SU 1768352 А1, 1992.

US 2001/027686 А1.

KR 2010/0118293 А.

(57)

Способ определения коэффициента трения по задней поверхности лезвия с режущей кромкой и коэффициента трения по передней поверхности лезвия при фрезеровании древесно-плитных материалов, в котором устанавливают на фиксаторах первого рабочего стола фрезерного станка первую заготовку, осуществляют фрезерование первой заготовки на втором рабочем столе фрезерного станка закрепляют динамометр, в котором устанавливают вторую заготовку, причем торец второй заготовки устанавливают встык с торцом,



Фиг. 1

**ВУ 20337 С1 2016.08.30**

первой заготовки; фрезеруют вторую заготовку, в процессе ее фрезерования с нулевой высотой снимаемого слоя динамометрируют касательную  $F_{x3}$  и нормальную  $F_{z3}$  силы резания по задней поверхности лезвия, а коэффициент трения по задней поверхности лезвия с режущей кромкой  $f$  определяют в соответствии с выражением:

$$f = \frac{F_{x3}}{F_{z3}},$$

выполняют при снятии припуска динамометрирование составляющей силы резания в направлении подачи  $F_x$  и составляющей силы резания в направлении, перпендикулярном направлению подачи,  $F_z$ , а коэффициент трения по передней поверхности лезвия  $\mu$  определяют с учетом переднего угла лезвия  $\gamma$  в соответствии с выражением:

$$\mu = \operatorname{tg} \left( \gamma - \operatorname{arctg} \left( \frac{F_z - F_{z3}}{F_x - F_{x3}} \right) \right).$$

Изобретение относится к обработке материалов фрезерованием и может быть использовано для определения коэффициента трения по задней поверхности лезвия с режущей кромкой и коэффициента трения по передней поверхности лезвия при фрезеровании древесно-плитных материалов.

Известен способ определения коэффициента трения между пластически деформируемым материалом и инструментом [1]. Данный способ предполагает предварительный расчет напряженно-деформированного состояния инструмента и образца с учетом их материала и геометрических размеров, построение по полученным расчетным данным диаграммы технологического процесса "технологический параметр - коэффициент трения", определение на этом же технологическом процессе технологического параметра, соответствующего реальному состоянию поверхностей инструмента, образца и используемого смазочного материала.

Известен способ определения коэффициента трения между инструментом и заготовкой при пластическом деформировании металлов [2]. Согласно данному способу предварительно рассчитывают напряженно-деформированное состояние инструмента и заготовки с учетом их материала и геометрических размеров. По полученным расчетным данным строят диаграмму "сила деформирования - коэффициент трения" технологического процесса пластического деформирования, затем на этом же технологическом процессе, экспериментально определяют силу деформирования, соответствующую реальному состоянию поверхностей инструмента и заготовки и используемому смазочному материалу, после чего по полученной ранее диаграмме "сила деформирования - коэффициент трения" определяют коэффициент трения, соответствующий экспериментально полученному значению силы деформирования.

К недостаткам указанных изобретений относятся трудоемкость, необходимость предварительного расчета напряженно-деформированного состояния инструмента и заготовки, что не может быть выполнено с необходимой точностью для таких материалов, как древесина и древесно-плитные материалы, невозможность применения для определения коэффициентов трения в процессе лезвийной обработки фрезерованием.

Наиболее близким по технической сущности является способ определения средней величины коэффициента трения при срезании сухой стружки толщиной 0,1 мм резцом с радиусом кривизны режущей кромки 1 мкм, отличающийся тем, что действие резца на обрабатываемый материал принимается близким к действию только передней грани [3]. Суммы проекций результирующей нормальной и результирующей касательной сил на направление скорости резания и на нормаль к ней дают уравнения, позволяющие определить среднюю величину коэффициента трения.

Недостатками указанного способа являются узкие диапазоны толщины стружки и кривизны режущей кромки, в пределах которых способ может быть применен, отсутствие

учета упругого восстановления древесного материала в зоне контакта с задней поверхностью лезвия, что приводит к невозможности применения способа для определения коэффициента трения задней поверхности лезвия и примыкающей к ней режущей кромки при фрезеровании древесно-плитных материалов. Пренебрежение силами трения по задней грани не позволяет учесть в процессе испытаний температурный режим реальной эксплуатации резца при обработке древесно-плитных материалов.

Задачей настоящего изобретения является повышение точности определения коэффициента трения стружки по передней поверхности лезвия и коэффициента трения задней поверхности лезвия и примыкающей к ней режущей кромки.

Особенности процесса резания древесных материалов значительны и уникальны - не могут быть всецело воссозданы на испытательных машинах для исследования триботехнических характеристик по стандартным методикам (например, по схеме возвратно-поступательного движения контактирующих тел на трибометре).

Таким образом, коэффициент трения следует устанавливать в условиях реального процесса резания.

Схема сил по поверхностям лезвия в процессе фрезерования плитных древесных материалов показана на фиг. 1, а схема определения сил по поверхностям лезвия в процессе фрезерования плитных древесных материалов показана, на фиг. 2.

На фиг. 1 показано лезвие, осуществляющее обработку заготовки со скоростью резания  $V_c$  при угле резания  $\delta$ . Заменяем эпюру нормальных давлений в зоне передней поверхности лезвия сосредоточенной силой  $N$  и векторно прибавим к ней силу трения  $T$ .

Полученную силу  $F$  спроецируем на направление  $V_c$  скорости главного движения и на нормаль к нему. Получим следующие силы:  $F_{хп}$  - касательную силу резания по передней поверхности;  $F_{zp}$  - нормальную силу резания по передней поверхности.

Силы  $N$  и  $F$  образуют между собой угол трения  $\varphi$  ( $\varphi = \arctg \mu$ , где  $\mu$  - коэффициент трения между стружкой и поверхностью лезвия).

При этом силы  $F_{zp}$  и  $F_{хп}$  связаны между собой следующим уравнением:

$$F_{zp} = F_{хп} \operatorname{tg}(90^\circ - \delta - \varphi) = F_{хп} \operatorname{tg}(\gamma - \varphi), \quad (1)$$

где  $\delta$  - угол резания,  $\gamma$  - передний угол лезвия.

Из уравнения 1 имеем:

$$\varphi = \gamma - \operatorname{arctg} \frac{F_{zp}}{F_{хп}}, \quad (2)$$

Значение коэффициент  $\mu$  трения стружки по передней поверхности лезвия:

$$\mu = \operatorname{tg} \left( \gamma - \operatorname{arctg} \frac{F_{zp}}{F_{хп}} \right). \quad (3)$$

При этом

$$\begin{aligned} F_{zp} &= F_z - F_{z3}, \\ F_{хп} &= F_x - F_{x3}. \end{aligned} \quad (4)$$

С учетом уравнений 4, уравнение 3 примет вид:

$$\mu = \operatorname{tg} \left( \gamma - \operatorname{arctg} \left( \frac{F_z - F_{z3}}{F_x - F_{x3}} \right) \right). \quad (5)$$

Для получения выражения для касательной силы резания по задней поверхности  $F_{x3}$  и нормальной силы резания по задней поверхности  $F_{z3}$  следует обратиться к силам резания на задней грани.

Так как упругопластическое деформирование поверхности резания задней гранью невелико, можно рассматривать касательную силу по задней грани как силу трения:

$$F_{x3} = fF_{z3}, \quad (6)$$

где  $f$  - коэффициент трения задней поверхности лезвия и примыкающей к ней режущей кромки.

Таким образом, коэффициент  $f$ :

$$f = \frac{F_{x3}}{F_{z3}}. \quad (7)$$

На фиг. 2 показана схема определения сил по поверхностям лезвия в процессе фрезерования плитных древесных материалов.

На фиксаторах 2 первого рабочего стола 1 станка устанавливается заготовка 3 плитного древесного материала, которая обрабатывается фрезой 9, вращающейся относительно собственной оси и совершающей движение подачи со скоростью  $V_s$ .

На втором рабочем столе 4 станка закрепляется динамометр 5, в котором устанавливается заготовка 6 древесно-плитного материала для динамометрирования составляющих силы резания на направление подачи (ось X) и на направление, перпендикулярное направлению подачи (ось Z). Торец заготовки 6 устанавливается встык с торцом заготовки 3.

От динамометра 5 в процессе резания заготовки 6 сигнал поступает на аналого-цифровой преобразователь 7 и далее на персональный компьютер, где происходит его обработка (например, цифровая фильтрация) и визуализация.

Первоначально выполняется динамометрирование сил резания по задней поверхности лезвия в процессе фрезерования с нулевой высотой снимаемого слоя, что позволяет определить касательную  $F_{x3}$  и нормальную  $F_{z3}$  силы резания по задней поверхности лезвия и по уравнению (7) рассчитать коэффициент трения задней поверхности лезвия и примыкающей к ней режущей кромки  $f$  (коэффициент трения по задней поверхности лезвия с режущей кромкой).

Далее выполняют динамометрирование составляющих силы резания  $F_x$  и  $F_z$  при снятии припуска, что позволяет по уравнению (5) выполнить расчет коэффициента  $\mu$ , трения стружки по передней поверхности лезвия.

На первом рабочем столе реализуют процесс фрезерования заготовки древесно-плитного материала типичной для производства длины на исследуемом режиме (скорость резания, толщина стружки, условия аспирации), что позволит воссоздать температурный и другие режимы процесса реальной эксплуатации инструмента перед выполнением динамометрирования.

Таким образом, поставленная задача повышения точности определения коэффициента трения по задней поверхности лезвия с режущей кромкой и коэффициента трения по передней поверхности лезвия при фрезеровании древесно-плитных материалов решается благодаря тому, что способ определения коэффициента трения по задней поверхности лезвия с режущей кромкой и коэффициента трения по передней поверхности лезвия при фрезеровании древесно-плитных материалов включает то, что устанавливают на фиксаторах первого рабочего стола фрезерного станка первую заготовку, осуществляют фрезерование первой заготовки, на втором рабочем столе фрезерного станка закрепляют динамометр, в котором устанавливают вторую заготовку, причем торец второй заготовки устанавливают встык с торцом первой заготовки; фрезеруют вторую заготовку, в процессе ее фрезерования с нулевой высотой снимаемого слоя динамометрируют касательную  $F_{x3}$  и нормальную  $F_{z3}$  силы резания по задней поверхности лезвия, а коэффициент трения по задней поверхности лезвия с режущей кромкой  $f$  определяют в соответствии с выражением:

$$f = \frac{F_{x3}}{F_{z3}},$$

выполняют при снятии припуска динамометрирование составляющей силы резания в направлении подачи  $F_x$  и составляющей силы резания в направлении, перпендикулярном на-

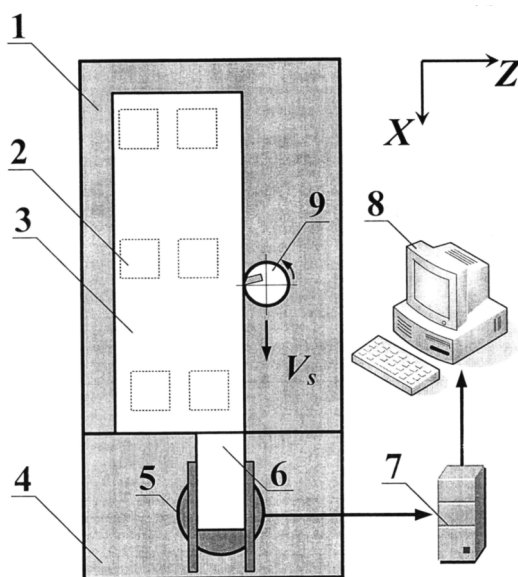
правлению подачи,  $F_z$ , а коэффициент трения по передней поверхности лезвия  $\mu$ , определяют с учетом переднего угла лезвия  $\gamma$  в соответствии с выражением:

$$\mu = \operatorname{tg} \left( \gamma - \operatorname{arctg} \left( \frac{F_z - F_{z3}}{F_x - F_{x3}} \right) \right).$$

Способ определения коэффициента трения по задней поверхности лезвия с режущей кромкой и коэффициента трения по передней поверхности лезвия при фрезеровании древесно-плитных материалов можно использовать при обработке фрезерованием древесно-плитных материалов при разработке режимов резания на деревообрабатывающих, мебельных, столярно-строительных предприятиях, а также в производствах музыкальных инструментов, авиа- и вагоностроении, сельхозмашиностроении, автостроении, при конструировании и модернизации дереворежущих станков; при выборе инструментального материала лезвий фрез; при проектировании пылеотсасывающих систем, систем аспирации.

Источники информации:

1. RU 2429464 C1, МПК G 01N 19/02, 2010.
2. RU 2251680 C2, МПК G 01N 19/02, 2003.
3. Ивановский Е.Г. Резание древесины. - М.: Лесная промышленность, 1974. - С. 52 (прототип).



Фиг. 2