

УДК 669.056.9:620.1.(047.31)

С. С. Карпович¹, Н. В. Карпович², А. В. Омелюсик², С. И. Карпович²¹Институт повышения квалификации и переподготовки кадров по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ²Белорусский государственный технологический университет**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ФРЕЗ**

Для уменьшения энергоемкости процесса отбрасывания стружки необходимо, чтобы она беспрепятственно перемещалась по передней поверхности режущего клинка и удалялась из зоны резания в свободном падении, т. е. должен отсутствовать закрытый объем межзубовой впадины.

Создание условий уменьшения уплотнения стружки во впадине ведет к снижению энергоемкости процесса резания, но главное, что уплотненный брикет стружки во впадине создает дополнительное трение о стенки пропила, при закрытой схеме резания ведет к увеличению силовых параметров резания.

Практически реализовать возможность снижения энергоемкости процесса резания можно за счет устранения деформации, дробления, уплотнения отходов в межзубовой впадине в случае, когда будет обеспечено «свободное» удаление снимаемого слоя из зоны резания, т. е. при неограниченном объеме впадины. При такой схеме работы инструмента с открытыми межзубовыми впадинами дополнительно снижаются энергозатраты, связанные с приданием массе снимаемого слоя ускорения до значения скорости резания.

Разработан принцип конструирования энергосберегающих дереворежущих фрез. Эффект достигается за счет совмещения функций режущих элементов с корпусом фрезы, собственно функции корпуса выполняют режущие элементы. Вместе с этим фрезы имеют открытые межзубовые впадины, что позволяет отходам в виде стружки, опилок «свободно» удаляться из зоны стружкообразования и ведет к снижению мощности резания. Фрезы, изготовленные по предлагаемой технологии, имеют в два раза меньшую металлоемкость в сравнении с однотипными фрезами, изготовленными по традиционной технологии.

Ключевые слова: фреза, резание, древесные материалы, мощность, дисбаланс, конструкция, режущий элемент.

S. S. Karpovich¹, N. V. Karpovich², A. V. Omelusik², S. I. Karpovich²¹Institute for Advanced Studies and Retraining for New Areas
of Engineering, Technology and Economy BNTU²Belarusian State Technological University**MANUFACTURING TECHNOLOGY OPTIMIZATION
OF ENERGY SAVING WOOD-MILLING CUTTERS**

To reduce the power consumption of the chip discarding process it is necessary for it to move freely on the front surface of the cutting blade and to be removed from the cutting zone in free fall, there should be no closed volume of saw gullet.

Creating conditions to reduce the chip seal in the cavity leads to a reduction of energy consumption of the cutting process, but the important thing is that the compacted briquette chips in the cavity creates an additional friction on the wall of cut, at closed cutting scheme leads to an increase of force parameters of cutting.

It is possible to practically realize the possibility of power consumption reducing of the cutting process by eliminating deformation, crushing, waste compacting in saw gullet when “free” release layer removal from the cutting zone is provided, i.e. during the unlimited volume of cavities. In this working scheme of the tool with open saw gullets energy consumption is further reduced associated with giving acceleration to the mass release layer up to the value of cutting speed.

Energy-saving design principle of saw mills is developed. The effect is achieved by combining the functions of cutting elements with the cutter body, the body functions are properly performed by the cutting elements. Together with this cutters have open saw gullets allowing waste in the form of chips, sawdust to fall “free” from the zone of chip formation and leads to lower cutting power. Mills made according to the proposed technologies are twice lower in metal content in comparison with the same type of mills made according to the traditional technology.

Key words: milling, cutting, wood materials, power, imbalance, the design, the cutting element.

Введение. Снижение энергоемкости технологических процессов – актуальная задача всех отраслей народного хозяйства. Древесина и материалы на ее основе имеют технологическую особенность, изделия из них изготавливаются в основном обработкой резанием. Технология резания обеспечивает высокую точность размеров заготовок, хорошее качество поверхности, возможности обработки как плоских, так и сложных профильных поверхностей. К недостаткам технологии резания относят существенный объем отходов и высокую энергоемкость процесса. В стоимости изделий из древесины энергозатраты составляют до 20–30%. Ресурсо- и энергосбережение является актуальной задачей на всех стадиях обработки древесины резанием.

Основная часть. Энергоемкость процесса резания зависит от многих параметров. Расчет силовых параметров резания производят с учетом свойств обрабатываемого материала, режимов резания, геометрии режущих инструментов. Суммарная мощность резания состоит из затрат на преодоление упругой и пластической деформации снимаемого слоя и поверхностных слоев обрабатываемого материала, на преодоление сил трения между инструментом и обрабатываемым материалом, на разрушение механической связи между материалом и удаляемым слоем. Резание сопровождается еще одним энергозатратным процессом, который в настоящее время не учитывается при расчете мощности. В момент отделения снимаемого слоя от заготовки объему стружки практически мгновенно придается ускорение от нуля до значения скорости резания. Представляет интерес рассмотреть влияние этого фактора на энергозатраты, идущие на придание снимаемому объему (стружке) ускорения до этих значений.

Произведен расчет мощности, затрачиваемой на отбрасывание стружки, с учетом следующих параметров резания: диаметр фрезы – $D = 120$ мм, число зубьев – 4 шт., частота шпинделя станка $n_0 = 10\,000$ об./мин, подача – 0,2 мм/зуб, толщина снимаемого слоя – 5 мм, ширина фрезерования – 100 мм, плотность древесины – 500 кг/м³.

Исходя из этих параметров скорость резания будет составлять $V = 62,8$ м/с, скорость подачи 0,13 м/с, масса удаляемой стружки в единицу времени $M = 3,25 \cdot 10^{-2}$ кг/с.

При этих параметрах мощность, расходуемая на отбрасывание стружки, будет составлять

$$N = \frac{(M \cdot V^2)}{2} = \frac{(3,25 \cdot 10^{-2} \cdot 62,8^2)}{2} = 64,09 \text{ Вт.}$$

Проектирование фрез с неограниченным объемом межзубовой впадины теоретически снижает энергоемкость процесса резания на эту величину.

С учетом тенденции применения высокоскоростных станков и того, что энергозатраты возрастают в квадрате скорости резания, решение данной проблемы приобретает практическое значение.

Для уменьшения энергоемкости процесса отбрасывания стружки необходимо, чтобы она беспрепятственно перемещалась по передней поверхности режущего клинка и удалялась из зоны резания в свободном падении, т. е. должен отсутствовать закрытый объем межзубовой впадины.

Деформация срезаемого объема составляет физическую основу процесса стружкообразования, и экономия может осуществляться только за счет локализации объема и степени деформации снимаемого слоя, что достигается уменьшением угла заострения режущего клина, доводкой кромки лезвия.

Практически реализовать возможность снижения энергоемкости процесса резания можно за счет устранения деформации, дробления, уплотнения отходов в межзубовой впадине в случае, когда будет обеспечено «свободное» удаление снимаемого слоя из зоны резания, т. е. при неограниченном объеме впадины. При такой схеме работы инструмента с открытыми межзубовыми впадинами дополнительно снижаются энергозатраты, связанные с приданием массе снимаемого слоя ускорения до значения скорости резания.

По такому принципу разработаны конструкции дереворежущих фрез для обработки плоских и радиусных поверхностей.

Фрезерование – широко применяемая высокопроизводительная технология механической обработки плоских и профильных поверхностей при изготовлении деталей. Такие возможности этому способу механической обработки обеспечивает инструмент. Качество поверхности и точность обработки при фрезеровании зависят от станочного оборудования, режимов обработки и возможностей инструмента. Так, для дереворежущих фрез радиальное биение не должно превышать 0,06 мм, а дисбаланс не более 50 г·мм [1].

При расчете дисбаланса учитывается масса и диаметр фрезы. Диаметр фрезы задается технологическими параметрами процесса резания, а масса инструмента зависит от его конструкции и металла корпуса. Для уменьшения дисбаланса более простым и легкоосуществимым является уменьшение массы фрезы за счет применения легких сплавов для изготовления корпусов [2]. В этом источнике расчетным путем показано, что уменьшение дисбаланса пропорционально снижению массы фрезы при прочих одинаковых показателях. Определенные возможности для уменьшения величины дисбаланса фрез представляет направление совершенствования конструкции корпуса фрезы с целью уменьшения массы.

Предложено поставленную цель достичь путем совмещения функций режущих элементов с несущей способностью корпуса.

Конструкция энергосберегающих дереворежущих фрез представлена на рис. 1 – для обработки радиусных пазов, на рис. 2 – плоских поверхностей.

Конструкция фрез состоит из коробчатого корпуса 1, скоса 2 под углом θ , расположенного на противоположном торце корпуса относительно режущей кромки, распорной втулки 3 с наружным диаметром D_2 и внутренним – D_3 , режущей кромки 4 с передней поверхностью 6 и задней поверхностью 7, сварочного шва 5, открытой полости 8, шайбы 9.

Технология изготовления фрез состоит из следующих операций.

Берется заготовка из инструментальной стали коробчатого сечения в форме трубы, квадрата, прямоугольника или другой конфигурации. Заготовка разрезается на части длиной L в зависимости от размеров обрабатываемых деталей. На торцах отрезанных заготовок длиной L формируют режущий клин точением, фрезерованием, шлифованием с передним углом γ , углом заострения β , задним углом α . В корпусе на пересечении горизонтальной и вертикальной осей симметрично корпусу просверливают посадочное отверстие диаметром D_3 . После чего предварительно формируют скос 2 под углом θ к поверхности корпуса. Скос должен находиться на противоположном от режущей кромки торце корпуса. Операцию по

формированию скоса выполняют фрезерованием, резкой или с помощью других разделительных технологий.

Затем изготавливают распорную втулку 3 с отверстием диаметром D_3 , соответствующим диаметру посадочного участка шпинделя станка.

Распорную втулку устанавливают в корпус фрезы, совместив ось симметрии втулки с осью отверстий в корпусе, и в таком положении фиксируют с помощью сварки. В собранном состоянии фреза подлежит термообработке для обеспечения нужной твердости и после чистовой заточки готова к работе.

После установки на шпинделе станка с помощью распорных втулок в заданном положении фреза фиксируется обычным способом с помощью зажимной гайки. При фиксации фрезы с цилиндрическим корпусом (рис. 1) с боков устанавливают шайбы, которые с одной стороны имеют цилиндрические углубления радиусом $D/2$, соответствующим наружному диаметру корпуса фрезы.

Процесс резания фрезой происходит при вращении ее по стрелке V . Режущая кромка 4 входит в контакт с обрабатываемым материалом, снимаемый слой материала перемещается по передней поверхности 6 и удаляется из зоны резания через открытую полость 8, тем самым снимается ограничение на режимы резания, связанные с заполнением межзубной впадины стружкой. В предлагаемой конструкции фрез межзубная впадина отсутствует, теоретически ее объем не ограничен.

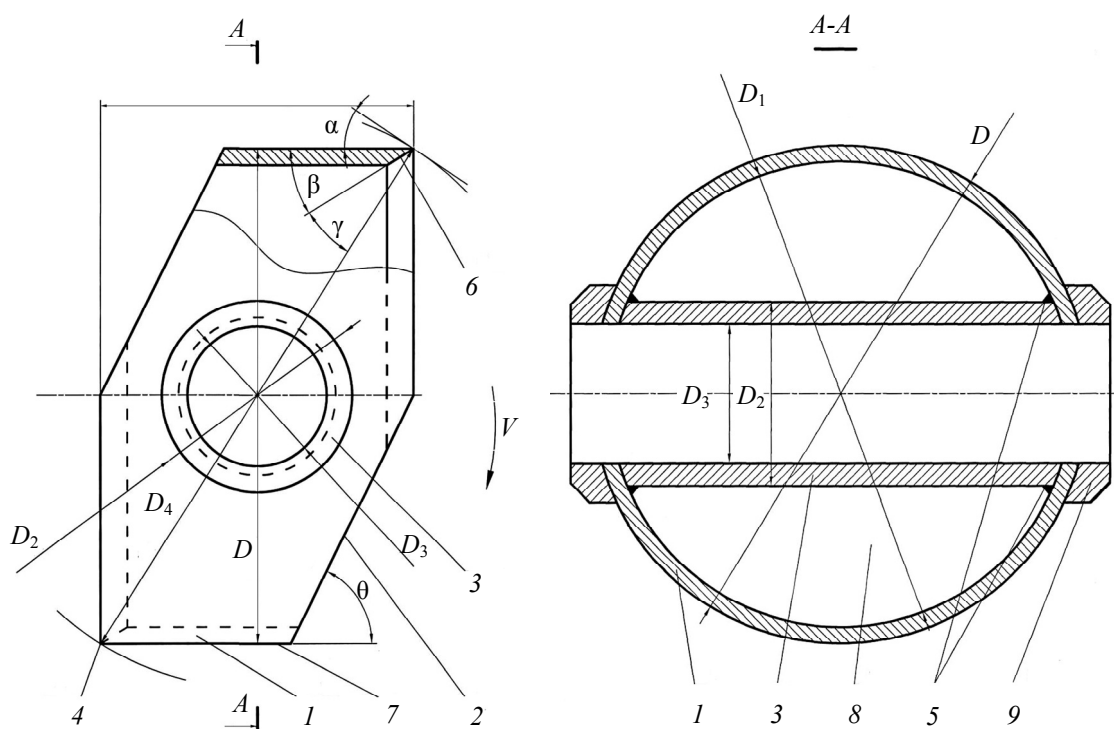


Рис. 1. Фреза для обработки радиусных поверхностей

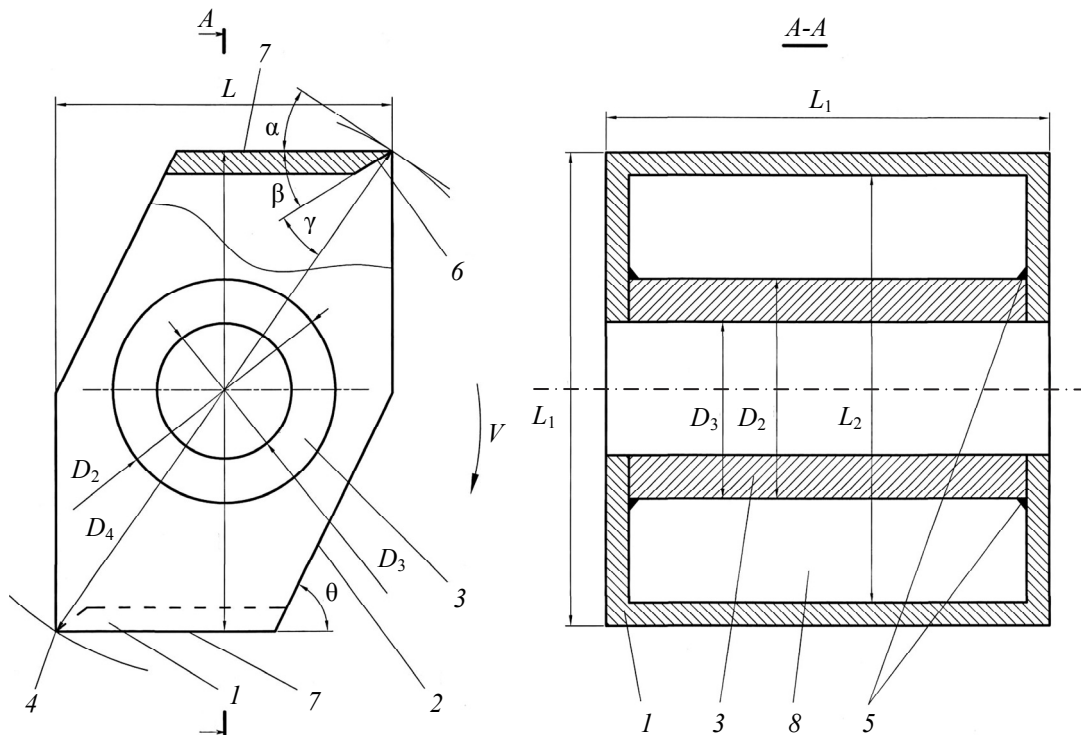


Рис. 2. Фреза для обработки плоских поверхностей

Дополнительно к этому, обеспечение «свободного» удаления стружки из зоны резания ведет к снижению мощности резания. Трение по задней поверхности 7 определяется значением заднего угла α . Величина заднего угла зависит от размеров корпуса фрезы. С увеличением размера L значение заднего угла становится больше, а с увеличением размера D – меньше. Регулирование соотношения этих двух габаритных параметров фрезы обеспечивает варьирование величины заднего угла и возможность установления оптимального значения. Скос 2 корпуса фрезы необходим для предотвращения контакта задней поверхности 7 с обрабатываемым материалом при завершении рабочего цикла режущей кромки и дополнительно снижает металлоемкость конструкции. Масса радиусной опытной фрезы, изготовленной по предлагаемой технологии, составила 430 г, а однотипная фреза, изготовленная по традиционной технологии, имеет массу порядка 1000 г.

Заточка фрез может осуществляться как по передней, так и по задней поверхностям в зависимости от схемы формирования режущего клина. Конструкция фрез разрабатывалась с учетом возможности нанесения упрочняющих покрытий по этим двум поверхностям, что дает возможность сохранения упрочненного слоя при любой схеме заточки.

Разработанные конструкции фрез базируются на принципе совмещения функции кор-

пуса с режущим элементом, что снижает металлоемкость инструмента, уменьшает мощность резания за счет отсутствия межзубовой впадины и свободного удаления стружки из зоны резания, упрощает технологию изготовления фрез для обработки профильных и плоских поверхностей. Фрезы предлагаемой конструкции рекомендуются к применению, в первую очередь, для обработки древесины и материалов на ее основе на высокопроизводительном, скоростном оборудовании.

Заключение. 1. Совмещение функций режущих элементов с несущей способностью корпуса упрощает технологию изготовления фрез для обработки профильных и плоских поверхностей с одновременным уменьшением металлоемкости конструкции.

2. Конструирование фрез с открытыми межзубовыми впадинами снимает ограничение на параметры режимов резания и «свободное» удаление стружки из зоны резания, снижает силовые параметры.

3. Снижение силовых параметров резания потенциально влияет на повышение качества обработки.

4. При использовании деревообрабатывающего оборудования с высокочастотными шпинделями появилась возможность проектировать фрезы с меньшим количеством режущих элементов с сохранением хорошего качества обработанной поверхности.

Литература

1. Морозов В. Г. Дереворежущий инструмент. Справочник. – М.: Лесная пром-сть, 1988. С. 146–147.
2. Карпович С. С., Вихренко В. С., Карпович С. И. Фреза с самоцентрирующим корпусом: пат. 6608 Респ. Беларусь, МПК 23С5/16. № а 20100163; заявл. 18.02.2010; опубл. 30.10.2010. Нац. центр интеллектуал. собственности. 3 с.

References

1. Morozov V. G. *Derevorezhushchiy instrument. Spravochnik* [Woodcutting tools. Directory]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1988, pp. 146–147.
2. Karpovich S. S., Vihrenko V. S., Karpovich S. I. *Freza s samocentriruyuschim korpusom* [Cutter with selfcentering body]. Patent BY, no. 6608, 2010.

Информация об авторах

Карпович Сергей Семенович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Новые материалы и технологии». 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

Карпович Наталья Владимировна – магистрант. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: KarpovichSI@belstu.by

Омелюсик Алексей Валерьевич – магистр технических наук, инженер кафедры материаловедения и технологии металлов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Alexlifting@mail.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 – Ph. D. Engineering, assistant professor, head of Department “New Materials and Technologies”. 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

Karpovich Natal'ya Vladimirovna – undergraduate. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: KarpovichSI@belstu.by

Omelyusik Aleksey Valer'yevich – master of Engineering, engineer, Department of Material Science and Metal Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Alexlifting@mail.ru

Karpovich Semen Ivanovich – Ph. D. Engineering, assistant professor, leading researcher, 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 20.02.2015