

Таким образом, в статье представлены наиболее распространенные сепарирующие тракты картофелеуборочных комбайнов, качество подбора которых зависит от разных факторов (таких как тип почвы, влажность почвы, от периода уборки, засоренности и т. д.).

УДК 621.9.02

## ПОВЫШЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПРИ ВИХРЕВОЙ ОБРАБОТКЕ

**Д. В. Никитенко**

*ОАО «Гомельское конструкторское бюро «Луч», Республика Беларусь*

**М. И. Михайлов**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

**А. А. Кафанов**

*ОАО «Гомельский завод станочных узлов», Республика Беларусь*

Производительность процесса вихревого фрезерования зависит от числа зубьев. Однозубые головки просты в наладке, но не обеспечивают высокой производительности. Поэтому на производстве получили распространение головки с тремя, четырьмя и шестью зубьями [1]–[3]. Обзор современных конструкций вихревых головок показал, что количество зубьев ограничено только возможностью их размещения и закрепления на инструментальном диске [4], [5].

Количество зубьев ограничивалось стремлением к тому, чтобы в контакте с заготовкой находился постоянно один зуб, объясняя это стремлением сократить вспомогательное время за счет отвода вихревой головки без ее радиального перемещения [1]. При этом зазор между зубом и заготовкой создавался поворотом головки за счет эксцентриситета. Для выполнения этого условия необходимо, чтобы диаметр вершин зубьев (резцов) был больше рассчитанного по формуле [1]:

$$d_{\text{pmin}} = \frac{r_1 \left(1 - \cos \frac{\pi}{z}\right) + \sqrt{2r^2 \left(1 - \cos \frac{\pi}{z}\right) - r_1^2 \left(1 - \cos^2 \frac{\pi}{z}\right)}}{1 - \cos \frac{\pi}{z}}, \quad (1)$$

где  $r$  – наружный радиус резьбы;  $r_1$  – внутренний радиус резьбы;  $z$  – число зубьев (резцов).

Условие (1) не является обязательным, так как отвод вихревой головки в исходное положение возможен после совмещения осей заготовки и вихревой головки. В работе [6] показано, что отвод вихревой головки в исходное положение без ее радиального перемещения возможен, даже если диаметр вершин зубьев меньше диаметра заготовки, но превышает средний диаметр обрабатываемой резьбы. Отвод вихревой головки в исходное положение выполняется при связанных движениях вращения заготовки и осевого перемещения головки, при этом зуб остается в обработанной винтовой канавке, не касаясь ее.

При вихревом фрезеровании, даже при минимальной разности диаметров вершин зубьев вихревой головки и заготовки, процесс обработки отличается большой неравномерностью. Опыты по осциллографированию крутящего момента и сил резания показали, что при однорезцовой обработке максимальная величина окружной силы в 4–10 раз превышает среднюю величину силы [7], [8]. Резкое изменение силы резания создает неблагоприятные условия обработки, вызывая вибрации, ограничивающие работу с максимальными подачами даже при наличии поддерживающих и направляющих люнетов. Наличие вибраций оказывает влияние не только на качество обрабатываемой поверхности, но и сокращает срок службы режущего инструмента [9]. Для устранения вибраций необходимо стремиться к тому, чтобы число одновременно работающих зубьев было как можно больше, и по крайней мере не менее двух. Этого можно добиться, изменяя диаметр вершин зубьев.

В [1] диаметр вершин зубьев рекомендуется выбирать из диапазона  $(1,2-1,4)d$  – при обработке метрической резьбы и  $(1,05-1,3)d$  – при обработке трапецеидальной резьбы и червяков. При выборе диаметра вершин зубьев по указанным соотношениям в процессе резания может участвовать как один, так и более зубьев.

Предлагается выбирать диаметр вершин зубьев (резцов) из условия участия в процессе резания двух зубьев по приведенной зависимости:

$$d_p = \frac{r_1 \sin \psi + \sqrt{(r_1 \sin \psi)^2 + (r^2 - r_1^2)(1 - (\sin \varepsilon \cos \psi)^2)}}{\sin \psi (1 - (\sin \varepsilon \cos \psi)^2)}, \quad (2)$$

$$\psi = \frac{\alpha - \beta}{2}, \quad \alpha = 2\pi / z, \quad \beta = \pi n_z / (2z n_n),$$

где  $\varepsilon$  – угол наклона оси вихревой головки относительно оси заготовки;  $\alpha$  – угловой шаг резцов вихревой головки;  $n_z$  – частота вращения заготовки;  $n_n$  – частота вращения инструмента.

Так, при вихревом фрезеровании резьбы ходового винта токарного станка с шагом 12 мм ( $r = 22$  мм,  $r_1 = 15,5$  мм,  $z = 6$ ,  $\varepsilon = 7^\circ$ ,  $n_z = 12$  об/мин,  $n_n = 600$  об/мин) диаметр вершин резцов, рассчитанный по зависимости (2), равен 50,9 мм.

Таким образом установка вершин зубьев на диаметр, равный либо меньший рассчитанному по зависимости (2), позволяет повысить равномерность вихревого фрезерования за счет участия в процессе резания двух и более зубьев, что повышает точность обработки и стойкость инструмента.

#### Литература

1. Виксман, Е. С. Скоростное нарезание резьб и червяков (вихревое нарезание вращающимися резцами) / Е. С. Виксман. – М. : Машиностроение, 1966. – 91 с.
2. Буш, В. В. Четырехрезцовая вихревая головка / В. В. Буш, Л. В. Гусева // Хим. и нефтяное машиностроение. – 1976. – № 3. – С. 43.
3. Михайлов, М. И. Повышение надежности сборного режущего инструмента / М. И. Михайлов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – 272 с.
4. Gewindewirbeln mit 12 Schneiden // deomagazine. – 2009. – № 51. – P. 41–44. – Mode of access: <https://www.tornos.com/en/content/deomag-51>. – Date of access: 31.09.2020.
5. Außen-Wirbelaggregat L5 min mono // Burgsmüller GmbH. – Mode of access: <https://www.burgsmueller.de/de/aggregate-3>. – Date of access: 31.09.2020.
6. Linsinger, E. Erfahrungen und Fortschritte bei Gewindeschälern / E. Linsinger // Werkstatt und Betrieb. – 1958. – Heft 9. – P. 111–116.

7. Авксентьев, И. Г. Сила резания и расход мощности при скоростном фрезеровании резьбы / И. Г. Авксентьев // Вестн. машиностроения. – 1954. – № 10. – С. 68–71.
8. Cutting forces analysis in whirling process / J. H. Son [et al.] // International Journal of Modern Physics. – 2010. – Vol. 24. – P. 2786–2791.
9. Васин, С. А. Прогнозирование виброустойчивости инструмента при точении и фрезеровании / С. А. Васин. – М. : Машиностроение, 2006. – 384 с. – Серия «Библиотека инструментальщика».

УДК 621.9.02

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
РАБОТОСПОСОБНОСТИ НАПАЙНЫХ РЕЗЦОВ  
ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ 18ХГТ**

**М. И. Михайлов, О. А. Лапко, А. В. Хихлуха**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Исследовалось влияние композиционного покрытия на основе полимеров с абразивным наполнителем контактных поверхностей на работоспособность режущего инструмента.

Цель исследования – повышение стойкости режущего инструмента путем применения покрытия на основе полимеров с абразивным наполнителем.

**Методика эксперимента.** Производственные испытания проводили по известной методике [1] на заводе «Гомсельмаш». Исследовали резцы с напайными пластинами (рис. 1). Материал пластин Т15К6. Резцы выполнены по ГОСТ 18879–73. Первоначально испытывали резец с применением подкладных пластин из стали 45. Во втором эксперименте с двух сторон резца устанавливали подкладные пластины с композиционным покрытием (рис. 2).

Для экспериментального исследования были изготовлены прямоугольные пластины из стали 45, на поверхности которых был нанесен слой эпоксидной смолы, модифицированной полиэфирной смолой, поверх которой был нанесен слой карбида кремния [2].

Поверхность пластин со слоем карбида кремния фотографировали через микроскоп Digital Microscope (см. рис. 2).



*Рис. 1. Фотографии рабочего места*