

Карпов А.В.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
krash75@mail.ru

Экспериментальные зависимости энергетической эффективности фрезерования от способа фрезерования и числа зубьев фрезы

На основе термодинамических представлений о стружкообразовании нами был сформулирован безразмерный показатель K , позволяющий оценивать энергетическую эффективность рабочего хода режущего инструмента в пределах технологического перехода технологической операции обработки резанием. Показатель K был представлен в виде отношения удельной энергоёмкости обрабатываемого материала Δw , Дж/мм³, к удельной работе резания e , Дж/мм³, и характеризует собой энергетический КПД стружкообразования:

$$K = \frac{\Delta w}{e} \quad (1)$$

Теоретические выражения для показателя K были получены для различных распространённых методов обработки резанием, в том числе - для фрезерования.

В течение 2020-22 гг. каф. технологии машиностроения Муромского института (филиала) ВлГУ были проведены экспериментальные исследования зависимости показателя K от управляемых технологических факторов обработки: геометрических параметров инструмента, элементов режима резания, способа осуществления обработки. Цель экспериментальных исследований состояла в подтверждении теоретических выражений и получении эмпирических зависимостей показателя энергетической эффективности резания от перечисленных технологических факторов.

При фрезеровании на станке модели 6М82 плоской заготовки шириной $B = 65$ мм из стали 30 (1030, G10300) ($\sigma_b = 500$ МПа, НВ 179, $\psi_b = 0,2$) удельная энергоёмкость материала была принята равной удельной работе пластической деформации сдвига и составила $\Delta w = 1,136$ Дж/мм³. В качестве режущих инструментов применялись цельные быстрорежущие фрезы: фреза I - 2200-0154 ГОСТ 3752-71 (P14Ф4, $D = 80$ мм, $d = 27$ мм, $L = 80$ мм, $z = 16$, $\gamma = 15^\circ$, $\alpha = 16^\circ$, $\omega = 30^\circ$); фреза II - 2200-0198 ГОСТ 3752-71 (P14Ф4, $D = 80$ мм, $d = 27$ мм, $L = 80$ мм, $z = 10$, $\gamma = 15^\circ$, $\alpha = 16^\circ$, $\omega = 40^\circ$). Зависимости показателя K от способа фрезерования и числа зубьев фрезы обобщены на рис. 1, 2.

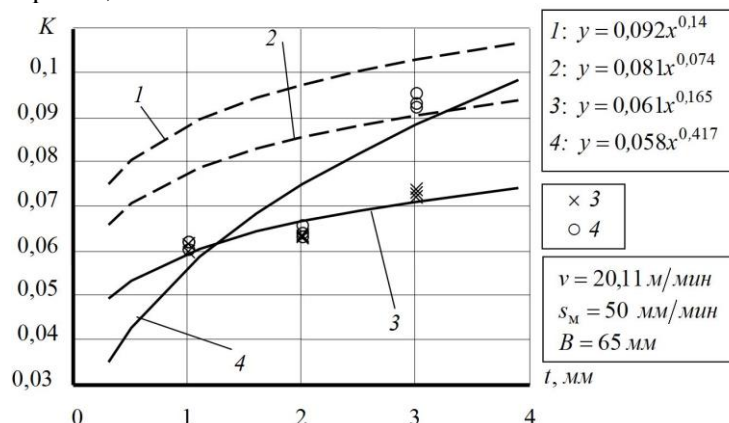


Рис. 1. Зависимости показателя энергетической эффективности встречного цилиндрического фрезерования заготовки фрезами с различным числом зубьев от глубины резания:

- 1 – теоретическое уравнение для фрезы II; 2 – теоретическое уравнение для фрезы I;
- 3 – экспериментальные данные и линия тренда для фрезы I; 4 – экспериментальные данные и линия тренда для фрезы II

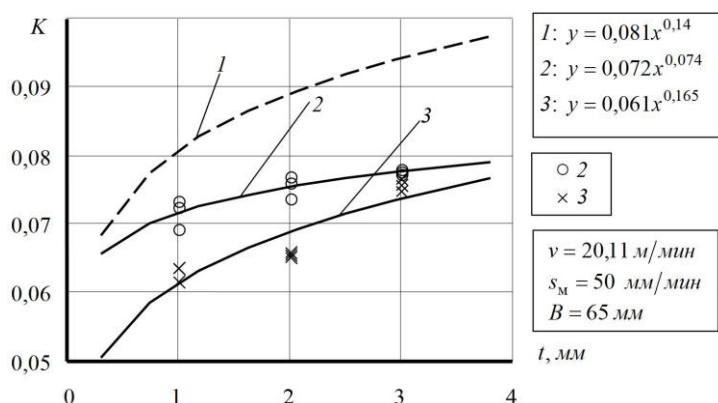


Рис. 2. Зависимости показателя энергетической эффективности встречного и попутного цилиндрического фрезерования заготовки фрезой 2200-0154 ГОСТ 3752-71 (P14Ф4, $D = 80 \text{ мм}$, $d = 27 \text{ мм}$, $L = 80 \text{ мм}$, $z = 16$, $\gamma = 15^\circ$, $\alpha = 16^\circ$, $\omega = 30^\circ$) от глубины резания: 1 – теоретическое уравнение; 2 – экспериментальные данные и линия тренда для попутного фрезерования; 3 – экспериментальные данные и линия тренда для встречного фрезерования

Для снижения энергозатрат следует снимать припуск за один проход, поскольку потребляемая мощность в этом случае возрастает менее интенсивно, чем объёмная производительность. При обработке заготовок прогрессивной формы (поковки, отливки) в условиях крупносерийного типа производства рациональные величины припусков по переходам устанавливаются специальным расчётом, поэтому глубину резания t можно считать стационарным технологическим фактором.

Относительно фактора глубины резания были исследованы зависимости показателя K от числа зубьев цилиндрической фрезы z и способа фрезерования (встречное, попутное).

Цилиндрическое фрезерование по подаче (попутное фрезерование) оказалось менее энергоёмким, чем встречное (в среднем на 9-12%) при одинаковых режимах обработки и параметрах инструмента. При повышении глубины резания t с 1 до 3 мм относительная эффективность попутного фрезерования по сравнению со встречным снижается в 5-6 раз. Следовательно, преимущества попутного фрезерования отчётливо проявляются при чистой обработке.

Снижению шероховатости обработанной поверхности при многолезвийной обработке способствует увеличение числа зубьев z инструмента. Однако, с увеличением глубины резания t энергетически более эффективным становится применение крупнозубых фрез взамен мелкозубых. Об этом свидетельствуют опытные данные, полученные при обработке заготовки фрезами I и II, различающимися лишь числом зубьев z . Относительная эффективность крупнозубой фрезы II по сравнению с мелкозубой фрезой I повышается с 1 до 29% при увеличении глубины резания с 1 до 3 мм. Следует учесть, что при одинаковой минутной подаче и скорости резания уменьшение числа зубьев фрезы сопровождается пропорциональным ростом подачи на зуб, которое, в свою очередь, способствует возрастанию показателя энергетической эффективности K и снижению энергозатрат e . Большой объём винтовых канавок обеспечивает свободное размещение фрагментов стружки во впадинах крупнозубых фрез, что является необходимым условием безаварийной работы фрезерных станков при высоких значениях глубины резания и минутной подачи.

Литература

1. Карпов А.В. Расчёт показателя энергетической эффективности стружкообразования при точении и фрезеровании // Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России. XII Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез. докл. Всероссийской межвузовской научной конференции. Муром, 7 февр. 2020 г. – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2020. – С. 141-142. – [Электронный ресурс]: 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).