

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 элементов режима резания

Ранее [1] 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: продольного наружного точения и растачивания, поперечного точения и отрезки, цилиндрического и торцового фрезерования, разрезания цилиндрической заготовки дисковой пилой и др.

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

При цилиндрическом фрезеровании на станке мод. 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 режущего инструмента применялась цельная быстрорежущая фреза 2200-0154 ГОСТ 3752-71 (P14Ф4, $D = 80$ мм, $d = 27$ мм, $L = 80$ мм, $z = 16$, $\gamma = 15^\circ$, $\alpha = 16^\circ$, $\omega = 30^\circ$). Зависимости показателя K от элементов режима резания при фрезеровании обобщены на рис. 1-3.

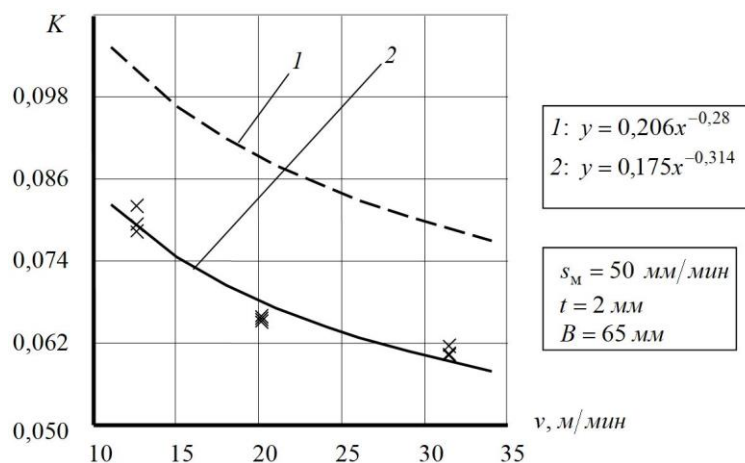


Рис. 1. Зависимости показателя энергетической эффективности встречного цилиндрического фрезерования от скорости резания: 1 – теоретическое уравнение; 2 – экспериментальные данные и линия тренда

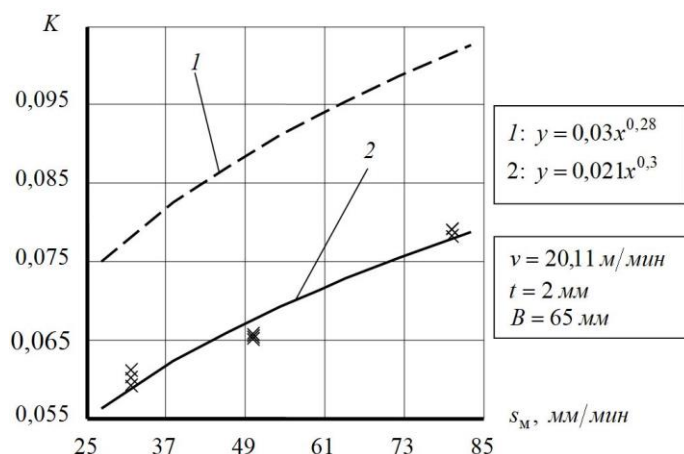


Рис. 2. Зависимости показателя энергетической эффективности цилиндрического фрезерования от минутной подачи: 1 – теоретическое уравнение; 2 – экспериментальные данные и линия тренда

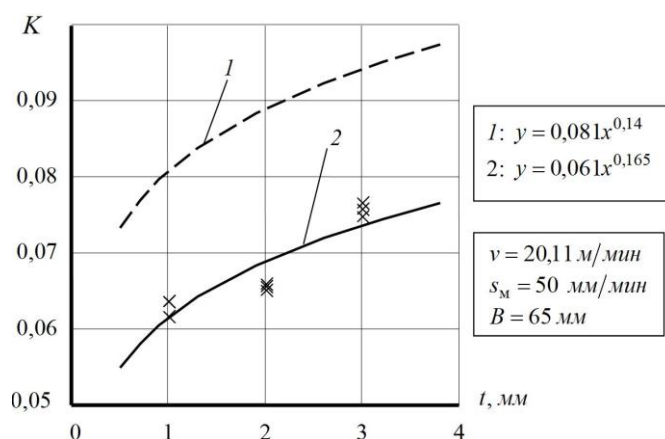


Рис. 3. Зависимости показателя энергетической эффективности цилиндрического фрезерования от глубины резания: 1 – теоретическое уравнение; 2 – экспериментальные данные и линия тренда

С увеличением скорости резания с 12,57 до 31,42 м/мин (в 2,5 раза) показатель энергетической эффективности фрезерования K снижается на 24%. Это вызвано тем, что пропорционально росту частоты вращения шпинделя n происходит уменьшение подачи на зуб, поскольку минутная подача s_m остаётся постоянной. С другой стороны, при постоянной скорости резания увеличение минутной подачи s_m с 31,5 до 80 мм/мин (в 2,5 раза) способствует повышению показателя K в среднем на 31%. Анализируя эти результаты совместно, можно подтвердить мнение об увеличении показателя энергетической эффективности фрезерования K с ростом подачи на зуб как за счёт уменьшения частоты вращения шпинделя при постоянной минутной подаче, так и за счёт повышения минутной подачи при неизменной скорости резания, причем второй вариант увеличения подачи на зуб предпочтительнее первого в среднем на 29%.

Показатель K повышается и с нарастанием срезаемого припуска: при увеличении глубины резания t с 1 до 3 мм (в 3 раза) степенная функция $K=f(t)$, аппроксимирующая эмпирические точки, возрастает на 20%.

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).