

© 2006 В.А. Зубков, Д.Л.Скуратов, В.Н.Трусов

Самарский государственный аэрокосмический университет

В данной статье рассматривается влияние режимов резания на удельную энергию, затрачиваемую при фрезеровании и шлифовании при обработке типовых деталей двигателей внутреннего сгорания. Рассматривается энергоемкость процессов как критерий оптимизации процессов резания.

Механическая обработка в энергетическом отношении является более эффективной по сравнению с такими видами обработки как лазерная или электродуговая. Но общие затраты при резании все равно превосходят затраты на полезную работу формирования новой поверхности детали. Избыток энергии расходуется на упругую и пластическую деформации обрабатываемого материала и инструмента, их взаимное трение и создает повышенную динамическую и тепловую напряженность зоны резания.

Однако, варьируя параметрами геометрии инструмента и режима обработки, свойствами инструментального материала, составом СОЖ и другими параметрами управления, можно создать условия обработки, при которых один и тот же сьем металла будет достигаться при различных затратах энергии и, следовательно, различной напряженности зоны резания. Соответственно различными будут нагрузки на систему СПИД, условия работы режущего инструмента и формирования физико-механического состояния поверхностного слоя обработанной детали.

Использование в этой связи принципа минимума энергии для работы, затрачиваемой при резании, может иметь определенную практическую ценность. Рассмотрим в качестве критерия оптимизации процесса резания его удельную энергоемкость т.е. затраты, приведенные к единице объема удаляемого материала. Выбор такого показателя объясняется тем, что 90...95% работы резания, как показали расчеты, расходуется на деформацию удаляемого материала.

Рассмотрим влияние режимов резания на затраты удельной энергии на примере процессов фрезерования и круглого шлифования при окончательной обработке типовых деталей двигателя внутреннего сгорания.

Рассмотрим фрезерование коренных шеек коленчатого вала из стали 40ХНМА (HRC 50) и

вала из высокопрочного чугуна ВЧ 70-2, (235 НВ).

Диаметр фрезы $D=800\text{мм}$, $z = 40$, $n = 30\text{ мин}^{-1}$, режущие пластины ТТ7К12.

Режимы: $t = 0.5...3\text{мм}$; $S_z = 0.24...0.28\text{ мм/зуб}$, $V = 45...80\text{ м/мин}$.

На рис. 1 и 2 проиллюстрированы изменения удельной энергоемкости процесса фрезерования в диапазоне изменения параметров, которые используют для обработки данного вида материалов. В этих условиях монотонный характер изменения удельной энергоемкости процесса обусловлен монотонным изменением тангенциальной составляющей силы резания. Зависимости приведены для $S_z = 0.28\text{ мм/зуб}$; (рис. 1а, 2), $V = 80\text{ м/мин}$ (рис. 1), $t = 1.6\text{ мм}$ (рис. 1б, 2).

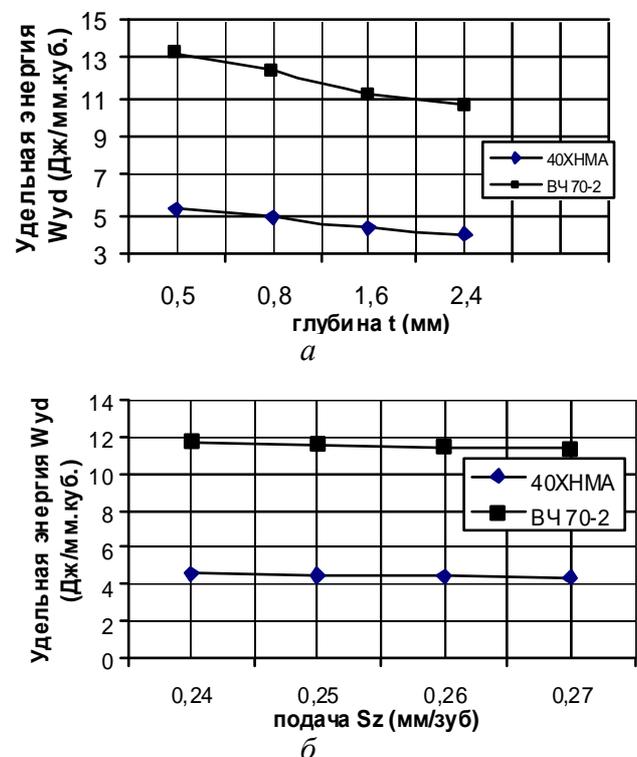


Рис.1. Зависимость энергозатрат при фрезеровании от глубины (а) и подачи(б)

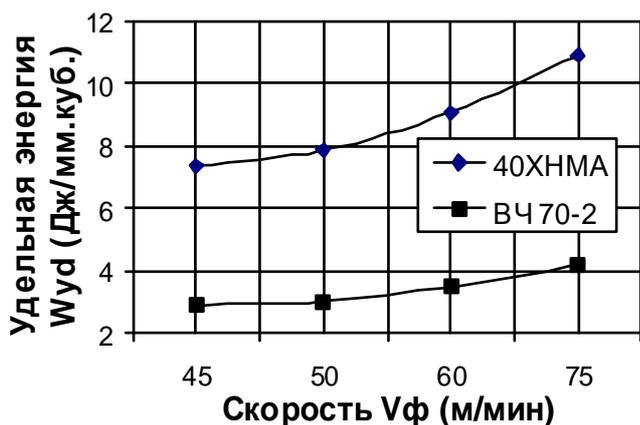


Рис.2. Зависимость энергозатрат при фрезеровании от скорости резания

Из анализа расчетных значений W_{ud} следует, что увеличение глубины способствует уменьшению удельной энергоёмкости или повышению съема материала на единицу затраченной энергии. Увеличение же подачи практически не влияет. Из параметров режима обработки наибольшее влияние на удельную энергоёмкость оказывает глубина резания, скорость фрезы и в меньшей степени подача. Так при изменении глубины резания от 0,5 мм до 2,4 мм при обработке стали 40ХНМА удельные энергозатраты уменьшаются в 1,25 раза, а при увеличении скорости фрезы увеличиваются в 1,5 раза.

Немаловажное значение играет вид обрабатываемого материала. Энергозатраты при механической обработке коленчатого вала из ВЧ 70-2 гораздо меньше, чем при обработке вала из стали 40ХНМА. Так, например, для глубины $t = 0,5\text{мм}$ значение $W_{ud} = 13,202\text{ Дж/мм}^3$ для стали 40ХНМА, а для ВЧ 70-2 $W_{ud} = 5,26\text{ Дж/мм}^3$. Такая разница обусловлена различием механических свойств обрабатываемых материалов. При увеличении глубины резания с 0,5 до 2,4 мм для ВЧ 70-2 удельные энергозатраты уменьшаются в 1,3 раза, а при увеличении подачи с 0,24 до 0,27мм/зуб уменьшение происходит в 1,04 раза.

Дальнейшее увеличение глубины для снижения удельных энергозатрат не возможно вследствие жестких требований по качеству и геометрии поверхностного слоя обрабатываемой детали.

Для обеспечения требуемой шероховатости поверхности коренных шеек коленчатого вала и с точки зрения экономичности и производительности наиболее оптимальным является

ся режим $S_z = 0,28\text{мм/зуб}$, $V = 80\text{м/мин}$, $t = 1,6\text{мм}$, как при обработке стали 40ХНМА, так и при обработке ВЧ 70-2.

Рассмотрим процесс шлифования коренных шеек коленчатого вала из стали 45 (HRC 40) и ВЧ 70-2 (рис. 3).

Характеристики круга: Э9А 25 – 32 С1 – С2 7 К5.(шлифование круглое, методом врезания).

Режимы: $t = 0,1 \dots 0,3\text{ мм}$,

$S_{поп} = 0,125 \dots 0,3\text{мм/мин}$,

$V_d = 25 \dots 30\text{ м/мин}$,

$V_k = 30\text{м/с}$.

$S_{поп} = 0,125\text{мм/мин}$ (рис. 3, а, в);

$V_d = 25\text{ м/мин}$ (рис. 3, а, б);

$t = 0,3\text{ мм}$ (рис. 3б), $t = 0,1\text{ мм}$ (рис.3в).

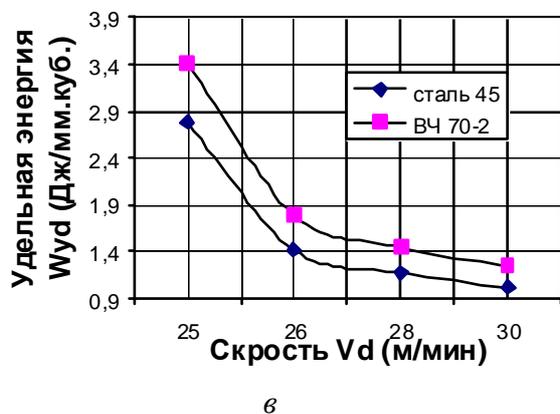
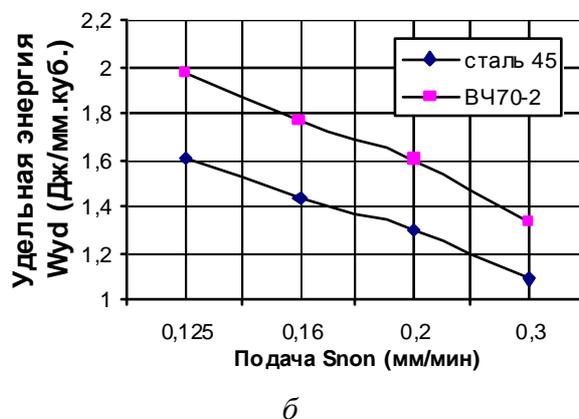
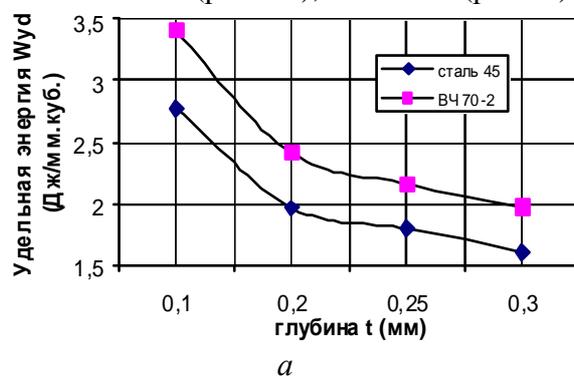


Рис.4. Зависимость энергозатрат при шлифовании от глубины(а), подачи(б) и скорости(в)

По сравнению с процессом фрезерования, при шлифовании удельные энергозатраты гораздо меньше. При шлифовании увеличение глубины, подачи и скорости детали приводит к уменьшению энергозатрат. Так при увеличении глубины с 0,1 до 0,3 мм, происходит уменьшение затрат удельной энергии в 1,7 раза при обработке стали 45 и на такую же величину происходит снижение при шлифовании коренных шеек вала из ВЧ 70-2.

В отличие от процесса фрезерования, при шлифовании изменение подачи и скорости значительно влияет на характер затрат удельной энергии. Так при увеличении скорости с 25 до 30 м/мин затраты удельной энергии уменьшаются в 2,75 раза для стали 45 и в 2,7 для ВЧ 70-2, что по сравнению изменением затрат в процессе фрезерования более существенно.

Достоинства удельной энергоёмкости процесса как критерия оптимизации предварительной и чистовой обработки: удельная энергоёмкость, характеризующая физико-механическое состояние зоны резания, служит физическим показателем эффективности съёма материала и определяет условия работы режущего инструмента; с помощью удельной

энергоёмкости, по существу, оптимизируют физические условия резания, а экономическая сторона процесса может быть отражена в соответствующих ограничениях на оптимизируемые параметры; удельная энергоёмкость является универсальным критерием, величина которого зависит от свойств обрабатываемого материала, параметров геометрии инструмента и режима резания и не зависит от характера производства (в отличие от экономических критериев).

Список литературы

1. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник. М.: Машиностроение, 1972.
2. Скуратов Д.Л., Трусов В.Н. Определение рациональных условий обработки при производстве деталей ГТД. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2002.
3. Старков В.К. Технологические методы повышения надежности обработки на станках с ЧПУ. М.: Машиностроение, 1984.

ENERGETIC POWER AS A CRITERION OF OPTIMIZATION

© 2006 V.A. Zubkov, D.L. Skuratov, V.N. Trusov

Samara State Aerospace University

In this article it's given an influence of cutting modes on the expense of specific energy as an example of milling processes and round grinding at typical details of an internal combustion engine final processing. As a criterion of optimization it's considered the energetic power of cutting process.