

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*

Обеспечение эффективности эксплуатации режущего инструмента на основе энергетического подхода к стружкообразованию

Эффективные условия обработки заготовок деталей машин режущим инструментом устанавливают путём осуществления структурной и параметрической оптимизации как технологического процесса в целом, так и отдельных технологических операций, технологических переходов, рабочих ходов, в совокупной последовательности формирующих наивыгоднейший маршрут обработки. При этом важное значение приобретает выбор критерия оптимальности (экономического или физического), приводимого к виду целевой функции, и системы принимаемых ограничений.

Величина экономических критериев рассчитывается на основе факторов экономического анализа технологических процессов, действующих на конкретном предприятии. В современных условиях как сами экономические факторы, так и действующие алгоритмы их определения, зачастую носят конъюнктурный, плохо прогнозируемый характер при переходе от анализа хозяйственной деятельности одного предприятия к другому. В связи с этим, использование экономических критериев для разработки научно-обоснованной методики повышения эффективности технологических процессов затруднительно.

В некоторых случаях истинный экстремум целевой функции оказывается за пределами допустимой области определения принятого критерия. В таких ситуациях, особенно при отсутствии возможности бесступенчатого регулирования привода рабочего оборудования, оптимальные режимы резания перестают зависеть от частного критерия, и за таковые следует принимать значения управляемых параметров, соответствующие условному экстремуму целевой функции, лежащему на пересечении с границей наиболее жёсткого ограничения [1].

Для решения подобного рода задач целесообразно использовать безразмерные показатели энергетической эффективности процесса, потому что основу любого из известных методов механических воздействий на материал составляет получение необходимого продукта за счёт трансформации одного вида энергии в другой, т.е. за счёт совершения некоторой работы.

Резание металлов, как обособленный класс технологических операций, объединяет способы механической обработки, представляющие собой целенаправленное разрушение сплошности заготовки режущим инструментом, имеющим клиновое строение рабочей части; при этом с заготовки удаляется в виде стружки определённый слой материала (срезаемый слой), в результате чего образуются новые поверхности детали, характеризующиеся формой, размерами, точностью и свойствами.

Производительность обработки, стойкость инструмента, показатели качества поверхностей функционально зависят от величины и взаимного соотношения главных составляющих энергетического баланса зоны резания – запасённой ΔU и тепловой Q энергий, соответственно накапливаемой и генерируемой за время рабочего хода [2]:

$$A_{рез} = \Delta U + Q, \quad (1)$$

где $A_{рез}$ – работа, совершаемая режущим инструментом (работа резания).

Избыточная величина механической работы, затрачиваемой на стружкообразование, приводит к росту энтропии в технологической системе.

Снижение энергетических затрат на обработку резанием способствует образованию более качественного поверхностного слоя детали вследствие уменьшения глубины и степени упрочнения, уровня растягивающих остаточных напряжений, что благоприятно отражается на повышении долговечности изделий в эксплуатации.

Таким образом, оптимизация условий резания по энергетическому критерию имеет целью обеспечить проведение процесса с наибольшей энергоэффективностью, которую можно записать в виде безразмерного отношения [3]:

$$K = \frac{\Delta w}{e} \rightarrow 1 \quad (2)$$

где Δw – удельная энергоёмкость обрабатываемого материала, Дж/мм³;

e – удельная энергоёмкость процесса стружкообразования (удельная работа резания), Дж/мм³.

Физический смысл показателя K может быть сформулирован, если принять следующую гипотезу: для разрушения объёма материала необходимо, чтобы энергия, переданная ему инструментом, достигла величины критической внутренней энергии, свойственной этому материалу при данных условиях.

Очевидно, использование критерия K для повышения эффективности эксплуатации инструментов на предварительных и окончательных технологических переходах должно способствовать нахождению параметров обработки, обеспечивающих соответственно максимальную производительность стружкообразования и заданное качество поверхности детали при наименьшей величине энергетических затрат в зоне резания.

Величину удельной энергоёмкости обрабатываемого материала Δw рекомендуем определять в зависимости от преобладающего при заданных условиях стружкообразования вида разрушения (вязкое, квазихрупкое, хрупкое).

Определение величины Δw на предварительных стадиях технологического процесса (черновая обработка) можно осуществлять в зависимости от типа стружки, поскольку тип стружки обусловлен механизмом и интенсивностью протекания пластической деформации материала при внедрении режущего клина. Установить род и величину преобладающих напряжений, обеспечивающих стружкообразование, рассчитать их работу можно по форме и размерам стружки. Стружкообразование происходит либо по механизму сдвига, вызываемому касательными напряжениями в плоскостях сдвига, либо по механизму отрыва, вызываемому действием нормальных напряжений. Удельную энергоёмкость Δw при образовании стружек сдвига (элементарная, суставчатая, сливная) можно принять равной удельной работе деформации, определяемой произведением касательных напряжений на величину относительного сдвига [4].

Удельная энергоёмкость резания e представляет собой работу режущего инструмента по образованию единичного объёма стружки. Величина e , помимо вида и свойств обрабатываемого материала, зависит от конкретных условий осуществления рабочего хода: параметров инструмента (типоразмер, материал, геометрия режущей части, число зубьев и т.д.), элементов режима резания (глубина резания, подача, скорость резания), типа СОТС (при наличии) и других, которые все вместе составляют систему управляемых (оптимизируемых) технологических параметров [5].

Литература

1. Старков В.К. Дислокационные представления о резании металлов.– М.: Машиностроение, 1979.- 160 с.
2. Якубов Ф.Я. Энергетические соотношения процесса механической обработки материалов. - Ташкент: Фан, 1985.- 105 с.
3. Карпов А.В. Энергетический критерий оптимизации технологических процессов обработки резанием // Современные наукоёмкие технологии. – 2020. – № 5. – С. 50-55; URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38031> (дата обращения: 30.12.2022).
4. Карпов А.В. К вопросу повышения энергетической эффективности технологических процессов обработки резанием // Современные наукоёмкие технологии. – 2019. – № 3. – С. 43-47; URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=37439> (дата обращения: 30.12.2022).
5. Карпов А.В. Модель параметрической оптимизации операций обработки резанием по критерию наибольшей энергетической эффективности // Современные наукоёмкие технологии. – 2020. – № 6-1. – С. 50-55; URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=38070> (дата обращения: 30.12.2022).