

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*

О трактовке понятия «обрабатываемость резанием» и ускоренном методе её определения

Важной технологической характеристикой современных конструкционных материалов является их обрабатываемость резанием, полноценная трактовка которой сопряжена с известными трудностями и допускает инвариантность подходов. Обрабатываемость, в самом общем понимании, характеризует способность материала подвергаться резанию, т.е. глубокой пластической деформации и разрушению сплошности за счёт внедрения режущего клина, отделению стружки и формированию новой поверхности. В первом приближении об обрабатываемости судят по типу, форме и фрагментарности стружки, либо по наличию или отсутствию наростов, проточин, сколов и иных дефектов лезвия эталонного инструмента, а также по достижимому качеству обработанной поверхности в эталонных условиях.

Количественно охарактеризовать обрабатываемость каким-то одним или несколькими показателями свойств материала невозможно, поскольку при обработке резанием они проявляют себя комплексно, в сложном и не до конца выясненном механизме взаимного влияния. Приводимые в справочной литературе значения коэффициентов обрабатываемости $K_{обр}$ различных материалов получены по так называемому "классическому методу" - в результате длительных стойкостных испытаний, направленных на установление значения скорости резания v_{60} , м/мин, заданного материала, при которой эталонный резец в эталонных условиях имеет стойкость $T=60$ мин, и соотношения этой скорости к скорости резания $v_{эт.60}$, м/мин, эталонного материала (сталь 45, $\sigma_B=650$ МПа, НВ 179) в тех же условиях.

Методика "классических" стойкостных испытаний регламентирована стандартом ISO 3685:1993 и применяется, главным образом, в отношении новых конструкционных материалов. Табличными значениями $K_{обр}$ пользуются для расчёта оптимальной скорости резания заготовок из соответствующего материала. Истинные же величины обрабатываемости так или иначе отличаются от справочных ввиду "разброса" физико-механических и теплофизических свойств материала среди разных заготовок внутри партии, либо между партиями заготовок. В единичном и ремонтном производстве зачастую значения свойств материала не гарантированы или вовсе не известны. К такому "разбросу" приводят, например, любые отклонения от номинальных технологических условий предшествующей формообразующей и термической обработки заготовок (литьё, ковка, горячая штамповка, сварка, резка, отжиг, нормализация, отпуск, старение, цементация), реальных условий их складирования и хранения, другие случайные факторы [1]. Поэтому использование табличных значений коэффициентов $K_{обр}$ неизбежно влечёт погрешность при назначении скорости резания и, как следствие, приводит к уменьшению фактической стойкости инструмента, либо наоборот - к недоиспользованию его ресурса и снижению производительности [2]. На производстве важно иметь надёжные методы ускоренного определения обрабатываемости, позволяющие для конкретной заготовки или партии заготовок назначать или корректировать технологические режимы с позиций полноценного использования режущего инструмента, обеспечения максимальной производительности и качества обработки.

Ключевым вопросом является трактовка самого понятия обрабатываемости конструкционного материала, а вернее - наиболее корректное понимание этого термина с позиций закономерностей протекания процесса резания. Табличные значения коэффициентов обрабатываемости $K_{обр}$ различных конструкционных материалов, имеющиеся в справочной литературе, получены экспериментальным путём с использованием эталонных токарных резцов. Указывается, что значения $K_{обр}$ могут применяться для расчёта оптимальной скорости резания не только при точении, но и при других видах обработки материала. Последнее утверждение сомнительно, поскольку в основе каждого вида обработки лежит тот или иной

метод формообразования с присущими ему геометрическими, кинематическими, энергетическими закономерностями. Обрабатываемость следует понимать комплексно - и как характеристику материала, зависящую от его свойств, и как характеристику технологического воздействия на материал. При этом необходимо сформулировать качественный классификационный признак, в соответствии с которым многообразие существующих видов обработки материалов лезвийными инструментами можно было бы разделить на некоторое число групп в зависимости от кинематики резания и геометрических особенностей контакта режущего лезвия с заготовкой.

Таким классификационным признаком может выступать закономерность изменения мощности резания N во времени рабочего хода инструмента t . Нами предложены четыре типовые схемы изменения мощности во времени $N=N(t)$ для известных видов обработки резанием [3] и предлагается показатель удельной работы резания e , Дж/мм³, равный отношению работы $A_{рез}$, Дж, совершаемой эталонным режущим инструментом, к результату выполнения этой работы - объёму стружки V , мм³, снятой за время рабочего хода [4]:

$$e = \frac{n_{ц} \cdot A_{ц}}{V} = \frac{60 \cdot n_{ц} \cdot \int_0^{\tau_{ц}} N(t) dt}{V} = \frac{60 \cdot n_{ц} \cdot k_N \cdot N_{max} \cdot \tau_{ц}}{V} = \frac{60 \cdot k_N \cdot N_{max}}{\Pi}, \quad (1)$$

где Π - производительность стружкообразования (минутный съём), мм³/мин; $n_{ц}$ - число циклов изменения мощности за время рабочего хода; $A_{ц}$ - работа, совершаемая эталонным инструментом за время $\tau_{ц}$, мин, одного цикла полного изменения мощности $N(t)$; k_N - коэффициент аппроксимации, позволяющий рассчитать величину $A_{ц}$ как площадь под графиком $N=N(t)$ для соответствующей типовой схемы изменения мощности; N_{max} - максимальное значение мощности резания за один цикл её изменения, Вт [5].

Удельная работа резания e , Дж/мм³, представляет собой количество энергии, затрачиваемой режущим клином на пластическое деформирование срезаемого слоя и отделение в виде стружки единицы объёма материала. В эталонных условиях испытаний удельная работа резания может рассматриваться как энергетический показатель обрабатываемости, учитывающий физико-механические и теплофизические свойства материала (комплексно они характеризуются значением мощности резания N), а также результат обработки (производительность Π) и характерные особенности процесса резания (соответствующая схема изменения мощности во времени и коэффициент аппроксимации k_N). Чем меньше величина удельной работы резания, тем лучшей обрабатываемостью обладает материал. Как и в случае "классических" стойкостных испытаний, представляется целесообразным соотнести значение удельной работы резания e , Дж/мм³, испытуемого материала к удельной работе резания $e_{эт}$, Дж/мм³, материала, принятого за эталон.

Значения коэффициентов обрабатываемости некоторых конструкционных сталей группы ISO-P, полученные по предложенному ускоренному методу, отличаются от значений, приводимых в справочниках, не более чем на 6-8%.

Литература

1. Карпов А.В. Определение обрабатываемости резанием конструкционных машиностроительных материалов на основе энергетических закономерностей стружкообразования // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=13311> (дата обращения: 06.12.2018).
2. Игнатов С.Н., Карпов А.В., Распопин А.П. Оценка эффективности лезвийной обработки с использованием безразмерного энергетического критерия // СТИН. № 12. 2004. С. 23-26.
3. Карпов А.В. Показатели энергетической эффективности процесса резания // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2012. № 1. С. 51-59.
4. Karpov A.V. Towards Energy Intensity Reduction of Machining Fabrication Procedures // Applied Mechanics and Materials. Vol. 756 (2015). Pp. 111-115.
5. Karpov A.V. Determining the effective conditions for machining fabrication procedures based on the cutting process energy patterns // Procedia Engineering. Vol. 129 (2015). Pp. 116-120.