

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОЙ СТОЙКОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ СТУПЕНЧАТО ПЕРЕМЕННОМ РЕЖИМЕ РЕЗАНИЯ

С. И. Петрушин, д.т.н., проф., Р.Х. Губайдулина, к.т.н., доц.

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета

652050, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (8384-51)7-77-61

E-mail: victory_28@mail.ru

Аннотация: Приведена методика расчета фактической суммарной стойкости режущих инструментов, эксплуатирующихся на станках с ЧПУ, при ступенчато переменном режиме резания. Получены выражения, позволяющие определять момент замены режущих инструментов, а также оптимизировать процесс резания по минимуму приведенных затрат в условиях ступенчато переменных режимах резания.

Abstract: The method of calculating the actual total resistance of cutting tools operating on CNC machines is presented, with a stepwise variable cutting mode. Expressions are obtained that allow to determine the moment of replacement of cutting tools, and also to optimize the cutting process for a minimum of the resulted costs in conditions of stepwise variable cutting conditions.

Введение

Мелкосерийное производство на станках с ЧПУ, как правило, осуществляется в условиях, когда один и тот же режущий инструмент используется на различных деталях или на разных участках одного и того же изделия. При этом существенно меняются значения параметров режима резания: подачи S , глубины t и скорости резания V . Это приводит к неопределённости в оценке суммарной стойкости лезвия инструмента и в установлении момента исчерпания им своих режущих свойств. В работе [1] предложено рассчитывать суммарную стойкость, как сумму основных технологических времён на каждом рабочем участке, и на этой основе определять момент замены затупившегося инструмента. Однако при переменном режиме резания такой подход неприемлем в связи с тем, что интенсивность изнашивания на том или ином участке различна. Попытаемся получить приближённое решение этой задачи.

Методика исследований

На i -том участке работы резания инструмент изнашивается согласно своей кривой износа (рис.1), которая при постоянном режиме резания, как известно, состоит из трёх участков: начального (приработки), нормального и ускоренного («катастрофического») изнашивания. Критерий износа (затупления) на этой кривой h_k соответствует началу третьего участка, а время непрерывного резания до достижения величины h_k представляет собой стойкость T_i лезвия инструмента. Линеаризуем данную кривую износа прямой линией, проходящей через начало координат и точку (T_i, h_k) . Тогда имеем зависимость

$$h_k = C_i \tau \quad (1)$$

где $C_i = h_k / T_i$ является функцией параметров режима резания.

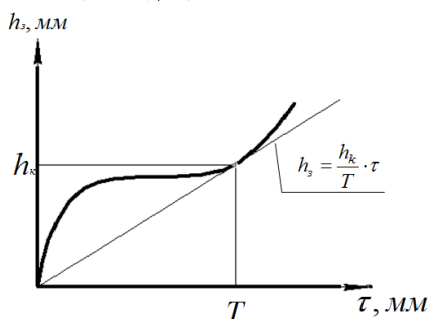


Рис. 1. Типовая кривая износа

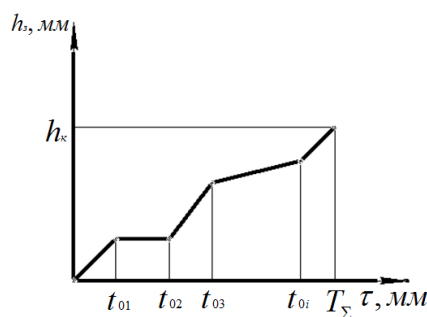


Рис. 2. Износ при ступенчато переменном режиме резания

Для ступенчато изменяемого режима резания суммарная линеаризованная кривая износа будет иметь вид ломаной линии (рис.2). Предположим, что через k рабочих участков, будет достигнут критерий затупления:

$$h_k = \sum_{i=1}^k \Delta h_i, \quad (2)$$

при этом приращение линейного износа задней поверхности лезвия на i -том участке равно

$$\Delta h_i = t_{oi} C_i, \quad (3)$$

где t_{oi} - основное время резания на i -том участке без врезания и перебега инструмента.

Отсюда имеем:

$$h_k = \sum_{i=1}^k t_{oi} C_i. \quad (4)$$

С другой стороны (см. рис.2)

$$h_k = T_{\Sigma} C_{\Sigma}, \quad (5)$$

где T_{Σ} - суммарная стойкость режущего инструмента.

Приравняв (4) и (5), получим

$$C_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^k t_{oi} C_i}{T_{\Sigma}}. \quad (6)$$

Далее уточним содержание коэффициентов C_i в формуле (6). В выражении (1) величина C_i , как было отмечено выше, зависит от сочетания параметров режима резания на i -том рабочем участке. Воспользуемся развёрнутой стойкостной формулой Ф.У.Тейлора, которая для операции точения имеет следующий вид [2]:

$$T_i = \left(\frac{C_{Vi} K_{Vi}}{V_i t_i^x S_i^y} \right)^{1/m}. \quad (7)$$

где C_V - постоянная величина, соответствующая базовому сочетанию условий резания;

K_V - поправочный коэффициент на измененные условия обработки по сравнению с базовыми;

m -показатель относительной стойкости.

Из (1) и (7) получим

$$C_i = \frac{h_k}{T_i} = h_k \left(\frac{V_i t_i^x S_i^y}{C_{Vi} K_{Vi}} \right)^{1/m}. \quad (8)$$

Подставим (8) в (6) и преобразуем

$$C_{\Sigma} = \frac{h_k}{T_{\Sigma}} \sum_{i=1}^k \frac{t_{oi} V_i^{1/m} t_i^{x/m} S_i^{y/m}}{C_{Vi}^{1/m} K_{Vi}^{1/m}}. \quad (9)$$

Так как в выражении (9) отношение h_k/T_{Σ} равно C_{Σ} (см. формулу (5)), то выполнить это равенство можно, если ввести тождество

$$\sum_{i=1}^k \frac{t_{oi} V_i^{1/m} t_i^{x/m} S_i^{y/m}}{C_{Vi}^{1/m} K_{Vi}^{1/m}} \equiv 1. \quad (10)$$

Выражение (10) представляет собой условие, при выполнении которого лезвие токарного инструмента необходимо заменить на новое. Сумма основных времён, соответствующая этому условию, будет равна фактической суммарной стойкости. Аналогичные условия замены инструмента для других видов обработки резанием приведены в таблице.

Таблица

Вид обработки	Условие смены инструмента
Точение	$\sum_{i=1}^k t_{oi} \left(\frac{V_i t_i^x S_i^y}{C_{Vi} K_{Vi}} \right)^{1/m} = 1$
Сверление	$\frac{1}{D^q} \sum_{i=1}^k t_{oi} \left(\frac{V_i S_i^y}{C_{Vi} K_{Vi}} \right)^{1/m} = 1$
Рассверливание Зенкерование Развёртывание	$\frac{1}{D^q} \sum_{i=1}^k t_{oi} \left(\frac{V_i t_i^x S_i^y}{C_{Vi} K_{Vi}} \right)^{1/m} = 1$
Фрезерование	$\frac{z}{D^q} \sum_{i=1}^k t_{oi} \left(\frac{V_i t_i^x S_i^y B_i^u}{C_{Vi} K_{Vi}} \right)^{1/m} = 1$

Примечание. D-диаметр инструмента; z-число зубьев фрезы.

Расчёты по этим формулам на основе данных справочника [2] показывают, что добиться выполнения приведенных условий замены изношенных режущих инструментов можно различными путями, варьируя маркой обрабатываемого материала, элементами режима резания и другими параметрами обработки. При этом значения суммарной фактической стойкости могут колебаться в широких пределах. Поэтому для получения удовлетворительных экономических показателей механической обработки на станках с ЧПУ при ступенчато переменном режиме резания необходимо ограничивать величину суммарной стойкости сверху. В случае использования традиционной методики выбора режимов резания таким ограничителем выступает нормативная стойкость T_n :

$$T_{\Sigma} \leq T_n \quad (11)$$

В оптимизационных методиках фигурирует так называемая экономическая стойкость T_3 и мы имеем дополняющее условие (10) выражение

$$T_{\Sigma} \leq T_3 \quad (12)$$

В работе [3] одним из авторов на основе анализа экономических показателей процесса резания и эксплуатации режущих инструментов предложено определять экономически обоснованный срок службы T_3 по формуле:

$$T_3 = \frac{(1-m)t_{cm}(1+A_o)}{m(1+A_3)} \quad (13)$$

где t_{cm} - время смены и регулирования инструмента на размер, мин. Для станков с ЧПУ и многоцелевых – паспортная величина;

A_o - доля текущих затрат на содержание и эксплуатацию оборудования в постоянной части общих приведенных затрат машиностроительной фирмы;

A_3 - доля текущих затрат на электроэнергию в постоянной части общих приведенных затрат.

Применение выражений (12) и (13) совместно с условиями таблицы позволяет не только определять момент замены режущих инструментов, но и оптимизировать процесс резания по минимуму приведенных затрат в условиях ступенчато переменных режимах резания.

Выводы

В заключение отметим, что для современных систем ЧПУ не представляет большого труда ввести текущий пассивный контроль срока службы режущих инструментов с целью выдачи сигнала на смену затупившегося лезвия в соответствии с предложенной методикой.

Литература.

1. Тимирязев В.А., Костенко А.А., Макаренко А.П. Определение момента замены режущего инструмента на многоцелевых станках.// Технология машиностроения. – 2011, №2. – С.23-25.

2. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2 / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
3. Петрушин С.И. Экономически обоснованный срок службы режущих инструментов.// Вестник машиностроения. – 2007, №4. – С.40-46.

СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ СТРУЖКИ ПРИ НЕСВОБОДНОМ РЕЗАНИИ

С.И.Петрушин, д.т.н., проф., Р.Х. Губайдулина, к.т.н, доц.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, г.Томск, пр.Ленина д.30, тел.(384-51)- 777-61

E-mail: victory_28@mail.ru

Аннотация: Дан анализ существующих схем образования стружки при свободном и несвободном резании материалов. Предложен новый подход к описанию зоны стружкообразования при несвободном резании с единственной условной поверхностью сдвига. Решена задача аналитического описания формы условной поверхности сдвига в общем виде. Приведены примеры анализа зоны стружкообразования для острозаточенного и закругленного лезвия инструмента. Показана актуальность полученных результатов для решения задач механики процесса резания материалов лезвийными инструментами.

Abstract: The analysis of existing schemes chip formation with the free and non-free cutting materials. A new approach to the description of chip area with an unfree cutting with a single conventional shear surface. The problem of analytical description of the conditional form shear surfaces in general. Examples of chip area for analysis ostrozatochenogo and rounded blade tool. The urgency of the results for the solution of problems of the process of cutting edge tools of mechanics of materials.

Введение

Большинство проведенных исследований процесса образования стружки основывается на схеме свободного резания с единственной плоскостью сдвига (схема И.А. Тиме [1] - [3], [6], [7,8]), которая не учитывает геометрию лезвия в плане и трехмерный характер очага деформации срезаемого слоя. При этом делается допущение, что вся трансформация срезаемого слоя в стружку происходит в очень узкой зоне, прилегающей к плоскости сдвига. Для несвободного резания имеем пространственную условную поверхность сдвига (УПС), которая является аналогом плоскости сдвига.

Описанные в литературе [4] схемы образования стружки при несвободном резании рассматривают режущую часть, образованную двумя прямолинейными режущими кромками (острозаточенная вершина). При этом предполагается, что условные плоскости сдвига исходят из этих кромок и располагаются к вектору скорости резания под различными углами сдвига. В случае криволинейного режущего лезвия такой подход становится неприемлемым, так как для каждой точки режущей кромки УПС будет иметь свою величину угла сдвига, что приводит к неопределенности ее формы.

Методика исследований

На рис.1 в динамической системе координат x_d, y_d, z_d [5] представлена схема ортогонального несвободного резания лезвием с плоской передней поверхностью и с криволинейной режущей кромкой, которая в основном формирует стружку. Эта схема построена на основе следующих допущений:

1. Трансформация срезаемого слоя ABC в стружку происходит в узкой зоне, прилегающей к условной поверхности сдвига ABD .
2. Стружка сходит по передней поверхности, как единое целое, в направлении, определяемом углом начального схода η .
3. В сечениях корня стружки, параллельных секущей плоскости схода, мы имеем схему свободного ортогонального резания для i -той точки режущей кромки со своими значениями коэффициента усадки ζ_{ai} и угла сдвига ϕ_i .
4. Форма и размеры поперечного сечения стружки определяются проекцией УПС на плоскость x_d, y_d, z_d , (деформацией прирезцового слоя пренебрегаем).

УПС представляет собой сложную криволинейную фигуру (рис.1), ограниченную снизу участком AB режущей кромки, а сверху - линией перехода DB между поверхностью резания, оставшейся от предыдущего положения кромки, и наружной поверхностью стружки, а также линией AD выхода УПС на обрабатываемую поверхность. Рассмотрим i -тое сечение корня стружки в точке M . Толщина