

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Ф.В. Новиков, д.т.н., проф.,
зав. кафедрой техники и
технологии Харьковского
национального экономиче-
ского университета

В.А. Жовтобрюх, директор
ООО Технический центр
“ВариУс”, г. Днепропет-
ровск

Аннотация. Обоснованы условия снижения себестоимости и повышения производительности механической обработки

Ключевые слова: себестоимость обработки, стойкость инструмента, толщина среза, тепловой поток

Введение. Создание конкурентоспособной машиностроительной продукции предполагает повышение качества и производительности, а также снижение себестоимости обработки деталей машин. В успешном решении данной задачи большое значение имеет повышение стойкости режущего инструмента за счет оптимизации режимов резания и применения более твердых и износостойких инструментальных материалов.

Анализ публикаций. Вопросам выбора оптимальных режимов резания, обеспечивающих снижение себестоимости и повышение производительности обработки, посвящены работы [1,2,3]. Однако они носят экспериментальный характер. Поэтому важно провести теоретический анализ условий повышения эффективности обработки.

Цель и постановка задачи. Обоснование условий повышения эффективности обработки на основе определения оптимальных ре-

жимов резания по критериям наименьшей себестоимости и наибольшей производительности обработки и разработка прогрессивных технологий обработки деталей машин.

Аналитическое определение наименьшей себестоимости и наибольшей производительности обработки. В общем случае себестоимость обработки C , включающая две основные изменяющиеся статьи затрат (заработная плата рабочего и затраты на режущий инструмент), может быть аналитически описана [4]:

$$C = N \cdot t_0 \cdot S_{\text{час}} \cdot k + N_0 \cdot Ц, \quad (1)$$

где N, N_0 – количество обрабатываемых деталей и потребляемых режущих инструментов; t_0 – основное технологическое время обработки; $S_{\text{час}}$ – тарифная ставка рабочего; k – коэффициент, учитывающий всевозможные начисления на тарифную ставку рабочего; $Ц$ – цена режущего инструмента.

Очевидно, параметр N_0 выражается зависимостью $N_0 = N/n$, где $n = T/t_0$ – количество деталей, обработанных одним инструментом; T – период стойкости инструмента, мин; $t_0 = \vartheta/Q$; ϑ – объем металла, снимаемого с одной детали, м³; $Q = V \cdot t \cdot S$ – производительность обработки (при продольном точении), м³/мин; V – скорость резания, м/мин; t – глубина резания, м; S – подача, м/об. Тогда зависимость (1) принимает вид

$$C = N \cdot \frac{\vartheta}{Q} \cdot S_{\text{час}} \cdot k + \frac{N \cdot \vartheta}{Q \cdot T} \cdot Ц. \quad (2)$$

Произведение $N \cdot \vartheta$ равно объему металла, удаляемого со всех N обрабатываемых деталей, а произведение $Q \cdot T$ равно объему металла, удаляемого одним инструментом. При условии равенства этих двух величин, второе слагаемое будет определяться лишь ценой инструмента $Ц$. Выражая в зависимости (2) производительность обработки Q через параметры режима резания, имеем

$$C = N \cdot \frac{\vartheta}{V \cdot t \cdot S} \cdot S_{\text{час}} \cdot k + \frac{N \cdot \vartheta}{V \cdot t \cdot S \cdot T} \cdot Ц. \quad (3)$$

Экспериментально установлено, что произведение $V \cdot T$ изменяется по экстремальной зависимости (рис. 1 [2]), что обусловлено достижением предельной температуры резания θ – в данном случае приблизительно равной 1000К для всех рассматриваемых толщин среза a . Как видно, с увеличением a максимум произведения $V \cdot T$ увеличивается (за исключением позиции 4), т.е. эффективно устанавливать максимально возможную подачу, исходя из прочности инструмента.

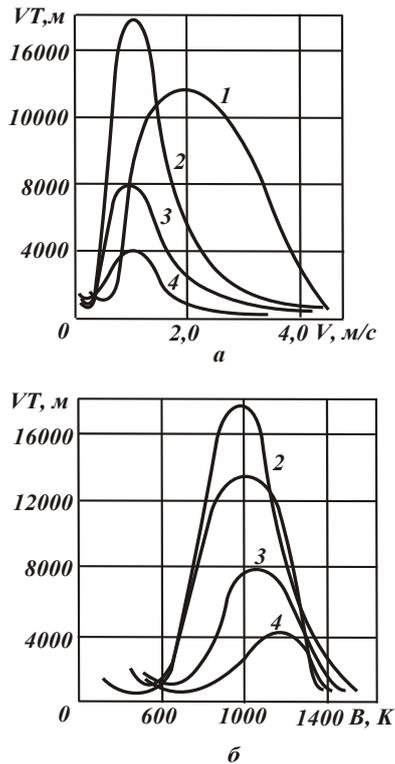


Рис. 1. Зависимости $VT - V$ (а) и $VT - \theta$ (б) при точении стали 40Х резцом из сплава Т15К6: 1 – $a = 0,037$ мм/об; 2 – $a = 0,1$ мм/об; 3 – $a = 0,3$ мм/об; 4 – $a = 0,5$ мм/об.

Изменение по экстремальной зависимости произведения $V \cdot T$ с увеличением скорости резания V предполагает изменение по экстремальной (но обратной) зависимости второго слагаемого в (3), рис. 2. Первое слагаемое в зависимости (3) с увеличением V непрерывно уменьшается. Следовательно, сумма двух слагаемых (равная себестоимости обработки C) с увеличением V будет изменяться по экстремальной зависимости, проходя точку минимума (рис. 2). При этом минимум себестоимости обработки C не будет совпадать с максимумом произведения $V \cdot T$ (рис. 1) – он будет смещен в сторону больших значений скорости резания V в связи с

тем, что первое слагаемое зависимости (3) непрерывно уменьшается с увеличением V .

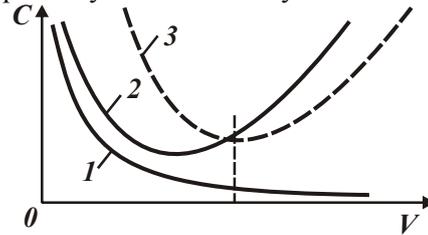


Рис. 2. Характер изменения первого (1) и второго (2) слагаемых и себестоимости обработки C (3) от скорости резания V .

С увеличением толщины среза a , очевидно, будет увеличиваться подача S при точении, а максимум произведения $V \cdot T$ (рис. 1) – уменьшаться. Как видно, имеет место неоднозначное влияние толщины среза a на второе слагаемое зависимости (3), а, следовательно, и на себестоимость обработки C . Второе слагаемое может как уменьшаться, так и увеличиваться с увеличением толщины среза a . Однако при этом первое слагаемое с увеличением a (увеличением подачи S) будет однозначно уменьшаться. Учитывая то, что интенсивность роста максимума произведения $V \cdot T$ с увеличением a ниже линейной зависимости, то произведение параметров $a \cdot V \cdot T$ будет увеличиваться с увеличением a . Это приведет к уменьшению второго слагаемого зависимости (3). Следовательно, в общем случае минимум себестоимости обработки C с увеличением a будет уменьшаться, т.е., как отмечалось выше, с экономической точки зрения целесообразно a увеличивать до максимального значения, определяемого прочностью режущей части инструмента.

Учитывая определяющую роль теплового фактора в формировании параметров процесса резания, произведем его аналитическую оценку. Для этого получим зависимость плотности теплового потока q (действующего на передней поверхности резца), которая определяет температуру резания. Рассмотрим резец с нулевым передним углом γ . Мощность теплового потока, действующего на передней поверхности резца, равна

$$N = P_y \cdot V_1, \quad (4)$$

где $P_y = \frac{\sigma_{сж} \cdot a \cdot \delta}{\text{tg} 2\beta \cdot \text{tg} \beta}$ – радиальная составляющая силы резания, Н [4]; $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие обрабатываемого материала,

H/m^2 ; a, b – толщина и ширина среза, м; β – условный угол сдвига обрабатываемого материала; $\text{tg}2\beta = 1/f$; f – коэффициент трения стружки с передней поверхностью резца; V_1 – скорость сходящей стружки, м/с.

Скорость V_1 определяется из условия неразрывности (сплошности) обрабатываемого материала, превращаемого в стружку: $V \cdot a = V_1 \cdot a_1$, где a_1 – толщина стружки, м.

Откуда $V_1 = \frac{V}{\xi}$, где $\xi = \frac{a_1}{a}$ – коэффициент усадки стружки, определяется по формуле профессора Тиме: $\xi = \frac{\cos\gamma}{\text{tg}\beta} + \sin\gamma$. Для нуле-

вого переднего угла ($\gamma = 0$), имеем $\xi = \frac{1}{\text{tg}\beta}$.

Тогда $V_1 = V \cdot \text{tg}\beta$ и соответственно

$$N = \sigma_{сж} \cdot f \cdot Q. \quad (5)$$

Как видно, мощность теплового потока N вполне однозначно определяется производительностью обработки Q , а также параметрами $\sigma_{сж}$ и f , характеризующими физико-механические свойства обрабатываемого и инструментального материала. Следовательно, уменьшить N можно, прежде всего, уменьшением Q . Плотность теплового потока на передней поверхности резца равна

$$q = \frac{N}{F} = \frac{\sigma_{сж} \cdot f \cdot a \cdot V}{l}, \quad (6)$$

где $F = l \cdot e$ – площадь контакта стружки с передней поверхностью резца, m^2 ; l – длина контакта стружки с резцом, м.

Уменьшить q можно уменьшением параметров a , V и увеличением l . Экспериментально установлено, что с увеличением толщины среза a длина l увеличивается, однако с меньшей интенсивностью. Поэтому увеличение толщины среза a и скорости резания V предполагает увеличение q и соответственно температуры резания. Собственно этим и объясняется характер изменения произведения параметров $V \cdot T$, показанный на рис. 1.

Полученные решения использованы для совершенствования технологии механической обработки ряда ответственных деталей ма-

шин, в частности, сложнопрофильных рабочих поверхностей секторов пресс-формы для Днепрполимермаш (предназначенной для автомобилестроения), рис. 3. По действующей технологии обработка производилась в течение 180 часов. Внедрение новой технологии позволило исключительно за счет увеличения режимов резания и уменьшения количества проходов сократить машинное время до 15,5 часов. В результате достигнуто уменьшение машинного времени в 11,5 раза. Эффект обусловлен применением прогрессивных конструкций режущих инструментов производства Taegutec Ю. Корея: торцевой фрезы $\text{Ø}100$ с механическим креплением пластин SCRM90TN 6100-32R-22; концевой фрезы $\text{Ø}32$ с механическим креплением пластин TE90AP 332-32-17-L; сферической фрезы $\text{Ø}25$ с механическим креплением пластины TBN 250-32M.



Рис. 3. Сектор в сборе

Выводы. Теоретически обоснованы условия уменьшения себестоимости и повышения производительности обработки на основе выбора оптимальных режимов резания и характеристик инструментов, что позволило разработать эффективные технологии механической обработки ответственных деталей машин.

Литература

1. Маталин А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
2. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента / Т.Н. Лоладзе. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
3. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 343 с.
4. Теоретические основы резания и шлифования материалов: учеб. пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с.