

УДК 621.923

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Ф.В. Новиков, профессор, д.т.н., Харьковский национальный экономический университет, В.А. Жовтобрюх, инженер, ООО Технический центр «ВариУс», г. Днепропетровск

Аннотация. Обоснованы условия снижения себестоимости и повышения производительности механической обработки.

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

РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Ф.В. Новіков, професор, д.т.н., Харківський національний економічний університет, В.О. Жовтобрюх, інженер, ВАТ Технічний центр «ВариУс», м. Дніпропетровськ

Анотація. Обґрунтовано умови зниження собівартості й підвищення продуктивності механічної обробки.

Ключові слова: собівартість обробки, стійкість інструмента, товщина зрізу, тепловий потік.

THE DEVELOPMENT OF EFFECTIVE TECHNOLOGIES FOR MACHINES PARTS MACHINING

F. Novikov, Professor, Doctor of Technical Science, V. Zhovtobryukh, engineer, Co. Ltd Technical «VariUs», Dnipropetrovsk

Abstract. The conditions of cost reduction and productivity of machining are grounded.

Key words: cost of processing, tool life, slice thickness, heat flow.

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 [1–3]. 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 режимов 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]

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

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, м^3 ; $Q = V \cdot t \cdot S$ – производительность обработки (при продольном точении), $\text{м}^3/\text{мин}$; V – скорость резания, $\text{м}/\text{мин}$; t – глубина резания, м ; S – подача, $\text{м}/\text{об}$. Тогда зависимость (1) принимает вид

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

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

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

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 1000K 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.

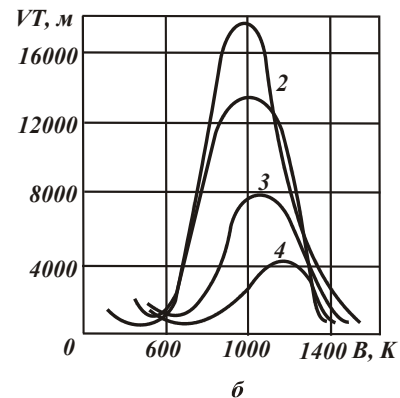
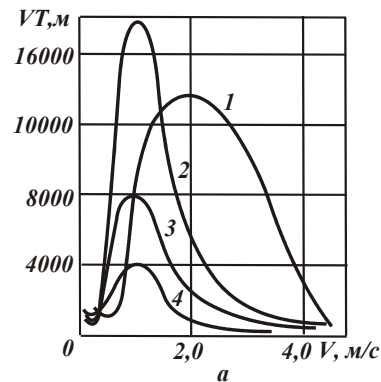


Рис. 1. Зависимости $VT - V$ (а) и $VT - \theta$ (б) при точении стали 40Х резцом из сплава Т15К6: 1 – $a = 0,037 \text{ мм}/\text{об}$; 2 – $a = 0,1 \text{ мм}/\text{об}$; 3 – $a = 0,3 \text{ мм}/\text{об}$; 4 – $a = 0,5 \text{ мм}/\text{об}$

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 .

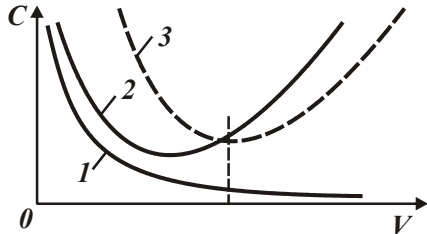


Рис. 2. Характер изменения первого (1) и второго (2) слагаемых и себестоимости обработки C (3) от скорости резания V

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 \dot{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 $\dot{a} \cdot V \cdot T$ будет увеличиваться с увеличением \dot{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 $P_y = \frac{\sigma_{сж} \cdot a \cdot v}{tg 2\beta \cdot tg \beta}$ – радиальная составляющая

силы резания, Н [4]; $\sigma_{сж}$ – предел прочности на сжатие обрабатываемого материала, Н/м²; a, v – толщина и ширина среза, м; β – условный угол сдвига обрабатываемого материала; $tg 2\beta = 1/f$; 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: $\xi = \frac{\cos \gamma}{tg \beta} + \sin \gamma$. Для нулевого переднего угла ($\gamma = 0$), имеем $\xi = \frac{1}{tg \beta}$. Тогда $V_1 = V \cdot tg \beta$ 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 $F = l \cdot v$ – площадь контакта стружки с передней поверхностью резца, м²; l – длина контакта стружки с резцом, м.

Уменьшить q можно уменьшением параметров a , V и увеличением l . Экспериментально установлено, что с увеличением толщи-

ны 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 машин, в частности, сложнопрофильных рабочих поверхностей секторов пресс-формы для Днепрполимермаш (предназначенной для автомобилестроения), рис. 3.



Рис. 3. Сектор в сборе

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

Ø100 с механическим креплением пластин SCRM90TN 6100-32R-22; концевой фрезы Ø32 с механическим креплением пластин TE90AP 332-32-17-L; сферической фрезы Ø25 с механическим креплением пластины TBN 250-32M.

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, и др. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с.

Рецензент: А.С. Полянский, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 20 мая 2001 г.