

Новиков Ф.В. Харьковский национальный
экономический университет, Харьков,
Жовтобрюх В.А. ООО Технический Центр “ВариУс”,
Днепропетровск, Украина

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПО КРИТЕРИЯМ НАИМЕНЬШЕЙ СЕБЕСТОИМОСТИ И НАИБОЛЬШЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ

Современное развитие производства и создание конкурентоспособной машиностроительной продукции требует применения прогрессивных металло-режущих станков с ЧПУ, инструментов и технологий механической обработки, позволяющих существенно повысить качество и производительность обработки. Для их эффективного использования необходимо располагать глубокими физико-механическими знаниями технологических процессов обработки и уметь правильно выбирать оптимальные режимы резания, характеристики инструментов и другие условия обработки на основе технико-экономических критериев. В особую меру это относится к оценке эффективности перехода на новые технологии обработки, поскольку приобретение более дорогого оборудования и инструментов приводит к росту себестоимости изготавливаемой продукции. Для анализа возможностей выбора наилучшего варианта обработки рассмотрим упрощенную зависимость для определения себестоимости обработки C , включающей две основные изменяющиеся статьи затрат, связанные с заработной платой рабочего и расходами на режущий инструмент [1]:

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

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

Предположим, что все N деталей обрабатываются одним инструментом ($N_0=1$), а его стойкость равна $T = N \cdot t_0$. Тогда зависимость (1) примет вид

$$C = T \cdot S_{\text{чac}} \cdot k + Ц. \quad (2)$$

Следовательно, уменьшить себестоимость обработки C можно уменьшением параметров T и $Ц$. С использованием результатов многофакторного планирования эксперимента стойкость режущего инструмента определяется [2]:

$$T = \frac{C_4}{V^{m_1} \cdot t^q \cdot S^p}, \quad (3)$$

где V – скорость резания; t – глубина резания; S – подача; C_4, m_1, q, p – постоянные для определенных условий обработки ($m_1 > p > q$).

Очевидно, чем больше параметры режима резания V, t и S , тем меньше стойкость инструмента T и соответственно себестоимость обработки C . Наибольшее влияние на T оказывает скорость резания V . Поскольку $m_1 > 1$, то даже незначительное увеличение V приводит к существенному уменьшению T

и соответственно C . Из этого вытекает целесообразность использования высокооборотных станков и инструментальных материалов, характеризующихся высокими физико-механическими свойствами.

Необходимо отметить, что с учетом соотношения $\mathcal{G}_{mat} = Q \cdot N \cdot \tau_0$ и $N_0=1$), зависимость (1) можно представить в виде

$$C = \frac{\mathcal{G}_{mat}}{Q} \cdot S_{час} \cdot k + Ц, \quad (4)$$

где \mathcal{G}_{mat} – суммарный объем снимаемого материала с N деталей; $Q = V \cdot t \cdot S$ – производительность обработки.

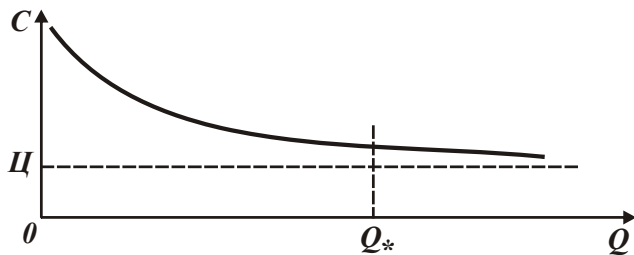


Рисунок 1 – Зависимость себестоимости обработки C от производительности обработки Q .

Как видно, себестоимость обработки C вполне однозначно определяется производительностью обработки Q . Она тем меньше, чем больше Q при заданном значении \mathcal{G}_{mat} . Естественно, производительность Q изменяется не беспредельно. Существует ее конечное значение Q_* (рис. 1), которое может быть установлено из соотношения $\mathcal{G}_{mat} = Q_* \cdot T$, откуда следует, что увеличение Q_* достигается за счет уменьшения T . Представляя в данном соотношении $Q_* = V \cdot t \cdot S$ и выражая T зависимостью (3), определим скорость резания

$$V = \left(\frac{C_4}{\mathcal{G}_{mat}} \right)^{\frac{1}{m_1-1}} \cdot \frac{1}{t^{\frac{q-1}{m_1-1}} \cdot S^{\frac{p-1}{m_1-1}}}. \quad (5)$$

Тогда параметры Q_* и T опишутся

$$Q_* = \left(\frac{C_4}{\mathcal{G}_{mat}} \right)^{\frac{1}{m_1-1}} \cdot t^{\frac{m_1-q}{m_1-1}} \cdot S^{\frac{m_1-p}{m_1-1}}; \quad (6)$$

$$T = \frac{\mathcal{G}_{mat}^{\frac{m_1}{m_1-1}}}{C_4^{\frac{1}{m_1-1}}} \cdot \frac{1}{t^{\frac{m_1-q}{m_1-1}} \cdot S^{\frac{m_1-p}{m_1-1}}}. \quad (7)$$

Из зависимости (6) следует, что производительность Q_* тем больше, чем больше параметры режима резания t и S . Например, при точении углеродистой конструкционной стали твердосплавным резцом параметры $m_1=5$; $p=1,75$;

$q=0,75$ [2]. Тогда зависимости (5), (6) и (7) выразятся $V = \left(\frac{C_4}{\mathcal{G}_{mat}} \right)^{0,25} \cdot \frac{t^{0,063}}{S^{0,188}}$;

$$Q_* = \left(\frac{C_4}{g_{mat}} \right)^{0,25} \cdot t^{1,063} \cdot S^{0,812}; \quad T = \frac{g_{mat}^{1,25}}{C_4^{0,25}} \cdot \frac{1}{t^{1,063} \cdot S^{0,812}}.$$

Как видно, скорость резания V мало зависит от параметров t и S , а определяется соотношением C_4 / g_{mat} . Производительность обработки Q_* увеличивается с увеличением параметров t и S , а стойкость инструмента \dot{O} , наоборот, уменьшается. Следовательно, с точки зрения увеличения производительности и снижения себестоимости обработки целесообразно глубину резания t устанавливать равной или кратной величине снимаемого припуска, а подачу S – максимально возможной.

Расчетами установлено, что первое слагаемое зависимости (4) больше второго слагаемого. Следовательно, уменьшить себестоимость обработки C можно, прежде всего, за счет первого слагаемого, увеличивая производительность обработки Q путем увеличения скорости резания V . Для реализации данного условия необходимо применение более дорогого производительного режущего инструмента, что приводит к увеличению второго слагаемого зависимости (4). Однако, как установлено расчетами, за счет увеличения производительности обработки Q уменьшение первого слагаемого с избытком компенсирует увеличение второго слагаемого зависимости (цены инструмента C) и себестоимость обработки C уменьшается. Кроме оплаты труда рабочего уменьшаются также затраты, связанные с эксплуатацией оборудования, накладные и административные издержки на одну обрабатываемую деталь. Приведенные теоретические решения согласуются с экспериментальными данными. Например, с данными, полученными нами при фрезеровании монолитной фрезой $\varnothing 40$ мм (изготовленной из быстрорежущей стали P18) и сборной фрезой $\varnothing 42$ мм (оснащенной пластинами из TT9030) производства фирмы TaeguTec. Количество зубьев у фрез – 5; обрабатываемый материал – Х2ГСНВМ-ВД; глубина резания – 2,5 мм; ширина резания – 6 мм; количество проходов – 12. Установлено, что сборная фреза позволяет обработку вести со скоростью резания 99 м/мин и подачей 0,75 мм/об, тогда как монолитная фреза – соответственно с 16 м/мин и 0,3 мм/об. Трудоемкость обработки (на 1 деталь) соответственно составляет 0,8 и 6,9 часа; затраты на инструмент – 5,36 и 25,6 грн; затраты на заработную плату рабочего – 19,53 и 120,33 грн; суммарные затраты – 74,05 и 497,69 грн. В итоге экономия затрат (на 1 деталь) от применения сборной фрезы составила 423,64 грн, тогда как ее цена равна 1400 грн, а цена монолитной фрезы – всего 138 грн. Этим показана эффективность применения с точки зрения снижения себестоимости обработки более производительного, хотя и дорогого инструмента.

Литература

1. 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.
2. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 343 с.