

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ТОРЦОВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

На современном этапе производства можно выделить ряд направлений, которые являются наиболее существенными в развитии современного машиностроения: повышение качества производимой продукции, увеличение производительности, надежности, долговечности, эргономичности, снижение себестоимости и др. Особое внимание уделяется повышению производительности обработки.

В процессе изготовления деталей в машиностроении совершается целый ряд технологических операций, среди которых лезвийная обработка является преобладающей. При этом одним из наиболее распространенных ее видов, использующихся преимущественно для обработки плоскостей в корпусных деталях, является торцовое фрезерование. В связи с этим очень важным является назначение режимов резания определяющих максимальную производительность торцового фрезерования, особенно для предварительной обработки.

Традиционная методика для черновой обработки рекомендует назначать максимальную глубину резания и снимать припуск за один проход [3]. При этом подача и скорость резания корректируются по мощности.

Для оценки влияния различных режимов торцового фрезерования на производительность решалась теоретическая задача обработки плоской поверхности детали шириной 60 мм из конструкционной стали ( $\sigma_b=750$ МПа) торцевой фрезой с твердосплавными пластинами Т15К6. Диаметр фрезы 100 мм, число зубьев  $Z=10$ . Мощность привода главного движения  $N=10$  кВт. Расчеты режимов резания выполнялись согласно традиционной методике [1] и методике, разработанной на кафедре «Металлорежущие станки и инструменты» БНТУ [2].

Расчеты скорости  $V$  (м/мин), силы резания  $P_z$  (Н) и мощности резания  $N_e$  (кВт) выполнялись по формулам [1]

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v,$$

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{mp}, \quad (1)$$

$$N_e = \frac{P_z V}{1020 \times 60},$$

где  $t, s_z$  – соответственно глубина резания (мм) и подача на зуб (мм);

$B, D, z$  – соответственно ширина фрезерования (мм), диаметр фрезы (мм) и число зубьев фрезы;

$C_v, C_p, x, y, u, p, q, w$  – поправочные коэффициенты и показатели степени [1];

$K_v, K_{mp}$  – коэффициенты, учитывающие условия работы [1].

Производительность процесса фрезерования  $Q$  (см<sup>3</sup>/мин) рассчитывалась по формуле

$$Q = t \cdot S \cdot V, \quad (2)$$

где  $S$  – подача на оборот (мм/об);

t - глубина резания (мм);  
V - скорость резания (м/мин).

Для традиционной методики, с целью повышения производительности, глубина резания назначается в первую очередь и максимальная, поэтому рассмотрим, как изменяется производительность от глубины резания при ограничении по мощности, то есть для реального оборудования. Для этого решим систему 1 относительно глубины резания, учитывая ограничение по мощности. Это решение примет вид выражения 3.

$$S_z := \left( \frac{C_p \cdot K_p \cdot K_v^{1-w^2} \cdot Z^{p^1 \cdot w^2 - p^{1+1}} \cdot C_v^{1-w^2} \cdot t^{x^2 - x^1 + w^2} \cdot B^{n^2 + u^1 \cdot w^2 - u^1}}{N \cdot 6120 \cdot D^{q^2 - q^1 + q^1 \cdot w^2 - w^2} \cdot 318.47133757961783439 w^2 \cdot T^{m^1 - m^1 \cdot w^2}} \right)^{\frac{-1}{(y^2 - y^1 + y^1 \cdot w^2)}} \quad (3)$$

Подставляя глубину резания в это выражение, получаем соответствующую ей подачу. Затем по первому выражению из системы 1 рассчитываем скорость резания V. Данные режимы обработки обеспечивают мощность резания, которая учитывалась как ограничение.

Решение системы 1 относительно глубины резания t представлено на графиках рис. 1.

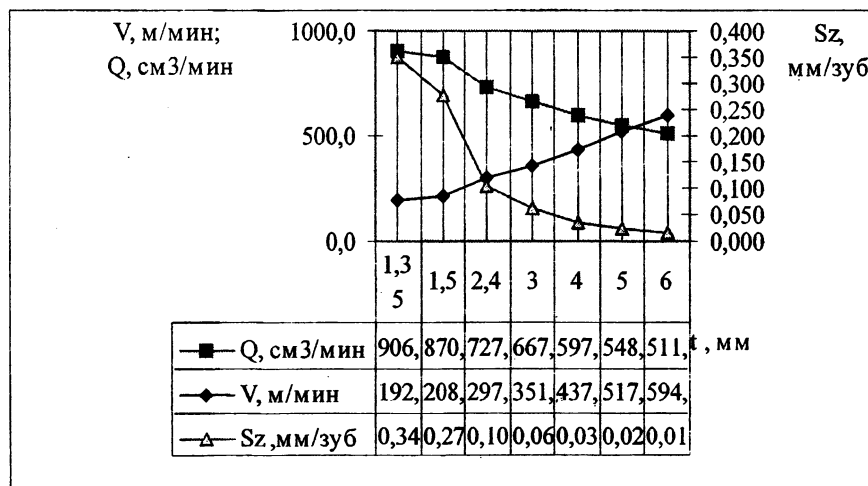


Рисунок 1 - Зависимость производительности Q, скорости резания V и подачи Sz от глубины резания t, при решении системы 1 с учетом ограничения по мощности

Рассмотрим, как изменяется производительность от подачи Sz при ограничении по мощности. Для этого решим систему 1 относительно подачи Sz и аналогично для первого случая, найдем глубины резания и скорости, характерные для каждой выбранной подачи, учитывая ограничение по мощности. Это решение примет вид выражения 4.

$$t := \left( \frac{C_p \cdot K_p \cdot K_v^{1-w^2} \cdot Z^{p^1 \cdot w^2 - p^{1+1}} \cdot C_v^{1-w^2} \cdot S_z^{y^2 - y^1 + y^1 \cdot w^2} \cdot B^{n^2 + u^1 \cdot w^2 - u^1}}{N \cdot 6120 \cdot D^{q^2 - q^1 + q^1 \cdot w^2 - w^2} \cdot 318.47133757961783439 w^2 \cdot T^{m^1 - m^1 \cdot w^2}} \right)^{\frac{-1}{(x^2 - x^1 + x^1 \cdot w^2)}} \quad (4)$$

Графически данное решение на рис. 2.

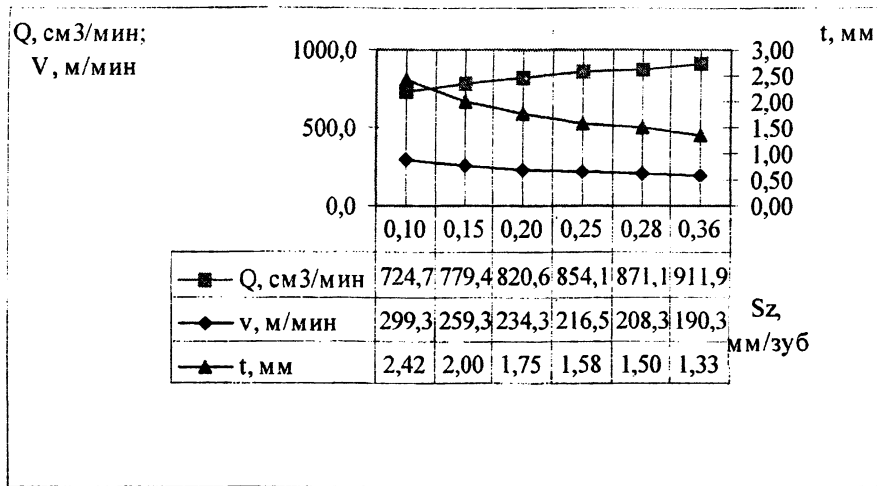


Рисунок 2 - Зависимость производительности Q, скорости резания V и глубины резания t от подачи Sz, при решении системы 1 с учетом ограничения по мощности

По методике [2] расчет производится с учетом мощности и можно рассматривать решение системы (1) относительно любого из параметров резания. Поэтому, чтобы не исключать скорость резания V, которая обычно рассчитывается, решим систему 1 относительно скорости. Выражение 5 – для решения системы 1 относительно скорости резания V. Графическое решение на рис. 3.

$$S_z := \left[ N^{-1} \cdot \frac{1}{6120} \cdot C_p \cdot \left( C_v \cdot D^{q1} \cdot K_v \cdot T^{-m1} \cdot B^{-u1} \right) \frac{x^2}{x^1} \times \right. \\ \left. \times B^{n2} \cdot Z^{\frac{1 \cdot p^1 \cdot x^2}{x^1}} \cdot D^{-q^2 + w^2} \cdot 1000^{-w^2} \cdot V^{-w^2 + 1} \frac{x^2}{x^1} \cdot \pi^{w^2} \right] \frac{-1}{y^2 \frac{y^1 \cdot x^2}{x^1}} \quad (5)$$

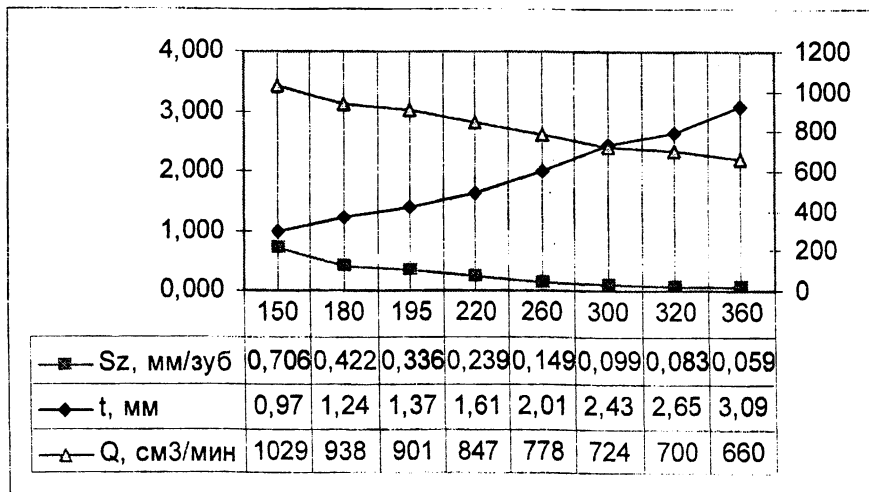


Рисунок 3 - Зависимость производительности Q, подачи Sz и глубины резания t от скорости резания V, при решении системы 1 с учетом ограничения по мощности

Анализ графиков, представленных на рис.1-3 показывает, что при назначении максимальными подачи  $S_z$  скорости резания  $V$  и глубины резания  $t$ , производительность максимальна лишь для максимальной подачи. Глубина резания при максимальной подаче не большая, поэтому с целью повышения производительности процесса чернового торцового фрезерования можно рекомендовать снимать припуск за несколько проходов с увеличенной подачей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технолога-машиностроителя: в 2т./под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб и доп. – М.: Машиностроение, 1985. Т.2 – 496с.
2. Бачанцев, А.И., Туромша, В.И. Повышение эффективности обработки на токарных станках с ЧПУ. Машиностроение: Сб. научн. Трудов. Вып. 17. Под ред. И.П. Филонова. – Мн.: Уп “Технопринт”, 2001. – с. 9 – 15.
3. Барбашов, Ф.А. Фрезерные работы. – М.: Высш. Шк., 1986 – 208 с.

УДК 621.94

*Туромша В.И., Бачанцев А.И.*

## ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ЧЕРНОВОМ ТОРЦОВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Одним из наиболее распространенных видов фрезерования, использующихся преимущественно для обработки плоскостей в корпусных деталях, является торцовое фрезерование. Современный подход к обработке корпусных деталей предусматривает обработку детали на одном станке, с одной установки, поэтому черновая и чистовая обработка отличается только режимами резания. В связи с этим очень важным является назначение режимов резания определяющих максимальную производительность, особенно для предварительной обработки.

Современные фирмы, производящие инструмент, выпускают фрезы, которые могут снимать припуск до 25 мм. Из этого следует, что подход к черновой обработке остался прежним – сьем припуска за один проход. Для съема таких припусков необходимы мощные станки, но на производстве необходимо исходить из того оборудования, которое уже имеется, то есть учитывать ограничение станка по мощности. Исходя из этого, проанализируем различные подходы к назначению режимов черновой обработки с точки зрения производительности реального оборудования.

Решим теоретическую задачу обработки плоской поверхности детали шириной 60 мм и длиной 120 мм из конструкционной стали ( $\sigma_b=750$  МПа) торцевой фрезой с твердосплавными пластинами Т15К6. Диаметр фрезы 100 мм, число зубьев  $Z=10$ . Мощность привода главного движения  $N=10$  кВт. Выбор и расчеты режимов резания выполнялись согласно традиционной методике [1], методике, разработанной на кафедре «Металлорежущие станки и инструменты» БНТУ [2]

Длина рабочего хода фрезы  $L$  (рис.1) будет рассчитываться по формуле 1

$$L = l_z + 2e + r_f, \quad (1)$$

где  $l_z$  – длина заготовки;

$e$  – величина перебега и врезания;

$r_f$  – радиус фрезы.