

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СТАЛИ ТОРЦОВЫМИ ФРЕЗАМИ ПО НОРМАТИВНЫМ ДАННЫМ И РЕКОМЕНДАЦИЯМ ЗАРУБЕЖНЫХ ФИРМ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Представленные в 2000-2003 гг. на выставках «Металлообработка», «INTERTOOL», Москва, Минск, Targi Technologii Przemyslowych, Познань, Польша, конструкции металлорежущих инструментов и каталоги ведущих мировых производителей позволяют проследить определенные тенденции в развитии инструментальных материалов, совершенствовании и создании новых конструкций инструментов, расширении рекомендаций в каталогах по областям применения конкретных групп инструментов. Эти рекомендации, как правило, сопровождаются обширным иллюстративным материалом: разнообразными формами режущих пластин, геометрические параметры режущей части инструментов, графики, таблицы, фотографии видов износа инструментов в различных условиях работы, а также — методиками расчета оптимальных условий работы инструмента.

Подчеркивается, что из общих затрат на производство продукции только 3...5% составляют инструментальные расходы. Сокращение этих расходов имеет ограниченное влияние на себестоимость операции и не может сравниться с той экономией, которая достигается при увеличении количества производимых изделий. Известно, что наибольшее влияние на производительность оказывают подача и скорость резания, которые тесно связаны со стойкостью инструмента. Несмотря на это, повышение производительности полностью компенсирует увеличение расходов на инструмент [1, 2].

Для анализа различных параметров процесса обработки рассматривалась операция торцового фрезерования с использованием СМП. Сопоставлялись следующие параметры: уровень подач, скорости резания, частоты вращения шпинделя, затраты мощности на процесс резания, объемы металла, снимаемого в единицу времени.

Условия обработки. Рассчитывались режимы резания при торцовом фрезеровании плоскости с размерами  $L=300$  мм,  $B=70$  мм, из стали 45,  $\sigma_s=650$  МПа. Полуцистовая обработка. Глубина резания  $t=5$  мм. Стойкость фрезы  $T=90$  мин,  $D=100$  мм.

Расчеты выполнялись согласно рекомендаций фирм: ISCAR [3]; Frasen [4]; Mitsubishi Carbide [5]; МКТС [6]; Seco Selection [7] и справочника [8].

Применялись торцовые фрезы с многогранными твердосплавными пластинами, близкими по составу и подобными геометрическими параметрами. Механическое крепление пластин. Количество зубьев  $z = 6$ .

Подачи, согласно рекомендациям [3–8], составляли от 0,18 до 0,35 мм/зуб, рис. 1, и от 1,08 до 2,10 мм/об, рис. 2.

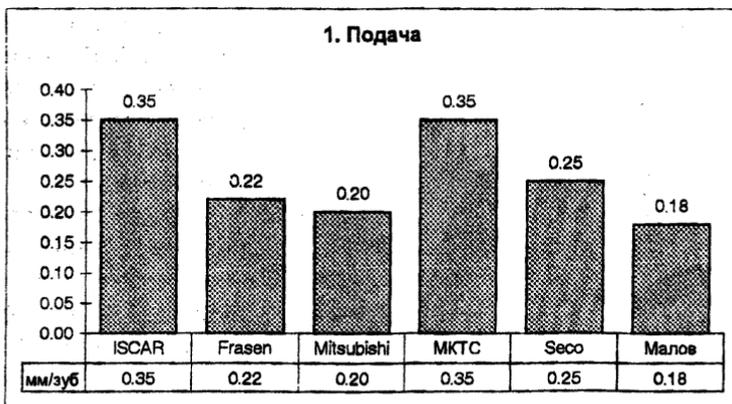


Рис. 1. Уровни рекомендуемых подач, мм/зуб

Подача на оборот — согласно рекомендациям [3–9], рис. 2.

$$S_0 = S_z \cdot z$$

[3..9]

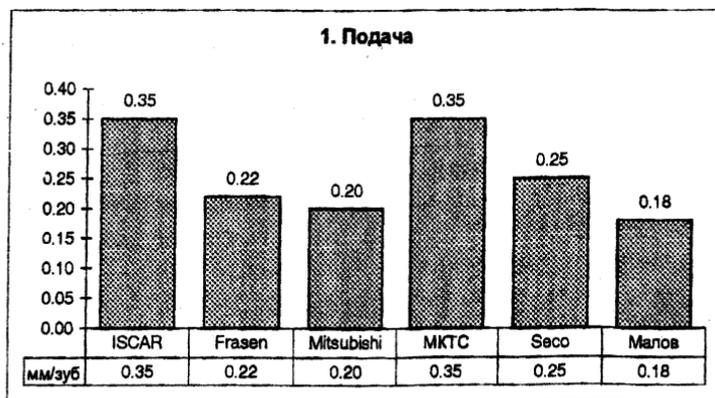


Рис. 2. Уровни подач, мм/об

Скорости резания выбирались соответственно по таблицам [3..7] и рассчитывались по формуле [8]:

$$V = 230; 190; 200; 160; 155 \text{ м/мин}; \quad [3..7]$$

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot f^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = 93,6 \text{ м/мин}, \quad [8]$$

где  $C_v=332$ ;  $q=0,2$ ;  $x=1,0$ ;  $y=0,4$ ;  $u=0,2$ ;  $p=0$ ;  $m=0,2$ ;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1,67;$$

$$K_{mv} = \frac{75}{45} = 1,67; \quad K_{nv} = 1,0; \quad K_{uv} = 1,0.$$

Уровни скоростей, рекомендуемые фирмами ISCAR [3] и Mitsubishi [5], являются большими в сравнении с остальными источниками.

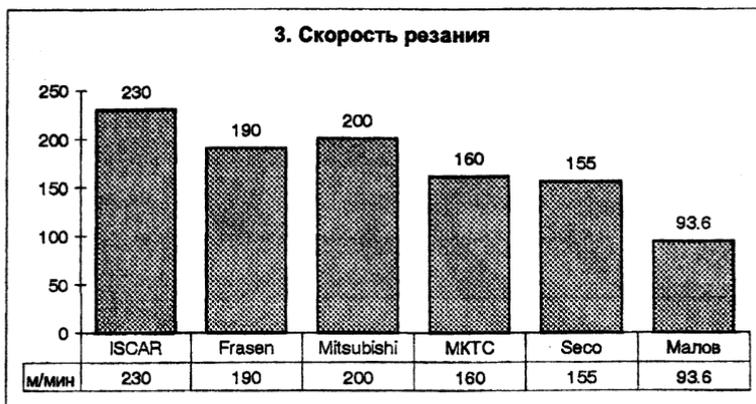


Рис. 3. Уровни скоростей резания

Уровни соответствующих им чисел оборотов шпинделя приведены на рис.4.

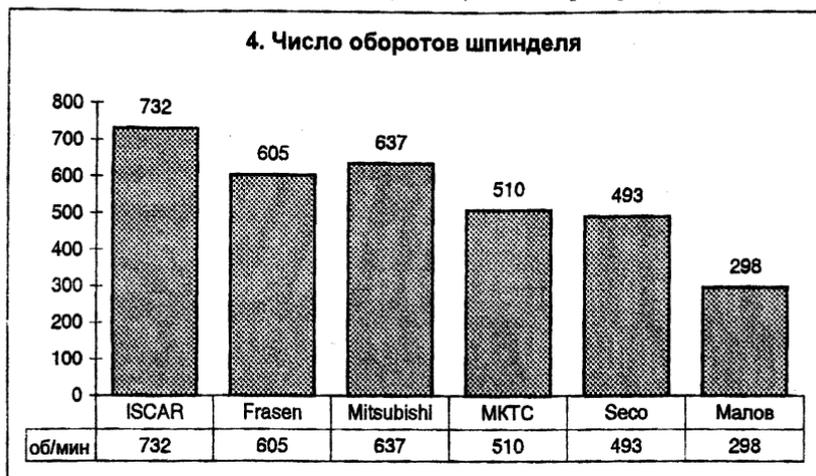
Силы резания рассчитывались по формуле [3]..[8]:

$$P_z = \frac{C_p \cdot f^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q} \cdot K_p,$$

где  $C_p=825$ ;  $x=1,0$ ;  $y=0,75$ ;  $u=1,1$ ;  $q=1,3$ .

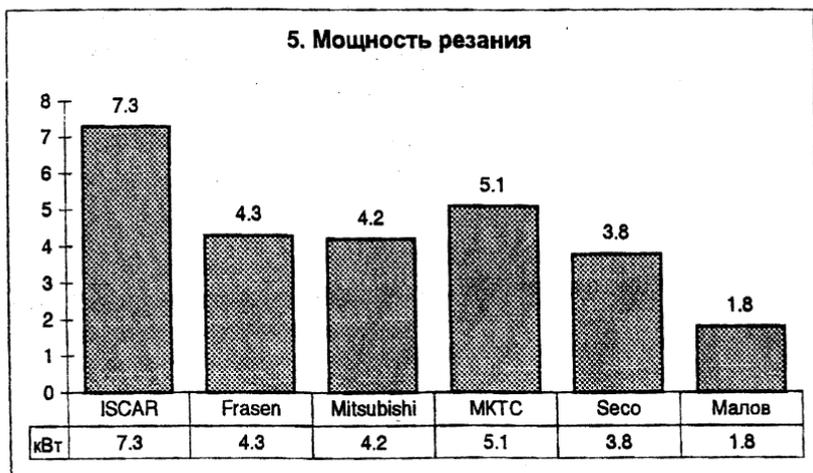
$$K_p = K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_p}; \quad n_p = 0,3; \quad K_p = \left( \frac{450}{750} \right)^{0,3} = 0,86.$$

$P_z = 9990; 7050; 6560; 9990; 7760; 3900; 6070 \text{ Н [3..8]}$ .



*Рис. 4. Уровни чисел оборотов шпинделя*

Определяем мощность резания  $/ N = P_z \cdot n /$ , соответственно имеем  $N = 7,3; 4,3; 4,2; 5,1; 3,8; 1,8 \text{ кВт [3..8]}$ .



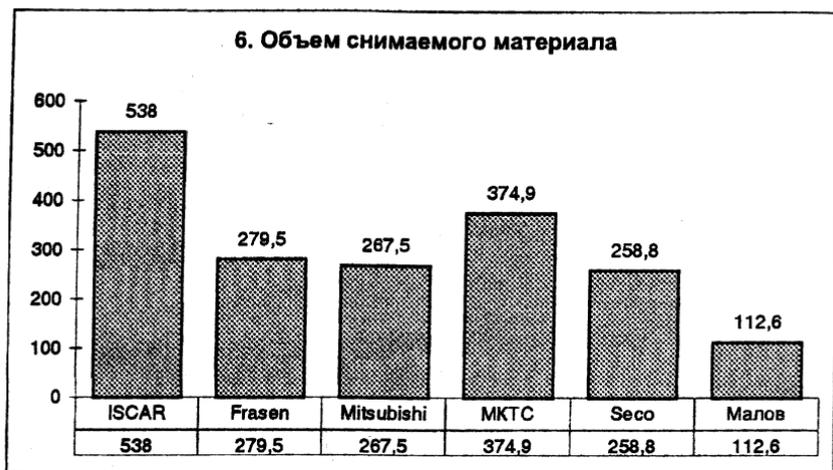
*Рис. 5. Уровни необходимой мощности резания*

Более высокие мощности станков требуются для реализации режимов резания, рекомендуемых фирмами ISCAR и МКТС (рис.5).

Для сравнения производительности обработки при фрезеровании рассматривались объемы снимаемого материала в минуту, см<sup>3</sup>/мин (рис. 6):

$$W = \frac{B \cdot t \cdot S_{мин}}{1000} = \frac{B \cdot t \cdot S_o \cdot n}{1000}, \text{ см}^3/\text{мин}$$

$$W = 538; 279,5; 267,5; 374,9; 258,8; 112,6 \text{ см}^3/\text{мин} [3..8].$$



*Рис. 6. Объем снимаемого материала в минуту*

Таким образом, анализ полученных гистограмм показал следующее:

- уровень подач для фирм ISCAR и МКТС является наиболее высоким;
- уровень скоростей резания, рекомендуемых фирмами ISCAR и Mitsubishi, выше при стойкости 90 мин;
- большие мощности резания при использовании инструментов фирм ISCAR и МКТС связаны с большими величинами рекомендуемых подач;
- наибольший сьем металла в единицу времени обеспечивается при использовании рекомендаций справочника [3].

Приведенные сравнительные данные, рис.7, могут служить для предварительного выбора инструмента той или иной фирмы. Для окончательного принятия решения, естественно, требуются стоимостные оценки.

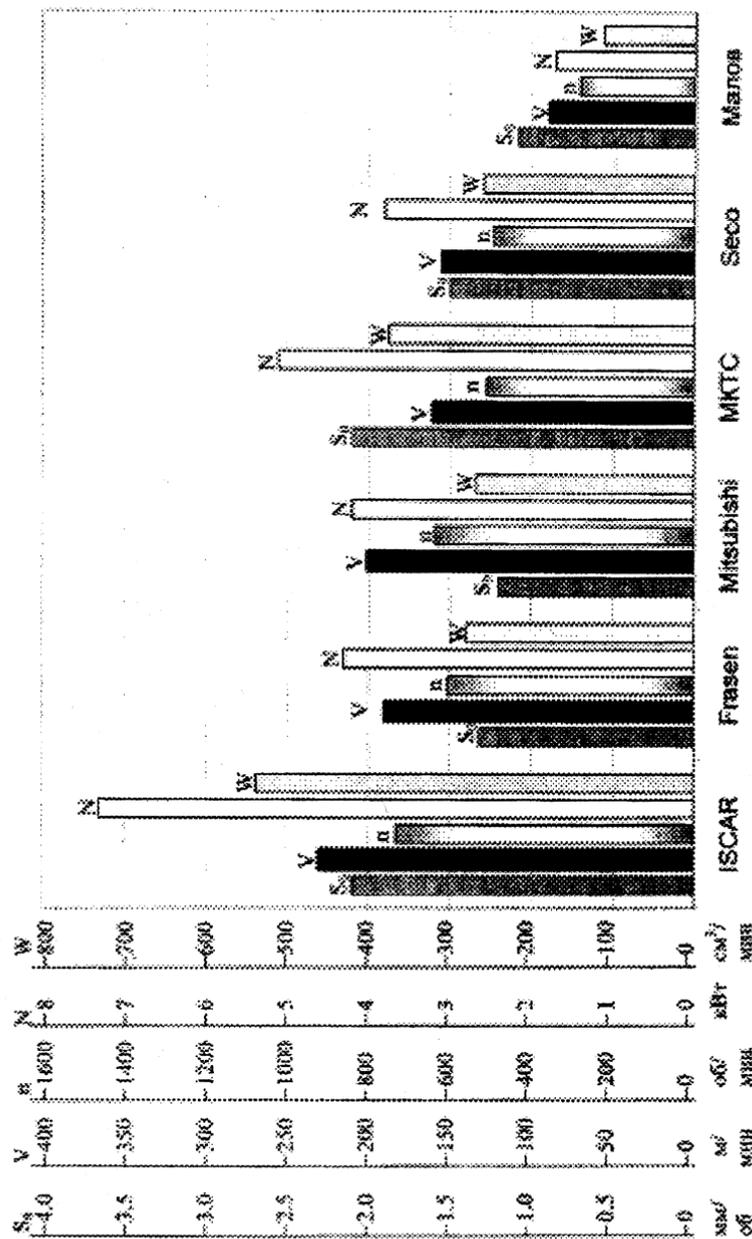


Рис. 7. Сводный график составляемых параметров

## ЛИТЕРАТУРА

1. KENNAMETAL HERTEL. Обзор производственной программы. Режущий и вспомогательный инструмент. 2000 г.
2. SANDVIK COROMANT. Металлообработка. Вращающийся инструмент. 2001.
3. Каталог ISCAR. 2001.
4. Каталог Frasen. 1999.
5. Каталог MITSUBISHI CARBIDE. GESAMTKATALOG 2002-2003.
6. Каталог MKTC. 1997.
7. Каталог Seco Selection. 2002.
8. Справочник технолога. Под ред. Малова. Т. 2. — М., Машиностроение, 1972. — 568 с.
9. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть I. — М., Машиностроение, 1974. — 416 с.

УДК 621.9.011:517.962.1

С.С. Довнар

### **МКЭ-МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕЗАНИЯ РЕЗЦА С ЗАКРУГЛЕННОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКОЙ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Обрабатываемый материал возле режущей кромки наиболее напряжен и деформирован. Исследовать его состояние экспериментально очень сложно. Наиболее перспективно численно-математическое моделирование методом конечных элементов (МКЭ) [1,2].

Известно, что процесс резания металлов является сочетанием стадии объемных деформаций и стадии локализованного скольжения [3,4]. При движении резца эти стадии меняют друг друга через промежутки порядка 10–100 мкм.

В настоящей работе с помощью МКЭ моделировалась первая от момента начала резания стадия объемной деформации. Стояла задача отследить объемные деформации до как можно большего перемещения резца. Особенности моделирования являлись существенное закругление режущей кромки ( $\rho=60$  мкм) и варьирование коэффициентом трения  $m$  на контакте между резцом и обрабатываемым материалом (от 0,05 до 1).

МКЭ-расчеты были выполнены для материала с модулем упругости  $E=2 \cdot 10^5$  МПа и коэффициентом Пуассона  $\nu=0,3$ . Учитывались пластичность и упрочняемость материала (предел текучести  $\sigma_T = 750$  МПа; критерий теку-