

ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.9

РАСЧЕТ СКОРОСТЕЙ ПОДАЧ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРА ПРИ РАЗНЫХ ВЕЛИЧИНАХ ПЛОЩАДОК ИЗНОСА

В.И. Гузеев, Д.Ю. Пименов
e-mail: danil_chel@mail.ru

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Статья поступила 16 декабря 2004 г.

Торцовое фрезерование применяется для получения размеров детали от 14—15 до 7—9 квалитетов. Традиционно подача назначается по нормативам режимов резания без учета влияния сил резания, связанного с износом инструмента. Вместе с тем износ влияет на силу резания и упругие деформации. С использованием метода конечных элементов в программе ANSYS был проведен расчет деформаций технологической системы (в осевом направлении Δ_z), состоящей из: насадной торцовой фрезы закрепленной на оправке оснащенной вставными ножами из твердого сплава.

Величина Δ_z определяется по формуле:

$$\Delta_z = \Delta_{z\phi} + \Delta_{zc},$$

где $\Delta_{z\phi}$ — деформация инструмента и оправки; Δ_{zc} — деформация технологической системы без учета инструмента и оправки.

На рис. 1 показана расчетная схема нагружения фрезы с оправкой, находящейся в контакте с заготовкой.

Размеры фрез следующие: диаметры 125; 200; 400; 630 мм; вылет l_B фрезы 120; 140; 180; 210 мм соответственно. Жесткость станка принята равной 200000 кН/м, которая моделируется балочным конечным элементом. Проекции силы резания, действующие на элементарных участках режущей кромки передней и задней поверхностей инструмента, согласно [1], находятся следующим образом:

$$\begin{aligned} dP_{xи} &= dP_\tau \sin \psi_i + dP_n \cos \psi_i = \left(\frac{1,08 \sigma_i a_i d_B}{\sin \beta_1} \cos \beta + 0,16 \sigma_i d_B l_3 \mu \right) \cos \psi_i + \\ &+ \left(\frac{1,08 \sigma_i a_i d_B}{\sin \beta_1} \sin \beta + 0,16 \sigma_i d_B l_3 \right) \sin \psi_i, \\ dP_{yи} &= dP_\tau \sin \psi_i - dP_n \cos \psi_i = \left(\frac{1,08 \sigma_i a_i d_B}{\sin \beta_1} \sin \beta + 0,16 \sigma_i d_B l_3 \right) \sin \psi_i - \\ &- \left(\frac{1,08 \sigma_i a_i d_B}{\sin \beta_1} \cos \beta + 0,16 \sigma_i d_B l_3 \mu \right) \cos \psi_i, \end{aligned}$$

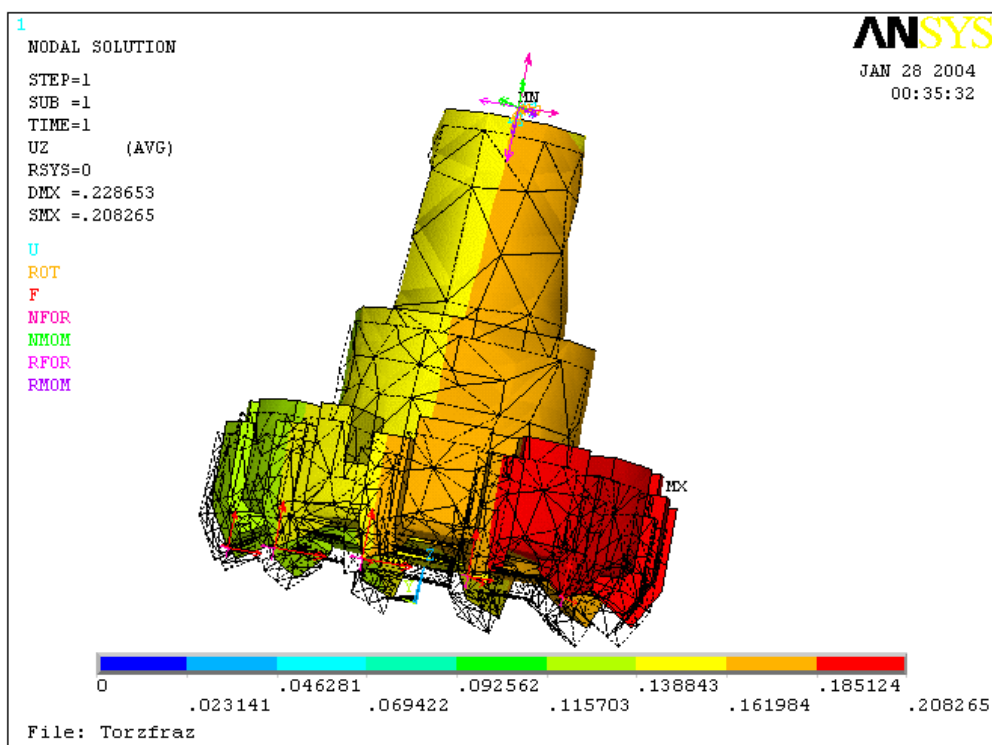


Рис. 2. Упругие деформации фрезы с оправкой в направлении оси z

На рис. 3 приведен график изменения упругих деформации инструмента в проекции на ось z от роста площадки затупления (при $D=125$ мм; $S_z=0,09, 0,12, 0,16$; $t=24$ мм; $B=75$ мм; $\sigma_i=1380$ МПа).

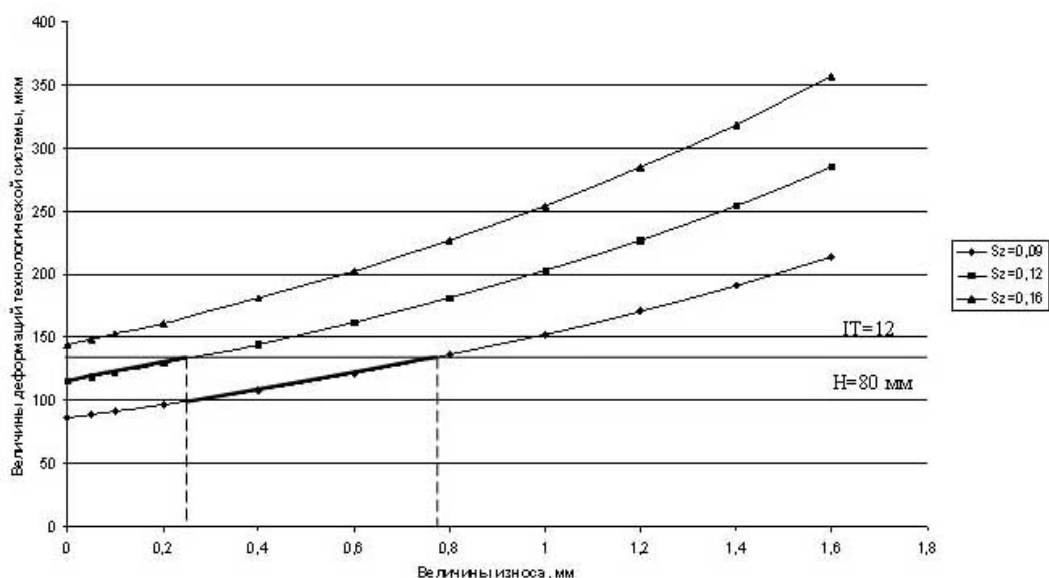


Рис. 3. Величины упругих деформаций фрезы Δ_z для разных величин площадок затуплений

Как видно из графика рост площадки затупления на задней поверхности инструмента от 0 до 1,6 мм приводит к увеличению деформации Δ_z более чем в два раза, это свидетельствует о том, что влияние площадки износа на деформации инструмента существенно. Изменение глубины резания и величины площадки износа фрезы во время обработки деталей приводит к изменению силы резания, что вызывает необходимость управления упругими перемещения для повышения точности обработки. Чтобы обеспечить требуемую точность, необходимо чтобы

деформации не превышали величины при которой точность выполняется. На рис. 2 горизонтальной линией показана допустимая величина упругих деформаций, ниже которой возможно выполнить размер с номиналом 80 мм и 12 квалитетом. Это возможно осуществить с различными режимами резания. При этом большим значениям подач должен соответствовать меньший предельный износ фрезы по задней поверхности. Если станок оснащен устройством контроля износа инструмента, тогда возможна периодическая коррекция подачи. Сначала ведется обработка на наибольшей подаче. По мере приближения деформаций к допустимому по точности значению, происходит переключение на меньшую подачу и продолжение работы до достижения допустимой деформации.

С учетом результатов расчетов деформаций были получены ограничения подачи на зуб фрезы по требуемой точности.

Управление упругими перемещениями технологической системы сводится к управлению переменной составляющей $\Delta Z = \Delta Z_{\max} + \Delta l_3 - \Delta Z_{\min}$. На рис. 4 показана схема, отражающая упругие деформации под действием силы резания.

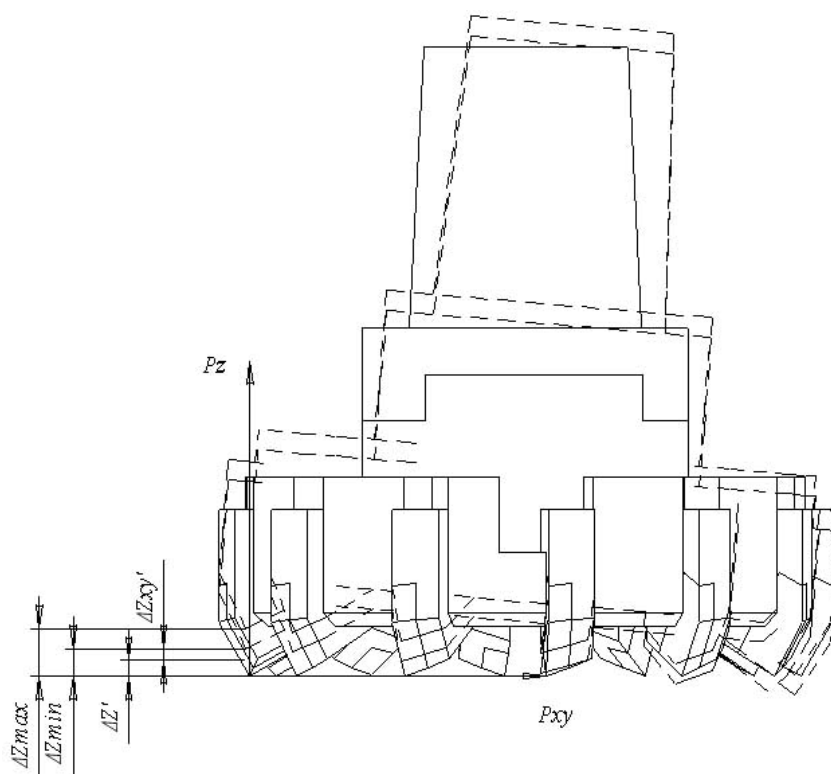


Рис. 4. Упругие деформации под действием силы резания при глубинах t_{\max} и t_{\min}

Где $\Delta Z'$ — деформация в осевом направлении; $\Delta Z_{xy}'$ — деформация от изгиба фрезы; ΔZ_{\max} — упругие деформации технологической системы в направлении Z , при максимальной глубине резания $t=t_{\max}$ и максимальном износе фрезы $l_3=l_{3\max}$; Δl_3 — размерный износ режущей части фрезы $\Delta l_3 = \frac{l_3 \tan \alpha}{\sin(90-(\alpha+\gamma))} \sin(90+\alpha) \cos \gamma$ (рис. 5); ΔZ_{\min} — упругие деформации технологической системы в направлении Z , при минимальной глубине резания $t=t_{\min}$ и остро заточенной фрезы $l_3=0$.

Составляющие ΔZ_{\max} и ΔZ_{\min} можно рассмотреть как сумму деформаций фрезы от силы резания без учета силы трения по задней поверхности $\Delta Z_{\max S}$, $\Delta Z_{\min S}$ и деформаций от силы трения возникающей в результате износа $\Delta Z_{\max \text{тр}}$, $\Delta Z_{\min \text{тр}}$. Так как $l_{3\min}=0$, то $\Delta Z_{\min \text{тр}}=0$.

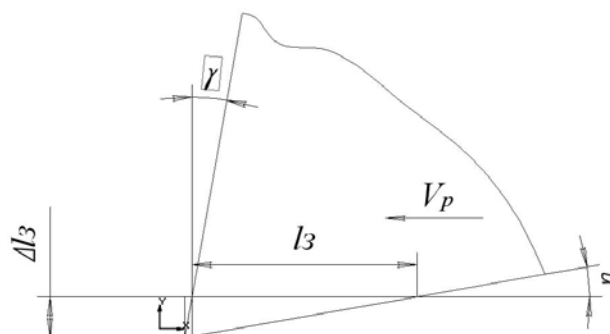


Рис. 5. Изменение геометрии режущего клина по мере износа фрезы по задней поверхности

Тогда

$$\Delta Z = \Delta Z_{\max S} + \Delta Z_{\max \text{тр}} + \Delta l_3 - \Delta Z_{\min S}.$$

Ограничение по требуемой точности обработки

$$\Delta Z \leq k IT_i,$$

где k — учитывает долю погрешностей, приходящуюся на упругие деформации технологической системы и износ инструмента. Для разных стадий обработки $k=0,3 \div 0,4$ по данным [2]; IT_i — допуск на выполняемый размер.

Подача на зуб, допустимая по точности:

$$S_z \leq \frac{k IT_i - Z_{\max \text{тр}}(t_{\max}, \sigma_i, l_{z \max}) - \frac{l_3 \tan \alpha}{\sin(90 - (\alpha + \gamma))} \sin(90 + \alpha) \cos \gamma}{\Delta Z_{\max S}(S_z, t_{\max}, \sigma_i) - \Delta Z_{\min S}(S_z, t_{\min}, \sigma_i)} - 0,1. \quad (1)$$

На рис. 6 показан график изменения допустимой подачи по точности с ростом площадки износа фрезы от 0 до 1,6 мм, при $D=125$ мм; $t=1, 3,5, 5$ мм; $B=75$ мм; $\sigma_i=1380$ МПа, $h=80$ мм, $IT=12$.

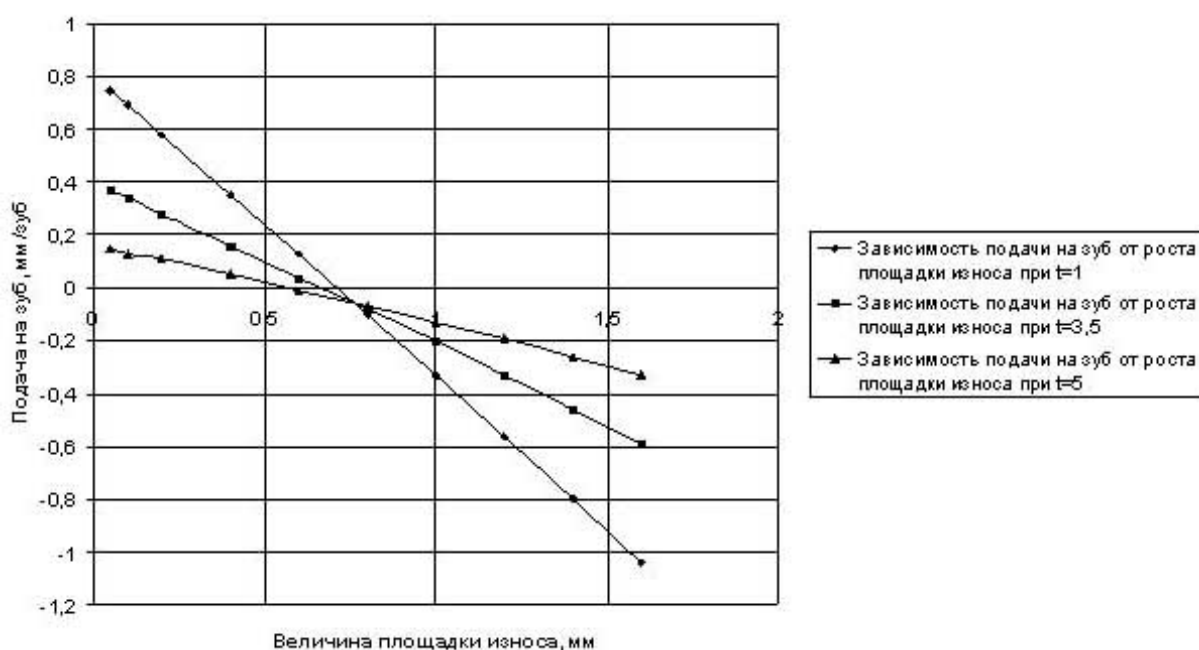


Рис. 6. Зависимость допустимых подач на зуб для разных величин площадок затуплений

Как видно из графиков с ростом износа от 0 до 1,6 мм допустимая скорость подачи уменьшается в несколько раз. На графиках имеются отрицательные значения, которые говорят о том что с этими критериями затупления фрезы невозможно достичь требуемой точности, нужно ограничиться участком кривой соответствующим положительным значениям подач на зуб (в данном случае возможны подачи при $l_z = 0,05 \dots 0,4 \text{—} 0,6 \text{ мм}$).

Ниже показан фрагмент таблицы подач для чистовой стадии обработки.

Фрагмент таблицы подач для чистовой обработки

Диаметр фрезы, D мм, до	Число зубьев фрезы z, до	Ширина фрезеров ания B, мм, до	Глубина резания	Квалитет 10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
-------------------------------	-----------------------------------	---	--------------------	-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Заключение

Таким образом, была посчитаны скорости подач на зуб для разных величин площадок износа фрез и переходов — черновых, получистовых, чистовых и отделочных, которые позволяют технологу или в пакете САПР подбирать режимы резания для обработки детали с различными технологическими критериями затупления.

Список литературы

1. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением: Часть II. Нормативы режимов резания. Москва: Экономика, 1990. 465 с.
2. Орлова Н. Ю. Повышение производительности торцового фрезерования на стадии проектирования управляющих программ обработки деталей на станках с ЧПУ: Дис. ... канд.техн.наук. Челябинск, 1999. 205 с.