

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ОПТИМИЗАЦИИ УСИЛИЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ РЕЗЬБЫ В СУПЕРСПЛАВЕ.

Е.Н. Петровский, ст. преп.,

В. Сун, студент гр. 4АМ11

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
тел.(3822)- 606-389*

E-mail: petrovskiv@tpu.ru

Фрезерование резьбы, как правило, выполняется за несколько проходов, разделенных на черновую и чистовую обработку, но для труднообрабатываемых материалов сила резания во время фрезерования велика, что оказывает большее влияние на точность обработки и срок службы инструмента. Поэтому фрезеровать резьбу на заготовках из труднообрабатываемых материалов достаточно сложно не имея руководства [1-3].

При врезании зуба фрезы в заготовку площадь контакта фрезы с заготовкой равна S_i (рис. 1) и мгновенная тангенциальная сила P_t в процессе фрезерования пропорциональна этой площади:

$$P_t = K \cdot S_i, \quad (1)$$

где K – коэффициент, зависящий от прочности обрабатываемого материала.

Из рисунка 1 видно, что пересечение между P_t и P_i и значение толщины среза t_c изменяются с изменением угла поворота зуба фрезы θ между P_i и $P_{кр}$, так что их можно рассматривать как функции с независимой переменной θ . Таким образом можно получить:

$$t_c(\theta) = f_z \cdot \sin\theta, \quad (2)$$

где f_z представляет собой подачу на зуб. Очевидно, что S_i пропорциональна t_c и длине перемещения L , поэтому получится следующее уравнение:

$$S_i(\theta) = K_1 \cdot t_c(\theta) \cdot L(\theta) \quad (3)$$

Из рисунка 1 следует, что L увеличивается с уменьшением θ , а $\sin\theta$ уменьшается с уменьшением θ , поэтому F_t достигает максимального значения, когда θ принимает определенное значение θ_s . Приняв $\theta = \theta_s$, $K \cdot K_1 = K_2$, получаем:

$$F_{tmax} = K_2 \cdot f_z \cdot \sin\theta \cdot L(\theta_s)$$

Величина $L(\theta_s)$ увеличивается с увеличением каждого прохода, поэтому $L(\theta_s)$ положительно коррелирует с площадью поперечного сечения A_{ci} , то есть A_{ci} положительно коррелирует с F_{tmax} . Размер площади поперечного сечения A_{ci} легко вычислить, поэтому оптимизируя A_{ci} можно оптимизировать F_{tmax} .

При обработке резьбы М5, в соответствии с общим методом обработки, процесс фрезерования делится на 5 проходов для завершения процесса черновой и чистовой обработки резьбы. Каждый проход принимает различную радиальную глубину резания $a_{e1} = 0,17$ мм, $a_{e2} = 0,15$ мм, $a_{e3} = 0,12$ мм, $a_{e4} = 0,10$ мм, $a_{e5} = 0,03$ мм, общая глубина реза 0,57 мм, $n = 1500$ об/мин, $f_z = 0,01$ мм, $r = 2,35$ мм.

Применяется попутное фрезерование, и инструмент перемещается в осевом направлении сверху вниз. В эксперименте измеряется усилие фрезерования каждого прохода.

Таблица 1 – Усилия фрезерования, крутящий момент и площадь поперечного сечения

Номер прохода фрезы	$a_e, \text{мм}$	$F_{xy}, \text{Н}$	$F_z, \text{Н}$	$M_z, \text{Н} \cdot \text{м}$	$A_{ci}, \text{мм}^2$
1	0,17	67,5	20,9	0,78	0,0167
2	0,15	112,9	29,2	1,17	0,0423
3	0,12	132,1	34,1	1,34	0,0525
4	0,10	143,3	40,0	1,46	0,0567

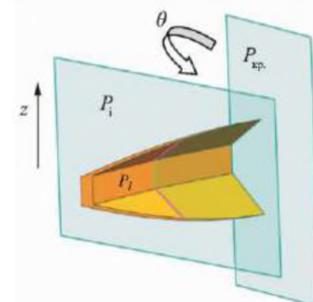


Рис. 1. 3Д-модель сечения среза при фрезеровании резьбы

5	0,03	117,7	30,9	1,25	0,0204
---	------	-------	------	------	--------

Оптимизированная и неоптимизированная глубина резания показаны в таблице 2. В основном изменялась глубина резания первого прохода, так что глубина резания первого прохода была значительно увеличена, глубина резания трех средних проходов была уменьшена, а глубина резания последнего прохода увеличена для предотвращения затирания обработанной поверхности из-за малой толщины среза.

Таблица 2 – Сравнение глубины резания без и после оптимизации

	a_{e1} , мм	a_{e2} , мм	a_{e3} , мм	a_{e4} , мм	a_{e5} , мм
Без оптимизации	0,17	0,15	0,12	0,10	0,03
После оптимизации	0,256	0,105	0,080	0,067	0,062

Оптимизированная глубина резания применялась при выполнении нового эксперимента по фрезерованию резьбы (таблица 3).

Таблица 3 – Усилие фрезерования, крутящий момент после оптимизации

Силы и крутящий момент	a_{e1} /мм	a_{e2} /мм	a_{e3} /мм	a_{e4} /мм	a_{e5} /мм
F_{xy} , Н	109,8	110,5	106	107	109
F_z , Н	29,0	112,9	29,5	28,3	28,2
M_z , Н·м	1,17	1,19	1,12	1,14	1,14

Результаты измерений показывают, что сила резания и крутящий момент каждого прохода в основном равны, а силы фрезерования F_{xy} и F_z изменяются в пределах 110 Н и 30 Н, крутящий момент изменяется в пределах 1,19 Н·м, то есть они уменьшаются соответственно на 30 Н, 10 Н и 0,26 Н·м по сравнению с первоначальным значением F_{xy} , F_z и M_z . Таким образом, стратегия обработки, заключающаяся в оптимизации радиальной глубины резания при фрезеровании резьбы из суперсплава за счет одинаковой площади поперечного сечения каждого прохода, уменьшает диапазон изменения силы резания и делает резание более стабильным во время каждого прохода, повышая надёжность работы режущего инструмента, точность обработки резьбы и стойкость инструмента.

Список литературы:

1. Araujo A C, Silveira J L, Jun M B G, et al. A model for thread milling cutting forces [J]. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2006. 46(15): 2057-2065.
2. Grillaume F, Gerard P. Geometrical analysis of thread milling – Part 1. Evaluation of tool angles [J], International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2010,49(1/2/3/4) 73-80.
3. Che-Haron, C.H. Tool life and surface integrity in turning titanium alloy. Journal of Materials Processing Technology, 118 (1-3) (2001) 231-237.