

К РАСЧЕТУ ОСЕВОГО ИНСТРУМЕНТА

Коваленко В.И., Ефимов Б.Н. (ДонНТУ, г. Донецк)
Тел./Факс: +38 (062) 3050104; E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua

Abstract: The calculation of the axial tool on stability under action of axial force, torque and unbalanced radial force of cutting is reviewed; the interaction interference of these factors is analyzed.

Key words: axial tool, factor, stability, radial force, calculation

Осевой инструмент представляет собой упругую систему с различными сочетаниями не только составляющих усилий резания на каждой ступени, но и систему взаимосвязи между силами, действующими на каждую ступень. Поэтому осевой инструмент можно представить как упругую систему с многопараметрическими воздействиями.

Целью работы является расчет осевого инструмента на устойчивость под действием осевой силы, крутящего момента и неуравновешенной радиальной силы резания; показано взаимное влияние указанных факторов.

При проектировании нового инструмента или при наличии готового инструмента возникает необходимость в определении допустимой величины подачи [1], исходя из устойчивости инструмента, особенно для нежестких инструментах, например, при $l/d > (10 - 20)$, где l и d – соответственно длина и диаметр инструмента.

Устойчивость прямолинейного стержня, находящегося под действием приложенных к его концам сжимающих сил и скручивающих моментов, характерного, например, для одномерного инструмента при отсутствии радиальных неуравновешенных сил, была рассмотрена А.Г. Гринхиллом [2]. Предполагая, что концы стержня оперты, а главные жесткости его равны, он установил, что критическая длина стержня l , за которой его прямолинейная форма теряет устойчивость, определяется, исходя из выражения:

$$\frac{M_k^2}{4EI^2} + \frac{P_x}{EI} = \frac{\pi^2}{l^2}, \quad (1)$$

где M_k - крутящий момент, действующий на стержень; P_x - осевая сила; E - модуль упругости материала стержня; I - осевой момент инерции; l - длина стержня.

Исследования устойчивости стержня, опертого обоими концами, при условии, что его главные жесткости не равны, были проведены Р. Грамелем [2], который установил, что

$$\frac{M_k^2}{[M_k^2]} + \frac{P_x}{[P_x]} = 1, \quad (2)$$

где M_k - крутящий момент, прикладываемый к упругой системе; $[M_k]$ - критический крутящий момент при чистом изгибе; P_x - осевая сжимающая сила; $[P_x]$ - значение критической осевой силы при чистом изгибе.

При совместном действии осевой и поперечной сил величина наибольшего изгибающего момента определяется зависимостью:

$$M_{\max} = \frac{M}{1 - \frac{P_x}{N_{\text{ЭК}}}}, \quad (3)$$

где M - изгибающий момент от поперечной нагрузки; $N_{\text{ЭК}}$ - величина Эйлеровой силы.

Устойчивость инструмента, работающего по последовательной схеме резания, нагруженного осевой силой P_x , крутящим моментом M_k и изгибающим моментом от неуравновешенной радиальной силы $M_{\text{из}}$, можно выразить с учётом уравнений (2), (3) энергетическим критерием устойчивости:

$$U = P_x \cdot W_1 + M_k^2 \cdot W_2 + M_{\text{из}} \cdot W_3, \quad (4)$$

где U - энергия деформации упругой системы; W_1, W_2, W_3 - геометрические характеристики, являющиеся квадратическими функциями потери устойчивости.

Полагая, что $M_x^2 = P_{\text{ЭК}}$, уравнение (4) можно представить в виде:

$$\frac{P_x}{U/W_1} + \frac{P_{\text{ЭК}}}{U/W_2} + \frac{M_{\text{из}}}{U/W_3} = 1. \quad (5)$$

Данное уравнение является уравнением устойчивости или уравнением безопасности при трёхпараметрическом нагружении по координатам XYZ для одномерного инструмента.

В результате исследований было установлено влияние составляющих силы резания на устойчивость инструмента (на примере зенкера) в зависимости от его длины, при $t = 2,5$ мм; $S = 0,4$ мм/об; $d = 20$ мм; результаты вычислений приведены в табл. 1.

Таблица 1. Влияние составляющих сил резания (P_x, P_y, M_k) на устойчивость зенкеров, в %

l, мм	P_x	P_y	M_k
60	1,27	98,7	0,03
400	17,2	82,7	0,1
800	44,28	55,5	0,22

Выводы.

Выполненный анализ показал, что преобладающее влияние на устойчивость инструмента оказывают радиальные неуравновешенные силы. По мере увеличения длины инструмента от 60 мм до 800 мм, при постоянном диаметре, степень влияния радиальных неуравновешенных сил на устойчивость инструмента уменьшается, а осевых сил увеличивается. С увеличением длины рабочей части инструмента крутящий момент оказывает существенное влияние на устойчивость инструмента, в частности, при сверлении сверхглубоких отверстий, у которых $l/d > 20$.

Список литературы: 1. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/ В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с. **2.** Биценко К.Б. и Грамель Р. Техническая динамика. В 2 т. Перевод с немецкого. Л – М. Гостехиздат. 1950. – 900 с.