

О.Л.Дулько, П.П.Серебrenицкий, С.Б.Павлов

ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА
С УЧЕТОМ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗОВ
ПРИ СВЕРЛЕНИИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ
В ЗАГОТОВКАХ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТЗ-1

При сверлении глубоких отверстий (ГО) твердосплавным инструментом в труднообрабатываемых материалах характер поломок инструмента проявляется в выкрашивании режущей кромки, сколах твердосплавной пластины и направляющих сверла, в отрывах пластин от основания (корпуса сверла).

По данным В.Н.Подураева при обработке ГО диаметром 6...40 мм в диапазоне скоростей резания 7...120 м/мин и подач 0,015...0,03 мм/об выход из строя сверл по названным выше причинам составил порядка 60% от общего числа выходов инструмента из строя /1/.

В процессе эксплуатации твердосплавного инструмента в его режущей части происходят сложные термомеханические процессы, приводящие к возникновению и развитию усталостных трещин, к пластическому течению материала режущего клина, к термическому растрескиванию и т.д. Эти процессы имеют вероятностную природу, что приводит к изменению прочности пластин твердосплавного инструмента и к случайным поломкам сверл. Вероятность наступления неустраняемых отказов, т.е. поломок, приводящих к выходу сверла из строя, при прочих заданных параметрах технологической системы зависит от режимов обработки.

Помимо неустраняемых отказов при сверлении ГО имеются и устраняемые отказы инструмента, например, незначительные сколы и выкрашивания режущей пластины и направляющих. После их появления работоспособность сверла может быть восстановлена переточкой.

Оптимальному режиму обработки соответствует некоторое оптимальное соотношение между вероятностями наступления устраняемых и неустраняемых отказов.

В качестве критерия оптимальности выбора режимов резания при обработке ГО может служить выражение

$$\theta = \frac{E}{n S_0} + \frac{E \tau_{ср} + H}{n S_0 T}, \quad (1)$$

где θ - средние за период стойкости сверла затраты на единицу суммарной длины обработанных отверстий, коп/мм; E - стоимость станко-минуты, коп/мин; $t_{см}$ - время простоя станка, связанное со сменой инструмента, мин; U - затраты на эксплуатацию инструмента за период его стойкости, коп; n - частота вращения заготовки или инструмента, об/мин; S_D - подача сверла на один оборот, мм/об; T - период стойкости, мин.

С учетом неустраняемых отказов сверла величину I можно определить, как /2/

$$I = P_H A_H + (1 - P_H) I_n, \quad (2)$$

где P_H - вероятность наступления неустраняемых отказов вследствие поломок сверла; A_H - стоимость нового сверла, коп; I_n - затраты на однократную переточку инструмента, коп.

Преобразовав (2) и осуществив подстановку в (1), получим

$$\theta = \frac{E}{n S_D} + \frac{E t_{см} + P_H (A_H - I_n) + I_n}{n S_D T}. \quad (3)$$

Для определения критерия оптимальности по выражению (3) необходимо экспериментально получить зависимости $T = f(n, S_D)$ и $P_H = f(n, S_D)$. Данные зависимости определялись на основе методики статистического планирования эксперимента при сверлении в титановом сплаве BT3-1 отверстий диаметром 20 мм. Материал режущей части сверла Т15К6, материал направляющих - ВК8. В качестве СОЖ использовалась жидкость МР-3.

В качестве исходных для нахождения T и P_H постулировались двухфакторные мультипликативные модели. Реализовывалась факторная схема 2^2 с дополнительной центральной точкой, повторенной дважды. Вероятность поломки инструмента за период стойкости оценивалась по фактической частоте поломок.

Для уменьшения влияния числа переточек на вероятность наступления поломки инструмента отбор сверл для испытаний производился случайным образом после различного числа переточек.

В результате проведения экспериментов и математической обработки результатов были получены следующие соотношения:

$$T = 0,198 \cdot 10^{-5} n^{-2,15} S_D^{-2,13}; \quad (4)$$

$$P_H = 35,4 \cdot 10^{-5} n^{2,16} S_D^{2,13}. \quad (5)$$

Анализ полученных моделей показывает, что при сверлении Г0 в заготовках из титанового сплава ВТЗ-1 стойкость и вероятность наступления неустраняемых отказов практически в равной степени зависят от частоты вращения заготовки и величины подачи сверла.

Подставив (4) и (5) в (3) и произведя необходимые упрощения, окончательно получим выражение для определения критерия оптимальности с учетом вероятности наступления неустраняемых отказов:

$$\theta = \frac{E}{nS_0} + \frac{5,05 \cdot 10^5 E \tau_{ср} + 178,80 n^{2,15} S_0^{2,13} (A_n - I_n) + 5,05 \cdot 10^5 I_n}{n^{-1,15} S_0^{-1,13}} \quad (6)$$

Для нахождения критерия оптимальности возможно аналитическое либо графическое отыскание минимума функции (6) в зависимости от частоты вращения заготовки и подачи при прочих заданных значениях параметров.

В ы в о д н ы. При сверлении Г0 в титановых сплавах типа ВТЗ-1 для оценки эффективности операций необходимо учитывать вероятность наступления неустраняемых отказов инструмента, проявляющихся в виде сколов, выкрашиваний материала режущей пластины и направляющих. Оценка работоспособности как самого инструмента, так и того или иного критерия эффективности без учета вероятности наступления неустраняемых отказов является неправомерной.

2. При сверлении Г0 в заготовках из сплава ВТЗ-1 стойкость инструмента и вероятность наступления неустраняемых отказов практически в равной степени определяются частотой вращения заготовки и величиной подачи сверла.

3. Получено выражение для определения критерия оптимальности операций по сверлению Г0, позволяющее назначать режимы обработки с учетом доминирующего фактора выхода инструмента из строя - вероятности наступления неустраняемых отказов.

Б и б л и о г р а ф и ч е с к и й с п и с о к

1. П о д у р а е в В.Н. Стойкость и прочность твердосплавных инструментов для обработки отверстий в условиях малой жесткости и интенсивности колебаний. - Вестник машиностроения, 1960, №12.

2. Х р е б т о в Ю.А. Оптимизация режимов резания с учетом неустраняемых отказов инструмента. - В кн.: Оптимизация технологических процессов механической обработки деталей и сборки приборов. Киев: Знание, 1978.