

## СОПОСТАВЛЕНИЕ И АНАЛИЗ РЕЖИМА ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ ПО НОРМАТИВНЫМ И РЕКОМЕНДУЕМЫМ ДАННЫМ ЗАРУБЕЖНЫХ ФИРМ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Ускорение технического прогресса и оснащение всех отраслей народного хозяйства новой техникой, внедрение комплексной механизации и автоматизации производства зависит главным образом от темпов развития машиностроения. Поэтому ускоренному развитию машиностроения придается особое внимание.

В настоящее время актуальными стали вопросы качества и высокой эффективности производства, базирующиеся на современных достижениях науки и техники. Одним из прогрессивных направлений в технологии машиностроения является совершенствование технологических процессов, среди которых одно из основных мест занимает обработка отверстий. Последовательная обработка отверстий сверлением, зенкерованием и развертыванием позволяет обеспечить высокую точность и требуемую шероховатость обработанной поверхности.

Поэтому при обработке отверстий требуется выдерживать следующие основные параметры: 1) допуск на диаметр; 2) заданную шероховатость обработанной поверхности; 3) допуск профиля продольного сечения; 4) допуск круглости; 5) допуски расположения отверстия относительно других отверстий и базовых поверхностей.

Отверстия диаметром до 25-30 мм, как правило, высверливаются в сплошном материале, а свыше 30 мм прошиваются или отливаются в заготовках серийного и массового производства. Следовательно, для малых диаметров сверление является первой технологической операцией, а затем назначаются другие операции в зависимости от требований точности к окончательно обработанному отверстию.

Сверление может производиться одним из следующих способов: 1) при вращающейся детали и подаче инструмента; 2) при неподвижной детали и вращающемся инструменте одновременно осуществляющем подачу; 3) при встречном вращении детали и инструмента.

Меньший увод оси отверстия получается при сверлении вращающейся детали.

Для отверстий 11-13-го квалитетов точности с шероховатостью поверхности  $Rz > 20$  мкм сверление может быть окончательной операцией. При сверлении отверстий с направлением сверла по кондукторным втулкам точность обработки повышается до 10-го квалитета.

Отверстия диаметром до 30 мм сверлятся одним сверлом, при больших диаметрах применяют два сверла. Диаметр первого сверла берут в два раза меньше диаметра окончательно обработанного отверстия.

Для сопоставления уровня подач, скоростей резания, затрат мощности и производительности, решалась произвольная задача обработки отверстия из стали 45,  $\sigma_s = 650$  МПа спиральным сверлом диаметром 10 мм из Р6М5 и твердых сплавов с геометрическими параметрами: ( $2\phi = 120^\circ$ ,  $\phi = 55^\circ$ ,  $\phi = 8^\circ$ ) и стойкостью  $T = 25, 15, 15, \dots$  мин.

Расчеты выполнялись согласно рекомендаций источников [1—6]. Подача назначалась в соответствие с рекомендациями [1—6], и находилась в пределах 0.14–0.25 мм/об (рис. 1).

Расчет скорости резания выполняется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T \cdot S^y} \cdot K_v; \quad (2)$$

где:  $K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{sv}$ ;

$K_{mv}$  – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки и определяется по формуле

$$K_{mv} = K_T \cdot \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = 1,08;$$

где  $K_T = 0,95$ ;  $\sigma_s = 650$  МПа;  $n_v = 0,8$ ;

$K_{lv} = 0,85$  – учитывает состояния поверхности;

$K_{sv} = 1,0$  – учитывает материал инструмента.

Таким образом:  $K_v = 1,08 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,92$ ;

$C_v, m, x, y$  – поправочные коэффициенты и показатели степени, где:  $C_v = 9,8$ ;  $m = 0,12$ ;  $y = 0,5$ ;  $q = 0,35$  [1]. Тогда расчетная скорость резания  $V = 32,4$  м/мин.

Расчет скорости резания по данным [6] осуществляется по формуле :

$$V = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

где:  $V_T = 22$  м/мин,  $K_1 = 0,85$  – коэффициент, учитывающий глубину обработки;  $K_2 = 1,3$  – коэффициент, учитывающий период стойкости;  $K_3 = 0,85$  – коэффициент, учитывающий марку обрабатываемого материала. Тогда расчетная скорость резания  $V = 24,3$  м/мин.

Расчетные и рекомендуемые значения скоростей резания представлены гистограммой (рис. 2).

Частоты вращения шпинделя для источников [1—6], рассчитанные по формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

составили, соответственно -  $n_1=1032$ ;  $n_2=2707$ ;  $n_3=23821$ ;  $n_4=1592$ ;  $n_5=3184$ ;  
 $n_6=773$  мин<sup>-1</sup>

Осевая сила и крутящий момент определялись по формулам:

$$P_O = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P;$$

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P;$$

где:  $K_P = K_{mp}$  - коэффициент, учитывающий фактические условия резания;

Тогда

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left( \frac{650}{750} \right)^{0,75} = 0,9;$$

$C_P, C_M, q, y$  - поправочные коэффициенты и показатели степени;

Для крутящего момента:  $c_M = 0,0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$ ; [1]

Для осевой силы:  $C_P = 68$ ;  $q = 1,0$ ;  $y = 0,7$ ; [1]

Таким образом по данным различных источников [1—6] соответственно имеем значения, которые представлены в табл. 1:

Таблица 1

№	1	2	3	4	5	6
$P_0, Н$	2154	2187	2319	2319	1984	1545
$M_K, Нм$	9,4	9,6	10,24	10,24	8,6	6,4

Мощность резания, рассчитанная по формуле

$$N_P = \frac{P_0 \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ Квт}, \quad [1]$$

для [1—6] соответственно, составила:  $N_{P1}=0,16$ ;  $N_{P2}=0,425$ ;  $N_{P3}=0,53$ ;  $N_{P4}=0,266$ ;  
 $N_{P5}=0,445$ ;  $N_{P6}=0,08$  Квт.

Машинное (основное) время рассчитывалось по известной формуле

$$T_M = \frac{l + L + \Delta}{n \cdot S}; \text{ мин},$$

с учетом составляющих величин по глубине обработки отверстия.

В результате для [1 - 6] получим :  $T_{M1}=0,185$ ;  $T_{M2}=0,07$ ;  $T_{M3}=0,0438$ ;  $T_{M4}=0,105$ ;  
 $T_{M5}=0,066$ ;  $T_{M6}=0,4$  мин.

Тогда производительность, рассчитанная соответственно по использованным источникам

$$Pr = \frac{1}{T_M} \text{дет/мин};$$

составила определенные значения, которые представлены гистограммой на рис.3.

Результаты расчетов позволяют определить затраты мощности на единицу съема металла по формуле:

$$Q = \frac{N}{t \cdot s \cdot V}, \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{мм}^3} \cdot \text{мин} \right],$$

где N - мощность резания, Вт;

t - глубина резания, мм;

s - подача ,мм/об;

V - скорость резания, мм/мин.

Таким образом, затраты мощности при сверлении по различным источникам находятся в определенном интервале (0.0035-0.005)  $\left[ \frac{\text{Вт}}{\text{мм}^3} \cdot \text{мин} \right]$  и представлены на рис. 4.

Сравнительный анализ нормативных режимов обработки и рекомендуемых позволяет в первом приближении ориентироваться на уровень производительности и затраты мощности на съем определенного объема металла, но для окончательного сопоставления необходимо иметь данные по стоимости инструментальной оснастки, оборудования и экономическим показателям.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1.Справочник технолога-машиностроителя /Под. ред./ А.Г Косиловой, Р.К Мецгерякова.-М.:Машиностроение , 1986.—496 с., том 2.
- 2.Каталог SANDVIK (Сандвик) 1997.
- 3.Каталог SECO Selection 2002.
- 4.Каталог MITSUBISHI Carbide(Общий каталог).
- 5.Каталог ISCAR(Concite Catalog)
- 6.Справочник технолога “Обработка металлов резанием ” /Под ред./ Панова А.В.-М.:Машиностроение , 1988.—605 с.

### Гистограммы

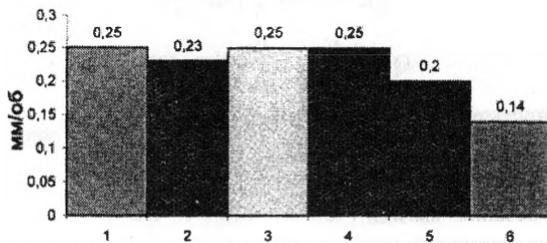


Рис.1. Рекомендуемые источникам значения подач [1...6]

■ 1 - CTM; ■ 2 - SANDVIK; □ 3 - SECO; ■ 4 - Mitsubishi; ■ 5 - ISCAR; ■ 6 - ПАНОВ

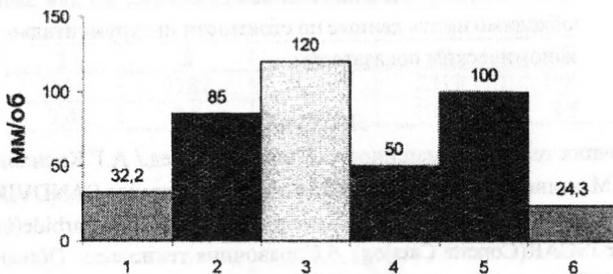


Рис.2. Рекомендуемые источникам [1...6] значения скоростей резания с рекомендуемыми подачами (рис. 1)

■ 1 - CTM; ■ 2 - SANDVIK; □ 3 - SECO; ■ 4 - Mitsubishi; ■ 5 - ISCAR; ■ 6 - ПАНОВ

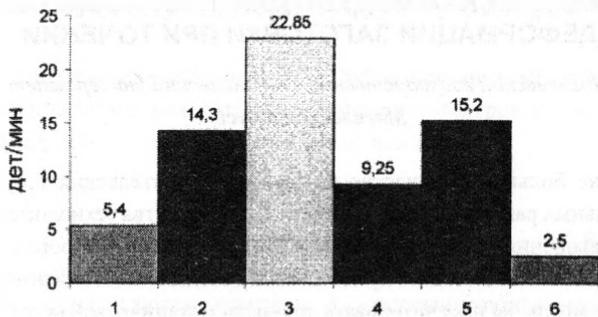


Рис.3. Производительность

■ 1 - CТМ; ■ 2 - SANDVIK; □ 3 - SECO; ■ 4 - Mitsubishi; ■ 5 - ISCAR; ■ 6 - ПАНОВ

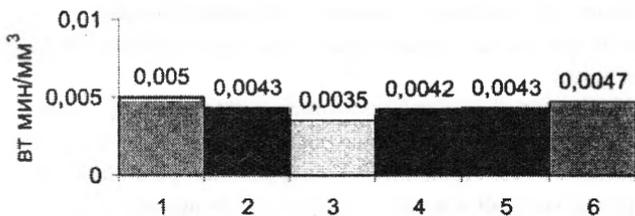


Рис.4. Затраты мощности на съем  $1 \text{ мм}^3$  металла я 1 мин.

■ 1 - CТМ; ■ 2 - SANDVIK; □ 3 - SECO; ■ 4 - Mitsubishi; ■ 5 - ISCAR; ■ 6 - ПАНОВ