
ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ РАСКАТОЧНЫХ МЕТЧИКОВ

В.К. Шехорин, В.В. Пронин

Кафедра технологии, оборудования
и автоматизации машиностроительных производств
Егорьевский технологический институт (филиал)
ГОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»

ул. Профсоюзная, 34, Егорьевск, Московская область, 140300

Рассмотрена практика применения раскаточных метчиков в условиях реального производства, даются рекомендации по приоритетным областям их применения.

Ключевые слова: нарезание резьбы, метчики, прочность, проектирование инструмента.

Нарезание резьбы в отверстиях зачастую является одной из последних операций технологического процесса изготовления корпусных деталей. Процент брака на этих операциях достаточно велик из-за частых поломок метчиков, срезания витков нарезаемой резьбы и плохого ее качества, что приводит к большим экономическим потерям.

Анализ производственного опыта показывает, что стабильное получение метчиками внутренних резьб высокой точности, особенно в деталях из нержавеющей и жаропрочных сталей, черных и цветных металлов повышенной пластичности вызывает серьезные затруднения. При этом стойкость резьборезных метчиков недостаточно высокая, качество резьбы часто не соответствует техническим требованиям.

В последнее время все шире внедряется инструмент для получения внутренних резьб путем пластического деформирования, обладающий рядом преимуществ перед резьборезными метчиками. Применение пластического деформирования взамен резания позволяет решить ряд серьезных проблем, связанных с самим процессом резания. Высокая прочность, твердость и вязкость материала часто приводят к возникновению повышенных и остаточных напряжений по профилю резьбы и, как результат, к развитию усталостных трещин. Текстура наружного слоя металла также более удовлетворительная при накатывании резьбы, чем при ее нарезании. Резьба при накатывании получает дополнительное упрочнение, величина которого поддается предварительному расчету. В дальнейшем такая резьба лучше работает на износ.

В современном машиностроении все чаще применяются материалы с высокими физико-механическими свойствами, т.е. имеющими высокую прочность, твердость, вязкость и т.д. Использование стандартных металлорежущих инструментов не всегда удовлетворяет требованиям технолога. Например, при нарезании резьбы в вязких материалах при помощи стандартных резьборезных метчиков, наблюдаются частые поломки метчиков срезание витков нарезаемой резьбы, плохое ее качество. Для устранения этих проблем лучше использовать специально сконструированный инструмент.

Технический поиск решения проблемы привел к проектированию соответствующих раскаточных метчиков.

Приведем пример расчета метчика для накатывания резьбы М10х0,75 Н7 в материале сталь 12Х18Н9Т. Принимаем инструментальный материал Р18, так как он обладает наиболее стабильными свойствами при эксплуатации.

Данный пример наглядно иллюстрирует методику расчета и взят из реальной производственной практики.

1. Выбор геометрических параметров инструмента

1.1. Определение среднего диаметра метчика

$$d_{cp} = \left[d_2 + \frac{b}{3} + K_M + (S - 0,5) \cdot K_S + \delta_{cp} \right]_{-\delta_{cp}},$$

где $d_2 = 9,513$ мм; $b = 0,15$ мм (допуск на резьбу); $K_M = 0,018$ мм и $M_S = 0,018$ мм — коэффициенты для принятых условий обработки; $S = 0,75$ мм (шаг резьбы); $\delta_{cp} = 0,0075$ мм допуск на изготовление среднего диаметра метчика;

$$d_{cp} = \left[9,513 + \frac{0,15}{3} + 0,019 + (0,75 - 0,5) \cdot 0,018 + 0,0075 \right]_{-0,0075} = 9,58995_{-0,0075} \text{ (мм)}.$$

1.2. Определение наибольшего диаметра метчика

$$d_o = (d + 0,15S + 0,02)_{-\delta_o},$$

где $d = 10$ мм (наружный диаметр резьбы); $\delta_o = 0,01$ мм, допуск на изготовление наибольшего диаметра метчика;

$$d_o = (10 + 0,15 \cdot 0,75 + 0,02)_{-0,01} = 10,1325_{-0,01} \text{ (мм)}.$$

1.3. Определение внутреннего диаметра метчика

$$d_{вн} = \left[d_1 + K_M + (S - 0,5) \cdot K_S + \frac{e}{4} \right]_{\frac{e}{4}},$$

где $d_1 = 9,188$ мм, $e = 0,3$ мм допуск на внутренний диаметр резьбы;

$$d_{вн} = \left[9,188 + 0,019 + (0,75 - 0,5) \cdot 0,018 + \frac{0,3}{4} \right]_{-0,075} = 9,2865_{-0,075} \text{ (мм)}.$$

1.4. Определение ширины площадки по внутреннему диаметру раскатного метчика

$$a = \left[0,25S - 0,577 \cdot \left(\frac{b}{3} + \delta_{cp} \right) \right]^{+\delta_a},$$

где $\delta_a = 0,144 \cdot e$;

$$a = \left[0,25 \cdot 0,75 - 0,577 \cdot \left(\frac{0,15}{3} + 0,0075 \right) \right]^{+0,0432} = 0,1543^{+0,0432} \text{ (мм)}.$$

1.5. Определение диаметра отверстия под резьбу

$$d_{c.расч} = \sqrt{d_o^2 \cdot \left(0,5 - \frac{0,3849 \cdot d_o}{S} + \frac{0,57723 \cdot d_{cp}}{S} \right) + d_1^2 \cdot \left(0,5 - \frac{0,3849 \cdot d_1}{S} + \frac{0,57723 \cdot d_{cp}}{S} \right)};$$

$$d_{с,расч} = \sqrt{10,1325^2 \cdot \left(0,5 - \frac{0,3849 \cdot 10,1325}{0,75} + \frac{0,57735 \cdot 9,58995}{0,75}\right) + 9,188^2 \cdot \left(0,5 + \frac{0,3849 \cdot 9,188}{0,75} - \frac{0,577 \cdot 9,58995}{0,75}\right)} = 9,23 \text{ (мм)}.$$

Принимаем диаметр отверстия равным 9,2 мм.

1.6. Определение поперечного сечения метчика

$$K = \frac{p \cdot d_o}{2 \cdot Z} \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

где $Z = 6$ — число граней метчика, $\alpha = 7^\circ$;

$$K = \frac{3,1416 \cdot 10,1325}{12} \cdot 0,105 = 0,2785 \text{ (мм)},$$

$$K^1 \approx \frac{1}{3} K$$

$$K^1 \approx \frac{1}{3} 0,2785 = 0,093 \text{ (мм)}.$$

2. Определение основных конструктивных параметров инструмента

2.1. Определение величины заборного конуса

$$l_1 = \frac{d_o - d_r}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi},$$

где $\varphi = 10^\circ$; $d_r = d_{с,расч} - 0,1S$; $d_c = 9,33 - 0,1 \cdot 0,75 = 9,255$ (мм);

$$l_1 = \frac{10,1325 - 9,255}{2 \cdot 0,1763} = 2,49 \text{ (мм)}.$$

Принимаем $l_1 = 2,5$ мм.

2.2. Проверка метчика на прочность

$$\delta_u = \frac{B_o \cdot \eta \cdot \sigma_T \cdot S \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \left(\frac{d_o^2 - d_{BH}^2}{4} - \frac{S \cdot \operatorname{tg} \varphi}{Z} \right)}{K \cdot Z^2 \cdot \left[d_o \cdot \sin \left(\arccos \frac{d_{BH}}{d_{ш}} \right) - \frac{2 \cdot \mu \cdot K \cdot Z}{\pi} \cdot \arccos \frac{d_{BH}}{d_o} \right] (d_o - d_{BH})},$$

где $B_o = 13,65$; $\eta = 4-5$; $\sigma_T \approx 200$ МПа; $\mu = 1,6$;

$$\begin{aligned} \delta_u &= \left\{ 13,65 \cdot 5 \cdot 200 \cdot 0,75 \cdot 0,1763 \cdot \left(\frac{10,1325^2 - 9,2865^2}{4} - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \frac{0,75 \cdot 0,1763}{6} \right) \right\} / \left\{ 0,2785 \cdot 6^2 \cdot \left[10,1325 \cdot \sin \left(\arccos \frac{9,2865}{10,1325} \right) - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 0,2785 \cdot 6}{3,1416} \cdot \arccos \frac{9,2865}{10,1325} \right] \cdot (10,1325 - 9,2865) \right\} = \\ &= 19,63 \text{ (Н/мм}^2\text{)}. \end{aligned}$$

Запас прочности переходного витка составляет

$$K_3 = \frac{1700}{196,3} = 8,66.$$

2.3. Определение величины калибрующей части

$$l_k = 10P,$$

где P — шаг резьбы;

$$P = 0,75 \text{ мм},$$

$$l_k = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ (мм)}.$$

2.4. Определение величины рабочей части

$$l = l_1 + l_k.$$

$$l = 2,5 + 7,5 = 10 \text{ (мм)}.$$

2.5. Проверка прочности поперечного сечения по максимальным касательным напряжениям

$$[\tau_{кр}] = \frac{M_{кр}}{W_p},$$

где $M_{кр} = C_m d S^x (H_o/l_1)^m \varphi^{0,65} K_K K_o$;

$$C_m = 2; m = 0,9; x = 1,95; K_K = 1; K_o = 1; H_o = 13,5,$$

$$M_{кр} = 2 \cdot 0,75^{1,95} \cdot (13,5/2,5)^{0,9} \cdot 10^{0,65} \cdot 1 \cdot 1 = 23,25 \text{ (Нм)}.$$

При раскатывании по принципу замкнутого контура $M_{кр}$ увеличивается в 3—4 раза.

$$W_p = 0,2 \cdot (d_{вн} - 2 \cdot K^1)^3,$$

$$W_p = 0,2 \cdot (9,2865 - 2 \cdot 0,093)^3 = 150 \text{ мм}^3,$$

$$\tau_{кр} = \frac{23\,250 \cdot 4}{150} = 620 \text{ (Н/мм}^2\text{)} = 620 \text{ (МПа)}.$$

Сравним $\tau_{кр}$ с пределом прочности при кручении быстрорежущей стали Р18.

$$\frac{[\tau_{кр}]}{\tau_{кр}} = \frac{1690}{620} = 2,72.$$

Сведем полученные данные в таблицу.

Таблица

Результаты расчетов

Наименование параметра	Значение
$d_{ср}$, мм	9,58995 _{-0,0075}
d_o , мм	10,1325 _{-0,01}
$d_{вн}$, мм	9,2865 _{-0,075}
a , мм	0,1543 ^{+0,0432}
$d_{с.расч}$, мм	9,2
K , мм	0,2785
K^1 , мм	0,093
l_1 , мм	2,5
$\delta_{н}$, МПа	19,63
K_3	8,66
l_k , мм	7,5
l , мм	10
$M_{кр}$, Н·м	23 250
W_p , мм ³	150
$\tau_{кр}$, МПа	620

INDUSTRIAL PRACTICE OF ROLL TAPS USE

V.K. Shekhorin, V.V. Pronin

Department of Technology,
Machine-Tools and Industrial Automation
Egorievsk Technological Institute (branch) MSTU «STANKIN»
Profsovnaja str., 34, Egorievsk, Moscow Region, Russia, 140300

The article discusses roll taps exploration practice in real industrial conditions. There are also given some recommendations on the roll taps spheres of use in machines manufacture.

Key words: tapping, taps, strength calculation, design tool.