

УДК 621

П.А. Новиков, доцент, канд. техн. наук,
Ф.Н. Канареев, доцент, канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет
Студгородок, г. Севастополь, 299053

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОЩАДИ СРЕЗА МЕТАЛЛА ПРИ НАРЕЗАНИИ
ВНУТРЕННИХ МАЛЫХ РЕЗЬБ (М2...М6)**

Предлагается математическая модель учитывающая технологическую наследственность предыдущих обработок, влияющих на площадь среза единичного зуба режущего метчика.

Ключевые слова: площадь среза, единичный зуб, метчик, резьба.

Нарезание внутренних резьб осуществляется с помощью режущих метчиков и ведется по генераторной схеме (см. рисунок 1), когда каждый зуб заборного участка срезает определенную площадь металла. При образовании резьбы по этой схеме можно выделить три типа зубьев заборного участка: с неполным профилем, с полным профилем среза и последний зуб заборного участка.

Важным параметром процесса резания является площадь среза. Площадь среза наряду с другими факторами, такими как механические свойства обрабатываемого материала, геометрией инструмента, смазывающе-охлаждающая жидкость, скоростью резания, определяют силовые характеристики процесса резания [1].

При “ввинчивании” метчика, под действием возникающих сил происходит упругое скручивание метчика и имеет место поворот поперечных сечений, что приводит к подрезанию профиля резьбы (см. рисунок 2). Исследованиями установлено, что угол скручивания метчика может достигать до 55°.

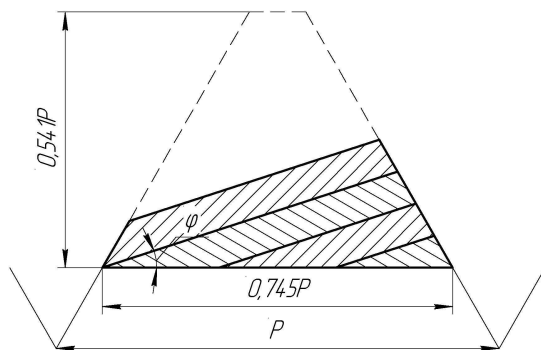


Рисунок 1 – Генераторная схема резания при резьбонарезании

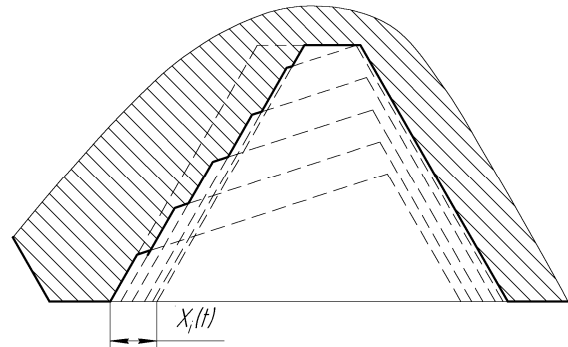


Рисунок 2 – Подрезание профиля резьбы при скручивании метчика

Площадь среза для каждого из типов зубьев представлена в таблице 1 [2].

Таблица 1 Площади среза в зависимости от типа зуба

Определяемые параметры	Схемы срезаемых слоев		
	1	2	3
Уравнения площадей срезаемого слоя	$S_m = \frac{0,645 \cdot P^2 \cdot \operatorname{tg} \varphi}{z^2} \times (m_i - 0,5)$ $m_i = 1 \dots z$	$S_k = \frac{P^2 \cdot \sin \varphi}{2 \cdot z} \times \left(\frac{1,29}{\cos \varphi} - \frac{2k_i - 1}{z} \right) \times \sin \varphi \cdot (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg}(\varphi + 30^\circ))$ $k_i = 1 \dots n$	$S_e = 0,0078 \cdot P^2 \cdot \sin^2 \varphi \times (\operatorname{tg}(\varphi + 30) + \operatorname{ctg} \varphi)$

Как видно из формул площадей представленных в таблице 1, все они являются статическими. Например, определить скорость изменения нагрузки при врезании инструмента в обрабатываемое отверстие не представляется возможным. Кроме того, не учитывается технологическая

наследственность, обусловленная как предыдущими технологическими операциями, так и следами от зуба уже участвующего в резании (см. рисунок 2).

Целью статьи является разработка математической модели площади среза осуществляемого каждым из зубьев метчика с учетом технологической наследственности, для прогнозирования возникающих при нарезании крутящих моментов.

Отверстия под нарезание внутренней резьбы получают обработкой давлением или сверлением. Эти технологические процессы определяют параметры технологической наследственности для резьбонарезания (отклонения диаметральных размеров, шероховатости и формы полученного отверстия и пр).

При разработке модели не учитывались шероховатость и форма отверстия.

Диаметральный размер отверстия, например для нарезания резьбы МЗ - 6Н, должен быть $2,5^{+0,1}$ [3]. Для применения моделируемой величины перейдем от диаметра отверстия к радиусу, т.е. для МЗ $R_{oms} = 1,25^{+0,05}$.

Принимаем, что величины размеров отверстий имеют случайный характер и удовлетворяют нормальному закону распределения и (см. рисунок 2).

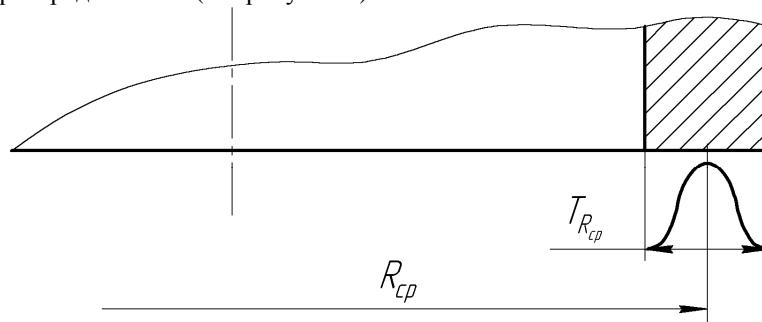


Рисунок 3 – Распределение величин отверстий

Моделирование случайной величины размера радиуса отверстия R_{oms} производится с помощью распространенного в различных математических пакетах оператора RANDOM, с условием подчинения последнего закону нормального распределения с математическим ожиданием m и средним квадратичным отклонением σ .

Например, для резьбы МЗ с радиусом отверстия $1,25^{+0,05}$, математическое ожидание будет равно:

$$m = 1,275.$$

Среднее квадратичное отклонение определяем из допуска на размер $Tr = 0,05 = 6\sigma$, откуда

$$\sigma = \frac{0,05}{6} = 0,0083.$$

(Анализ средне квадратичного отклонения размеров отверстий показывает, что при регламентированных допусках не всегда возможно получение резьбы с полной высотой профиля.)

Так, например, в математическом пакете MAPLE 7 моделируемая величина R_{oms} , выразится следующей строкой операторов:

$$R_{oms} = \text{stats}[\text{random}, \text{normald}[1,275,0,0083]]$$

Рассмотрим изменение площади среза при резании по следу оставленному от предыдущего зуба. На рисунке 4 представлены, в продольной плоскости проходящей через ось, профили режущих зубьев заборного участка метчика. Вводится допущение, что ось метчик и ось обрабатываемого отверстия находятся на одной прямой.

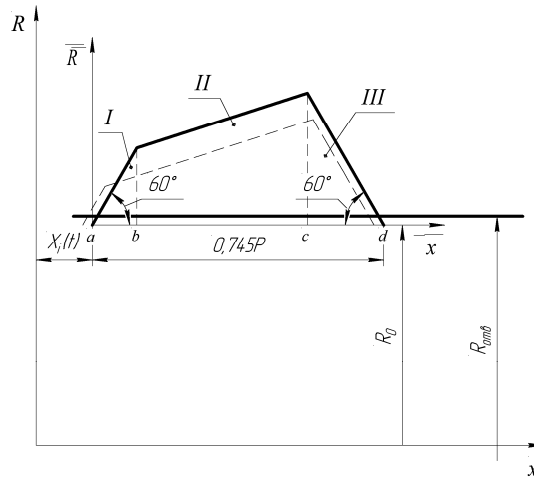


Рисунок 4 Профили соседних зубьев метчика:
 I – профиль N – го зуба; II – профиль N-1 зуба.

Для облегчения математического описания изменения площади среза рассмотрим профили I и II в координатах \bar{R} и \bar{x} , а затем, применив формулы преобразования, обратим зависимости в координаты R и x:

$$\left. \begin{aligned} x &= \bar{x} + X_i(t) \\ R &= \bar{R} + R_0 \end{aligned} \right\}$$

где $X_i(t)$ - величина осевого смещения зуба метчика при скручивании во время резбонарезания;

R_0 - внутренний радиус резьбы метчика.

Профиль N-го зуба заборного участка метчика разбивается на два составляющих данный профиль треугольника I и III трапецию II (см. рисунок 3). Определение площадей данных фигур не составит труда.

Площадь треугольника I:

$$s_1 = \int_a^b \bar{x} \cdot \tan 60^\circ dx;$$

трапеции II:

$$s_2 = \int_b^c \bar{x} \cdot \tan \varphi + \frac{0,541 \cdot P}{z} (N - 3) dx;$$

где φ - угол заборного конуса метчика;

P - шаг резьбы;

z - число режущих зубьев;

N - номер зуба.

Треугольника III:

$$s_3 = \int_c^f (0,745 \cdot P - \bar{x}) \cdot \tan 60^\circ dx;$$

Переходя из координат \bar{R} и \bar{x} в координаты R и x для профиля зуба N, получаем:

треугольник I:
$$s_1 = \int_a^b ((x - X_N(t)) \cdot \tan 60^\circ + R_0 - R_{омб}) dx; \tag{1}$$

трапеция II:
$$s_2 = \int_b^c \left((x - X_N(t)) \cdot \tan \varphi + \frac{0,541 \cdot P}{z} (N - 3) + R_0 - R_{омб} \right) dx; \tag{2}$$

треугольник III:
$$s_3 = \int_c^f \left((0,745 \cdot P - x + X_N(t)) \cdot \tan 60^\circ + R_0 + R_{омб} \right) dx; \tag{3}$$

где $X_N(t)$ - осевое смещение зуба метчика при скручивании;

R_0 - внутренний радиус резьбы метчика;

$R_{отв}$ - радиус отверстия под нарезание резьбы;

Верхние и нижние границы интегралов находятся в точке пересечения прямых, образующих профиль. Площадь профиля зуба заборного участка есть сумма интегралов (1), (2), (3):

$$S_N = s_1 + s_2 + s_3.$$

Площадь среза единичного зуба заборного участка есть разность площадей профилей N-го зуба и предыдущего, т.е. N-1:

$$S_N = s_N - s_{N-1}. \quad (4)$$

При этом площадь элементарной фигуры для профиля N-1 зуба отлична от выражений (1), (2), (3) лишь осевым смещением $X_{N-1}(t - \tau)$ зуба метчика, например:

$$s_1 = \int_a^b \left((x - X_{N-1}(t - \tau)) \cdot \tan 60^\circ + R_0 - R_{отв} \right) dx;$$

где τ - время между врезанием двух соседних зубьев метчика.

Из выражения (4) следует, что площадь среза зависит, как от геометрических параметров характеризующих тип нарезаемых резьб, так и от технологической наследственности, оставшейся от предыдущих обработок.

Библиографический список использованной литературы:

1. Аршинов В.А. Резание металлов и режущий инструмент / В.А. Аршинов, Г.А. Алексеев. - М: Машиностроение, 1982. - 480с.
2. Канареев Ф.Н. Силовые зависимости при нарезании резьб метчиками / Ф.Н. Канареев, А.О. Харченко, И.О. Харченко // Отделочно-чистовые методы обработки и инструменты в технологии машиностроения. – Барнаул, 1984. – С. 19-25.
3. Справочник конструктора-машиностроителя / Под ред. В.И. Анурьева. – М: Машиностроение, 1980. – Т. 1. – 680с.

Поступила в редакцию 20.01.2014 г.

Новиков П.А., Канареев Ф.Н. Моделивання площі зрізу металу при нарізуванні внутрішніх малих різьб (M2...M6)

Пропонується математична модель враховує технологічну спадковість попередніх обробок, що впливають на площу зрізу одиничного ріжучого зуба мітчика.

Ключові слова: площа зрізу, одиничний зуб, мітчик, різьба.

Novikov P.A., Kanareyev F.N. Modeling of square cut metal when cutting internal small threads (M2...M6)

A mathematical model taking into account technological heredity previous treatments affecting the cutting area of a single tooth of the cutting tool.

Keywords: square cut, single tooth, tap, thread.