

УДК 621.002

П.А. Новиков, аспирант

Ф.Н. Канареев, доц., канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: tm@sevgtu14.sebastopol.ua

ПЛОЩАДЬ СРЕЗА ПРИ НАРЕЗАНИИ ВНУТРЕННИХ РЕЗЬБ (М2...М6) С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

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

С момента становления области знаний об обработке материалов как науки, одной из её важнейших задач, актуальной и в наши дни, является соответствие параметров качества обработанных поверхностей заданным, ужесточающимся год от года. Проблема качества актуальна и для внутренних резьб малого диаметра, т.к. процесс формообразования резьбовой поверхности до конца не изучен.

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. Она наряду с другими факторами, такими как механические свойства обрабатываемого материала, геометрия инструмента, смазывающе-охлаждающая жидкость, скорость резания, определяет силовые характеристики процесса резания [1].

При «ввинчивании» метчика, под действием возникающих сил происходит упругое скручивание его 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° .

Впервые математическая модель площади среза для каждого из типов зубьев была предложена в [2] и представлена в таблице 1.

Как видно из формул площадей, представленных в таблице 1, в них не учитывается технологическая наследственность, обусловленная как предыдущими технологическими операциями, так и следами от зуба уже участвующего в резании (см. рисунок 2).

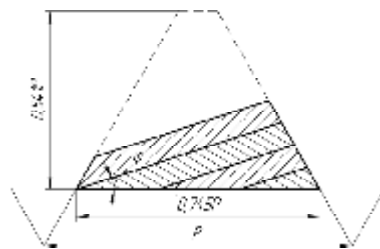


Рисунок 1 – Генераторная схема резания при резьбонарезании

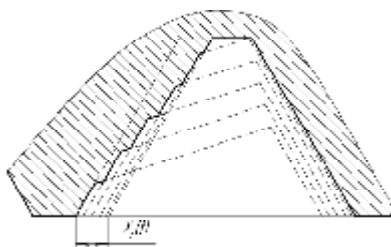


Рисунок 2 – Подрезание профиля резьбы при скручивании метчика

Целью статьи является разработка математической модели площади среза осуществляемого каждым из зубьев метчика с учетом технологической наследственности, для прогнозирования точности нарезаемой резьбы.

Таблица 1 – Площади среза в зависимости от типа зуба

Тип зуба заборного участка		
с неполным профилем	с полным профилем	последний зуб заборного участка
Схемы срезаемых слоев		
Уравнения площадей срезаемого слоя		
$S_m = \frac{0,645 \cdot P^2 \cdot \operatorname{tg} \varphi}{z^2} \times$ $\times (m_i - 0,5);$ $m_i = 1 \dots 3$	$S_k = \frac{P^2 \cdot \sin \varphi}{2 \cdot z} \times$ $\left(\frac{1,29}{\cos \varphi} - \frac{2k_i - 1}{z} \right) \times$ $\times \sin \varphi \cdot (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg}(\varphi + 30^\circ));$ $k_i = 1 \dots n$	$S_e = 0,0078 \cdot P^2 \cdot \sin^2 \varphi \times$ $\times (\operatorname{tg}(\varphi + 30^\circ) + \operatorname{ctg} \varphi)$

Здесь S_m, S_k, S_e – площади среза, соответственно зуба с неполным профилем, с полным профилем и последнего зуба заборного участка; P – шаг нарезаемой резьбы; φ – угол заборного конуса метчика; z – число перьев метчика; m_i – номер зуба с неполным профилем; k_i – номер зуба с полным профилем; n – число зубьев с полным профилем.

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

При разработке модели не учитывались шероховатости 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 (см. рисунок 3).

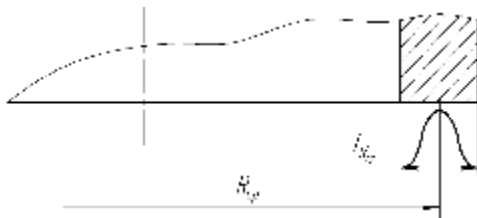


Рисунок 3 – Распределение величин отверстий

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

$$M_{cp} = 1,275 \text{ мм}.$$

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

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

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

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

Для облегчения математического описания изменения площади среза рассмотрим профиль зуба в координатах $\bar{R}$ и $\bar{x}$, а затем, применив формулы преобразования, обратим зависимости в координаты R и x , т.е.

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

где $X_i(t)$ – величина осевого смещения зуба метчика при скручивании во время резбонарезания; R_0 – внутренний радиус резьбы метчика.

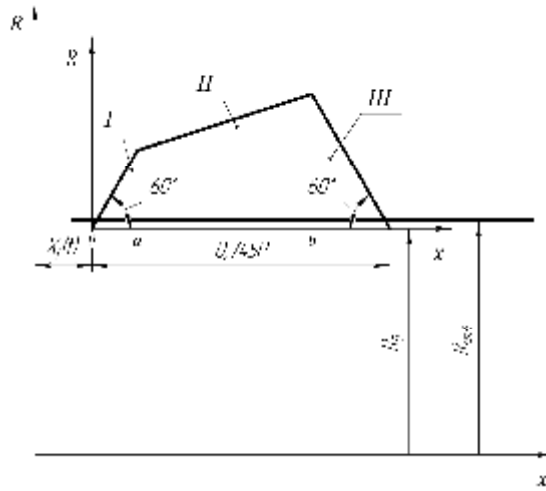


Рисунок 4 – Профиль N-го зуба метчика:
I, II, III – элементарные фигуры профиля

Профиль N-го зуба заборного участка метчика разбивается на два составляющих данный профиль треугольника I и III, и трапецию II (см. рисунок 4). Определение площадей данных фигур не составит труда

Площадь треугольника I равна:

$$\bar{s}_1 = \int_0^a \bar{x} \cdot \operatorname{tg} 60^\circ d\bar{x}.$$

Площадь трапеции II:

$$\bar{s}_2 = \int_a^b \bar{x} \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{0,541 \cdot P}{z} (N-3) d\bar{x},$$

где φ – угол заборного конуса метчика; P – шаг резьбы; z – число режущих зубьев; N – номер зуба.

Для треугольника III находим:

$$\bar{s}_3 = \int_b^{0,745 \cdot P} (0,745 \cdot P - \bar{x}) \cdot \operatorname{tg} 60^\circ d\bar{x}.$$

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

для треугольника I:

$$s_1 = \int_{X_N(t)}^{a+X_N(t)} ((x - X_N(t)) \cdot \operatorname{tg} 60^\circ + R_0 - R_{oms}) dx; \quad (1)$$

для трапеции II:

$$s_2 = \int_{a+X_N(t)}^{b+X_N(t)} \left((x - X_N(t)) \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{0,541 \cdot P}{z} (N-3) + R_0 - R_{oms} \right) dx; \quad (2)$$

для треугольника III:

$$s_3 = \int_{b+X_N(t)}^{0,745 \cdot P + X_N(t)} ((0,745 \cdot P - x + X_N(t)) \cdot \operatorname{tg} 60^\circ + R_0 - R_{oms}) dx. \quad (3)$$

Здесь $X_N(t)$ – осевое смещение зуба метчика при скручивании; R_0 – внутренний радиус резьбы метчика; R_{oms} – радиус отверстия под нарезание резьбы.

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

$$s_N = s_1 + s_2 + s_3.$$

Площадь среза единичного зуба заборного участка определяется разностью площадей профилей N-го зуба и предыдущего ($N-1$), т.е.

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

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

$$s_1 = \int_{X_{N-1}(t-\tau)}^{a+X_{N-1}(t-\tau)} ((x - X_{N-1}(t-\tau)) \cdot \operatorname{tg} 60^\circ + R_0 - R_{oms}) dx;$$

$$s_2 = \int_{a+X_{N-1}(t-\tau)}^{b+X_{N-1}(t-\tau)} \left((x - X_{N-1}(t-\tau)) \cdot \operatorname{tg} \varphi + \frac{0,541 \cdot P}{z} (N-3) + R_0 - R_{oms} \right) dx;$$

$$s_3 = \int_{b+X_{N-1}(t-\tau)}^{0,745 \cdot P + X_{N-1}(t-\tau)} \left((0,745 \cdot P - x + X_{N-1}(t-\tau)) \cdot \operatorname{tg} 60^\circ + R_0 + R_{oms} \right) dx,$$

где τ – время между врезанием двух соседних зубьев метчика.

Вышеперечисленные выражения площадей элементарных фигур справедливы для зубьев с полным профилем. Здесь не приводятся формулы площадей среза для других типов зубьев, чтобы не загружать статью, так как они являются частными случаями от уже описанных выражений.

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

Перспективы дальнейших исследований по данной тематике авторы видят в учете при моделировании формы отверстия под нарезание резьбы, а также существовании в реальных условиях некоторого эксцентриситета осей метчика и обрабатываемого отверстия, а также в описании его влияния на силовые характеристики резьбонарезания.

Библиографический список

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: Сб. науч. тр. — Барнаул, 1984. — С. 19 – 25.
3. Справочник конструктора машиностроителя / Под ред. В.И. Анурьева, — М.: Машиностроение, 1980. — 680с.

Поступила в редакцию 11.01.2006 г.