

Профилиране на резбонарезни ножове

Велико Иванов, Николай Станков, Александър Иванов

Abstract

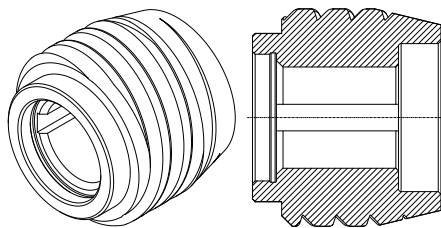
Methodology for analytical shaping the cutting part of thread turning profile tools is developed. Shaping provides the tool surface in which are formed cutting edges that obtaining accurate geometry of formed threaded and helix surfaces. Special prismatic profile turning tool is construct by using the methodology.

Key Words: shaping, tool surface, helix surface, profile turning tool.

ВЪВЕДЕНИЕ

Един от разпространените ефективни методи за формообразуване на винтови повърхнини, в това число и резби със сложен профил, е струговането с използване на профилни резбонарезни ножове. За да се получи зададеният профил на винтовата повърхнина без отклонения, е необходимо да се определят профилите на инструмента в нормално сечение и по предната повърхнината. Необходима е и такава ориентация на профилния нож, която да гарантира рационални стойности на предните и задните ъгли за всички точки от активния режещ ръб [3, 4].

Такъв е случаят с оформянето на профила на валцовачи ролки за валцоване на резбата на специални болтове за закрепване на железопътни релси към дървени траверси, наричани тирфони [6]. Такава ролка е показана на фиг. 1.



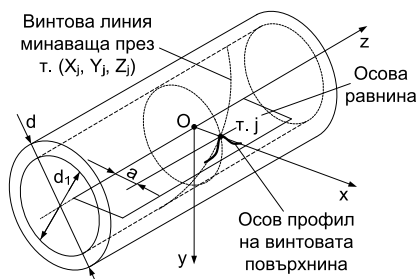
Фиг. 1. Валцоваща ролка за обработване на тирфони

Технологията за изработване на комплекта от три ролки включва стругова операция за многопроходно струговане на триходовата резба на струг с ЦПУ със специална конструкция профилен нож.

1. Методика за профилиране на резбонарезни ножове.

В процеса на формообразуване на резбата, ориентацията на профилния нож и винтовия канал в координатната система $Oxyz$ е показана на фиг. 3. Профилният нож в крайния етап на формиране на резбата достига точката с най-малкия вътрешен диаметър на винтовата впадина, наричана базова и е завъртян така, че в тази точка да се осигурят зададените преден ъгъл γ и заден ъгъл α . Ножът е завъртян и спрямо ос Ox на ъгъл λ , за да се гарантират еднакви условия на рязане на точките, обработващи страничните винтови повърхнини на впадината [4, 5]. Тази ориентация налага разработване на метод за определяне на профила на режещия ръб.

По-долу описаната аналитичната методиката е изградена на базата на условието, че точките от режещия ръб в завършващия етап на формообразуването са явяват точки от обработваните винтови повърхнини, които принадлежат и на предната повърхнина на ножа. Математически това означава, че координатите на тези точки трябва да удовлетворяват уравненията и на



Фиг. 2. Схема за определяне на уравнението на винтовата линия

винтовите линии, принадлежащи на винтовите повърхнини и на предната повърхнина.

Профилът на всяка винтова повърхнина или резба се задава най-често чрез координатите на точки, лежащи в осевата равнина Oxz на координатната система $Oxyz$ (фиг. 2). През всяка точка j от този профил може да се дефинира винтова линия с уравнение:

$$\begin{cases} X = \rho_j \cdot \cos\theta \\ Y = \rho_j \cdot \sin\theta \\ Z = Z_j + k \cdot p \cdot \theta \end{cases} \quad (1)$$

$$\rho_j = \sqrt{X_j^2 + Y_j^2}$$

където X, Y, Z са координатите на точка от винтовата линия в координатната система $Oxyz$, mm ;

X_j, Y_j, Z_j – координатите на j -та точка от профила на детайла в осево сечение в координатната система $Oxyz$, mm ;

ρ_j – радиус-вектор от оста Oz до j -та точка, mm ;

θ – ъглов параметър на винтовата линия, rad ;

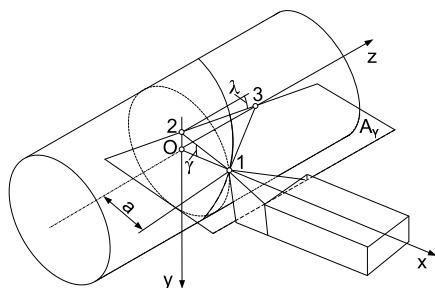
$p = \frac{Pn}{2\pi}$ – винтов параметър на винтовата линия, mm/rad ;

P – стъпка на винтовата линия, mm ;

n – брой ходове;

k – коефициент, зависещ от типа на резбата. При дясна резба $k=+1$, а при лява резба $k=-1$.

За определянето на уравнението на предната повърхнина A_v на ножа е необходимо да се дефинира геометричното разположение на предната повърхнина в координатна система $Oxyz$, като равнина минаваща през три точки – базовата



Фиг. 3. Схема за определяне на уравнението на предната повърхнина.

точка 1, т. 2, регламентираща предния ъгъл γ в базовата точка и т. 3, регламентираща ъгъла на наклона на предната повърхнина λ спрямо ос Oz , равен на ъгъла на подем на винтовата линия ω (фиг. 3). Координатите на тези точки са съответно – т. 1 ($a, 0, 0$), т. 2 ($-a \cdot \operatorname{tg}\gamma, 0$) и т. 3 ($0, 0, -\frac{a \cdot \operatorname{tg}\gamma}{\operatorname{tg}\lambda}$).

Разстоянието a е равно на радиус-вектора на базовата точка 1 в координатната система $Oxyz$, а ъгълът на подема на винтовата линия ω се определя по зависимостта:

$$\omega = \operatorname{arctg} \frac{n \cdot P}{\pi \cdot d_2}, \quad (2)$$

където n е брой ходове на резбата;

P – стъпка на резбата, mm ;

d_2 – среден диаметър на нарязваната резба, mm .

Ъгълът на подем приема положителна стойност “+” когато се отнася за дясна винтова линия, а отрицателна стойност “-” за лява винтова линия.

За равнина, минаваща през три точки е валидна матрицата:

$$\begin{vmatrix} X - X_1 & Y - Y_1 & Z - Z_1 \\ X_2 - X_1 & Y_2 - Y_1 & Z_2 - Z_1 \\ X_3 - X_1 & Y_3 - Y_1 & Z_3 - Z_1 \end{vmatrix} = 0, \quad (3)$$

След заместване на координатите на точките от фиг. 3, матрицата добива вида:

$$\begin{vmatrix} X - a & Y & Z \\ -a & -atg\gamma & 0 \\ 0 & atg\gamma & -\frac{atg\gamma}{tg\lambda} \end{vmatrix} = 0, \quad (4)$$

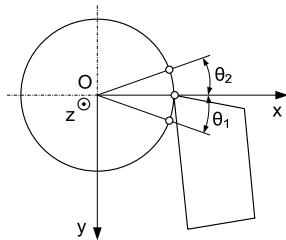
След преобразуване на матрицата (4) се получава уравнението на предната повърхнина в координатната система $Oxyz$:

$$(X - a).tg\gamma - Y - Z.tg\lambda = 0, \quad (5)$$

Тъй като през всяка точка от профила е прекарана винтова линия, принадлежаща на винтовата повърхнина, то тази винтова линия ще пресича предната повърхнина в определена точка. Съвкупността от тези точки, определят профила на режещия ръб, лежащ в равнината.

Определянето на координатите на тези точки от профила по предната повърхнина се извършва чрез заместване на (1) в (5) и решаване спрямо ъгъл θ на полученото трансцедентно уравнение:

$$(\rho_j \cdot \cos\theta - a).tg\gamma - \rho_j \cdot \sin\theta - (Z_j + k.p.\theta).tg\lambda = 0 \quad (6)$$



Фиг. 4. Схема за определяне на текущия параметър θ

Уравнението (6) се решава за всяка точка от режещия ръб като на текущия параметър θ се задават различни стойности в диапазон $\theta \in [-15^\circ \div 15^\circ]$ – фиг. 4. Точността на приблизителното решение на трансцедентното уравнение е 10^{-6} . Алгоритъмът на решението е показан чрез блок-схемата на фиг. 6.

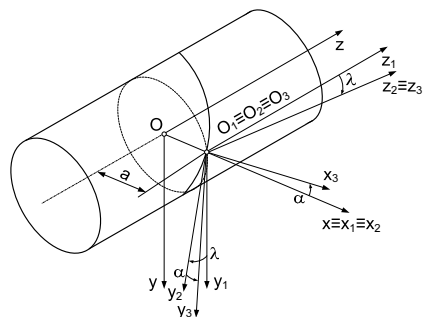
За определяне профила на ножа в нормално сечение, е необходимо да се въведат следните координатни системи – фиг. 5:

– координатна система $O_1x_1y_1z_1$, получена след трансляция по ос Ox на координатна система $Oxyz$;

– координатна система $O_2x_2y_2z_2$, получена след ротация около ос O_1x_1 на ъгъл λ , равен на ъгъла на подема на винтовата линия ω ;

– координатна система $O_3x_3y_3z_3$, получена след ротация около ос O_2z_2 на ъгъл α .

Профилът в нормално сечение се определя в координатна система $O_3x_3y_3z_3$.



Фиг. 5. Координатни системи при профилиране на резбонарезни ножове

Определянето на този профил се реализира чрез последователно използване на зависимостите за прехода от една в друга координатна система [1].

За транслацията по ос Ox :

$$\begin{cases} X_1 = X_i - a \\ Y_1 = Y_i \\ Z_1 = Z_i \end{cases} \quad (7)$$

За ротацията на ъгъл λ около ос O_1X_1 :

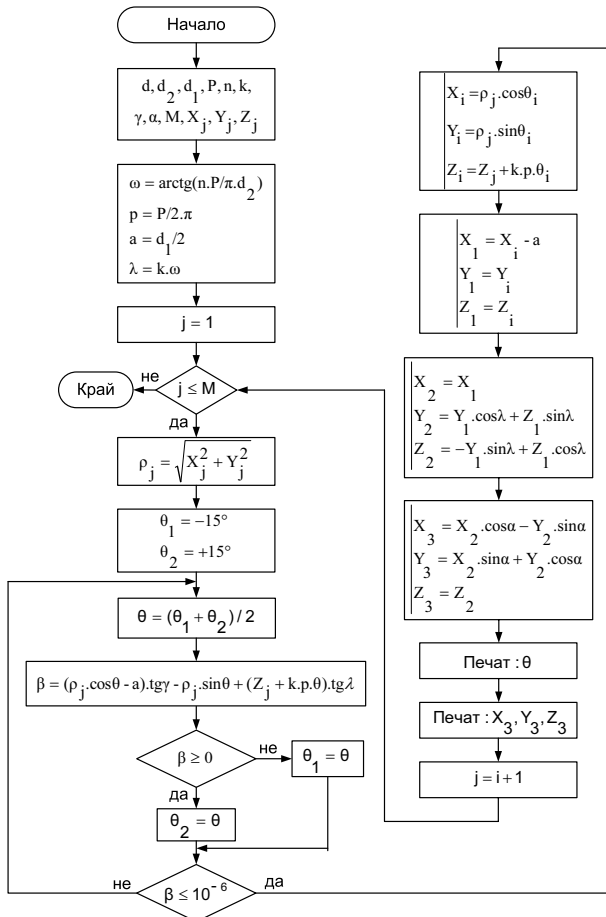
$$\begin{cases} X_2 = X_1 \\ Y_2 = Y_1 \cdot \cos \lambda + Z_1 \cdot \sin \lambda \\ Z_2 = -Y_1 \cdot \sin \lambda + Z_1 \cdot \cos \lambda \end{cases} \quad (8)$$

За ротацията на ъгъл α около ос O_2Z_2 :

$$\begin{cases} X_3 = X_2 \cdot \cos \alpha - Y_2 \cdot \sin \alpha \\ Y_3 = X_2 \cdot \sin \alpha + Y_2 \cdot \cos \alpha \\ Z_3 = Z_2 \end{cases} \quad (9)$$

2. Алгоритъм за профилиране на резбонарезни ножове.

На базата на методиката за аналитично профилиране е разработен алгоритъм за профилиране на режещите части на резбонарезен нож. Структурата на алгоритъма е показана на фиг. 6.



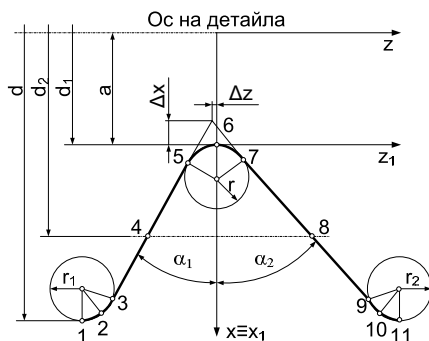
Фиг. 6. Алгоритъм на методиката за профилиране на резбонарезни ножове

3. Решение на задачата за профилиране на резбонарезни ножове.

Задачата за профилиране на резбонарезни ножове е решена за резбонарезен нож за формиране на винтовите повърхнини на валцоващите ролки от фиг. 1.

Профилирането е извършено по номиналните размери на обработваният детайл. Данните, дефиниращи винтовата повърхнина на ролката са: $d_1=73.6 \text{ mm}$, $d_2=77.8 \text{ mm}$, $d=82 \text{ mm}$, $P=12.7 \text{ mm}$, $n=3$, $r=0.2 \text{ mm}$, $r_1=1.5 \text{ mm}$, $r_2=3 \text{ mm}$, $\alpha_1=18^\circ$ и $\alpha_2=45^\circ$. Тези размери могат да бъдат определени и от конструктивната документация на изделието или ако липсва такава, чрез измерване на координати на определен брой точки от профила с трикоординатна измервателна глава [2].

С тези данни са определени координатите на възловите точки от профила на валцоващата ролка в осево сечение в координатната система $Oxyz$, дадени в табл. 1 (фиг. 7). За базова точка от профила на детайла е приета точката 6.



Фиг. 7. Профил на валцоващата ролка в осево сечение

Табл. 1. Координати на точките от профила на валцоващата ролка в осево сечение.

j	X _j , mm	Y _j , mm	Z _j , mm
1	41.00 0	0	-2.600
2	40.71 4	0	-1.718
3	39.96 4	0	-1.173
4	38.90 0	0	-0.828
5	36.93 8	0	-0.190
6	36.80 0	0	0.000
7	36.85 9	0	0.141
8	38.90 0	0	2.183
9	40.12 1	0	3.404
10	40.77 2	0	4.377
11	41.00 0	0	5.525

a=36.800 mm, Δx=0.172 mm,
Δz=-0.089 mm, α₁=18°, α₂=45°

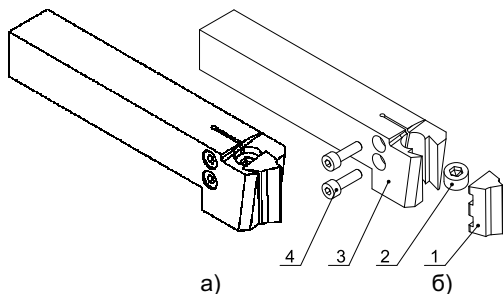
Координатите на точките от профила на ножа в нормално сечение, които се получават, са дадени в табл. 2.

4. Разработване на призматичен профилен нож.

Използвайки разгледаната по-горе методика за профилиране е разработен призматичен профилен нож за формиране на профила на валцоващите ролки, обработващи тирфони, показани на фиг. 1.

Табл. 2. Координати на точките от профила на резбонарезния нож в нормално сечение

M	θ, °	X ₃ , mm	Y ₃ , mm	Z ₃ , mm
1	0.4577	4.0560	1.3087	-2.5664
2	0.5804	3.7790	1.2193	-1.6947
3	0.5249	3.0549	0.9857	-1.1575
4	0.3467	2.0280	0.6543	-0.8181
5	-0.0080	0.1333	0.0430	-0.1877
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0491	0.0570	0.0184	0.1390
8	1.0203	2.0227	0.6526	2.1569
9	1.5539	3.1939	1.0306	3.3685
10	1.8939	3.8155	1.2311	4.3343
11	2.1814	4.0286	1.2999	5.4713



Фиг. 8. Призматичен профилен нож - а) общ вид и б) разглобен вид.

1 – режеща пластина, 2 – винт за настройка, 3 – държач и 4 – фиксиращи винтове

задан ъгъл $\alpha=8^\circ$ и ъгъл на наклона на предната повърхнина, равен на ъгъла на подем на винтовата линия $\omega=8^\circ51'36''$. Предният ъгъл $\gamma=10^\circ$ се осигурява чрез предварително заточване на режещата пластина на ъгъл $\gamma+\alpha=18^\circ$. Чрез винта 2 се извършва позициониране на пластината след заточване. Винтовете 4 служат за фиксиране на режещата пластина.

За проектираната специална конструкция призматичен профилен нож, чрез CAD системата *SolidWorks* е разработена пълна конструктивна документация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Могат да се направят следните изводи:

Разработената методика за аналитично определяне профила на режещата част на резбонарезни профилни ножове е универсална и може да бъде използвана за профилиране на различни инструменти за формиране на резби и други винтови повърхнини;

Разработеният профилен нож е технологична конструкция и притежава голям ресурс на работа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Барч Х. Й. Математически формули. Наука и изкуство, София, 1986.
- [2] Димитров Д. Трикоординатна измервателна глава. АМТЕСН'07, Габрово.
- [3] Иванов В. Режещи инструменти. Русе, 1998.
- [4] Родин П. Р. Режущий инструмент. Техника, Киев, 1966.
- [5] Родин П. Р. Проектирование и производство режущего инструмента, Техника, Киев, 1968.
- [6] www.rail-infra.bg. Инструкция за устройство и поддържане на горното строене на железния път и железопътните стрелки. София, 2010.

За контакти:

проф. д-н Велико Колев Иванов, катедра “Технология на машиностроенето и металорежещи машини”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 714, e-mail: vivanov@uni-ruse.bg; маг. инж. Николай Тодоров Станков, катедра “Технология на машиностроенето и металорежещи машини”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 714, e-mail: nstankov@uni-ruse.bg; гл. ас. д-р инж. Александър Кирилов Иванов, катедра “Технология на машиностроенето и металорежещи машини”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 714, e-mail: akivanov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.