

dr hab. inż. Stanisław OKOŃSKI, prof. nadzw. PK, dr inż. Ryszard MOSZUMAŃSKI
Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Inżynierii Materiałowej
kontakt: okonski@mech.pk.edu.pl
mgr inż. Marcin WOŁOWICZ
Grupa Azoty Automatyka sp. z o.o.

Walcowanie i nagniatanie gwintów wewnętrznych

Część I. Konstrukcja narzędzi

Rolling and burnishing of internal threads

Part I. The design of tools

Streszczenie

Walcowanie i nagniatanie gwintów wewnętrznych za pomocą głowic rolkowych zapewnia bardzo wysoką jakość wyrobów. Zastosowanie tych technologii jest jednak ograniczone do wykonywania gwintów drobnozwojowych o stosunkowo dużych średnicach nominalnych (powyżej 50 mm) w stalach niskowęglowych oraz stopach miedzi i aluminium, gdyż istotną trudność stanowi skonstruowanie i wykonanie wystarczająco sztywnych i wytrzymałych narzędzi. Opisane w artykule własne rozwiązania konstrukcyjne głowic rolkowych umożliwiają kształtowanie plastyczne gwintów wewnętrznych, począwszy od średnicy nominalnej 24 mm. Są one przedmiotem ochrony patentowej. Dzięki zastosowaniu wymiennych elementów możliwe jest walcowanie jednym narzędziem gwintów wewnętrznych o zbliżonych średnicach nominalnych i różnych skokach oraz zarysach.

Abstract

Rolling of internal threads with the use of rolling heads gives products of very high quality. Yet, the use of this technology is limited to made fine-pitch threads with relatively large nominal diameters (larger than 50 mm) in low carbon steels and copper and aluminum alloys, because the main reason is the difficulty in designing and making sufficiently rigid and durable tools. Our design solutions of the rolling heads described in the article enable plastic forming of internal threads starting from the nominal diameter of 24 mm and are protected by patents. Owing to the use of replaceable parts it is possible to roll with one tool the internal threads of similar nominal diameters but different pitches and profiles.

Słowa kluczowe: walcowanie, nagniatanie, gwinty wewnętrzne, głowice rolkowe

Keywords: *rolling, burnishing, internal threads, rolling heads*

1. WPROWADZENIE

Istnieje kilka sposobów kształtowania plastycznego gwintów wewnętrznych:

- wgniatanie,
- walcowanie za pomocą głowic rolkowych,
- obciskanie na gwintowanym trzpieniu (za pomocą kucia na kowarkach, ciągnięcia, walcowania itp.),
- wkręcanie śrub samogwintujących (dla połączeń nierozłącznych),

z których największe znaczenie w produkcji wyrobów z gwintem wewnętrznym ma pierwszy z nich [1, 2, 3]. W procesie tym narzędzie

1. INTRODUCTION

There are several methods for plastic forming of internal threads:

- *embossing technology,*
- *rolling with rolling heads,*
- *radial compression on a threaded spindle (by forging on swagging machines, drawing, rolling, etc.),*
- *screwing in of self-tapping screws (for permanent joints)*

of which the most important in the production of parts with internal threads is the first method [1, 2, 3]. In this process, a tool like a tap, but

podobne do gwintownika, lecz nie posiadające rowków wiórowych i krawędzi skrawających¹, kształtuje plastycznie gwint w warunkach tarcia ślizgowego. Podczas walcowania gwint jest kształtowany przez obrotowe rolki głowicy, co zmienia warunki tarcia, powodując – w porównaniu z wygniataaniem – zmniejszenie momentu obciążającego narzędzie. Trwałość rolek w głowicach znacznie przewyższa trwałość gwintowników wygniatających. Istotną trudność stanowi zaprojektowanie dostatecznie wytrzymałej i sztywnej głowicy, która musi zmieścić się w otworze pod gwint.

Gwinty kształtowane plastycznie mają szereg zalet. Możliwe jest uzyskanie niskiej chropowatości powierzchni i dużej dokładności. Gwint ma podwyższoną wytrzymałość na ścinanie i docisk powierzchniowy [1, 2–4, 11].

W podsumowaniu można stwierdzić, że zastosowanie walcowania jest możliwe i celowe w przypadku gwintów wewnętrznych o dużych średnicach i małych skokach w materiałach plastycznych o małej twardości (np. stali niskowęglowych oraz stopów miedzi i aluminium do przeróbki plastycznej), dla których wykonanie gwintu o wysokiej jakości metodami obróbki wiórowej jest utrudnione. Dotyczy to również gwintów z zarysami specjalnymi – np. z dużymi kątami wierzchołkowymi.

W literaturze spotyka się propozycje różnych rozwiązań konstrukcyjnych głowic rolkowych, jednak dotyczą one zwykle średnic powyżej 50 mm [1, 4]. W pracy niniejszej przedstawiono rozwiązania konstrukcyjne głowic rolkowych do gwintów metrycznych i specjalnych, począwszy od średnicy nominalnej 24 mm, wzorowane na własnych opracowaniach [2, 5–11] i chronione patentami [12, 13].

2. KONSTRUKCJA GŁOWIC ROLKOWYCH DO WALCOWANIA LUB NAGNIATANIA GWINTÓW WEWNĘTRZNYCH

2.1 Rozwiązania konstrukcyjne głowic rolkowych

Na rys. 1 i 3 pokazano dwie wersje rozwiązania Konstrukcyjnego głowic przeznaczonych do

without chip grooves and cutting edges¹, shapes by plastic working the thread under the conditions of sliding friction. During rolling, the thread is formed by a rotating head rolls, which changes the conditions of friction, reducing – compared with embassing tap – the tool load torque. The life of rolls in the heads is much longer than the life of embassing taps. The main difficulty is in designing a sufficiently robust and rigid head, which must get into the threaded hole.

Threads formed by plastic working have a number of advantages. It is possible to obtain low surface roughness and high precision. The thread offers better shear resistance and resistance to surface pressure [1, 2–4, 11].

In short it can be stated that the use of rolling is possible and advisable in the case of internal threads of large diameters and small pitch values, when threads are made in plastic materials with low hardness (such as low carbon steel and copper and aluminum alloys for plastic forming), for which making a high-quality thread by the methods of machining would be too difficult. This also applies to threads with special profiles, e.g. with large angle of top profile.

Technical literature proposes various design solutions for the rolling heads, but they usually refer to diameters larger than 50 mm [1, 4]. This study, basing on the results of own research [2, 5–11] and specifications protected by patents [12, 13], offers the design solutions for rolling heads used in the manufacture of parts with metric and special threads, starting from the nominal diameter of 24 mm.

2. CONSTRUCTION OF ROLLING HEADS FOR ROLLING OR BURNISHING OF INTERNAL THREADS

2.1 Design solutions for rolling heads

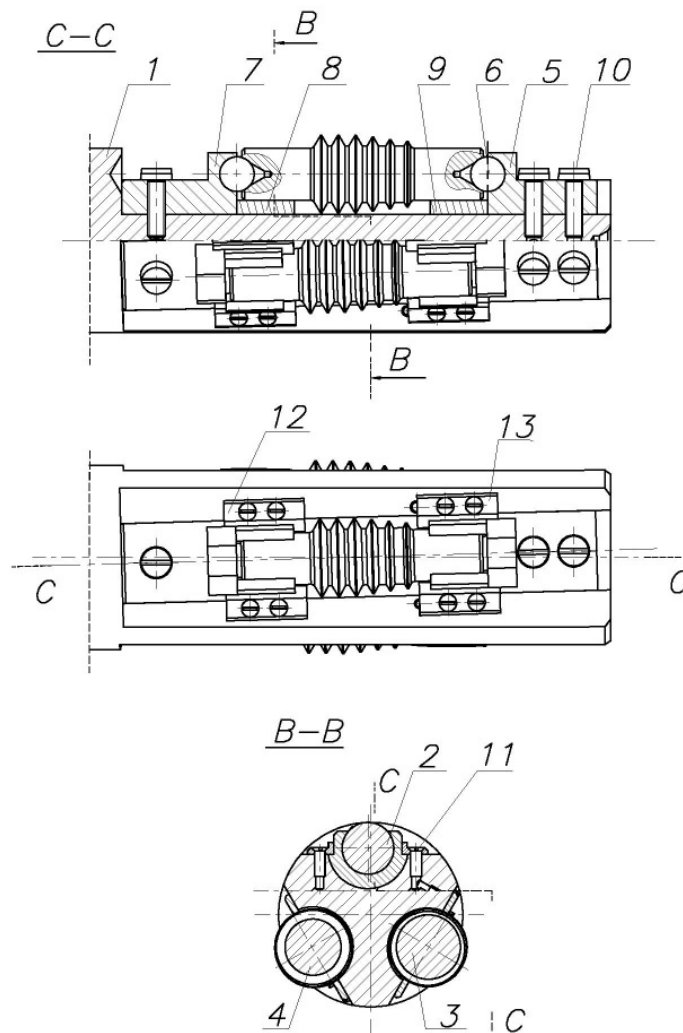
Fig. 1 and 3 show two versions of a design solution for heads used in rolling or burnishing of

walcowania lub nagniatania gwintów wewnętrznych w otworach przelotowych. Rys. 2 przedstawia prototypową głowicę wykonaną w Zakładzie Narzędziowym WSK „PZL – Rzeszów” [11]. W zależności od rodzaju materiału obrabianego oraz średnicy i skoku kształtowanego gwintu, narzędzia te mogą być – ze względu na ograniczoną wytrzymałość lub trwałość ich elementów (rolek, łożysk i korpusu) – wykorzystane do:

- walcowania gwintu o pełnym zarysie wprost w otworze półwyrobu,
- walcowania gwintu wstępnie wykonanego za pomocą obróbki skrawaniem i mającego średnice mniejsze od nominalnych,
- nagniatania gwintu wstępnie wykonanego za pomocą obróbki skrawaniem.

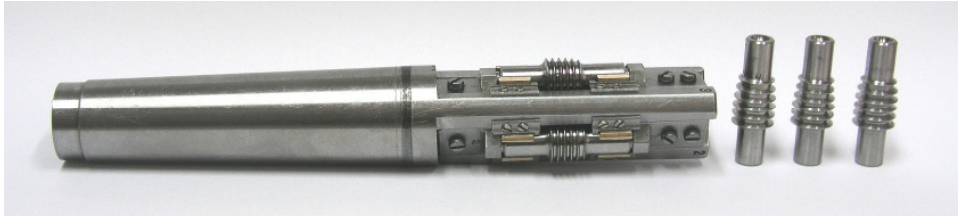
internal threads in open holes. Fig. 2 shows a prototype head made by the WSK "PZL – Rzeszów" Toolmaking Plant [11]. In depending on the workpiece material and on the dimensions of shaped thread – in view of the limited strength and performance life of the heads components (rolls, bearings and body) – this tool can be used in the following operations:

- *rolling full thread profile directly in the blank hole,*
- *finish rolling of the thread initially made by machining, with diameters smaller than the nominal ones,*
- *finish burnishing of the thread initially made by machining.*



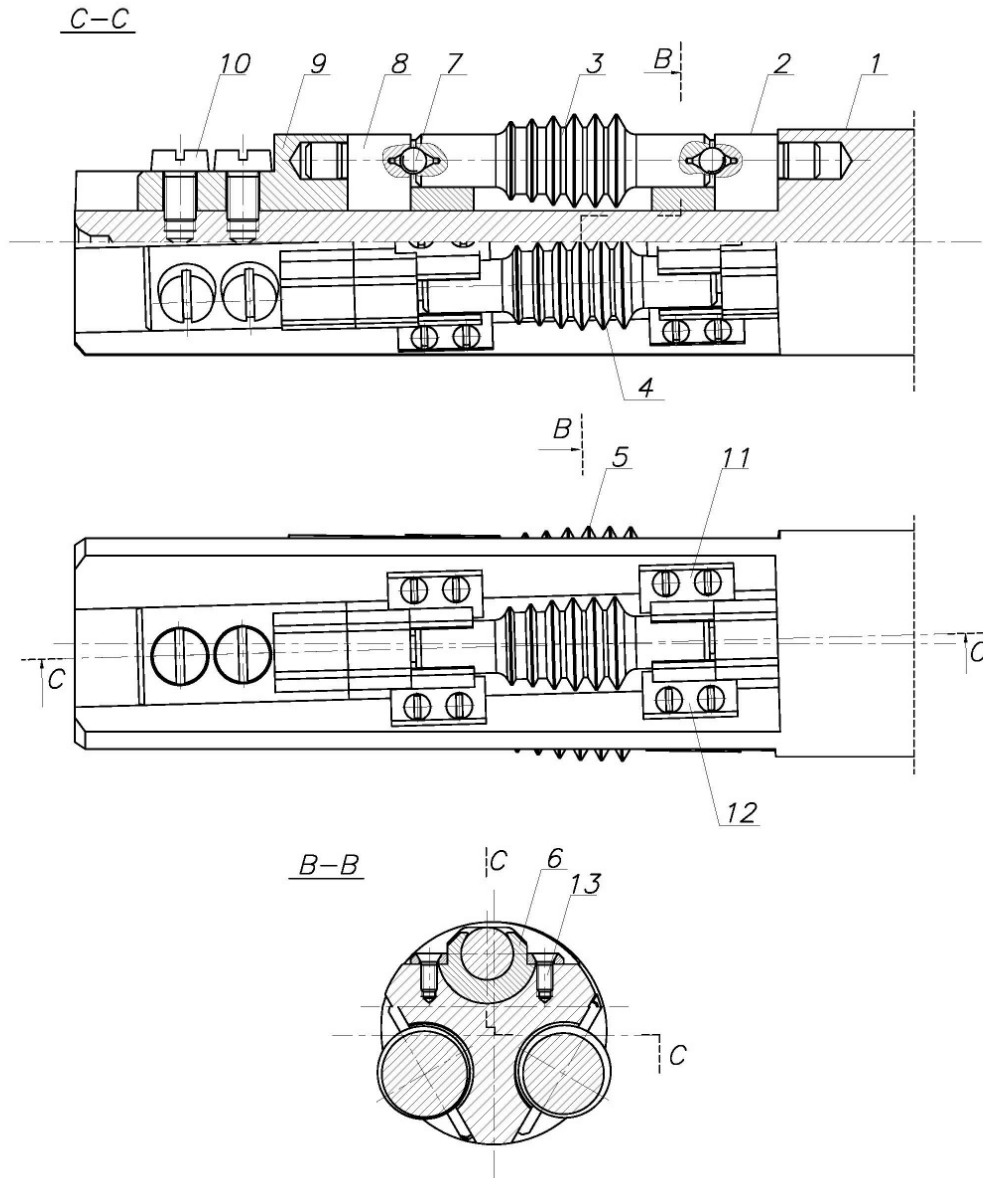
Rys. 1. Głowica M36x3 (nie pokazano części chwytowej), wersja I: 1 – korpus, 2, 3, 4 – rolki, 5, 7 – wkładki oporowe, 6 – kulka łożyskowa, 8, 9 – panewki ślizgowe, 10, 11 – wkręty, 12, 13 – nakładki ustalające i mocujące panewki ślizgowe

Fig. 1. Head for rolling of M36x3 threads (the handle is not shown) version I: 1 – body, 2, 3, 4 – rolls, 5, 7 – thrust pads, 6 – bearing balls, 8, 9 – slide shells, 10, 11 – screws, 12, 13 – fixing and clamping plates for slide shells



Rys. 2. Głowica M36 z wymiennymi rolkami, wersja I (prototyp wykonany w Zakładzie Narzędziowym WSK „PZL – Rzeszów”)

Fig. 2. Head for rolling of M36 threads with replaceable rolls, version I (prototype made by the WSK "PZL – Rzeszów" Toolmaking Plant)



Rys. 3. Głowica M24x2 (nie pokazano części chwytowej), wersja II: 1 – korpus, 2, 8 – wkładki ustalające, 3-5 – rolki, 6 – panewki ślizgowe, 7 – kulki łożyskowe, 9 – wkładki oporowe, 10, 13 – wkręty, 11, 12 – nakładki ustalające i mocujące panewki ślizgowe

Fig. 3. Head for rolling of M24x2 threads (the handle is not shown) version II: 1 – body, 2, 8 – locating pads, 3-5 – rolls, 6 – slide shells, 7 – bearing balls, 9 – thrust pads, 10, 13 – screws, 11, 12 – fixing and clamping plates for slide shells

W obydwu wersjach konstrukcji głowic rolki mają rowki pierścieniowe o odpowiednim zarysie. W korpusie wykonane są wycięcia walcowe, których osie po rzutowaniu na płaszczyznę poziomą tworzą z osią głowicy kąt τ_k , który może być równy kątowi wzniosu linii śrubowej gwintu τ :

$$\tau_k = \tau = \arctg \frac{P}{\pi D_2} \quad (1)$$

gdzie: P – skok, D_2 – średnica podziałowa gwintu. Jeżeli przewiduje się walcowanie przy użyciu jednego korpusu i wymiennych rolek (oraz niektórych elementów głowicy) gwintów o innych skokach (P_i) i średnicach podziałowych (D_{2i}), to może być konieczne zastosowanie specjalnych panewek wg [10], w których oś otworu jest nachylona względem osi powierzchni zewnętrznej pod kątem $\Delta\tau_i$:

$$\Delta\tau_i = \left| \arctg \frac{P}{\pi D_2} - \arctg \frac{P_i}{\pi D_{2i}} \right| \quad (2)$$

Korekta ta jest stosowana, gdy $\Delta\tau_i > 0^\circ 30'$.

Dla dużych średnic D_2 i D_{2i} korekta nie jest wymagana, ze względu na małe wartości $\Delta\tau_i$. Kąt τ_k może być określony jako wartość średnia kątów wzniosu τ gwintów przeznaczonych do walcowania [8].

Obie wersje konstrukcji różnią się od siebie sposobem ustalania i mocowania rolek i łożysk ślizgowych w korpusie. Wkładki oporowe 5 i 7 (wersja I) oraz ustalające 2, 8 (wersja II) są pasowane luźno w wycięciach korpusu. Zastosowanie panewek ślizgowych ze skośnymi otworami wymaga wykonania we wkładkach 5, 7 (wersja I) lub 2, 8 (wersja II) wybrań kulistych o osiach przesuniętych względem osi symetrii tych wkładek. Ponadto w wersji II czopy wkładek ustalających 2 i 8 są pasowane luźno w otworach wkładek oporowych 9.

2.2. Główne wymiary głowic i ich elementów

Średnice d , d_2 i d_1 głowicy. Do obliczenia średnic d (zewnętrznej), d_2 (podziałowej) i d_1 (wewnętrznej) proponuje się następujące zależności:

In both versions of the rolling heads design, the rolls have annular grooves with properly shape. In the body, cylindrical cuts are made. The axes of this cuts after being projected onto a horizontal plane form with the axis of the head an angle τ_k , which may equal the helix angle of the thread τ :

$$\tau_k = \tau = \arctg \frac{P}{\pi D_2} \quad (1)$$

where: P – pitch, D_2 – pitch diameter. If threads with other pitches (P_i) and pitch diameters (D_{2i}) are to be rolled using one body with interchangeable rolls (and also some other elements of the head), then the use of special sliding shells according to [10] may be necessary, in which the axis of the hole is twisted in respect of the outer surface axis at an angle $\Delta\tau_i$:

$$\Delta\tau_i = \left| \arctg \frac{P}{\pi D_2} - \arctg \frac{P_i}{\pi D_{2i}} \right| \quad (2)$$

This adjustment is needed when $\Delta\tau_i > 0^\circ 30'$, but is not required in the case of large diameters D_2 and D_{2i} , because $\Delta\tau_i$ values are small. The angle τ_k can be defined as a mean value of the helix angles τ of the threads made by rolling [8].

Both structures differ as regards the way rolls and sliding shells are mounted and fixed in the body. Thrust pads 5 and 7 (version I) and locating pads 2 and 8 (version II) are loosely fitted in the notches of the body. The use of sliding shells with oblique holes requires making in pads 5, 7 (version I) or 2, 8 (version II) spherical cavities with axes offset in respect of the pad axis of symmetry. Additionally, in version II, pins of locating pads 2 and 8 are loosely fitted in the holes of thrust pads 9.

2.2 Main dimensions of rolling heads and their components

Diameters d , d_2 and d_1 of the rolling head. To calculate the diameters d_r (outer), d_{2r} (pitch) and d_1 (inner), the following relationships are proposed:

$$d = (D + 0,15P)_{-T_d} \quad (3)$$

$$d_2 = (D_2 + T_{D_2})_{-T_{d_2}} \quad (4)$$

$$d_1 = (D_1)_{-T_{d_1}} \quad (5)$$

gdzie: D , D_2 , D_1 – odpowiednie średnice gwintu walcowanego (nominalna, podziałowa i wewnętrzna), P – skok gwintu, T – odpowiednie tolerancje.

Średnice rolek: d_r (zewnętrzna), d_{2r} (podziałowa) i d_{1r} (wewnętrzna) oraz odległość c osi rolek od osi głowicy. Wymiary te oblicza się, przyjmując:

$$d_r \approx \beta d \quad (6)$$

(współczynnik $\beta \approx 0,35 \div 0,37$ – wg [6])

$$c = \frac{d - d_r}{2} \quad (7)$$

$$d_{2r} = d_2 - 2c \quad (8)$$

$$d_{1r} \leq d_r - d + d_1 \quad (9)$$

Analiza wymiarów elementów głowicy.

Tolerancja średnicy podziałowej jest równa sumie tolerancji wymiarów składowych [6, 7, 11]:

$$T_{d_2} = \sum T_i = 2T_c + T_{d_w} + T_{d_{p_2}} + T_{d_{p_1}} + T_{d_c} + T_{d_a} \quad (10)$$

gdzie indeksy przy oznaczeniach poszczególnych tolerancji T dotyczą następujących wymiarów: odległości osi rolki od osi głowicy (c), średnicy wycięcia pod panewki ślizgowe w korpusie (d_w), średnic: zewnętrznej i wewnętrznej panewki ślizgowej (odpowiednio: d_{p_2} i d_{p_1}), średnicy czopa rolki (d_c). Oczywiście musi być spełniony warunek:

$$\sum T_i + \delta < T_{D_2} \quad (11)$$

gdzie δ oznacza zmniejszenie średnicy D_2 po wyjściu narzędzia z otworu wskutek odkształceń sprężystych (przedmiotu obrabianego i głowicy). Różnica:

$$Z = T_{D_2} - \sum T_i - \delta > 0 \quad (12)$$

stanowi zapas na zużycie. Wartość δ należy wyznaczyć doświadczalnie. Przy dużych wartościach δ warunek (12) może nie być

$$d = (D + 0,15P)_{-T_d} \quad (3)$$

$$d_2 = (D_2 + T_{D_2})_{-T_{d_2}} \quad (4)$$

$$d_1 = (D_1)_{-T_{d_1}} \quad (5)$$

where: D , D_2 , D_1 – diameters of the rolled thread – nominal, pitch and inner, respectively, P – pitch, T – appropriate tolerances.

Diameters of the rolls: d_r (outer), d_{2r} (pitch) and D_{1r} (inner) and distance c between the roll – head axes. These dimensions are calculated assuming the following:

$$d_r \approx \beta d \quad (6)$$

(factor $\beta \approx 0,35 \div 0,37$ – according to [6]).

$$c = \frac{d - d_r}{2} \quad (7)$$

$$d_{2r} = d_2 - 2c \quad (8)$$

$$d_{1r} \leq d_r - d + d_1 \quad (9)$$

Analysis of the dimensions of head components. Tolerance on the pitch diameter is equal to the sum of component tolerances [6, 7, 11]:

$$T_{d_2} = \sum T_i = 2T_c + T_{d_w} + T_{d_{p_2}} + T_{d_{p_1}} + T_{d_c} + T_{d_{2r}} \quad (10)$$

where subscripts at the designations of individual tolerances T refer to the following dimensions: the distance between the roll – head axes (c), the diameter of the spherical notch in the body for the sliding shells (d_w), the diameters of the outer and inner sliding shells (d_{p_2} and d_{p_1} , respectively), the diameter of the roll pin (d_c). Of course, the following condition must be met:

$$\sum T_i + \delta < T_{D_2} \quad (11)$$

where δ is the reduction in diameter D_2 due to elastic deformation (of the workpiece and head) after the tool has left the hole. The difference:

$$Z = T_{D_2} - \sum T_i - \delta > 0 \quad (12)$$

is the wear allowance. The value δ should be determined experimentally. For large δ values, condition (12) may not be satisfied.

spełniony (Z może być mniejsze od zera). W takim przypadku konieczna staje się modyfikacja wzoru (4), polegająca na dodaniu do wyznaczanej średnicy podziałowej d_2 głowicy odpowiedniej poprawki. Z analizy wzoru (10) wynika, że poszczególne elementy głowicy winny być wykonane w 6 lub 7 klasie dokładności.

Konstrukcja części wejściowych rolek.

Wysokości wierzchołków zarysu części wejściowych rolek można dobrać z wykorzystaniem warunku jednakowej powierzchni materiału, odkształcanej przez te wierzchołki. Wobec tego kolejne powierzchnie przekrojów f_i ($i = 1 \div n$) ponad średnicą D_0 otworu pod gwint (rys. 4) winny spełniać związki:

$$f_n = n f_1 \quad (13)$$

$$f_i = (a_w + x_i) h_i \quad (14)$$

$$x_i = h_i \operatorname{tg} \alpha \quad (15)$$

$$h_n = \frac{d - D_0}{2} \quad (16)$$

Wykorzystując powyższe wzory, otrzymujemy równania, z których wyznacza się kolejne wysokości h_i :

– dla $i = 1$:

$$n(a_w + h_1 \operatorname{tg} \alpha) h_1 = \left(a_w + \frac{d - D_0}{2} \operatorname{tg} \alpha \right) \frac{d - D_0}{2} \quad (17)$$

– dla $i = 2, \dots, n$:

$$i(a_w + h_i \operatorname{tg} \alpha) h_i = h_i (a_w + h_i \operatorname{tg} \alpha) \quad (18)$$

gdzie:

$$a_w = \frac{P}{2} - (d - d_2) \operatorname{tg} \alpha \quad (19)$$

$$a_d = \frac{P}{2} - (d_2 - d_1) \operatorname{tg} \alpha \quad (20)$$

(Z can be less than zero). In this case, some the modifications to equation (4) may be necessary, i.e. introducing a relevant correction to the calculated pitch diameter d_2 of the head. From the analysis of equation (10) it follows that individual head components should conform to the accuracy grade 6 or 7.

The design of the roll entry profile. The height of the top part of the roll entry profile can be adjusted using the condition of an equal surface area of the material deformed by the roll crests. Hence, each next surface area of the section f_i ($i = 1 \div n$) above the diameter D_0 of the threaded hole (Fig. 4) should satisfy the following relationships:

$$f_n = n f_1 \quad (13)$$

$$f_i = (a_w + x_i) h_i \quad (14)$$

$$x_i = h_i \operatorname{tg} \alpha \quad (15)$$

$$h_n = \frac{d - D_0}{2} \quad (16)$$

Using the above formulae, the equations are derived from which the successive values of the height h_i are determined:

– for $i = 1$:

$$n(a_w + h_1 \operatorname{tg} \alpha) h_1 = \left(a_w + \frac{d - D_0}{2} \operatorname{tg} \alpha \right) \frac{d - D_0}{2} \quad (17)$$

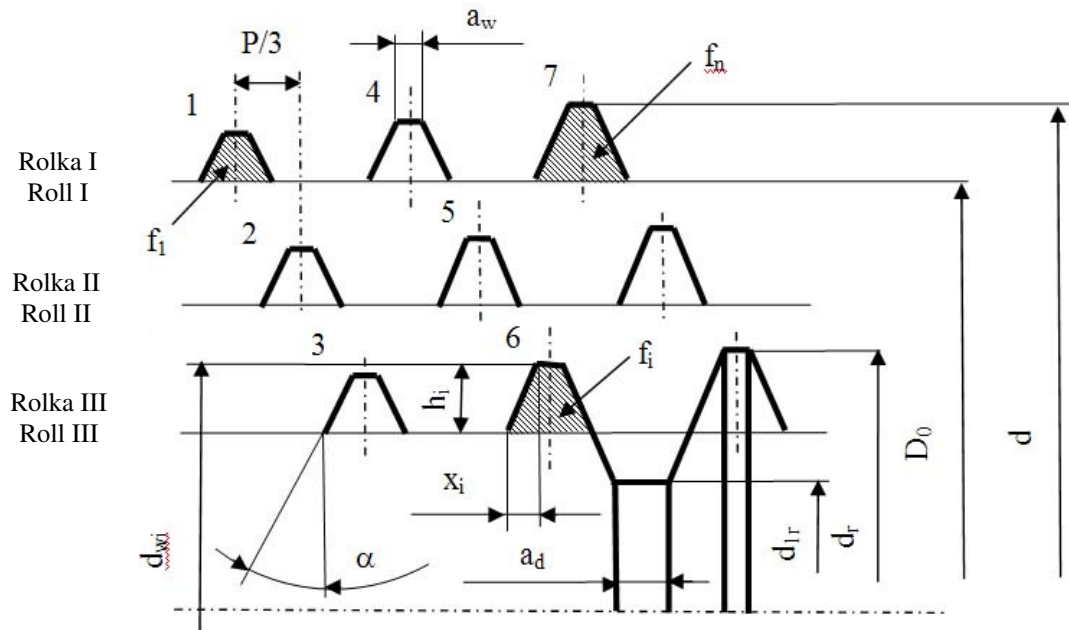
– for $i = 2, \dots, n$:

$$i(a_w + h_i \operatorname{tg} \alpha) h_i = h_i (a_w + h_i \operatorname{tg} \alpha) \quad (18)$$

where:

$$a_w = \frac{P}{2} - (d - d_2) \operatorname{tg} \alpha \quad (19)$$

$$a_d = \frac{P}{2} - (d_2 - d_1) \operatorname{tg} \alpha \quad (20)$$



Rys. 4. Zarysy części wejściowych kolejnych rolek dla $n = 7$ (d, D_0 – średnice: nominalna głowicy i otworu pod gwint, d_r – średnica zewnętrzna rolki, d_{lr} – średnica rdzenia rolki, P – skok gwintu, α – połowa kąta wierzchołkowego gwintu)

Fig. 4. Profiles of the entry parts of successive rolls for $n = 7$ (d, D_0 – diameters: nominal of the head and threaded hole, d_r – inner diameter of the roll, d_{lr} – diameter of the roll core, P – thread pitch, α – half angle of the thread profile)

Średnice kolejnych wierzchołków części wejściowych zarysu rolek oblicza się ze wzoru:

$$d_{wi} = D_0 - 2(c - h_i) \quad (21)$$

Dodatkowo, aby uniknąć asymetrii obciążenia głowicy (zginania korpusu) podczas wejścia pierwszej rolki do otworu, dodaje się na początku części roboczej każdej z rolek wierzchołek pilotujący o średnicy d_{w0} :

$$d_{w0} = D_0 - 2c \quad (22)$$

Liczba wierzchołków zarysu części roboczej rolek. Po dodaniu wierzchołka pilotującego całkowita liczba wierzchołków wyraża się wzorem:

$$z = z_w + z_k + 1 \quad (23)$$

przy czym liczba wierzchołków części wejściowej z_w wynosi:

- dla $n = 4$: $z_w = 1$,
- dla $n = 7$: $z_w = 2$,
- dla $n = 10$: $z_w = 3$.

z_k oznacza liczbę wierzchołków części kalibrującej (o średnicy d_r); pomiędzy liczbą n a liczbą wierzchołków części wejściowej z_w istnieje związek:

The diameters of the each next top part of the roll entry profile are calculated from the following equation:

$$d_{wi} = D_0 - 2(c - h_i) \quad (21)$$

Additionally, to avoid asymmetry in the head loading scheme (bending of the body), during entry of the first roll into the blank hole, a pilot crest of a diameter d_{w0} is added at the start of the working part of each of the rolls:

$$d_{w0} = D_0 - 2c \quad (22)$$

Number of crests in the roll working part profile. After adding a pilot crest, the total number of crests is given by the following equation:

$$z = z_w + z_k + 1 \quad (23)$$

where the number of crests in the entry part z_w is:

- for $n = 4$: $z_w = 1$,
- for $n = 7$: $z_w = 2$,
- for $n = 10$: $z_w = 3$.

z_k is the number of crests in the calibrating part (of diameter d_r); between the number n and the number of crests in the entry part z_w there is the following relationship:

$$n = 3z_w + 1 \quad (24)$$

W skonstruowanych narzędziach $n = 7$. Rolki w głowicach do nagniatania mogą być takie same jak dla walcowania, lub krótsze ($n = 4$). Dalsze szczegóły i przykładowe obliczenia można znaleźć w [9, 11].

3. UWAGI KOŃCOWE

Przedstawione w artykule konstrukcje głowic rolkowych stanowią oryginalne rozwiązania i są przedmiotem ochrony patentowej [12, 13]. Dzięki zastosowaniu wymiennych elementów (rolek, wkładek oporowych i panewek ślizgowych) możliwe jest walcowanie lub nagniatanie jednym narzędziem gwintów wewnętrznych o zbliżonych średnicach nominalnych i różnych skokach oraz zarysach.

Wykonane prototypy głowic o średnicach nominalnych 24 i 36 mm zostały sprawdzone podczas badań doświadczalnych procesów walcowania i nagniatania gwintów wewnętrznych.

Dobór parametrów obróbki, wyniki badań doświadczalnych oraz przybliżona ocena obciążeń rolek i łożysk ślizgowych głowic będą tematem następnej publikacji (w niniejszym numerze).

Artykuł został opracowany w znacznej części na podstawie wyników osiągniętych podczas realizacji projektu badawczego [11], finansowanego ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (Program Wieloletni pn. Doskonalenie systemów rozwoju innowacyjności w produkcji i eksploatacji w latach 2004–2008).

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Łyczko K.: Technologia narzędzi i wygniatania gwintów wewnętrznych. Politechnika Częstochowska, Częstochowa 1999.
- [2] Okoński S., Polański Z., Sołkowski T.: Dokładna obróbka plastyczna. Czasopismo Techniczne, z. 4 i 6 M, 1970.
- [3] Рыжов Е. В., Андрейчиков О. С., Шешков А. Е.: Раскатывание внутренних резб. Изд. Машиностроение, Москва 1974.
- [4] Żurawski Z., Sikora J., Płużek J.: Walcowanie gwintów. WNT, Warszawa 1962.
- [5] Kuma W., Wołowicz M.: Konstrukcja głowic rolkowych do walcowania lub nagniatania gwintów wewnętrznych. Praca dyplomowa (magisterska), Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Kraków 2007.

$$n = 3z_w + 1 \quad (24)$$

In the designed tools $n = 7$. Rolls in the heads for burnishing are either of the same length as for rolling or shorter ($n = 4$). Further details and examples of calculations are given in [9, 11].

3. FINAL REMARKS

The designs of the rolling heads, disclosed in the article, are original solutions and as such are subject to patent protection [12, 13]. The use of replaceable components (rolls, thrust pads and sliding shells) enables single-tool rolling or burnishing of internal threads with similar nominal diameters but different pitches and profiles.

The manufactured prototype heads with nominal diameters of 24 and 36 mm were tested during the experimental studies of rolling and burnishing internal threads processes.

The selection of processes parameters, the results of experimental studies and an approximate evaluation of load acting on rolls and slide bearings operating in the heads will be the subject of the next publication (in this issue).

The article was in large part based on the results obtained during the implementation of research project [11] funded by the Ministry of Science and Higher Education (Long-Term Programme: “Improving innovation development systems in production and operation in the period of 2004-2008”).

-
- [6] Okoński S.: Badania procesu plastycznego kształtowania gwintów wewnętrznych. Praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 1977.
- [7] Okoński S.: Belső menetek hengerlésére és rotációs simító megmunkálására szolgáló görgős fejek szerkezeti kialakítása. IV. Szerszam és Szerszamányág Szimposium, Miskolc (Węgry), 1985.
- [8] Okoński S.: Walcowanie gwintów wewnętrznych. Obróbka Plastyczna, t. XVIII, z. 4, 1979.
- [9] Okoński S.: Konstrukcja głowic do walcowania lub nagniatania gwintów wewnętrznych i technologia obróbki (praca niepublikowana). Kraków 2007 – 2008.
- [10] Okoński S.: Głowica do walcowania lub dogniatania gwintów wewnętrznych. Patent UP PRL nr 102591, 1979.
- [11] Projekt Badawczy Zamawiany: PW-004/ITE/08/2006, zadanie 1.1.: Technologie walcowania i nagniatania gwintów wewnętrznych oraz konstrukcje głowic rolkowych do ich realizacji. (S. Okoński, R. Moszumański i inni), Politechnika Krakowska, Kraków 2007 – 2008.
- [12] Okoński S., Wołowicz M.: Wzór użytkowy pt.: Głowica trójrolkowa uniwersalna do kształtowania plastycznego gwintów wewnętrznych. Prawo ochronne nr 66129, UP RP 2010.
- [13] Okoński S., Wołowicz M.: Wzór użytkowy pt.: Głowica trójrolkowa do walcowania lub nagniatania dużych gwintów wewnętrznych. Prawo ochronne nr 66130, UP RP 2010.