

Dr inż. Kazimierz ŁYCZKO  
Politechnika Częstochowska, Częstochowa

# Wspomagane komputerowo projektowanie rolek do walcowania gwintów

## *Computer aided design of rollers for thread rolling*

### **Streszczenie**

Metodyka projektowania rolek do walcowania gwintów zewnętrznych metrycznych zwykłych i drobnozwojnych oraz całowych UNC, UNF i G metodą styczną przedstawiona jest w postaci algorytmów sekwencyjnych. Opisano program wspomagający projektowanie tych narzędzi przy wykonywaniu gwintu różnymi sposobami. Podano także przykłady ilustrujące praktyczne zastosowanie opracowanego programu.

### **Abstract**

*Methodology of rollers design for external metric thread – typical, fine coils threads and UNC, UNF, G inch types threads with tangent method introduced in sequential algorithms. The program assisting while designing these tools for different types of thread making has been described. Examples presenting practical use of the program.*

**Słowa kluczowe:** walcowanie gwintów, projektowanie rolek, program komputerowy

**Key words:** thread rolling, design of rollers, computer programme

## **1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA WALCOWANIA GWINTÓW ROLKA- MI METODĄ STYCZNĄ**

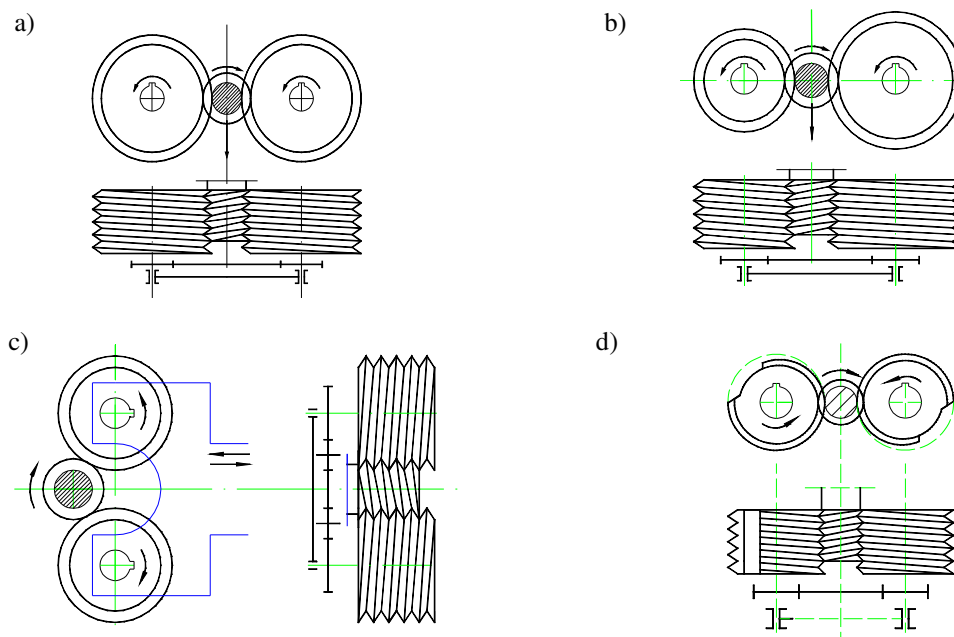
Jedną z metod walcowania gwintów zewnętrznych rolkami jest metoda styczna. Walcowanie rolkami metodą styczną odbywa się czterema sposobami (rys. 1).

W pierwszym sposobie stosowane są dwie rolki cylindryczne z gwintem wielozwojnym o kącie  $\psi_R = \psi$  o jednakowych średnicach (rys. 1a), w drugim sposobie, częściej używanym, stosowane są rolki o różnej średnicy (rys. 1b). W tych dwóch sposobach styczne przemieszczanie się (posuw) przedmiotu między rolkami wynika z różnicy prędkości obwodowych między rolką napędzającą i napędzaną. Walcowanie trzecim sposobem (rys. 1c) odbywa się przy użyciu specjalnych oprawek gwinciarskich z dwoma rolkami.

## **1. GENERAL DESCRIPTION OF ROLL THREAD-ROLLING BY THE STATIC METHOD**

*One of the methods of rolling external threads with thread-rolling rolls is the static method. Roll thread-rolling by the static method can be accomplished in two modes (Fig. 1).*

*In the first mode, there are two cylindrical rolls with a multiple thread of an angle of  $\psi_R = \psi$  and of identical diameters are used (Fig. 1a); in the second mode, which is applied more often, the rolls of different diameters are used (Fig. 1b). In the both modes, the tangential workpiece advance results from the difference in peripheral speed between the driving roll and the driven roll. Rolling in the third mode (Fig. 1c) is carried out using special threading adapters with two rolls.*



Rys. 1. Sposoby walcowania gwintu rolkami metodą styczną [1]  
 Fig. 1. Types of thread rolling with tangent method [1]

Rolki mają taką samą konstrukcję jak przy pierwszych dwóch sposobach, a różnica polega na tym, że oprawka ma posuw styczny w stosunku do powierzchni gwintowanej. Tym sposobem wykonuje się najczęściej gwinty krótkie a zamocowanie takiej oprawki na suporcie poprzecznym np. automatu tokarskiego umożliwia wykonanie gwintu za kołnierzem, od strony wrzeciona obrabiarki. Czwarty sposób to walcowanie gwintu na gotowo podczas jednego obrotu współpracujących ze sobą dwóch lub trzech rolek zataczanych (rys. 1d) mających na swoim obwodzie część wygniatającą, część kalibrującą i uwalniającą oraz strefę dla wyjęcia gotowego i wprowadzenia następnego przedmiotu między rolki. Dzięki części wygniatającej siły promieniowe są znacznie mniejsze niż przy rolkach cylindrycznych i dlatego możliwe jest walcowanie części z otworem. Ten rodzaj rolek występuje w specjalnej konstrukcji głowic gwinciarских stosowanych w produkcji od małoseryjnej do masowej.

*The construction of the rolls is identical to that in the first two modes, except that the advance of the adapter is tangential relative to the surface being threaded. This is the mode by which short threads are most often made, and the mounting of such an adapter on the cross slide of, e.g., an automatic lathe, enables a thread to be made behind the flange, on the machine tool spindle side. The fourth mode is the finishing rolling of a thread in a single rotation of two or three mating relieved rolls (Fig. 1d), which have an embossing, sizing, and releasing parts on their perimeter, as well as a zone for removing the finished workpiece and introducing the next workpiece between the rolls. Owing to the embossing part, the radial forces are much smaller compared to cylindrical rolls, therefore hollow parts are possible to be rolled. This roll type occurs in special-design threading heads used in small-lot to mass production.*

## 2. OPRACOWANIE ALGORYTMÓW

Metodyka projektowania przedstawiona została w postaci algorytmów sekwencyjnych umożliwiających wybór odpowiedniej technologii w zależności od np. konstrukcji narzędzia, kinematyki procesu obróbki. Algorytmy zawierają wzory oraz zależności wg których mają być wykonywane obliczenia przy jednoznacznym określeniu kolejności ich wykonywania.

Pierwszy algorytm (rys. 2) odnosi się do trzech pierwszych sposobów walcowania. Przy wyborze układu z posuwem przedmiotu gwintowanie może odbywać się dwoma rolkami o jednakowych lub różnych średnicach. W obu przypadkach średnice zewnętrzne rolek obliczone z dobranych wartości krotności  $k_{R1}$  i  $k_{R2}$  gwintu rolek lub wg wzoru do obliczenia  $\phi D_{Rmin}$ , które spełniają warunek „samowciągania” przedmiotu między rolki, co zapewnia, że walcowanie odbywa się bez poślizgu [2]. Przy posuwie rolek przedmiot jest zamocowany w uchwycie. Wymaga to obliczenia średnicy zewnętrznej  $\phi D_R$  rolek z uwzględnieniem średnicy walców toczonej [3]. Istotnym parametrem jest przesunięcie promieniowe  $\phi$  położenia zarysu gwintu między rolkami w momencie rozpoczęcia gwintowania oraz długość stycznego ruchu  $l_{opr}$  oprawki. Jest to jeden z podstawowych wymiarów krzywki, która wyznacza cykl roboczy rolek.

Drugi algorytm (rys. 3) dotyczy sposobu wykonania gwintu dwoma lub trzema rolkami z zarysem zataczającym na części wygniatającej i uwalniającej przy zamocowanym przedmiocie. Wzory i procedura obliczeń podstawowych parametrów konstrukcyjnych rolek są powiązane z warunkami obróbki (posuwem na jeden obrót przedmiotu) oraz liczbą narzędzi stosowanych w obróbce [4].

Wszystkie opcje związane z projektowaniem rolek na podstawie wyborów określonych w algorytmach, przedstawiono na rys. 4.

## 2. DEVELOPMENT OF ALGORITHMS

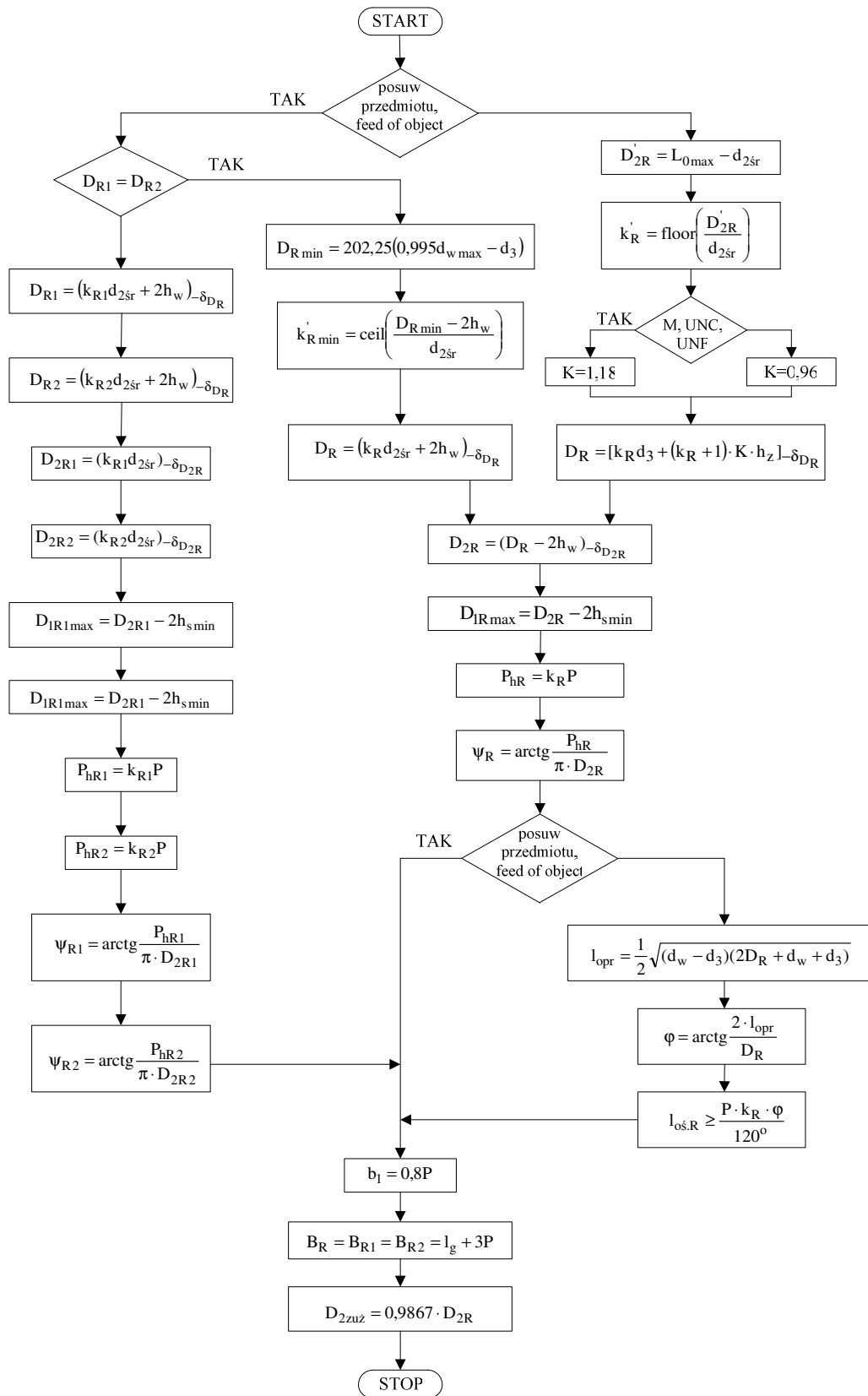
*The design methodology is presented in the form of sequential algorithms enabling the selection of an appropriate technology, depending on, e.g., tool construction and working process kinematics.*

*Algorithms incorporate formulae and relationships, based on which the computation is to be made, with the definite order of computation operations.*

*The first algorithm (Fig. 2) concerns the first three modes of rolling. With the choice of the workpiece advance system, threading can be accomplished with two rolls with either identical or different diameters. In either case, the roll outer diameters are calculated from the selected values of  $k_{R1}$  and  $k_{R2}$ , or determined from the calculation formula of  $D_{Rmin}$ . In both cases the condition of workpiece "self-drawing in" between the rolls is satisfied, which ensures that the rolling takes place without a slip [2]. With the advance of the rolls, the work piece is fixed in a grip. It requires the roll outer diameter,  $\phi D_R$ , to be calculated, considering of the pitch cylinder diameter [3]. An important parameter is the radial shift,  $\phi$ , of the thread profile position between the rolls at the moment of starting threading, as well as the adapter tangential motion length,  $l_{opr}$ . It is one of the basic dimensions of the cam that defines the working cycle of the rolls.*

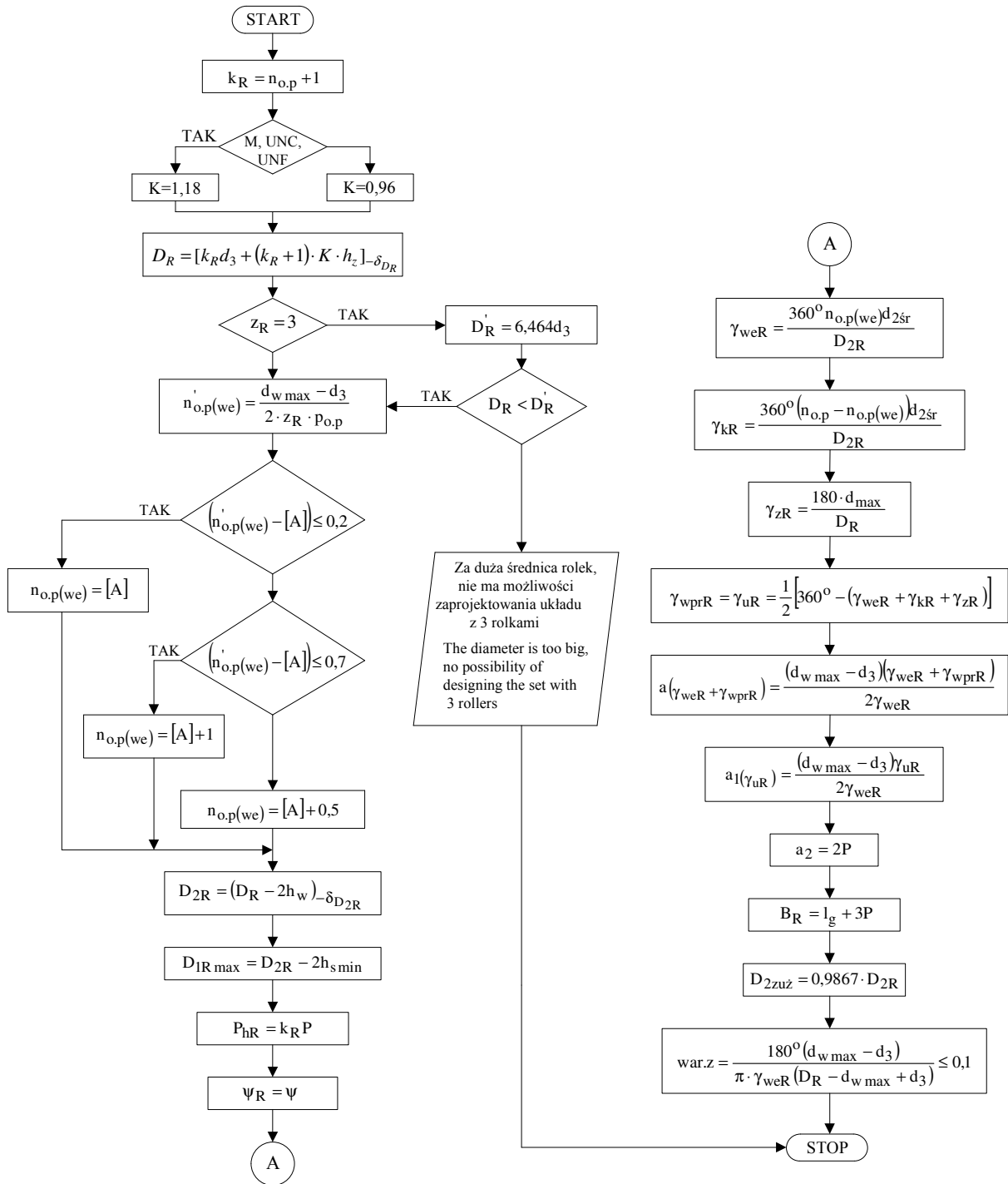
*The second algorithm (Fig. 3) concerns the mode of making thread using two or three rolls, with the relieved profile on the embossing and releasing parts, with the fixed workpiece. The formulae and procedure for the computation of basic roll design parameters are associated with working conditions (advance per one workpiece rotation) and the number of tools applied involved in the working [4].*

*All options related to the design of rolls, on the base of selections defined in the algorithms, are shown in Fig. 4.*



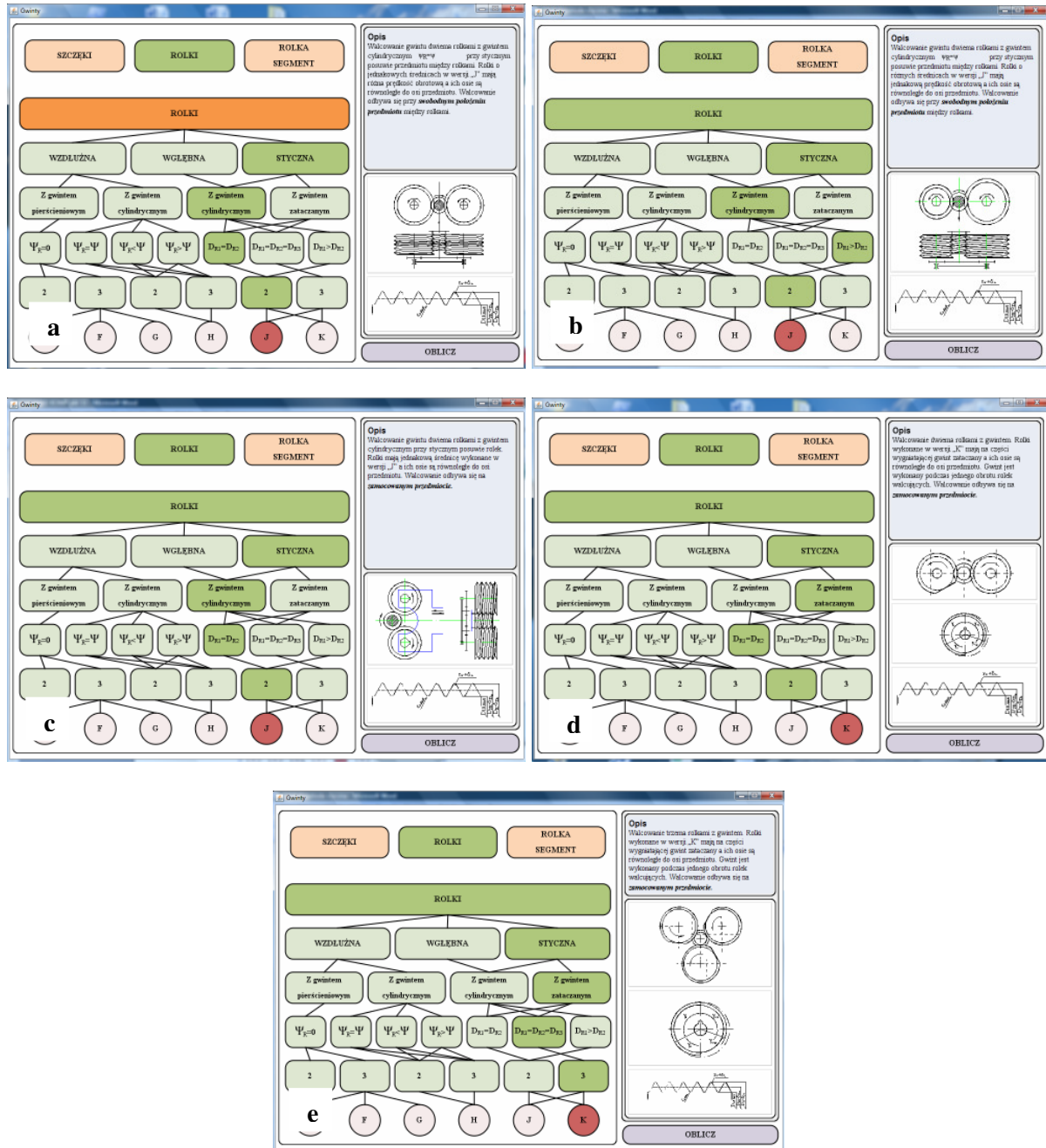
Rys. 2. Schemat algorytmu do obliczania wymiarów rolek z gwintem cylindrycznym do walcowania gwintów metodą styczną

Fig. 2. Algorithm diagram for calculating diameters of cylindrical thread rollers for thread rolling with tangent method



Rys. 3. Schemat algorytmu do obliczania wymiarów rolek z gwintem zataczanym do walcowania gwintów metodą styczną

Fig. 3. Algorithm diagram for calculating diameters of back-off thread rollers for thread rolling with tangent method



Rys. 4. Możliwe do wyboru sposoby walcowania gwintów zewnętrznych metodą styczną:  
 a, b – przy styczonym posuwie gwintowanego przedmiotu, c – przy styczonym posuwie rolek,  
 d, e – dwiema lub trzema rolekami zataczanymi

Fig. 4. Optional types of external thread rolling procedures while using tangent method:  
 a, b - at tangential feed of threading object, c - at tangential feed of roller  
 d, e - with two or three rollers

### 3. PROGRAM KOMPUTEROWY – PRZYKŁADY

Program został napisany przy użyciu rozbudowanego środowiska NetBeans, które zdecydowanie wspomaga tworzenie aplikacji w języku Java, umożliwia zarządzanie projektem oraz daje możliwość uzupełniania składni języka Java. Do interakcji z użytkownikiem została wykorzystana standardowa biblioteka Javy – Swing, udostępniająca odpowiednie komponenty, m.in. pola edycyjne, obiekty umożliwiające wyświetlanie grafiki, itp. Zaprojektowanie aplikacji z wydzielonymi modułami odpowiedzialnymi za określoną funkcjonalność umożliwia rozbudowę programu np. dodanie nowych typów wymiarów gwintów, zapisywanie wyników do innych formatów plików bądź też dodanie funkcji pozwalającej na przechowywanie historii obliczeń. Szczegółowy opis i obsługę programu, bazę danych, narzędzia, metody oraz rodzaje i zakres wymiarów gwintów objęte programem przedstawiono w artykule na temat projektowania szczęk płaskich przy zastosowaniu programu komputerowego [5].

Przedstawione na rys. 5, 6 i 7 przykłady ilustrują praktyczne zastosowania opracowanego programu.

Wybór sposobu walcowania rolkami o różnych średnicach przy stycznym posuwie przedmiotu przedstawiony został na rys. 4b. Następnie (rys. 5a) należy określić rodzaj gwintu (w przykładzie wybrano gwint metryczny) dokonać wyboru średnicy i podziałki, klasy dokładności, długości oraz krotności gwintu dla obu rolek. Po uruchomieniu procedury oblicz w oknie programu pokazanym na rys. 5b przedstawiona jest konstrukcja i podane są wszystkie wymiary projektowanych rolek do wykonania gwintu metrycznego drobnozwojnego, prawozwojnego, jednokrotnego, klasy średniodokładnej M12x1,25-6g. Menu znajdujące się w lewym górnym rogu zawiera polecenia dla wykonania dodatkowych operacji.

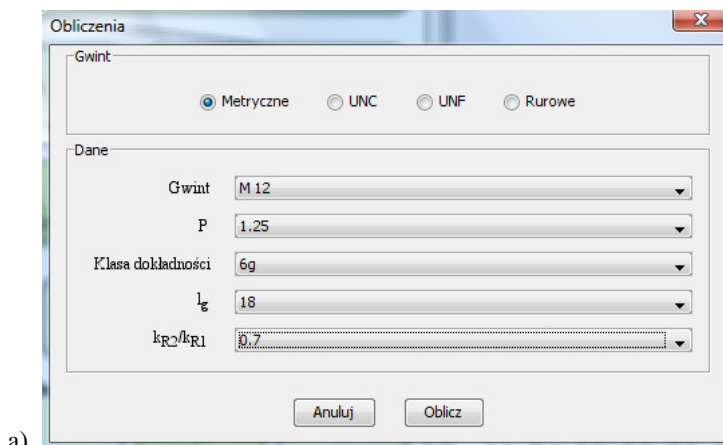
### 3. THE COMPUTER PROGRAM - EXAMPLES

*The program has been written in the NetBeans environment which substantially facilitates the creation of applications in the Java language, enables project management and gives the possibility of completion the Java language syntax. For the interaction with the user, the standard Java library – Swing has been chosen, that provides suitable components, such as edition fields, objects enabling the display of graphics, etc.*

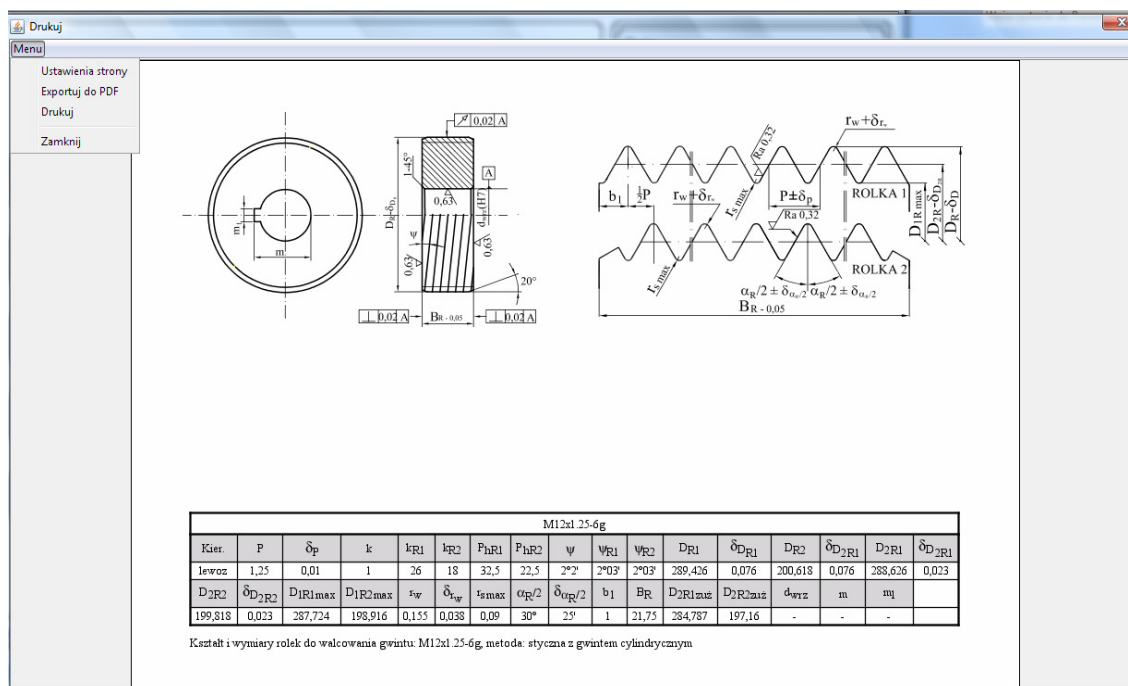
*The design of the application with separate modules responsible for a specific functionality allows the program to be extended e.g. by adding new thread type dimensions, recording results in other file formats, or adding a functionality to store the history of computations. A detailed description and operation of the program, and the databases, tools, methods, and the types and thread dimension range covered by the program are stated in the article on the designing of flat dies using the computer program [5].*

*The examples shown in Figs. 5, 6 & 7 illustrate the practical application of the developed program.*

*The selection of the mode of rolling with rolls of different diameters with tangential workpiece advance is shown in Fig. 4b. Then (Fig. 5a), the thread type should be defined (in the example under consideration, a metric thread is chosen), and the selection of the diameter and pitch, accuracy class, length, and multiplicity of the thread should be made for both rolls. After running the procedure "Compute", the program window, as shown in Fig. 5b, displays the design and lists all dimensions of the rolls being designed, intended for making the M12x1.25-6g metric, fine, right-hand, single, medium-accuracy class thread. The menu in the upper left corner contains instructions for performing additional operations.*



a)



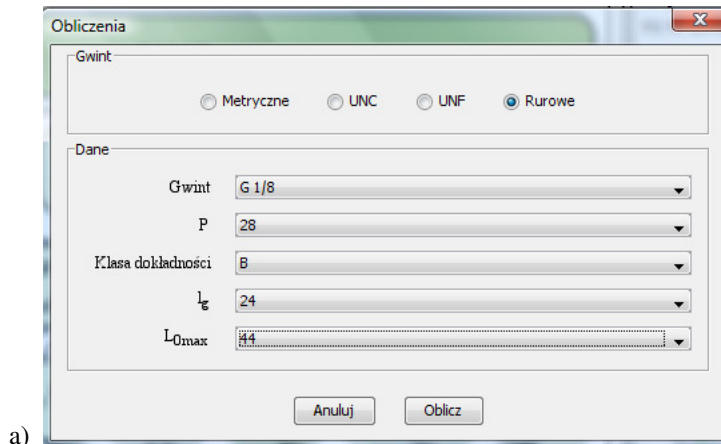
b)

Rys. 5. Okna programu przy projektowaniu rolek ( $D_{R1} > D_{R2}$ ) do walcowania gwintu M12x1,25-6g.Fig. 5. Program window while designing rollers ( $D_{R1} > D_{R2}$ ) for rolling the thread M12x1,25-6g

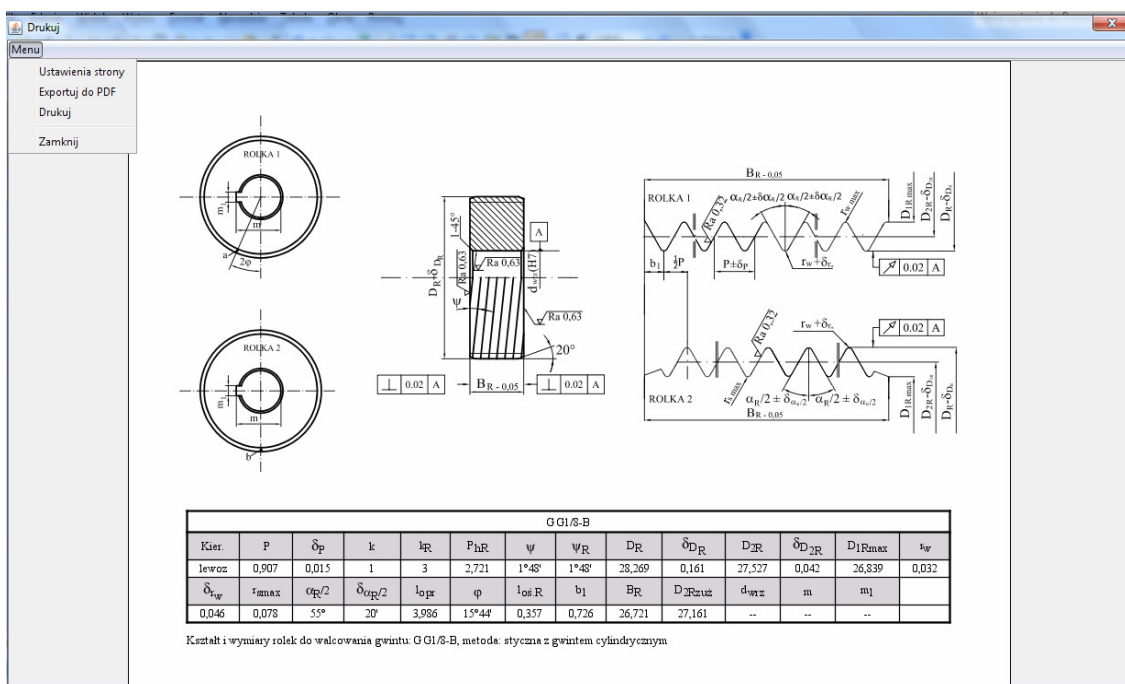
W drugim przykładzie wybór walcowania gwintu przy stycznym posuwie rolek przedstawiony został na rys. 4c. Natomiast kolejne okna programu pokazano na rys. 6. W tym przypadku oprócz określenia rodzaju i wymiarów gwintu (rys. 6a) należy podać odległość  $L_{0max}$  między osiami rolek. Rysunek konstrukcyjny (rys. 6b) wyznacza wzajemne ustawienie rolek (kąt  $\varphi$ ) co zapewnia, że w momencie zakończenia gwintowania zarys gwintu jednej rolki jest przesunięty o  $1/2P$  w stosunku do zarysu drugiej rolki. Wartości wymiarów podobnie jak poprzednio zestawione są w tabeli.

In the second example, the choice of rolling thread with static roll advance is illustrated in Fig. 4c, while the successive program windows are shown in Fig. 6. In the case at hand, in addition to the type and dimensions of the thread (Fig. 6a), the distance  $L_{0max}$  between the roll axes should be stated. The design drawing (Fig. 6b) defines the relative positioning of the rolls (the angle  $\varphi$ ), which ensures that, at the moment of ending the threading, the thread profile of one of the rolls is shifted by  $1/2P$  relative to the thread profile of the other roll. The values of dimensions are summarized in the table, as before.





a)



b)

Rys. 6. Okna programu przy projektowaniu rolek ( $D_{R1} = D_{R2}$ ) do walcowania gwintu  $G^1/8-B$   
 Fig. 6. Program window while designing rollers ( $D_{R1} = D_{R2}$ ) for rolling the thread  $G^1/8-B$

Przykład następny, zgodny z wyborem przedstawionym na rys. 4e to wykonanie gwintu podczas jednego obrotu rolek zataczanych. W tym przypadku, długość części roboczej, tym samym średnica rolek, oprócz wielkości wykonywanego gwintu i liczby współpracujących rolek są uzależnione od rodzaju obrabianego materiału (rys. 7a). Np. w miarę wzrostu wytrzymałości materiałów, mniejszej ich skłonności do odkształceń plastycznych, program dobiera mniejszy posuw na jeden obrót przedmiotu co wydłuża część roboczą rolek (rys. 7b) określoną kątami środkowymi ( $\gamma_{wR} + \gamma_{kR}$ ).

The next example, following the choice made in Fig. 4c, represents the making of thread during one rotation of the relieved rolls. In this case, the length of the working part, and thus the roll diameter, in addition to the size of the thread being made and the number of mating rolls, are dependent on the type of material being worked (Fig. 7a). For example, during rolling, with increasing strength of the materials and their reduced tendency to plastic deformations, the program selects a smaller value of advance per workpiece rotation, which extends the working part of the rolls (Fig. 7b), as defined by the central angles ( $\gamma_{wR} + \gamma_{kR}$ ).



takiego urządzenia i poprzedzających opracowanie układu kinematycznego i podającego półwyroby do strefy walcowania.

Styczny posuw rolek względem przedmiotu ma miejsce, gdy gwintowanie odbywa się przy pomocy oprawek z dwoma rolkami. Przedstawiona metodyka projektowania może być zastosowana do projektowania nowych oprawek dla przyjętych granicznych wymiarów gabarytowych lub do obliczania wymiarów rolek do oprawki już istniejącej.

Natomiast rolki z zarysem zataczanym mają zastosowanie w głowicach z dwoma lub trzema rolkami walcującymi. Program wspomagający projektowanie takich rolek umożliwia także opracowanie konstrukcji nowej głowicy bądź tylko rolek jako części w miejsce zużytych.

*It also precedes the working out of the kinematics system and the system feeding semi-finished products to the rolling zone.*

*The tangential advance of the rolls relative to the workpiece takes place when threading is done using two-roll adapters. The design methodology presented in the article can be applied to the designing of new adapters for assumed limiting overall dimensions, or to the computation of the dimensions of rolls for an already existing adapter.*

*Rolls with a backed-off profile, on the other hand, have application in heads with two or thread-rolling rolls. Moreover, the design-aiding program for making that kind of rolls enables the development of the construction of either a new head or only rolls, as a replacement for worn parts.*

## LITERATURA/REFERENCES

- [1] Łyczko K.: Klasyfikacja metod i sposobów walcowania gwintów zewnętrznych. Scientific Bulletins of Rzeszów University of Technology, Mechanics 62, 9209, 2004, 239-246.
- [2] Łyczko K.: The design and dimension of rollers for thread rolling by the tangent method. TECHNOLOGY 2003, 8<sup>th</sup> International Conference, Bratislava, Slovakia, 2003.
- [3] Łyczko K.: Walcowanie gwintu dwiema rolkami metodą styczną. Budowa i Zarządzanie Produkcją. Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, 1, 2004, 47-51.
- [4] Łyczko K.: Construction of rolls for the rolling of threads by the penetration method. 7<sup>th</sup> International Conference. TECHNOLOGY 2001. Bratislava, Slovakia, 2001, 707-710.
- [5] Łyczko K., Słonina Ł.: Projektowanie szczęk płaskich przy zastosowaniu programu komputerowego. Obróbka Plastyczna Metali, Tom XX, Nr 1, 2009, 53-64.