



Wytwarzanie wiertel krętych w procesie wyciskania

Extrusion of twist drills

(1) Tomasz Bulzak*, (2) Janusz Tomczak, (3) Zbigniew Pater

Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Komputerowego Modelowania i Technologii Obróbki Plastycznej,
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, Poland

Informacje o artykule

Zgłoszenie: 16.06.2017

Recenzja: 17.07.2017

Akceptacja: 29.09.2017

Wkład autorów

- (1) Opracowanie koncepcji oraz głównych założeń
- (2) Przeprowadzenie badań doświadczalnych
- (3) Opracowanie wyników badań, realizacja obliczeń numerycznych

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono wyniki badań nad nowym procesem wyciskania wiertel krętych w matrycach dzielonych. Głównym celem tych badań było określenie parametrów, które wpływają w istotny sposób na przebieg procesu. Parametry technologiczne wyznaczono, wykorzystując modelowanie komputerowe. Symulacje numeryczne oparte na metodzie elementów skończonych zrealizowano w oprogramowaniu DEFORM – 2D/3D Ver 11.0. Na podstawie otrzymanych wyników określono wpływ temperatury materiału, warunków tarcia, prędkości wyciskania oraz geometrii matrycy na przebieg oraz dokładność procesu wyciskania wiertel krętych. Wyznaczono parametry optymalne odnośnie warunków tarcia, temperatury oraz prędkości wyciskania. Ustalono, że największy wpływ na dokładność geometryczną wyciskanych wiertel ma kształt matryc oraz warunki tarcia. Wykorzystując sztuczne sieci neuronowe oraz wyniki symulacji numerycznych, określono model matematyczny opisujący zależność kąta pochylenia rowków wiórowych od parametrów geometrycznych matrycy. Walidację wyników teoretycznych przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych. Badania przeprowadzono na prasie hydraulicznej PYE-160 oraz na specjalnie skonstruowanym przyrządzie do wyciskania w matrycach łupkowych. Do realizacji prac doświadczalnych wykorzystano dwa zestawy narzędziowe. W trakcie prowadzonych badań wyciskano wiertła ze stali narzędziowej do pracy na zimno w gatunku 100Cr6. Wyniki badań doświadczalnych potwierdziły przydatność opracowanego modelu matematycznego w projektowaniu narzędzi do wyciskania wiertel krętych.

Słowa kluczowe: wyciskanie współbieżne, wiertło kręte, MES

Article info

Received: 16.06.2017

Reviewed: 17.07.2017

Accepted: 29.09.2017

Authors' contribution

- (1) Concept and main assumptions
- (2) Conducting experiments
- (3) Tests results, numerical calculations

Abstract

This paper presents the results of research on a new process of extrusion of twist drills in split dies. The main purpose of the experiments was to determine the parameters that have a significant impact on the course of the investigated process. Technological parameters were determined using computer modeling. Numerical simulations based on the Finite Element Method were performed using DEFORM – 2D/3D software V11.0. The results were used to determine the influence of material temperature, friction conditions, extrusion rate and die geometry on the course and accuracy of extrusion of twist drills. Optimum friction conditions, temperature and extrusion rate were determined. It was found that the geometric accuracy of extruded drills depended on die shape and friction conditions. Artificial neural networks and the results of numerical simulations were used to define a mathematical model describing the dependence of drill helix angle on the geometric parameters of the die. Theoretical results were verified experimentally under laboratory conditions. The tests were carried out on a PYE-160 hydraulic press and on a specially constructed device for extrusion in two-segment dies. Two sets of tools were used in the experiments. During the tests, drills were extruded from 100Cr6 cold-work tool steel. Experimental results confirmed that the mathematical model developed could be successfully used in the design of tools for extruding twist drills.

Keywords: forward extrusion, twist drill, FEM

* Autor do korespondencji. Tel.: +48 81 538 42 44; e-mail: t.bulzak@pollub.pl

* Corresponding author. Tel.: +48 81 538 42 44; e-mail: t.bulzak@pollub.pl

1. WPROWADZENIE

Od początku istnienia wiertel krętych wytwarzanie tych narzędzi opierało się na metodach obróbki ubytkowej oraz plastycznej. Pierwsza technologia wytwarzania wiertel polegała na frezowaniu prostych rowków wzdłuż osi pręta, a następnie – po nagrzewaniu do temperatury obróbki plastycznej na gorąco – skręcaniu w celu uzyskania śrubowego kształtu [1]. W kolejnych latach rozwijane były metody wywarzania prostych rowków poprzez walcowanie [2]. Frezowanie śrubowych rowków wiórowych zostało zapoczątkowane znacznie później na przełomie XIX i XX wieku. Na przestrzeni ponad 150 lat opracowanych zostało szereg metod walcowania, frezowania oraz szlifowania wiertel krętych. Jednym z największych osiągnięć w dziedzinie wytwarzania wiertel krętych było udoskonalenie w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku metody skośnego walcowania, która została opracowana przez Gieshoidta [3]. Najmłodszą metodą wytwarzania wiertel krętych jest wyciskanie, stosowane zwłaszcza przy wytwarzaniu długich elementów o skomplikowanych przekrojach [4, 5]. Technologia wyciskania wiertel krętych została zaproponowana w 1959 r. przez Gotze'a [6]. Oprzyrządowanie wykorzystywane w procesie wyciskania wiertel krętych zainstalowane na prasie hydraulicznej K70 pokazano na rys. 1. Prasa K70 działa w następujący sposób:

- w pozycji wyjściowej pojemnik – 2 oraz obejma – 3 dociskane są do matrycy pomocniczej – 4 oraz do matrycy głównej ze spiralnym oczkiem – 6;
- nagrany do temperatury wyciskania wstępniak podawany jest do komory pojemnika – 2;
- stempel – 1 przepycha nagrany wstępniak przez matrycę – 6, która jest podparta na płycie oporowej – 7;
- po wyciśnięciu wiertła, stempel – 1 przemieszcza się do góry, a poprzeczka – 8 podnosi pojemnik – 2 z matrycy pomocniczej – 4;
- następnie poruszająca się w górę oprawa – 5 matrycy pomocniczej – 4 usuwa wiertło z wykroju matrycy – 6, która dzięki odpowiedniemu łożyskowaniu płyty oporowej – 7 obraca się wykręcając wiertło z matrycy – 6;

1. INTRODUCTION

Since twist drills were first produced, the manufacture of these tools has been based on machining and metal forming technologies. The first technology used consisted in milling straight flutes along the axis of a rod which was then heated to a hot-working temperature and twisted to obtain a helical shape [1]. In later years, rolling methods for making straight flutes were developed [2]. The milling of helical flutes was a much later development introduced at the turn of the 19th and 20th centuries. Over the past 150 years, a number of methods have been developed for rolling, milling and grinding of twist drills. One of the greatest advances in the manufacturing of twist drills was the refining in the 1950s of the skew rolling method developed by Gieshoidt [3]. The youngest twist drill manufacturing method is extrusion, which is especially suited for the manufacture of long elements with complex cross sections [4, 5]. The technology of extrusion of twist drills was first proposed in 1959 by Gotze [6]. The tooling used in the extrusion of twist drills, installed on a K70 hydraulic press is shown in Fig. 1. The K70 press works as follows:

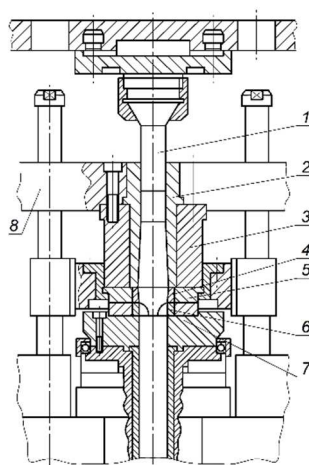
- in the initial position, the container – 2 and the clamp – 3 are pressed against the auxiliary die – 4 and the main die which has a helical hole in it – 6;*
- a preform pre-heated to the extrusion temperature is fed into the chamber of the container – 2;*
- the punch – 1 pushes the heated preform through the die – 6, which is supported on the pressure plate – 7;*
- when a drill has been extruded, the punch – 1 is lifted upwards and the bar – 8 lifts the container – 2 from the auxiliary die – 4;*
- then the upwardly moving holder – 5 of the auxiliary die – 4 removes the drill from the cavity of the die – 6 which, being bearing-mounted on the pressure plate – 7, can rotate allowing to unscrew the twist drill from the die – 6;*

- po wyjściu wiertła z matrycy – 6, oprawa – 5 obraca się o kąt 50° tak, by umożliwić wyjęcie wiertła z matrycy pomocniczej – 4 za pomocą manipulatora;
- przed wyciskaniem kolejnego wiertła pojemnik – 2, matryca pomocnicza – 4 oraz matryca główna – 6 smarowane są automatycznie.

Wiertła kręte można również wyciskać metodą opracowaną w Politechnice Lubelskiej [7, 8]. W metodzie tej wykorzystuje się matryce dzielone, w których znajduje się wykrój roboczy oraz pojemnik. Zastosowanie matryc dzielonych pozwala usuwać wiertło po procesie wyciskania bez konieczności jego wykręcania. Schemat technologii pokazano na rys. 2. Proces wyciskania w matrycach dzielonych może być realizowany z wykorzystaniem różnego typu maszyn kuźniczych np. pras hydraulicznych, korbowych, śrubowych, kuźniarek oraz specjalnych pras wielosuwakowych. Proces wyciskania przy użyciu dwóch matryc; górnej (ruchomej) i dolnej (nieruchomej). Do realizacji tego schematu wyciskania można również wykorzystywać matryce łupkowe. Przebieg procesu wyciskania wg nowo opracowanej metody jest następujący: materiał wejściowy w postaci pręta umieszczany jest w wykroju dolnej części matrycy i po zamknięciu wykroju, w wyniku dosunięcia górnej części matrycy, wyciskany jest przy użyciu stempla. Kształt wiertła nadawany jest przez dwa występy umieszczone w matrycach, które ustawione są względem siebie skośnie. Usunięcie gotowego wiertła następuje poprzez rozsunięcie narzędzi.

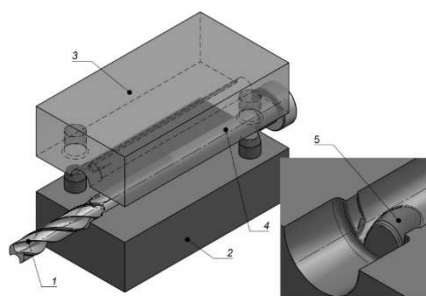
- when the twist drill is removed from the die – 6, the holder – 5 rotates by an angle of 50° so as to allow removal of the drill from the auxiliary die – 4 by means of a manipulator;
- before the next drill is extruded, the container – 2, the auxiliary die – 4 and the main die – 6 are automatically lubricated.

Twisted drills can also be extruded using a method developed at the Lublin University of Technology [7, 8]. This method uses split dies with a working cavity and a container. The use of split dies allows one to remove the drill after the extrusion process without having to unscrew it. A geometrical model of this technology is shown in Fig. 2. Extrusion in split dies can be performed using different types of forging machines, e.g. hydraulic presses, crank presses, screw presses, header machines and special multi-slide presses. Material is extruded using two dies: a top (movable) die and a bottom (stationary) die. This extrusion design can also be implemented using two-segment dies. According to the method proposed in this study, extrusion is performed as follows: a rod-shaped blank is placed in the cavity of the bottom die and is extruded using a punch through an aperture that is formed when the top die is brought into closed position with the bottom die. The workpiece is shaped into a drill by two obliquely aligned protrusions in the dies. The finished drill is removed after separating the tools.



Rys. 1. Prasa hydrauliczna K70 do wyciskania wiertel krętych – opis w tekście [9]

Fig. 1. Hydraulic press K70 for extrusion of twist drills – description in the main text [9]



Rys. 2. Schemat procesu wyciskania w matrycach dzielonych: 1 – wiertło kręte, 2 – matryca stała, 3 – matryca ruchoma, 4 – stempel, 5 – występ kształtujący rowek wiórowy

Fig. 2. A geometrical model of extrusion in split dies: 1 – twist drill, 2 – stationary die, 3 – movable die, 4 – punch, 5 – flute-forming protrusion

Wyciskanie wiertel krętych realizowane jest zazwyczaj na gorąco w temperaturze 1000–1150°C [9]. Rzadziej stosuje się procesy wyciskania na zimno. W pracy [10] można znaleźć informacje o wyciskaniu na zimno wiertel do betonu. Wierćła do betonu wykonane są ze stosunkowo miękkiej stali (41Cr4) z wlutowanymi ostrzami z węglików spiekanych. Przed wyciskaniem wiertel na zimno konieczne jest przeprowadzenie wyżarzania sferoidyzującego, które pozwala uzyskać twardość materiału około 150HB. W celu zminimalizowania niekorzystnego wpływu sił tarcia wstępniaki, przed procesem wyciskania, poddaje się fosforanowaniu oraz namydłaniu. W procesie wyciskania na zimno kształtuje się prosto liniowe półfabrykaty wiertel, a skręcanie realizowane jest w kolejnej operacji, po uprzednim wyżarzeniu materiału. Skręcanie wiertel w trakcie wyciskania jest niemożliwe z uwagi na pojawiające się pęknięcia.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań nad wyciskaniem wiertel krętych w matrycach dzielonych.

2. PARAMETRY TECHNOLOGICZNE PROCESU WYCISKANIA WIERTEL KRĘTYCH

Parametry technologiczne w procesie wyciskania wiertel krętych mają wpływ na przebieg procesu oraz geometrię wyciskanego wyrobu. Do głównych parametrów technologicznych należy zaliczyć prędkość wyciskania, temperaturę materiału wsadowego oraz warunki tarcia na powierzchni kontaktu materiału wsadowego i narzędzi. Parametry technologiczne wpływają w du-

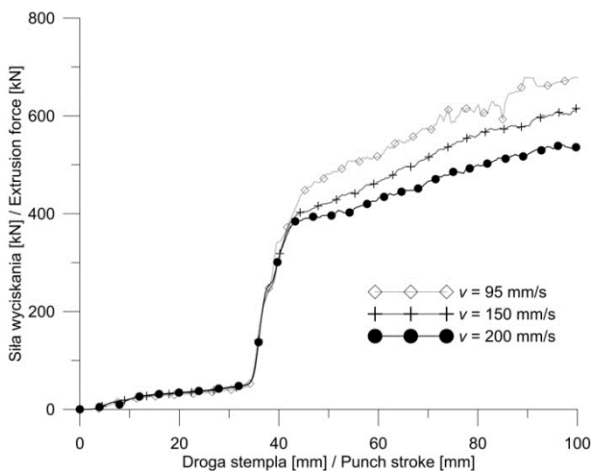
Twist drills are usually hot extruded at temperatures in the range of 1000–1150°C [9]. Cold extrusion processes are less frequently used. Study [10] provides information on cold extrusion of masonry (concrete) twist drills. Masonry drills are made of a relatively soft steel (41Cr4) with soldered-on carbide tips. Prior to cold-extrusion, drill blanks are heat-treated by spheroidizing annealing to a hardness of about 150HB. To minimize the adverse effects of friction forces, before extrusion, the preforms are phosphated coating and soaped. Cold extrusion is used to obtain straight semi-finished drills which are then annealed and twisted. Drills cannot be twisted during extrusion as this leads to cracking.

This paper presents the results of studies of extrusion of twist drills in split dies.

2. TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF EXTRUSION OF TWIST DRILLS

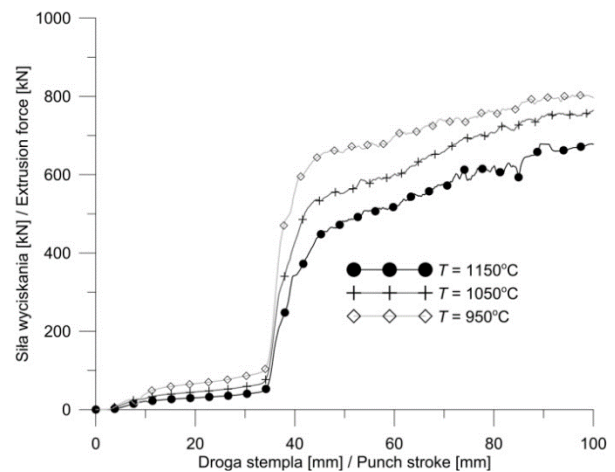
The technological parameters of extrusion of twist drills affect the course of the process and the geometry of the extruded product. The main technological parameters include extrusion rate, billet temperature, and friction conditions at the contact surface between billet and tools. Technological parameters largely affect the extrusion for-

żej mierze na wartość sił wyciskania. Przykładowy przebieg zmiany siły w procesie wyciskania wiertel krętych przy różnych parametrach technologicznych pokazano na rys. 3 i 4. Wzrost temperatury materiału oraz prędkości wyciskania oczywiście powoduje obniżenie siły wyciskania. Jeżeli chodzi o wpływ tarcia sytuacja jest podobna, wzrost tarcia powoduje zwiększenie siły wyciskania.



Rys. 3. Przebiegi siły wyciskania przy zmiennych wartościach prędkości wyciskania
Fig. 3. Extrusion force curves at different extrusion rates

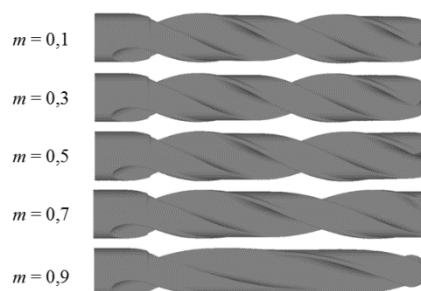
Examples of curves representing changes in extrusion force during the forming of twist drills for different technological parameters are shown in Fig. 3 and 4. An increase in material temperature and extrusion rate obviously reduces the extrusion forces. As for the impact of friction, the situation is similar: an increase in friction increases the extrusion forces.



Rys. 4. Przebiegi siły wyciskania przy zmiennych wartościach temperatury początkowej wsadu
Fig. 4. Extrusion force curves at different initial billet temperatures

Parametry technologiczne takie, jak prędkość wyciskania oraz temperatura nie mają wpływu na kształt wyciskanych wiertel. Natomiast warunki tarcia wpływają na geometrię wyciskanych wiertel krętych, a dokładnie na wartość kąta pochylenia rowków wiórowych. Na rys. 5 pokazano geometrię wyciskanych wiertel krętych uzyskanych w oprogramowaniu DEFORM-3D. Wzrost tarcia na powierzchni kontaktu materiału wsadowego z narzędziami powoduje zmniejszenie kąta pochylenia λ rowków wiórowych wyciskanych wiertel. W zakresie wartości czynnika tarcia od 0,1 do 0,5 zmiany średniej wartości kąta λ są nieznaczne. Wzrost czynnika tarcia powyżej 0,5 powoduje wyraźne zmniejszenie wartości kąta pochylenia rowków wiórowych λ .

Technological parameters such as extrusion rate and temperature do not affect the shape of extruded drills. On the other hand, the friction conditions do have an impact on the geometry of extruded twist drills, in particular the value of the helix angle. Fig. 5 shows the geometry of extruded twist drills obtained using DEFORM-3D software. Increased friction at the contact surface between the workpiece and the tools results in a decrease in helix angle λ of the extruded drills. For friction factor values ranging from 0.1 to 0.5, the changes in the mean value of angle λ are negligible. An increase in the friction factor above 0.5 causes a significant decrease in helix angle λ .



Rys. 5. Kształt wiertel krętych wyciskanych przy zmiennych wartościach czynnika tarcia na powierzchni kontaktu wsad – matryca

Fig. 5. Shapes of twist drills extruded at different values of the friction factor at the billet/die contact surface

3. WPŁYW PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH MATRYCY

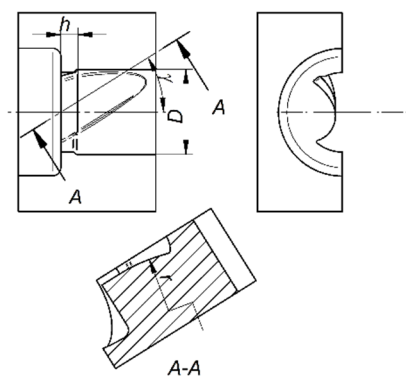
Kształt matrycy do wyciskania wiertel krętych wraz z zaznaczonymi parametrami, mającymi wpływ na wielkość kąta pochylenia rowków wiórowych został pokazany na rys. 6. Wpływ parametrów geometrycznych matrycy na wartość kąta pochylenia rowków wiórowych wyznaczono, stosując metodę elementów skończonych oraz sztuczne sieci neuronowe. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w formie wykresu na rys. 7. Każdy z analizowanych parametrów wpływa w istotny sposób na wartość kąta pochylenia rowków wiórowych λ . Przyrost wartości parametru r powoduje w początkowym etapie zwiększenie kąta pochylenia rowków wiórowych. Maksymalną wartość kąta pochylenia rowków wiórowych uzyskuje się w przypadku, gdy $r = 110$ mm po przekroczeniu tej wartości obserwuje się spadek wartości kąta pochylenia rowków wiórowych. W całym zakresie analizowanych wartości długości paska kalibrującego h obserwuje się wzrost wartości kąta pochylenia rowków wiórowych wraz ze wzrostem tego parametru. W przypadku kąta γ , wzrost tego parametru powoduje również wzrost wartości kąta pochylenia rowków wiórowych. Przebieg zmienności kąta pochylenia rowków wiórowych w zależności od długości paska kalibrującego h jest zbliżony do liniowego. Stosując model regresji liniowej, ustalono funkcję matematyczną opisującą zależność pomiędzy parametrami matrycy a wielkością kąta pochylenia rowków wiórowych. Funkcja ta przyjmuje następującą postać:

$$\lambda = 0,0066r + 0,146734h + 0,664367\gamma + 6,89 \quad (1)$$

3. IMPACT OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE DIE ON DRILL HELIX ANGLE AND EXTRUSION FORCES

The shape of the die for extruding twist drills and the parameters that influence the helix angle of the drill are shown in Fig. 6. The influence of the geometric parameters of the die on the helix angle of drill flutes was determined using the finite element method and artificial neural networks. The results are presented in the form of a diagram in Fig. 7. Each of the analysed parameters significantly affects helix angle λ of drill flutes. An increase in die radius r initially causes an increase in the helix angle of the flutes. A maximum helix angle is obtained at $r = 110$ mm; at radii larger than that, a decrease in the helix angle of drill flutes is observed. Across the entire range of the analysed values of length h of the calibrating bearing, the helix angle increases along with an increase in parameter h . An increase in angle γ also results in an increase in the helix angle. The variation in drill flute helix angle with length h of the calibrating bearing is close to linear. Using a linear regression model, a mathematical function was defined for describing the relationship between the die parameters and the drill flute helix angle. This function takes the following form:

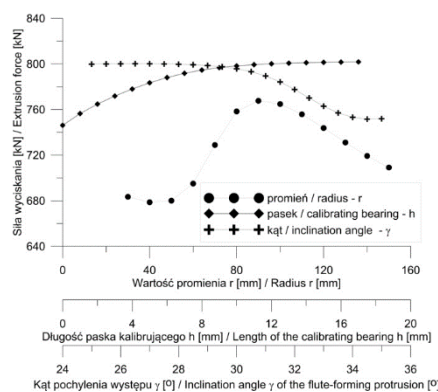
$$\lambda = 0,0066r + 0,146734h + 0,664367\gamma + 6,89 \quad (1)$$



Rys. 6. Schemat matrycy z ważniejszymi parametrami [11]

Fig. 6. Schematic of the die with the key parameters marked with letter symbols [11]

Wpływ parametrów matrycy na wartość siły wyciskania został przedstawiony na rys. 8. Przebieg wartości maksymalnej siły wyciskania w zależności od wartości promienia r opisuje parabola. Zwiększanie wartości promienia r do wartości 90 mm powoduje wzrost siły wyciskania. Dla promieni $r > 90$ mm obserwuje się zmniejszenie maksymalnej siły wyciskania. Wzrost długości paska kalibrującego h powoduje zwiększanie się siły wyciskania. Z kolei wzrost kąta γ powoduje zmniejszanie siły wyciskania.

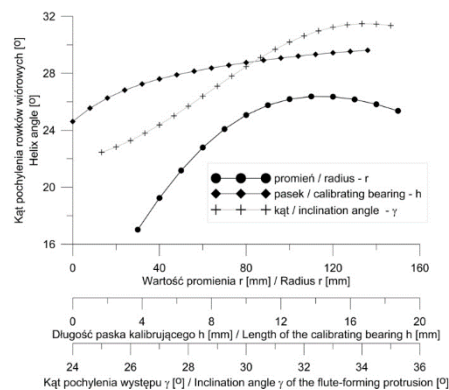


Rys. 8. Zależność siły wyciskania od parametrów geometrycznych matrycy [11]

Fig. 8. Relationships between extrusion force and the geometrical parameters of the die [11]

4. KONSTRUKCJA MATRYC DO WYCISKANIA WIERTEŁ KRĘTYCH

Matryce do wyciskania wiertel krętych można konstruować na dwa sposoby. W pierwszym sposobie geometria występu kształtującego rowek wiórowy odpowiada zarysowi rowka wiórowego w płaszczyźnie n_1 prostopadłej do osi wiertła



Rys. 7. Zależność kąta pochylenia rowków wiórowych od parametrów geometrycznych matrycy [11]

Fig. 7. Relationships between helix angle and the geometrical parameters of the die [11]

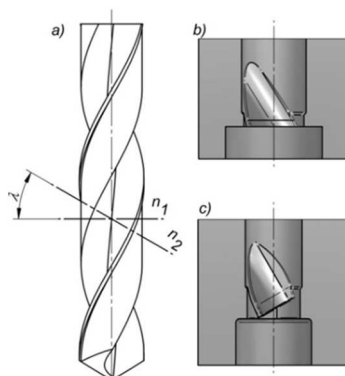
The effect of die parameters on the extrusion force is shown in Fig. 8. The curve of maximum extrusion force as a function of radius r is a parabola. Increasing of radius r to 90 mm increases the extrusion force. For radii > 90 mm, the maximum extrusion force becomes smaller and smaller. An increase in length h of the calibration bearing results in an increase in the extrusion force. In turn, an increase in angle γ reduces the force of extrusion.

4. STRUCTURE OF TWIST DRILL EXTRUSION DIES

Dies for the extrusion of twist drills can be constructed in two ways. In the first method, the geometry of the flute-forming elements (protrusions) corresponds to the contour of the flute in plane n_1 perpendicular to the drill axis (Fig. 9b).

(rys. 9b). W drugiej metodzie geometria występu kształtującego rowek wiórowy jest zgodna z kształtem rowka wiórowego w płaszczyźnie n_2 normalnej do rowka wiórowego (rys. 9c).

In the second method, the geometry of the flute-forming element is consistent with the contour of the flute in the n_2 plane, which is normal to the flute (Fig. 9c).



Rys. 9. Schemat ustawienia występu kształtującego rowki wiórowe w matrycach do wyciskania wiertel krętych: a) płaszczyzny określające możliwości ustawienia występu kształtującego rowki wiórowe, b) matryca z występem ustawionym w płaszczyźnie n_1 , c) matryca z występem ustawionym w płaszczyźnie n_2

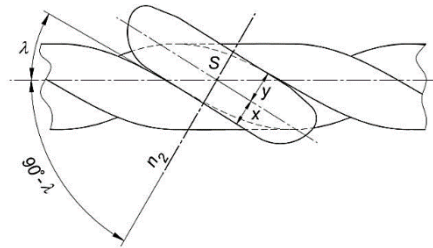
Fig. 9. Schematic of the position of the flute-forming protrusion: a) planes defining the possibility of positioning the flute-forming element; b) a die with a flute-forming element positioned in plane n_1 ; c) a die with a flute-forming element positioned in plane n_2

W przypadku matrycy pokazanej na rys. 9b projektowanie narzędzia sprowadza się do wyznaczenia zarysu występu kształtującego rowek wiórowy, który jest zgodny z kształtem rowka wiórowego wyciskanego wiertła. Następnie, korzystając z równania (1), należy wyznaczyć parametry charakteryzujące geometrię matrycy tj. wartość promienia r , długość paska kalibrującego h oraz kąt γ .

Projektowanie matryc pokazanych na rys. 9c ze względu na przestrzenny kontakt wyciskanego materiału i narzędzia wymaga zastosowania (w procesie projektowania) teorii obwiedni. Zasadę konstruowania narzędzi z wykorzystaniem teorii obwiedni można znaleźć w opracowaniu [12], gdzie wykorzystano tę technikę do projektowania segmentów do skośnego walcowania wiertel. Ustawienie płaszczyzny n_2 w stosunku do wiertła definiowane jest przez położenie punktu S , co przedstawiono na rys. 10. Lokalizację punktu S określa się poprzez podanie dwóch wielkości x i y . Umieszczenie punktu S względem rowka wiórowego w znaczący sposób wpływa na przebieg procesu wyciskania oraz dokładność uzyskanych wiertel krętych. W przypadku kąta pochylenia rowków wiórowych λ większe wartości tego parametru uzyskuje się, gdy odległość y jest większa od x .

In the case of the die shown in Fig. 9b, designing the tool boils down to determining the contour of the flute-forming element, which conforms to the shape of the flute of the drill being extruded. Next, using equation (1), the parameters characterizing the geometry of the die, namely its radius r , length h of the calibration bearing, and angle γ have to be determined.

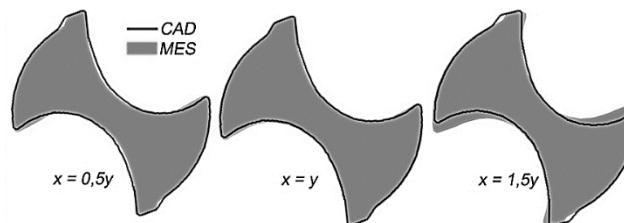
The process of designing the dies shown in Fig. 9c, in which the material being extruded is in contact with the tool, requires the use of the Envelope Theory. The principle of constructing tools using the Envelope Theory was described in paper [12], where this technique was used to design segments for skew rolling of drills. The position of plane n_2 relative to the drill is defined by the position of point S , as shown in Fig. 10. The position of point S is defined by two values: x and y . The position of point S relative to the flute significantly influences the course of extrusion and the accuracy of the obtained twist drills. The values of helix angle λ are larger when distance y is greater than distance x .



Rys. 10. Schemat ustawienia występu kształtującego rowek wiórowy w stosunku do wyciskanego wiertła

Fig. 10. Schematic of the position of the flute-forming element relative to the extruded twist drill

Na rys. 11 przedstawiono porównanie kształtów przekrojów poprzecznych wiertel, wyciskanych przy różnych ustawieniach punktu S. Największą zgodnością z profilem teoretycznym posiada wiertło wyciskane przy ustawieniu punktu S dokładnie na środku rowka wiórowego ($x = y$). Zadawalającą zgodność z profilem teoretycznym można uzyskać także przy ustawieniu punktu S w pobliżu pomocniczej powierzchni przyłożenia ($x = 0,5y$). W przypadku, gdy punkt S znajduje się w położeniu $x = 1,5y$, występuje duża rozbieżność pomiędzy profilem zaprojektowanym (CAD) oraz uzyskanym (MES) w obszarze powierzchni tylnej rowka wiórowego. Również w obszarze pomocniczej powierzchni przyłożenia (łysinki) część rowka wiórowego nieznacznie odbiega od zarysu teoretycznego.



Rys. 11. Zestawienie profili wyciskanych wiertel z profilem teoretycznym przy zmiennym ustawieniu punktu S

Fig. 11. Degree of overlap between theoretical profile and profiles of twist drills extruded at different positions of point S

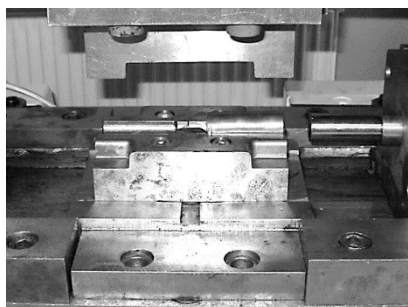
5. BADANIA DOŚWIADCZALNE WYCISKANIA WIERTEL KRĘTYCH

Weryfikację koncepcji wyciskania wiertel krętych realizowano w warunkach laboratoryjnych z wykorzystaniem uniwersalnej prasy hydraulicznej oraz trójsuwakowej prasy kuźniczej. Pierwsze próby wyciskania wiertel krętych z materiału modelowego (ołowiu w gatunku Pb1) realizowano z wykorzystaniem trójsuwakowej prasy

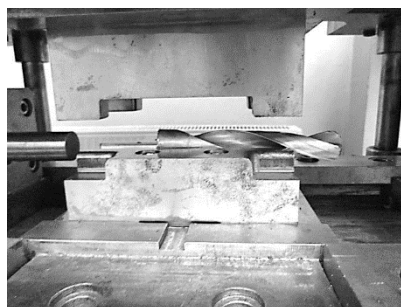
5. TWIST DRILL EXTRUSION EXPERIMENTS

The new approach to the extrusion of twist drills was verified in laboratory conditions using a universal hydraulic press and a three-slide forging press. As a first step, twist drill extrusion experiments were carried out using Pb1 lead as model material and a three-screw forging press. This press is equipped with three hydraulically-

kuźniczej. Prasa ta wyposażona jest w trzy suwaki napędzane hydraulicznie. Dwa suwaki poruszają się przeciwbieżnie w układzie poziomym, natomiast trzeci suwak ma możliwość ruchu w kierunku pionowym, prostopadle do dwóch pozostałych. W trakcie realizacji założonych badań wykorzystano schemat kinematyczny prasy zbliżony do pracy kuźniarki. Przebieg procesu wyciskania wiertel krętych z wykorzystaniem trój-suwakowej parsy kuźniczej pokazano na rys. 12.



a)



b)

Rys. 12. Przebieg wyciskania wiertel krętych: a) umieszczenie wsadu w wykroju dolnej matrycy, b) rozsuniecie matryc w celu usunięcia wyciśniętego wiertła

Fig. 12. Steps of the extrusion process: a) the billet is loaded into the cavity of the bottom die, b) the dies are separated to remove the extruded drill

Wyciskanie wiertel krętych przebiegało w następujący sposób. Wsad umieszczano w wykroju dolnej matrycy (rys. 12a), a następnie dosuwano matrycę górną do dolnej tak, by tworzyły zamknięty wykrój. W kolejnym etapie uruchamiano suwak boczny ze stemplem, który realizował właściwy proces wyciskania. Po wyciśnięciu wiertła włączano ruch powrotny suwaka dociskającego matryce oraz suwaka realizującego wyciskanie, aby umożliwić usunięcie ukształtowanego wiertła z wykroju matrycy (rys. 12b). Otrzymane wiertła charakteryzuje powtarzalność wymiarów, w tym skoku linii śrubowej. Podczas usuwania półfabrykatów z wykroju matrycy nie napotkano żadnych trudności.

W celu realizacji procesu wyciskania wiertel krętych ze stali skonstruowano specjalny przyrząd wyposażony w matryce łupkowe, który został zainstalowany na prasie hydraulicznej PYE 160 SS. Schemat zbudowanego stanowiska oraz matryce wykorzystane w trakcie badań pokazano na rys. 13. Ze względu na zbyt małą prędkość ruchu suwaka roboczego prasy PYE 160 SS

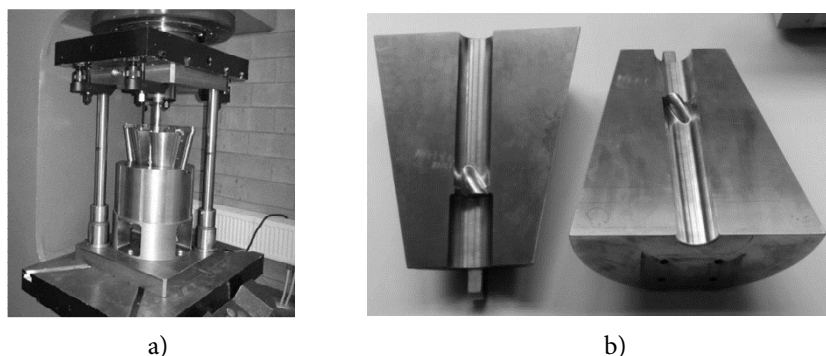
driven slides. Two of these slides move backward in the horizontal plane, while the third slide can move in the vertical direction, perpendicular to the two other slides. Drills were extruded according to a kinematic scenario similar to the operation of a upset forging machine. The process of extrusion of twist drills using a three-slide forging press is shown in Fig. 12.

Twist drills were extruded according to the following procedure: the billet was placed in the bottom die cavity (Fig. 12a), and then the top die was brought into closed position with the bottom die. As a next step, a side ram was started which pressed the punch against the workpiece to extrude it between the die parts. After the drill had been extruded, the die-pressing slide and the extruding slide were retracted to remove the drill from the die cavity (Fig. 12b). The obtained twist drills were characterized by reproducibility of dimensions, including screw thread pitch. No problems were encountered during the removal of the semi-finished products from the die cavity.

To extrude twist drills from steel, a special device equipped with two-segment dies was constructed and mounted on a PYE 160 SS hydraulic press. A schematic of the stand and images of the dies used during the study are shown in Fig. 13. Because ram downward movement of

w celu zabezpieczenia materiału wyciskanego przed nadmiernym wychłodzeniem, do smarowania wykorzystano proszek szklany.

the PYE 160 SS press was very slow, glass powder was used as a lubricant to prevent cooling of the extruded material.



Rys. 13. Stanowisko do wyciskania wiertel krętych: a) widok przyrządu zainstalowanego na prasie, b) matryce łupkowe wykorzystane do wyciskania wiertel krętych

Fig. 13. Stand for extrusion of twist drills: a) view of the device mounted on the press, b) two-segment dies used for the extrusion of twist drills

Uzyskane w trakcie badań wiertła zostały pokazane na rys. 14. Cechą charakterystyczną wiertel wyciskanych, z wykorzystaniem jako środka smarnego proszku szklanego, jest pozostałość warstwy szkła na powierzchni wyciśniętych wiertel. Na uwagę zasługuje fakt, że warstwa szkła po procesie wyciskania pozostaje w głównej mierze na powierzchni piór wiertła oraz na łysince. W obszarze rowka wiórowego nie zaobserwowano pozostałości szkła po procesie wyciskania. Brak warstwy szkła na powierzchni rowka wiórowego upraszcza sposób projektowania narzędzi oraz ogranicza dobór naddatków wyłącznie do naddatków na średnicy zewnętrznej.

The twist drills obtained during the tests are shown in Fig. 14. A characteristic feature of drills extruded using a glass powder lubricant is that their surface is covered with a fine layer of glass. It is worth noting that the glass layer mostly covers the surface of the drill land and the margin. No glass was left after extrusion on drill flutes. The fact that there no glass residue is left on the surface of the flutes makes the design of the tools (dies) easier and means that stock allowances need only be added to the outer diameter of the billet.



Rys. 14. Wiertła ze stali narzędziowej do pracy na zimno (100Cr6) wykonane w procesie wyciskania

Fig. 14. Drills extruded from 100Cr6 cold-work tool steel

6. PODSUMOWANIE

W niniejszym opracowaniu przedstawiono wyniki prac badawczych dotyczących nowego procesu wyciskania wiertel krętych w matrycach dzielonych. Proces ten może być alternatywą dla

6. SUMMARY

This paper presents the results of research on a new process of extrusion of twist drills in split dies. This process can be used as an alternative to milling and roll forging for the production of twist

procesów frezowania oraz walcowania kuźniczego w przypadku wytwarzania wiertel krętych o średnicach powyżej 20 mm. Technologia wyciskania wiertel krętych w matrycach dzielonych jest uniwersalna ze względu na fakt, że może być realizowana z wykorzystaniem szerokiej grupy maszyn kuźniczych. Wykorzystując kuźniarki, można w znaczący sposób ograniczyć koszty oprzyrządowania. Na uwagę zasługuje również fakt, że dzięki zastosowaniu dzielonych narzędzi znacznie upraszcza się proces wyciskania, w szczególności etapu usuwania wyrobów z matryc. W artykule omówiono główne czynniki, których wpływ na przebieg procesu wyciskania jest najistotniejszy. Projektując technologię wyciskania wiertel krętych, dużą uwagę należy poświęcić odpowiedniemu doborowi parametrów geometrycznych matryc, od których zależy dokładność wyciskanych wiertel krętych. Równie istotny wpływ na przebieg procesu wyciskania oraz jakość uzyskanych wyrobów mają opory tarcia w strefie kontaktu materiału z narzędziami. Nieodpowiednie smarowanie może prowadzić do nadmiernego obciążenia mechanicznego matryc, powodując ich przyspieszone zużycie. Wzrost tarcia utrudnia również skręcanie wiertła podczas wyciskania, w efekcie zmniejszając dokładność uzyskanych wyrobów.

PODZIĘKOWANIA

Badania realizowane w ramach działalności statutowej Politechniki Lubelskiej.

LITERATURA

- [1] Frost W. 1866. „Improved tool for cutting twist – drills”. *US Patent*, No. 56033.
- [2] Williams H.A. 1880. „Device for manufacturing twist drills”. *US Patent*, No. 234362.
- [3] Gieshoidt J. 1902. „Manufacture of spiral shaped or helically twisted bodies”. *US Patent*, No. 714890.
- [4] Borowski J., G. Płaczek, H. Jurczak, D. Leśniak, W. Libura, J. Zasadziński, A. Rękas. 2016. „Analiza właściwości mechanicznych i dokładność wymiarów cienkościennych kształtowników zamkniętych wyciskanych ze stopu AW6082”. *Obróbka Plastyczna Metali* 27 (1): 7–20.

drills with diameters of over 20 mm. The technology of extruding twist drills in split dies is versatile across a wide range of forging machines. The use of header machines, in particular, can significantly reduce tooling costs. It is also worth noting that the use of split tools greatly simplifies the extrusion process, especially the removal of products from the dies. This article discusses the main factors influencing the course of the extrusion process. When designing a technology for extrusion of twist drills, attention should be paid to the appropriate selection of the geometric parameters of the dies, as they determine the accuracy of the extruded drills. An equally important impact on the course of the extrusion process and the quality of the obtained products is exerted by frictional resistance in the contact area between material and tools. Inadequate lubrication can lead to excessive mechanical loading of the dies, resulting in their accelerated wear. Increased friction also makes it difficult to twist the drill during extrusion, thus reducing the accuracy of the products obtained.

ACKNOWLEDGEMENTS

Research carried out within the statutory activity of the Lublin University of Technology.

REFERENCES

- [1] Frost W. 1866. “Improved tool for cutting twist – drills”. *US Patent*, No. 56033.
- [2] Williams H.A. 1880. “Device for manufacturing twist drills”. *US Patent*, No. 234362.
- [3] Gieshoidt J. 1902. “Manufacture of spiral shaped or helically twisted bodies”. *US Patent*, No. 714890.
- [4] Borowski J., G. Płaczek, H. Jurczak, D. Leśniak, W. Libura, J. Zasadziński, A. Rękas. 2016. “Analysis of mechanical properties and dimensional accuracy of hollow thin-walled shapes extruded from AW6082 alloy”. *Obróbka Plastyczna Metali* 27 (1): 7–20.

- [5] Chruściński M., S. Szkudelski, B. Pachutko, S. Ziółkiewicz 2016. „Badania spajania materiałów w układzie miedź – aluminium przy wykorzystaniu metody wyciskania bocznego wspomaganego tarcie”. *Obróbka Plastyczna Metali* 27 (2): 153–164.
- [6] Gotze F. 1959. „Improvements in the production by extrusion twist drills, reamers and the like”. *GB Patent*, No. 821684.
- [7] Bulzak T. 2015. „Sposób wyciskania wiertel krętych w matrycy dwuczęściowej”. *Polski Patent*, Nr 219193.
- [8] Bulzak T. 2015. „Matryca dwuczęściowa do wyciskania wyrobów z rowkami śrubowymi”. *Polski Patent*, Nr 218814.
- [9] Atroshenko A.P., V.N. Vostrov, D.I. Chalev, A.V. Porkhun. 1985. „Optimizatsiya tekhnologicheskogo protsessa goryachego vydavlivaniya sverl bolshogo diametra”. *Kuznecno - Stampovocnoe Proizvodstvo* 1: 17–18.
- [10] Shenzhang H. 2006. „Hammer bit cold extrusion process and dies design”. *Hardware Science And Technology* 5: 32–34.
- [11] Bulzak T, J. Tomczak, Z. Pater. 2016. „Wpływ parametrów matrycy na geometrię wyciskanych wiertel krętych”. *Hutnik Wiadomości Hutnicze* 83 (9): 390–392.
- [12] Bulzak T., Z. Pater, J. Tomczak. 2016. „Numerical modeling of skew rolling process of twist drills”. *Advances in Science and Technology Research Journal* 10 (32):124–131.
- [5] Chruściński M., S. Szkudelski, B. Pachutko, S. Ziółkiewicz 2016. “Testing of material bonding in a copper – aluminum system using friction-assisted lateral extrusion”. *Obróbka Plastyczna Metali* 27 (2): 153–164.
- [6] Gotze F. 1959. “Improvements in the production by extrusion twist drills, reamers and the like”. *GB Patent*, No. 821684.
- [7] Bulzak T. 2015. “Sposób wyciskania wiertel krętych w matrycy dwuczęściowej”. *Polish Patent*, No. 219193.
- [8] Bulzak T. 2015. “Matryca dwuczęściowa do wyciskania wyrobów z rowkami śrubowymi”. *Polish Patent*, No. 218814.
- [9] Atroshenko A.P., V.N. Vostrov, D.I. Chalev, A.V. Porkhun. 1985. “Optimizatsiya tekhnologicheskogo protsessa goryachego vydavlivaniya sverl bolshogo diametra”. *Kuznecno - Stampovocnoe Proizvodstvo* 1: 17–18.
- [10] Shenzhang H. 2006. “Hammer bit cold extrusion process and dies design”. *Hardware Science And Technology* 5: 32–34.
- [11] Bulzak T, J. Tomczak, Z. Pater. 2016. “Wpływ parametrów matrycy na geometrię wyciskanych wiertel krętych”. *Hutnik Wiadomości Hutnicze* 83 (9): 390–392.
- [12] Bulzak T., Z. Pater, J. Tomczak. 2016. “Numerical modeling of skew rolling process of twist drills”. *Advances in Science and Technology Research Journal* 10 (32):124–131.

