

Mgr inż. Tadeusz DRENGER, mgr inż. Marek PAWLICKI
Instytut Obróbki Plastycznej, Poznań
e-mail: drenger@inop.poznan.pl

Nowoczesne systemy docisku blachy w procesie tłoczenia

Modern blank holding systems in the process of stamping

Streszczenie

W ostatnich latach prace w zakresie doskonalenia procesów głębokiego tłoczenia obejmują nowe sposoby dociskania materiału w czasie procesu wytlaczania. W artykule opisano najnowsze sposoby dociskania stosowane przez różnych wytwórców pras i narzędzi do tłoczenia jak i najnowsze wyniki badań w tej dziedzinie.

Abstract

In recent years, works on improvement of deep drawing processes include new ways of material holding during the process of drawing. The paper describes the newest ways of holding applied by various manufacturers of presses and drawing tools, as well as the latest investigation results in the field.

Słowa kluczowe: tłoczenie, obróbka blach, system docisku, dociskacz, MES

Key words: deep drawing, sheet metal forming, blankholder system, blankholder, FEM

1. WPROWADZENIE

Procesy tłoczenia z blachy wytłoczek o powierzchni nierozwijalnej, znajdują coraz częstsze zastosowania w przemyśle AGD, maszyn spożywczych, lotniczym oraz chemicznym. Zastosowanie procesu tłoczenia, szczególnie w produkcji w dużych seriach, pozwala na zminimalizowanie odpadów technologicznych [1].

Zaprojektowanie procesu wytlaczania wyrobu lub półwyrobu z blachy wymaga uwzględnienia specyficznych dla tej technologii mechanizmów procesu.

Przy projektowaniu procesów tłoczenia, zasadniczo uwzględnia się jedynie naprężenia i odkształcenia w kierunku walcowania blachy oraz w kierunku prostopadłym do niego, występujące w płaszczyźnie blachy.

1. INTRODUCTION

The processes of making sheet metal drawpieces with non-developable surface are more and more applied in the industry of domestic appliances, in food production, in aircraft and chemical industry. The application of stamping process, particularly in long series production, allows for minimizing the technological waste [1].

Design of the process of drawing a product or a semi product of sheet metal requires incorporation of the specific mechanisms of the technology.

When designing the stamping processes, only the stresses and strains in the direction of rolling and in the direction perpendicular to it in the sheet metal plane.

Pomija się naprężenia i odkształcenia występujące w kierunku prostopadłym do płaszczyzny blachy ze względu na ich stosunkowo małe wartości. Stan taki nazywa się płaskim stanem naprężenia i odkształcenia. W tłocznictwie to uproszczenie jest uzasadnione znaczącą różnicą w wymiarach arkusza blachy: szerokość i długość arkusza blachy są znacznie większe, aniżeli jego grubość.

Na wytłoczce cylindrycznej (rys. 1) wyróżnia się strefę tzw. ciągnięcia (w części kołnierzonej wytłoczki) oraz strefę rozciągania (dno wytłoczki). W strefie dna występują jedynie naprężenia rozciągające (zarówno promieniowe jak i obwodowe), a w strefie kołnierzonej występują obwodowe naprężenia ściskające oraz promieniowe rozciągające [2].

W procesie tłoczenia blach występują dwa zjawiska stanowiące przeszkody w otrzymaniu poprawnych wytłoczek o żądanym kształcie i wymiarach [2]:

- pękanie obwodowe ścianki,
- fałdowanie kołnierza.

W artykule omówiono stosowane sposoby zapobiegania fałdowaniu kołnierza wytłoczki. Wg Z. Marciniaka „Fałdowanie jest pewną formą plastycznego wybożenia blachy, zachodzącego pod wpływem ściskających naprężeń obwodowych wówczas, gdy grubość blachy jest mała w porównaniu ze średnicą odkształcanego krążka” [2].

Przykłady wytłoczek z pofałdowaną ścianką pobocznicą pokazano na rys. 2.

The stress and strain in the direction perpendicular to the sheet plane are neglected for their low value. This is referred to as plane state of stress and strain. In sheet metal working, the simplification is justified by the significant difference the metal sheet dimensions: the sheet length and width are much larger than its thickness.

In a cylindrical drawpiece, (fig. 1), the zone of drawing (in the flange part of the drawpiece) and the zone of stretching (the drawpiece bottom) are distinguished. In the bottom zone only tensile stresses (both radial and circumferential) occur while in the flange zone circumferential compressive stresses and radial tensile stresses occur [2]. Two phenomena occurring in the process of sheet metal stamping are obstacles in obtaining correct drawpieces with desired shape and dimensions [2]:

- *circumferential wall cracking,*
- *flange wrinkling.*

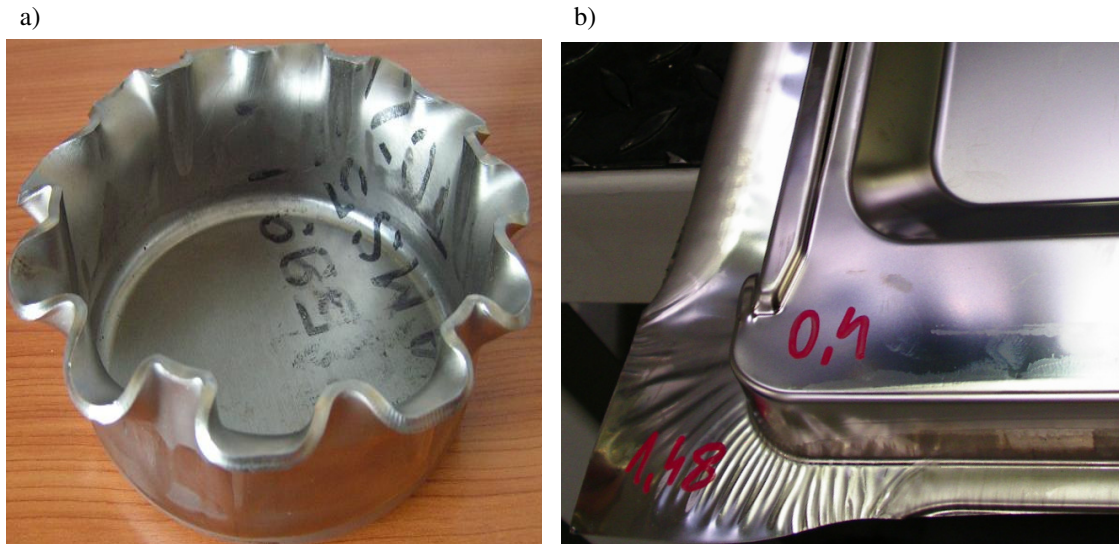
The paper discusses the ways of preventing the drawpiece flange wrinkling. According to Marciniak “Wrinkle is a form of plastic buckling of the sheet taking place under the influence of circumferential compressive stresses when the sheet thickness is small as compared to the diameter of the disk being deformed” [2].

Examples of drawpieces with corrugated side wall can be seen in fig. 2.



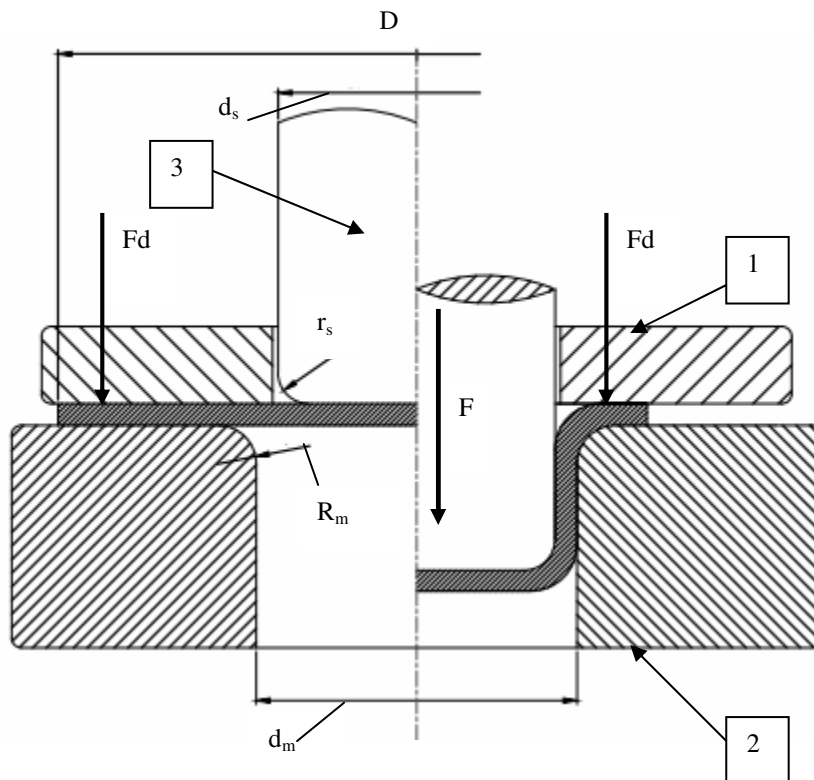
Rys. 1. Wytłoczka cylindryczna z nadstopu niklu Inconel 625 [1]

Fig. 1. A cylindrical drawpiece of nickel superalloy, Inconel 625 [1]



Rys. 2. Wytłoczki z widoczną pofałdowaną ścianką boczną: a) cylindryczna – materiał nadstop nikiel Inconel 625 [3], b) wytłoczka kształtowa drzwi zmywarki – materiał stal nierdzewna 0H18N9

Fig. 2. Drawpieces with visible wrinkled side wall: a) cylindrical one – Inconel 625 nickel superalloy [3], b) profile drawpiece of a dish washing machine door – 0H18N9 stainless steel



Rys. 3. Schemat tłoczenia wytłoczki cylindrycznej z zastosowaniem dociskacza [2]; 1 – dociskacz, 2 – matryca, 3 – stempel, D – średnica krążka wyjściowego, d_m – średnica wewnętrzna matrycy, d_s – średnica zewnętrzna stempla, F – siła tłoczenia, F_d – nacisk dociskacza, r_m – promień roboczy matrycy, r_s – promień roboczy stempla

Fig. 3. A diagram of making a cylindrical drawpiece with the use of a blankholder [2]; 1 – blankholder, 2 – die, 3 – punch, D – initial disk diameter, d_m – internal diameter of the die, d_s – outer diameter of the punch, F – drawing force, F_d – the force of the blankholder, r_m – die working radius, r_s – punch working radius

Celem zapobiegania występowania fałdowania w procesie tłoczenia stosuje się dociskanie blachy do matrycy za pomocą dociskacza. W przypadku wytłoczek cylindrycznych stosowanie dociskacza jest konieczne, gdy grubość blachy – t – w stosunku do średnicy krążka wyjściowego – D – jest mniejsza, niż 0,15. Nie stosuje się dociskacza, gdy stosunek ten jest większy od 0,2. W przypadku wartości pośrednich zastosowanie dociskacza zależy m.in. od doświadczenia projektanta i wyników prób technologicznych [2].

Na rys. 3 pokazano schemat tłoczenia wytłoczki cylindrycznej z zastosowaniem dociskacza. Rys. 4 przedstawia przykłady tłoczników z dociskaczem.

W dalszej części artykułu przedstawiono przegląd nowoczesnych systemów docisku blachy w procesach tłoczenia.

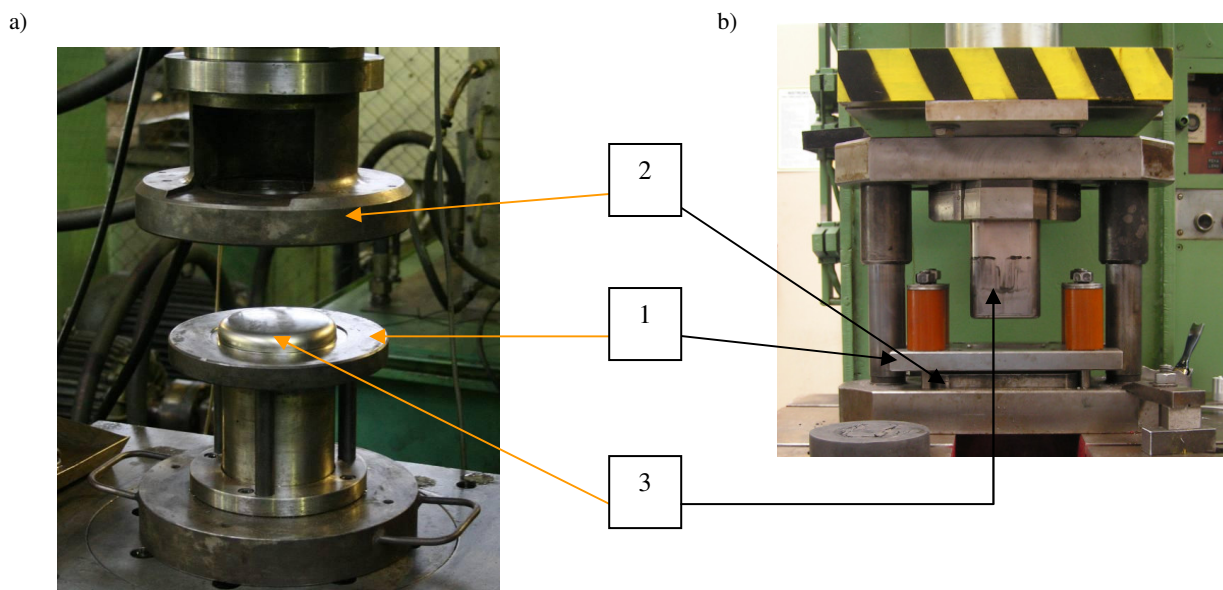
Dokonano również oceny systemów pod kątem możliwości zastosowania i innowacyjności danego rozwiązania bądź metody.

In order to prevent wrinkling in the process of stamping, the metal sheet is pressed to the die by means of blankholder. In the case of cylindrical drawpieces, the use of a blankholder is necessary when the sheet thickness, t , is less than 0.15 of the initial disk diameter, D . Blankholder is not applied when the ratio is more than 0.2. In the case of intermediate values, the use of a blankholder depends on the designer's experience and the results of technological tests [2].

In fig. 3 a diagram of making a cylindrical drawpiece with the application of a blankholder is shown. Fig. 4 shows examples of stamping dies with blankholders.

In the further part of the paper, one can find a survey of modern metal sheet holding systems in the processes of stamping.

An assessment of the systems has also been performed in respect of applicability and innovativeness of the given solution or method.



Rys. 4. Przykłady tłoczników, z zastosowaniem dociskacza [1, 4]: a) przyrząd do tłoczenia wytłoczek cylindrycznych z pierścieniem dociskowym, b) przyrząd do tłoczenia wytłoczek prostokątnych z dociskaczem z naciskiem regulowanym za pomocą sprężyn poliuretanowych; 1 – dociskacz, 2 – matryca, 3 – stempel

Fig. 4. Examples of stamping dies, with the use of blankholders [1, 4]: a) a device for making cylindrical drawpieces with holding ring, b) a device for making rectangular drawpieces with a blankholder force controlled by means of polyurethane springs; 1 – blankholder, 2 – die, 3 – punch

2. NAJNOWSZE ROZWIĄZANIA SYSTEMÓW DOCISKU BLACHY W PROCESACH TŁOCZENIA

Ośrodki badawcze i firmy produkujące prasy i narzędzia do tłoczenia prowadzą badania w dziedzinie różnych systemów docisku blach w procesach tłoczenia. W przypadku dużych wyrobów prowadzi się badania pras wyposażonych w różne systemy docisku, a w przypadku wytłoczek mniejszych gabarytowo, badania dotyczą specjalnych narzędzi wyposażonych w systemy docisku zasilane z własnych zasilaczy. Rozwiązania te i metody opisano w dalszej części pracy:

1. Tłoczniki ze zmiennym kątem powierzchni roboczej matrycy i dociskacza.
2. Dociskacz nowy, 8-segmentowej konstrukcji.
3. Inteligentny system multi-wejścia multi-wyjścia w procesach modelowania i rzeczywistego procesu tłoczenia.
4. Modelowanie komputerowe procesu tłoczenia z zastosowaniem elastycznego pulsującego dociskacza.
5. Wielosegmentowe dociskacze płaskie i stożkowe działające zgodnie z zasadami dociskacza wielopunktowego. Modelowanie komputerowe oraz badania eksperymentalne.
6. Tłocznik wielostemplowy.

2.1. Tłoczniki ze zmiennym kątem powierzchni roboczej matrycy i dociskacza

Vedat Savas i Omer Secgin zaproponowali modyfikację geometrii narzędzi do tłoczenia poprzez zmianę kąta powierzchni roboczej matrycy i dociskacza [5]. Zastosowane zmiany (rys. 5) powodują zwiększenie stopnia odkształcenia i minimalizację siły dociskacza. Autorzy, na podstawie badań głębokiego tłoczenia wytłoczek $\phi 46$ z blachy o grubości 1 mm z materiału DIN EN 10130:1991, doszli do wniosku, że przy kącie $2,5^\circ$ siła dociskacza jest najmniejsza (3002 N), a stopień odkształcenia znacznie obniżony (1,75) [5].

2. THE LATEST SOLUTIONS OF METAL SHEET HOLDING IN THE PROCESSES OF STAMPING

Research Centres and manufacturers of presses and stamping tools investigate various systems of metal sheet holding in the processes of stamping. In the case of large products, presses equipped with various holding systems are investigated; in the case of smaller drawpieces, the investigations are focused on special tools provided with holding systems supplied from their own feeding units. Those solutions and methods are described in the further part of the paper:

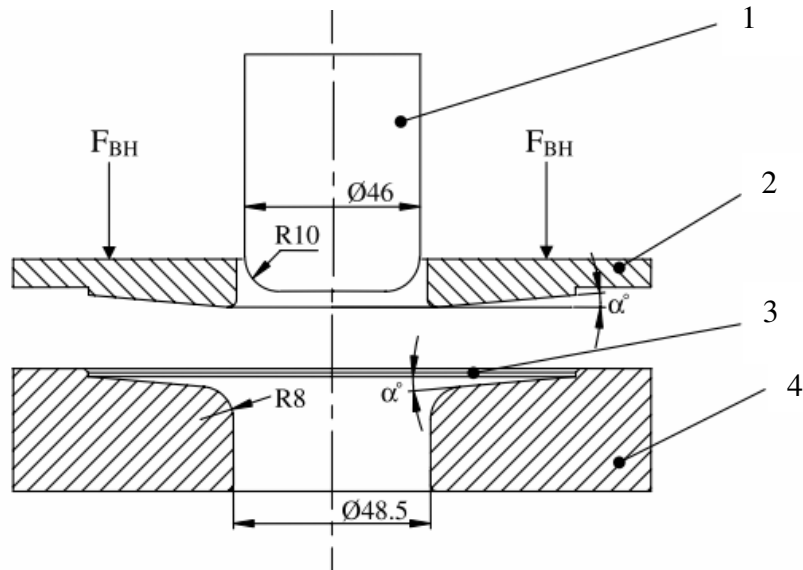
1. *Stamping dies with variable angle of the die working surface and the blankholder.*
2. *New blankholder, of 8-segment design.*
3. *Intelligent system of multi-input multi-output in the processes of modelling and actual stamping process.*
4. *Computer modelling of the stamping process with the use of an elastic pulsating blankholder.*
5. *Multi-segment flat and conical blankholders functioning in accordance with the principles of a multi-point blankholder. Computer modelling and experimental investigations.*
6. *Multi-punch stamping die.*

2.1. Stamping dies with variable die and blankholder angle

Vedat Savas and Omer Secgin have proposed modification of the stamping tools by changing the blankholder and die angle [5]. The suggested changes (fig. 5) result in an increase of the drawing ratio and minimization of the blankholder force. Basing on investigation of deep drawing of drawpieces, $\phi 46$, of 1 mm thick DIN EN 10130:1991 sheet have come to the conclusion that the blankholder force is less (3002 N) and the drawing ratio much lowered (1.75) with the angle of 2.5° [5].

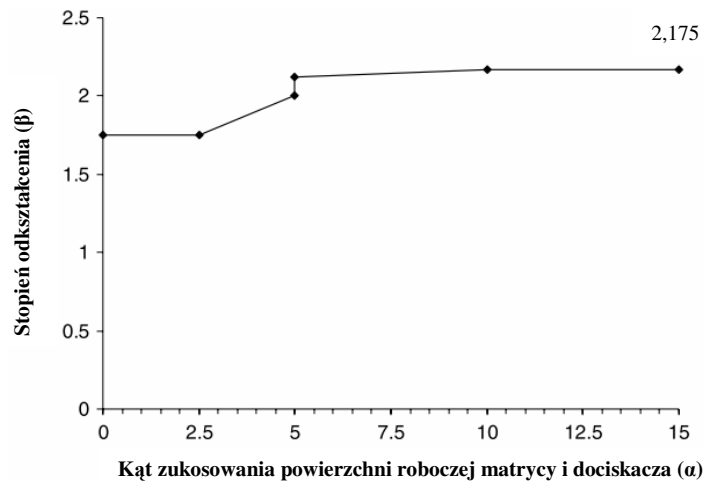
Jak wynika z danych podanych na rys. 6-7, zwiększanie kąta zukosowania powierzchni roboczych stempla i matrycy powyżej $\alpha = 10^\circ$, nie zwiększa stopnia odkształcenia $\beta = 2,175$ (rys. 6). Stwierdzono również w badaniach, że począwszy od kąta $\alpha = 2,5^\circ$, siła nacisku dociskacza jest stała i wynosi 3002 N (rys. 7).

As can be seen from the data stated in figures 6-7, growth of the blankholder angle above $\alpha = 10^\circ$ does not increase the drawing ratio, $\beta = 2,175$ (fig. 6). It has also been found in investigations that, from $\alpha = 2.5^\circ$ on, the blankholder force is constant and equal to 3002 N (fig. 7).



Rys. 5. Tłocznik z zastosowanym zukosowaniem na powierzchni roboczej matrycy i dociskacza – α° ; 1 – stempel, 2 – dociskacz, 3 – materiał wyjściowy, 4 – matryca, F_{BH} – siła nacisku dociskacza [5]

Fig. 5. Stamping die with the blank holder angle of α° ; 1 – punch, 2 – blankholder, 3 – blank, 4 – die, F_{BH} – blankholder force [5]



Rys. 6. Zależność stopnia odkształcenia (β) w stosunku do kąta zukosowania powierzchni roboczej matrycy i dociskacza (α) [5]

Fig. 6. The relation of the drawing ratio (β) to the die and blankholder angle (α) [5]



Rys. 7. Zależność siły dociskacza w stosunku do kąta zukosowania powierzchni roboczej matrycy i dociskacza (α) [5]

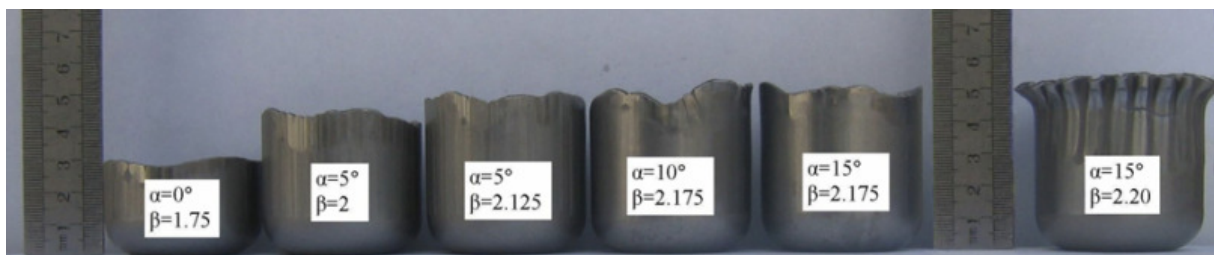
Fig. 7. The relation of the blankholder force to the die and blankholder angle, (α) [5]

Powyżej kąta zukosowania powierzchni roboczych stempla i matrycy równego $\alpha = 15^\circ$, zwiększanie stopnia odkształcenia prowadzi do fałdowania wytłoczek (rys. 8).

Na rys. 9 zamieszczono zestawienie wyników badań oraz rezultatów operacji tłoczenia.

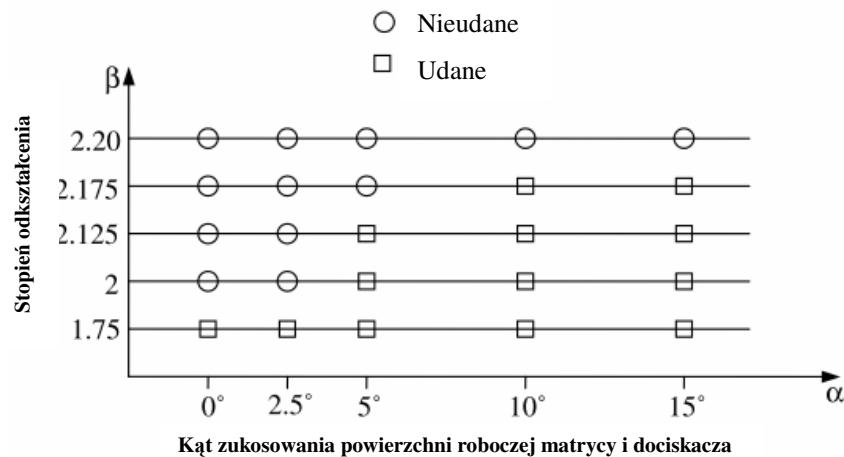
Above the blankholder angle of $\alpha = 15^\circ$, increasing the drawing ratio results in wrinkling of the drawpieces (fig. 8).

In fig. 9, one can see an comparison of the investigation results and the results of stamping operations.



Rys. 8. Wytłoczki uzyskane w operacji głębokiego tłoczenia w zależności od kąta zukosowania powierzchni roboczej matrycy i dociskacza (α) oraz stopnia odkształcenia (β) [5]

Fig. 8. Drawpieces obtained in deep drawing operation, depending on the blankholder angle, (α), and the drawing ratio, (β) [5]



Rys. 9. Zestawienie zastosowanych parametrów tłoczenia i rezultatów badań [5]

Fig. 9. Comparison of the stamping parameters applied and the investigation results

2.2. Dociskacz nowy, 8-segmentowej konstrukcji

M.A. Hassan, N. Takakura, K. Yamaguchi skonstruowali innowacyjny dociskacz 8-segmentowy składający się z wachlarzowatych elementów użytych zamiast elastycznego łącznika [6].

Cztery segmenty pełnią rolę elementów stałych, dociskowych. Pozostałe cztery są małymi klinami, które mogą poruszać się promieniowo do wewnątrz i na zewnątrz obwodu pod wpływem ciśnienia dostarczanego z zewnątrz do zespołu dociskacza (rys. 10). Sterowanie ciśnieniem dociskacza pozwala na kontrolę procesu i uzyskiwanie głębokich wytłoczek cylindrycznych z miękkiego aluminium w gatunku Al-0 o stopniu odkształcenia równym 4,0.

Na rys. 11 przedstawiono zależność nacisku dociskacza w stosunku do stopnia odkształcenia. Zastosowanie dociskacza wielosegmentowego pozwala na uzyskanie głębokich wytłoczek (rys. 12) [6].

Mimo pozytywnych wyników badań doświadczalnych autorzy dostrzegają jednak potrzebę dalszych badań celem m.in. skrócenia czasu otrzymania głębokiej wytłoczki.

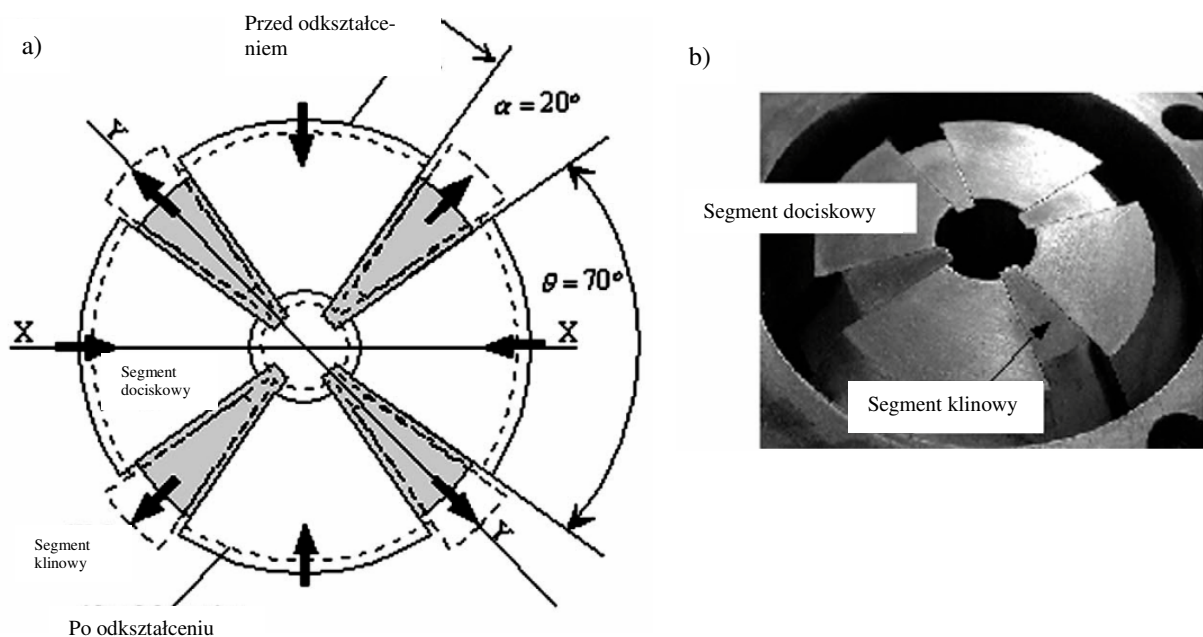
2.2. New blankholder, 8-segment design

M.A. Hassan, N. Takakura, K. Yamaguchi have designed an innovativ, 8-segment blankholder consisting of fan shaped elements used instead of elastic connector [6].

Four segments play the role of fixed, holding elements. The other four are small wedges which can move radially inward and outward of the circumference under the influence of pressure supplied from outside to the blankholder assembly (fig. 10). Adjustment of the blankholder pressure allows for the control of the process and for obtaining deep cylindrical drawpieces of soft aluminium grade Al-0, with drawing ratio of 4.0.

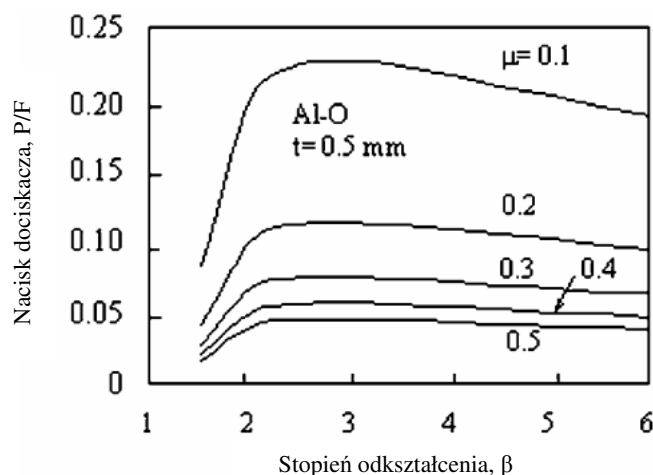
Fig. 11 presents the relation of the blankholder force to the drawing ratio. The application of the multi-segmental blankholder enables deep drawpieces to be obtained (fig. 12) [6].

Despite positive experimental investigation results, the authors see the necessity of further investigation in order to shorten the time of obtaining a deep drawpiece.



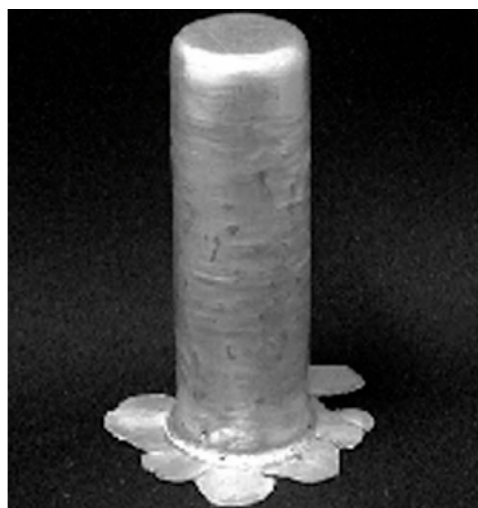
Rys. 10. Nowa konstrukcja wielosegmentowego dociskacza [6]: a) schemat dociskacza, b) dociskacz;
 α – kąt małych segmentów klinowych, θ – kąt stałych segmentów dociskowych

Fig. 10. New design of multi-segmental blankholder [6]: a) blankholder diagram, b) blankholder;
 α – angle of the small wedges, θ – the angle of the fixed drawing segments



Rys. 11. Wykres zależności nacisku dociskacza – P/F w stosunku do stopnia odkształcenia – β dla określonych wartości współczynnika tarcia (μ); t – grubość materiału wyjściowego [6]

Fig. 11. A diagram of the blankholder force, P/F relation to the drawing ratio, β , for the determined values of the coefficient of friction, (μ); t – blank thickness [6]



Rys. 12. Wytłoczka z aluminium gatunku AL-0 wykonana z użyciem nowego typu dociskacza [6]; stopień odkształcenia – $\beta = 4,0$

Fig. 12. A drawpiece of AL-0 aluminium made with the use of a new type blankholder [6]; drawing ratio, $\beta = 4.0$

2.3. Inteligentny system multi-wejścia multi-wyjścia w procesach modelowania i rzeczywistych procesach tłoczenia

Inteligentny system multi-wejścia multi-wyjścia nazywany systemem MIMO, stosowany do procesów modelowania i projektowania rzeczywistego procesu tłoczenia, został opracowany przez Yongseob Lim, Ravinder Venugopal i A. Galip Ulsoy [7] i służy kontroli docisku materiału wyjściowego do matrycy.

2.3. Intelligent multi-input multi-output system in modelling processes and in actual stamping processes

The intelligent multi-input multi-output system, referred to as MIMO system, applied for the processes of modelling and designing the process of actual stamping, has been elaborated by Yongseob Lim, Ravinder Venugopal and A. Galip Ulsoy [7]; the system serves control of the blank pressure to the die.

Istotą systemu jest, że siła nacisku dociskacza powinna rozkładać się strefowo. Autorzy zaproponowali podzielenie strefy roboczej dociskacza na podstrefy oraz ich kontrolę za pomocą komputera (kontrola wielkości podstref, ich ilości, siły dociskacza w stosunku do siły stempla w każdej z nich). Na podstawie założeń teoretycznych i symulacji komputerowych autorzy skonstruowali przyrząd do realizacji badań systemu MIMO (rys. 13a) z zaimplementowanym systemem 12 siłowników odpowiadających za regulację siły dociskacza, kontrolowanych przez komputer. Przyrząd wyposażony jest także w sensory umieszczone w roboczej powierzchni matrycy, które zbierają dane przeliczane przez komputer w celu dobrania odpowiedniego ciśnienia w każdym z siłowników dociskacza.

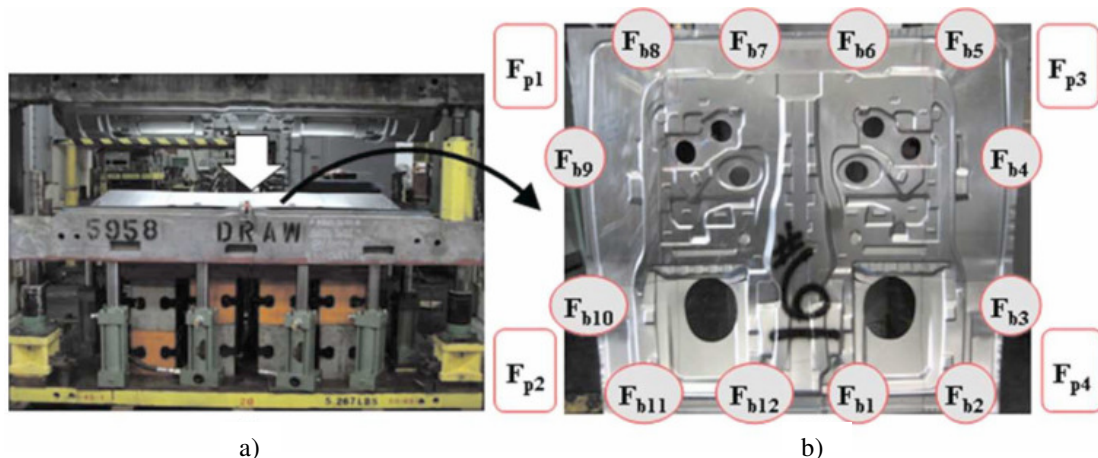
W przyrządzie zastosowano również sensory mierzące siłę stempla. Przeprowadzono badania tłoczenia wyłoczek ze stali gatunku CR EDD (rys. 13b). Wyniki badań potwierdzają słuszność założeń metody i walidacji systemu MIMO w tłoczniku eksperymentalnym.

Na rysunku 14 pokazano wykres sił dociskacza (F_b) w funkcji czasu [7].

The essence of the system is that the blankholder force should be distributed in a zone way. The authors have proposed to divide the blankholder working zone into sub-zones and their monitoring by means of a computer (monitoring of the sub-zones size, number, blankholder force in relation to the punch force in each of them). Basing on theoretical assumptions and computer simulations, the authors have designed device for performing the MIMO system examinations (fig. 13a) with implemented system of 12 actuators responsible for the blankholder force and controlled by the computer. The device is also provided with sensors located in the die working surface; the sensors collect the data calculated by the computer in order to select adequate pressure in each of the blankholder actuators.

The device has also been provided with sensors to measure the punch force. Examination of stamping a drawpiece of steel grade CR EDD (fig. 13b) has been performed. The results prove that the assumptions of the method and validation of the MIMO system in the experimental stamping die are right.

In fig. 14, one can see a diagram of the blankholder forces (F_b) as a function of time [7].



Rys. 13. System doświadczalny MIMO [7]: a) przyrząd do tłoczenia wyłoczek skonstruowany wg założeń systemu MIMO, b) wyłoczek wraz z lokalizacją siłowników zespołu dociskacza (F_b) i stempla (F_p)

Fig. 13. Experimental MIMO system [7]: a) a device for making drawpieces designed acc. to the MIMO system assumptions, b) a drawpiece with the location of blankholder unit actuators (F_b) and the punch (F_p)

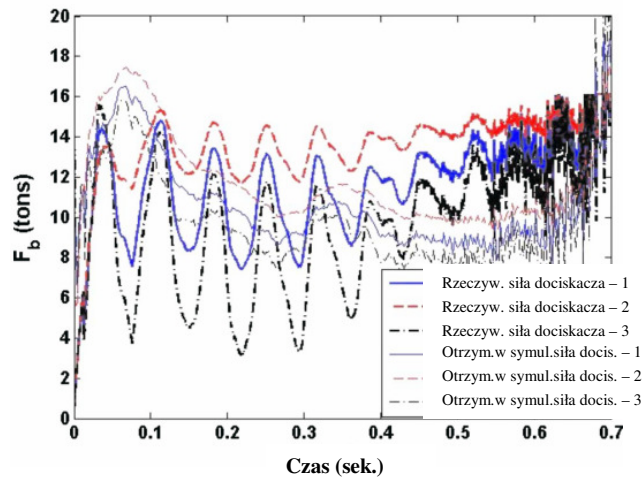
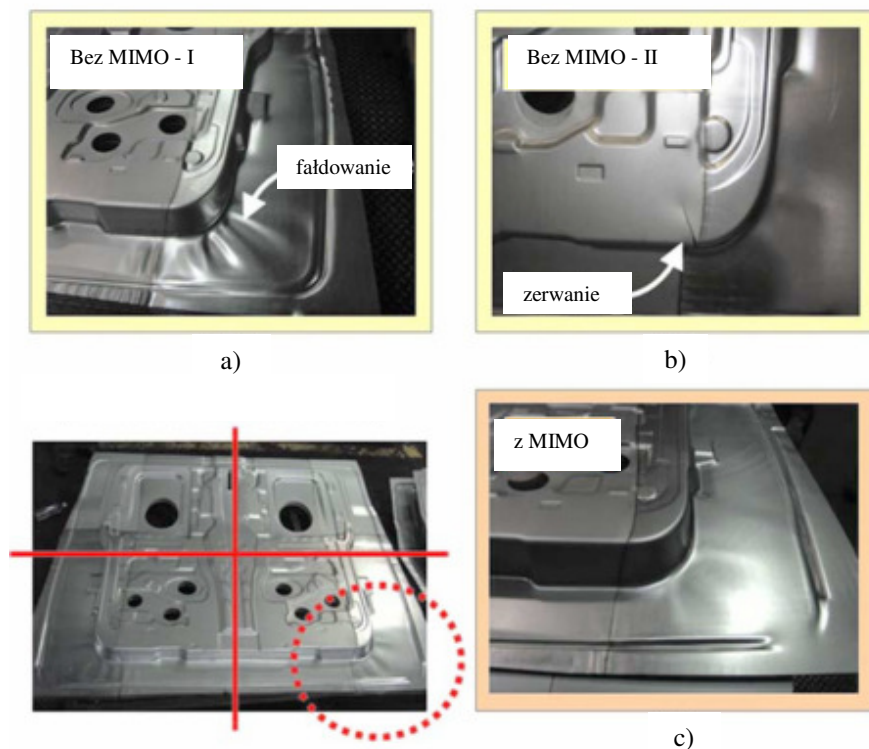
Rys. 14. Wykres sił dociskacza (F_b) w funkcji czasu [7]

Fig. 14. A diagram of the blankholder forces (F_b) as a function of time [7]



Rys. 15. Porównanie kształtu wytłoczek podwójnego panelu: a, b) bez zastosowania systemu MIMO, c) z zastosowanym systemem MIMO [7]

Fig. 15. Shape comparison of double panel drawpieces: a, b) without the application of the MIMO system, c) with the MIMO system applied [7]

Porównanie kształtu wytłoczek podwójnego panelu pokazano na rys. 15. Bez zastosowania systemu MIMO ze stałym naciskiem dociskacza równym 8 ton – występują fałdy przy narożu wytłoczki (rys. 15a). Bez zastosowania systemu MIMO ze stałym naciskiem dociskacza równym 16 ton – pojawia się zerwanie wytłoczki przy jej narożu (rys. 15b).

A comparison of the shape of double panel drawpieces has been shown in fig. 15. Without the use of the MIMO system, with constant blankholder force of 8 tons, wrinkles appear at the drawpiece corner (fig. 15a). Without the use of the MIMO system, with constant blankholder force of 16 tons, drawpiece tearing occurs at its corner (fig. 15b).

Z zastosowanym systemem MIMO uzyskano poprawny kształt wytłoczki (bez fałd i zerwań – rys. 15c) [7].

Badania eksperymentalne wykazały słuszność stosowania systemu MIMO w związku ze zgodnością wyników obliczeń teoretycznych, modelowania komputerowego i prób doświadczalnych. Stosowanie systemu MIMO polepszyło jakość wytłoczki oraz pozwoliło uniknąć powstawania fałd i zerwań.

2.4. Modelowanie komputerowe procesu tłoczenia z zastosowaniem elastycznego, pulsującego dociskacza

Na podstawie eksperymentalnych prac M.S. Ragab i N. Sommer [8], oraz S. Ali, S. Hinduja, J. Atkinson, P. Bolt, R. Werkhoven [9] dotyczących operacji głębokiego tłoczenia z zastosowaniem dociskacza pulsacyjnego, A. Wifi i A. Mosallam przeprowadzili badania modelowania komputerowego [10] (w programie ABAQUS) kształtowania wytłoczki cylindrycznej ze stopu 5182-Al.

Na rys. 16 przedstawiono przyrząd badawczy do prób tłoczenia z zastosowaniem dociskacza pulsacyjnego [9].

Przeprowadzono szereg symulacji komputerowych i badań teoretycznych.

W tych badaniach [10] wykazano, że:

- a) luz pomiędzy dociskaczem, a poduszką,
 - b) wysokość poduszki,
 - c) szczelina między dociskaczem, a materiałem wyjściowym,
 - d) amplituda pulsacji nacisku dociskacza,
- mają zasadniczy wpływ na jakość i kształt modelowanych wytłoczek.

Na rys. 17 przedstawiono model numeryczny narzędzi do symulacji komputerowej procesu tłoczenia z zastosowaniem dociskacza elastycznego pulsacyjnego [10]. Model narzędzi do symulacji tego procesu pokazano na rys. 18. Na rys. 19 przedstawiono wykres pulsującej siły dociskacza elastycznego w funkcji drogi stempla.

With the MIMO system applied, correct shape of the drawpiece (without wrinklins and tearings has been obtained – fig. 15c) [7].

Experimental investigation has shown that it is advantageous to use the MIMO system as proved by the conformance of the results of theoretical calculations, computer modelling and experimental trials. The application of the MIMO system has improved the drawpiece quality and has allowed to avoid wrinklins and tearings.

2.4. Computer modelling of the stamping process with the use of elastic, pulsating blankholder

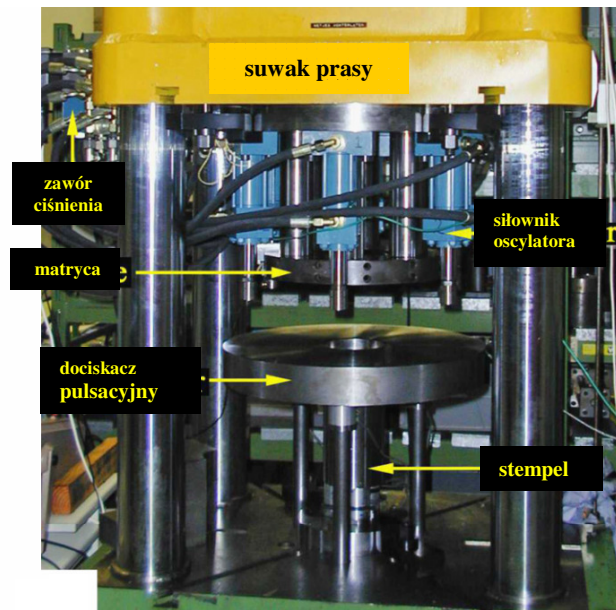
Basing on the experimental works of M.S. Ragab and N. Sommer [8] and S. Ali, S. Hinduja, J. Atkinson, P. Bolt, R. Werkhoven [9] dealing with the operations of deep drawing with the use of pulsating blankholder, A. Wifi and A. Mosallam have performed investigation of computer modelling [10] of forming a cylindrical drawpiece of 5182-Al alloy (in the ABAQUS program).

Fig. 16 shows the experimental device for trials of stamping with the use of a pulsating blankholder [9].

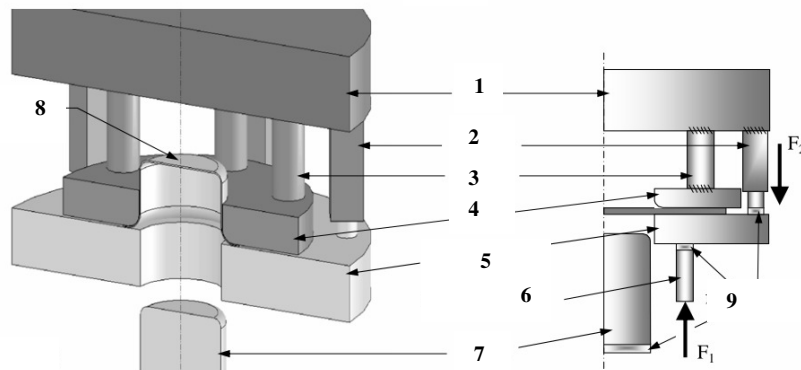
A number of computer simulations and theoretical investigations have been performed. Those investigations have shown that:

- a) the clearance between the blankholder and the pad,*
 - b) the pad height,*
 - c) the gap between the blankholder and the blank,*
 - d) the blankholder pulsation amplitude,*
- have significant influence on the shape and quality of the drawpieces being modeled.*

Fig. 17 shows a numerical model of the tools for computer simulation of the stamping process with the use of elastic pulsating blankholder [10]. Model of the tools for simulation of this process can be seen in fig. 18. Fig. 19 shows the curve of the pulsating force of the elastic blankholder as a function of the punch travel.



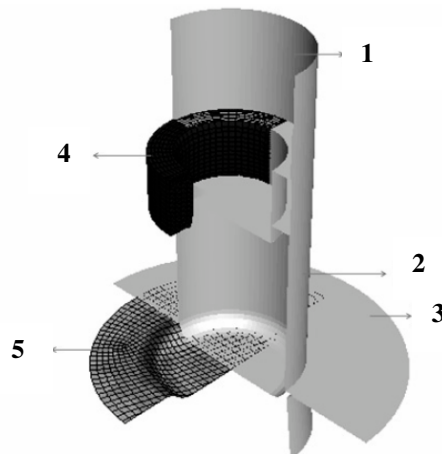
a)



b)

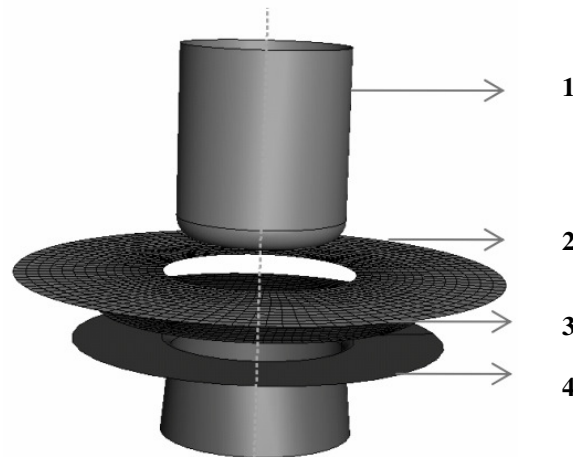
Rys. 16. Przyrząd badawczy do prób tłoczenia z zastosowaniem dociskacza pulsacyjnego [9]: a) tłocznik zamontowany na prasie, b) schemat tłocznika; 1 – suwak prasy, 2 – siłownik oscylatora, 3 – słup prowadnicy, 4 – matryca, 5 – dociskacz pulsacyjny, 6 – szpilka dociskacza pulsacyjnego, 7 – stempel, 8 – wyłocznica, 9 – czujniki siły, F_1 – nacisk dociskacza pulsacyjnego, F_2 – siła tłoczenia

Fig. 16. Experimental device for stamping tests with the use of pulsating blankholder [9]: a) stamping die fixed on the press, b) a diagram of the stamping die; 1 – press ram, 2 – actuator, 3 – spacer, 4 – die, 5 – blankholder, 6 – blankholder pin, 7 – punch, 8 – drawpiece, 9 – force sensors, F_1 – pulsating blankholder force, F_2 – stamping force



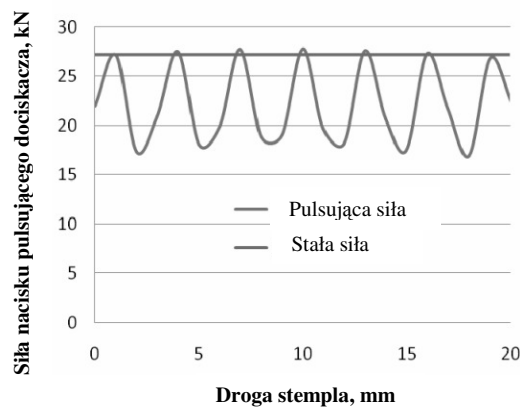
Rys. 17. Model numeryczny narzędzi do symulacji komputerowej procesu tłoczenia [10]; 1 – górny stempel, 2 – dolny stempel, 3 – matryca, 4 – poduszka, 5 – materiał wyjściowy

Fig. 17. Numerical model of the tools for computer simulation of the stamping [process [10]; 1 – upper punch, 2 – lower punch, 3 – die, 4 – pad, 5 – blank



Rys. 18. Model narzędzi do symulacji procesu tłoczenia z zastosowaniem elastycznego, pulsującego dociskacza [10];
1 – stempel, 2 – elastyczny dociskacz, 3 – materiał wyjściowy, 4 – matryca

Fig. 18. Model of the tools for simulation of stamping process with the use of elastic, pulsating blankholder [10];
1 – punch, 2 – blankholder, 3 – blank, 4 – die



Rys. 19. Wykres siły pulsującej dociskacza elastycznego w funkcji drogi stempla (schemat teoretyczny) [10]

Fig. 19. The curve of the pulsating force of the blankholder as a function of the punch travel (theoretical scheme) [10]

Rezultaty uzyskane w badaniach wskazują na duży wpływ wymienionych parametrów na kształt i jakość wyłoczek. Wyniki symulacji pokazano na (rys. 20–25).

Z wyników symulacji przedstawionych na rys. 21 wynika, że zmniejszenie luzu powoduje wyeliminowanie fałd z wyłoczki.

Zwiększenie wysokości poduszki z 40 do 50 mm obniżyło współczynnik nacisków dociskacza z 0,35 na 0,25. Kolejne zwiększanie wysokości poduszki (do 60 mm) nie powoduje obniżenia sił dociskacza (rys. 22).

Zmniejszenie szczeliny powoduje zmniejszenie wysokości fałd w wyłoczkach (rys. 23).

W badaniach [10] stwierdzono, że zwiększając pulsację siły dociskacza zmniejsza się siłę tarcia podczas procesu tłoczenia (rys. 24).

The results obtained in the investigation indicate significant influence of the parameters under discussion on the shape and quality of drawpieces. Simulation results can be found in figs. 20–25).

The simulation results presented in fig. 21 show that reduction of the clearance eliminates wrinkling of the drawpiece.

The increase of the pad height from 40 to 50 mm has reduced the blankholder force coefficient from 0.35 to 0.25. Further increase of the pad height does not result in the blankholder force reduction (fig. 22).

Reduction of the gap results in reduction of the height of wrinkles in drawpieces (fig. 23).

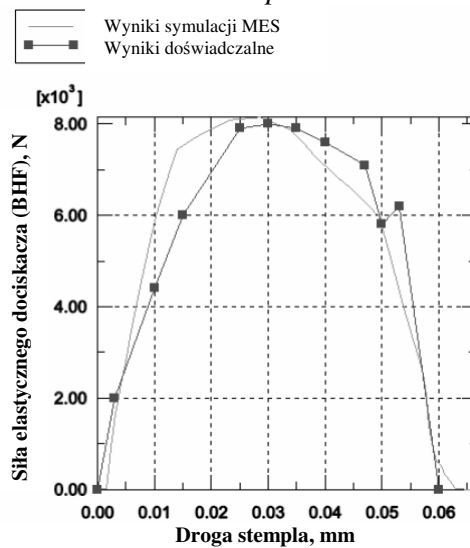
It has been found in the investigations [10] that the force of friction during the stamping process is reduced when the blankholder force pulsation is increased (fig. 24).

W wyniku zwiększenia pulsacji siły dociskacza rośnie wielkość fałd wytłoczki. Szczególnie ma to miejsce po zwiększeniu amplitudy powyżej 15 kN (rys. 25).

Jak wykazali autorzy w swoich badaniach [10], głównymi parametrami, które decydują o kształcie i jakości wytłoczek kształtowanych za pomocą tłoczni z elastycznym, pulsującym dociskaczem, są wymienione parametry technologiczne. Sterując tymi parametrami, można uzyskać żądane wytłoczki cylindryczne, nie tylko pozbawione fałd i innych defektów kształtów, ale również wykonane przy małych wartościach sił wypadkowych procesu tłoczenia.

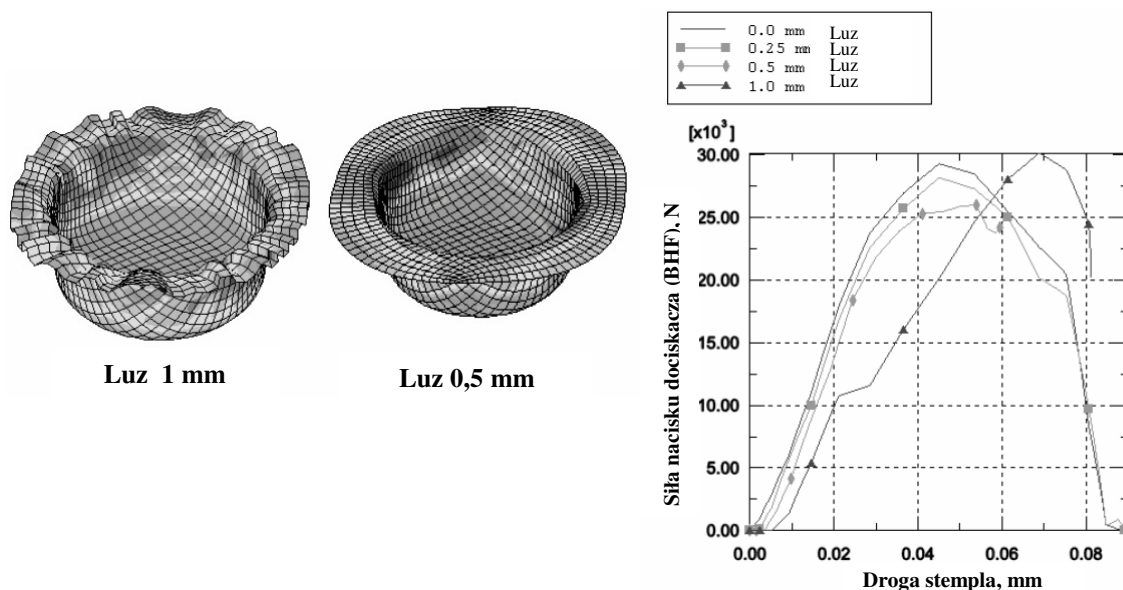
As a result of the blankholder force pulsation increase, the size of the drawpiece wrinkles grows, particularly when the amplitude increases above 15 kN (fig. 25)

The authors have shown, in their investigations [10], that the main parameters which determine the shape and quality of drawpieces made by means of a stamping die with elastic, pulsating blankholder are the above mentioned technological parameters. Controlling the parameters, one can obtain desired cylindrical drawpieces free from wrinkles and other shape defects and, what's more, made with low values of the resultant forces of the stamping process.



Rys. 20. Wykres siły dociskacza elastycznego w funkcji drogi stempla [10]

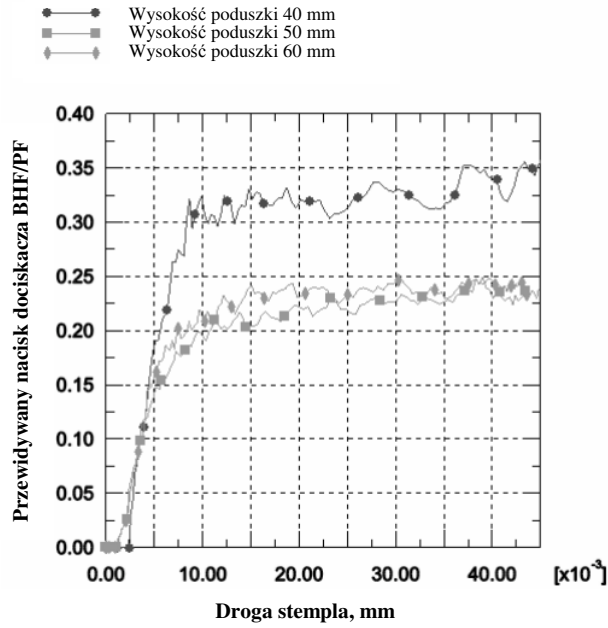
Fig. 20. Blankholder force as a function of the punch travel [10]



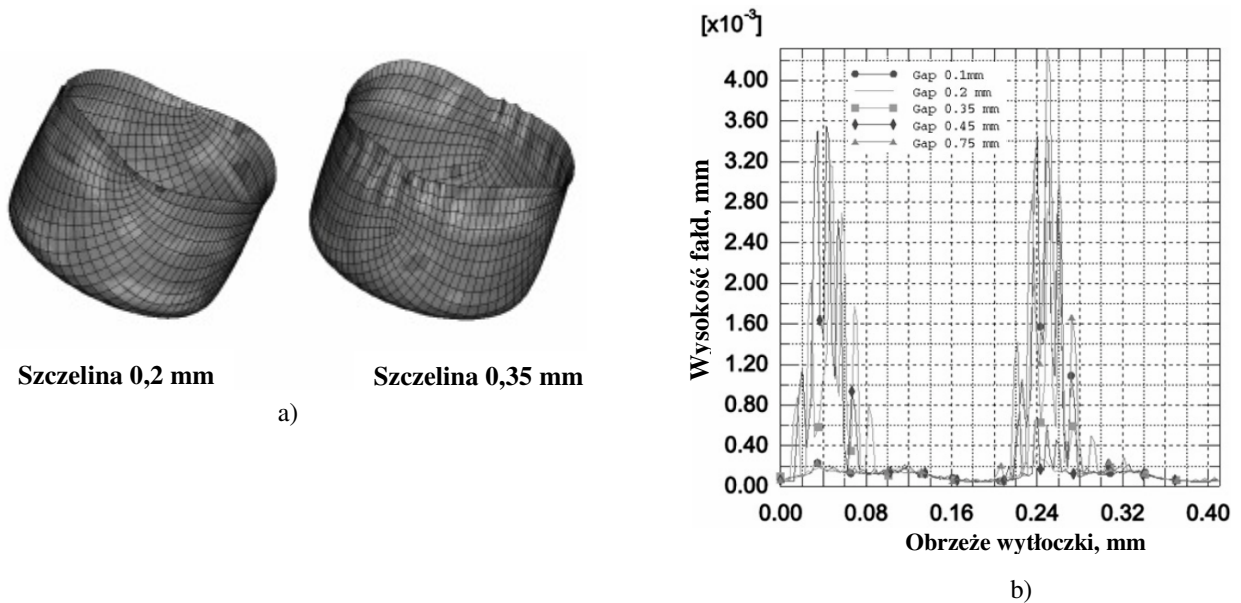
Rys. 21. Przykłady symulacji kształtu wytłoczek wykonanych przy różnych luzach pomiędzy dociskaczem, a poduszką [10]:

a) kształty wytłoczek, b) wykres zależności siły nacisku dociskacza w funkcji drogi stempla

Fig. 21. Examples of simulation of the shape of drawpieces made with various clearances between the blankholder and the pad [10]:
a) drawpiece shapes, b) blankholder force as a function of the punch travel

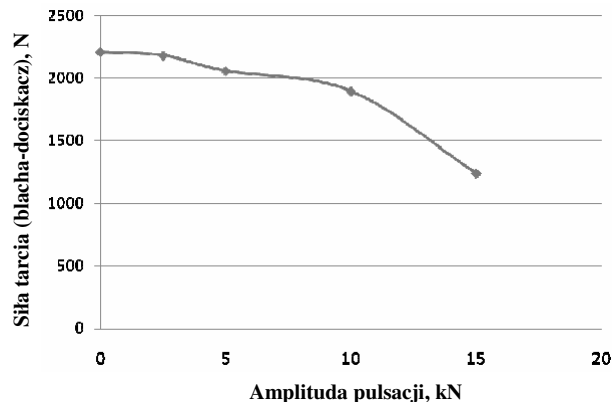


Rys. 22. Wykres zależności siły dociskacza i przewidywanego nacisku dociskacza w zależności od drogi stempla [10]
 Fig. 22. A diagram of the blankholder force and the expected blankholder force in relation to the punch travel [10]



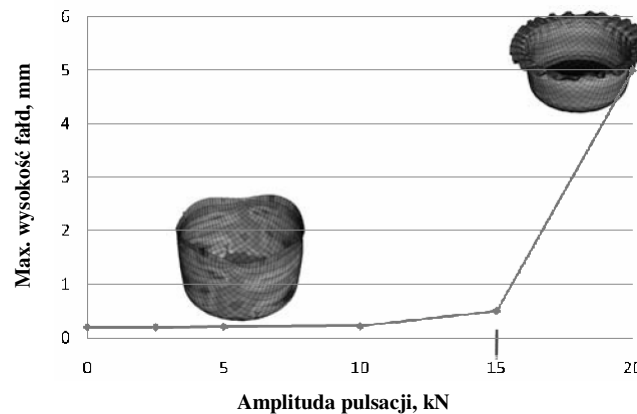
Rys. 23. Przykład symulacji kształtu wytłoczek wykonanych przy różnych wymiarach szczeliny między dociskaczem a materiałem kształtowanym [10]: a) kształty wytłoczek przy różnych wielkościach szczeliny, b) wykres zależności wysokości fałd w funkcji odległości od obrzeża wytłoczki

Fig. 23. An example of shape simulation of drawpieces made with various dimensions of the gap between the blankholder and the material being formed [10]: a) drawpiece shapes with various gap sizes, b) a diagram of the wrinkle height as a function of the distance from the flange drawpiece



Rys. 24. Wykres zależności siły tarcia w funkcji amplitudy pulsacji siły dociskacza [10]

Fig. 24. A curve of the friction force as a function of the blankholder force pulsation amplitude [10]



Rys. 25. Wykres zależności maksymalnej wysokości fałd w funkcji amplitudy pulsacji siły dociskacza [10]

Fig. 25. A curve of the wrinkle height as a function of the blankholder force pulsation [10]

2.5. Wielosegmentowe dociskacze płaskie i stożkowe działające zgodnie z zasadami dociskacza wielopunktowego; modelowanie komputerowe oraz badania eksperymentalne

Pod koniec ostatniej dekady XX wieku K. Siegert, J. Hohnhaus i S. Wagner [11], prowadzili prace badawcze nad wielopunktowymi systemami nacisku dociskacza. Zasady pracy dociskaczy działających wg tego systemu przedstawiono na rys. 26 i rys. 27.

W rozwiązaniu tym, sterowanie wielopunktowym systemem docisku realizowane jest za pomocą zaworów proporcjonalnych kontrolujących przepływ cieczy w układzie hydraulicznym.

2.5. Multi-segmental flat and conical blankholders functioning in accordance with the principles of a multi-point blankholder; computer modelling and experimental investigation

In the late nineteen hundred nineties K. Siegert, J. Hohnhaus and S. Wagner [11] were investigating multi-point systems of blankholder pressure. The operation principles of blankholder functioning according to that system have been presented in fig. 26 and fig. 27.

In this solution, control of the multi-point holding system is effected by means of proportional valves controlling liquid flow in the hydraulic system.

Autorzy zaproponowali dociskacz wielopunktowy [11] złożony z warstwy nylonowego termoplastycznego materiału oraz wkładek stalowych w kształcie piramidy. Siła dociskacza wielopunktowego przyłożona jest do powierzchni płaskich BHF (1, 2, 3, n-2, n-1, n) (rys. 27).

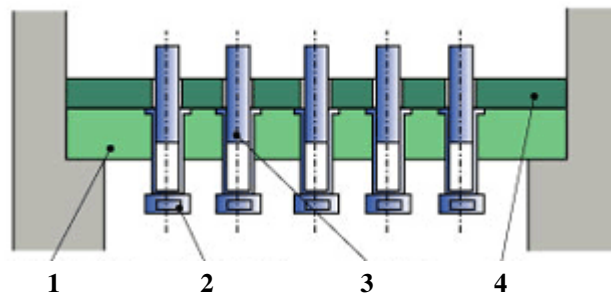
Dzięki takiej konstrukcji dociskacza, nacisk realizowany jest dokładnie w tym miejscu, w jakim założono, a nacisk w strefie rozkłada się równomiernie wokół wkładek stalowych zgodnie z założoną uprzednio charakterystyką (rys. 28).

Na rys. 28 przedstawiono wykresy zależności siły dociskacza w funkcji taktu dociskacza [11].

The authors have proposed a multi-point blankholder [11] consisting of a layer of nylon thermoplastic material and pyramid shaped steel inserts. The multi-point blankholder force is applied to the flat BHF surfaces (1, 2, 3, n-2, n-1, n) (fig. 27).

Due to such blankholder design, the force is applied precisely in the place where it has been assumed and the force in the zone is evenly distributed around the steel inserts in accordance with the previously assumed characteristics (fig. 28).

In fig. 28, one can find curves of the blankholder force as a function of the blankholder stroke [11].

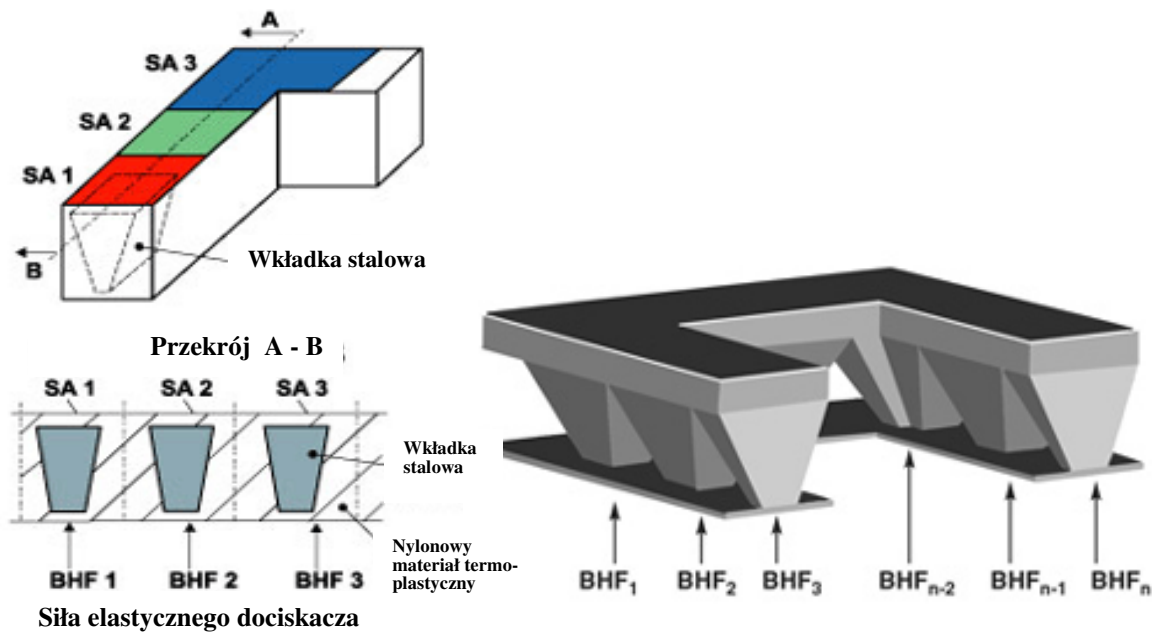


Rys. 26. Schemat ideowy wielopunktowego dociskacza [11];

1 – płyta prasy, 2 – zawór proporcjonalny, 3 – siłownik hydrauliczny, 4 – płyta robocza dociskacza

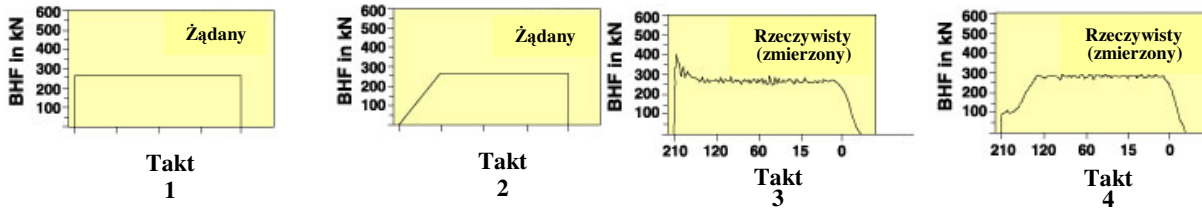
Fig. 26. A schematic diagram of a multi-point blankholder [11];

1 – press table, 2 – proportional valve, 3 – hydraulic cylinder, 4 – die mounting plate



Rys. 27. Dociskacz wielopunktowy [11], gdzie: SA (1, 2, 3) – powierzchnia płaska (1, 2, 3), siła elastycznego dociskacza (BHF 1, 2, 3, n-2, n-1, n)

Fig. 27. Multi-point blankholder[11], where: SA (1, 2, 3) – flat surface (1, 2, 3), blankholder force (BHF 1, 2, 3, n-2, n-1, n)



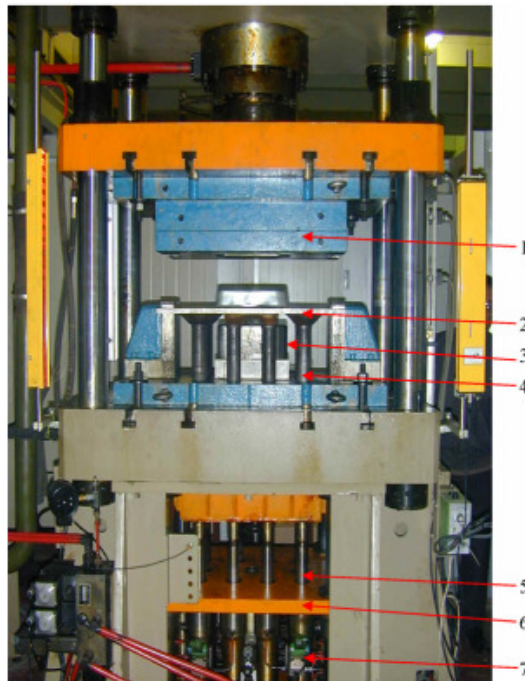
Rys. 28. Wykresy zależności siły dociskacza (BHF) w funkcji taktu [11]; naciski 1 i 2 odpowiadają naciskom 3 i 4
 Fig. 28. Curves of the blankholder force (BHF) as a function of the stroke [11]; forces 1 and 2 correspond to forces 3 and 4

Zgodnie z wynikami badań, prowadzonych przez K. Siegert, J. Hohnhaus i S. Wagner [11], dotyczących zastosowania dociskaczy wielopunktowych, W. Wu-rong, C. Guan-long oraz L. Zhong-qin wykonali dwa dociskacze wielosegmentowe (płaski i stożkowy). Wykorzystano te dociskacze w procesie tłoczenia wytłoczki kształtowej z materiału B210P1E na prasie hydraulicznej pojedynczego działania (rys. 29) [12].

Chcąc wykazać przewagę dociskacza wielosegmentowego stożkowego (rys. 30b) nad dociskaczem wielosegmentowym płaskim (rys. 30a) przeprowadzono jednoczesne badania doświadczalne tłoczenia (rys. 32) oraz modelowania komputerowego (rys. 33) zgodnie z modelami numerycznymi narzędzi przedstawionymi na rys. 31.

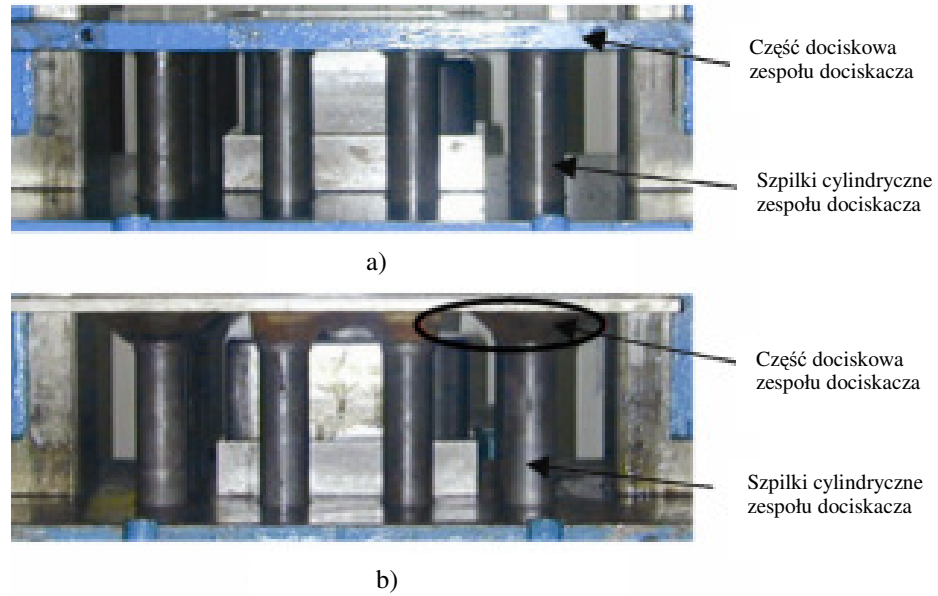
In accordance with the results of investigations performed by K. Siegert, J. Hohnhaus and S. Wagner [11] concerning the application of multi-point blankholder, W. Wu-rong, C. Guan-long and Z. Zhong-qin have made two multi-segmental blankholders (a flat one and a conical one). Those blankholders have been used in the process of stamping of B210P1E material on a hydraulic single-action press (fig. 29) [12].

In order to prove the superiority of the cone-shaped binder (fig. 30b) as compared to the flat-shaped binder (fig. 30a), simultaneous experiments of stamping (fig. 32) and computer modelling investigation (fig. 33) have been performed in accordance with the numerical models of the tools shown in fig. 31.



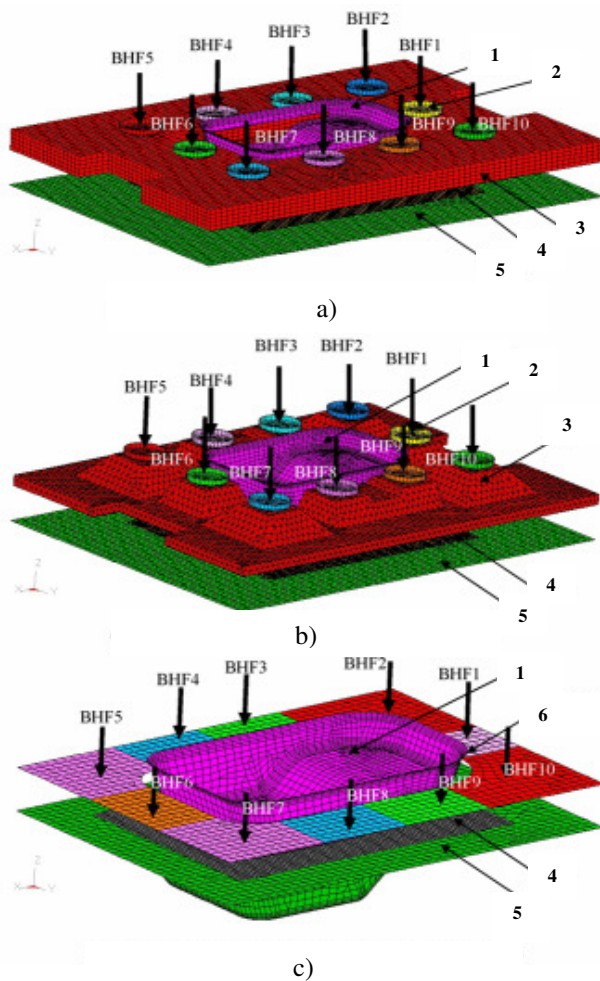
Rys. 29. Prasa hydrauliczna pojedynczego działania, na której przeprowadzono część doświadczalnych badań [12];
 1 – matryca, 2 – dociskacz wielosegmentowy stożkowy, 3 – stempel, 4 – szpilki cylindryczne zespołu dociskacza,
 5 – siłowniki hydrauliczne, 6 – poduszka hydrauliczna, 7 – zawory serwomechanizmu

Fig. 29. Single-action hydraulic press on which the experimental part of the investigation has been performed [12];
 1 – die, 2 – cone-shaped binder, 3 – punch, 4 – pins, 5 – hydraulic cylinders, 6 – hydraulic pad, 7 – servomechanism valves



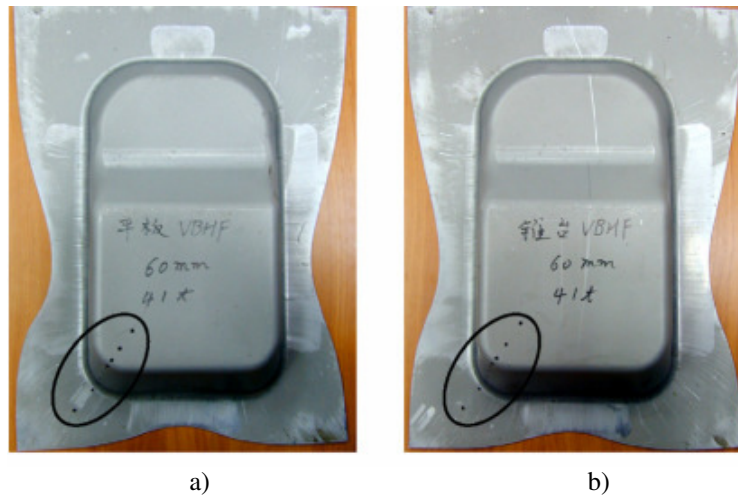
Rys. 30. Dociskacze wielosegmentowe [12]: a) dociskacz wielosegmentowy płaski, b) dociskacz wielosegmentowy stożkowy

Fig. 30. Multi-segmental blankholders [12]: a) flat-shaped binder, b) cone-shaped binder



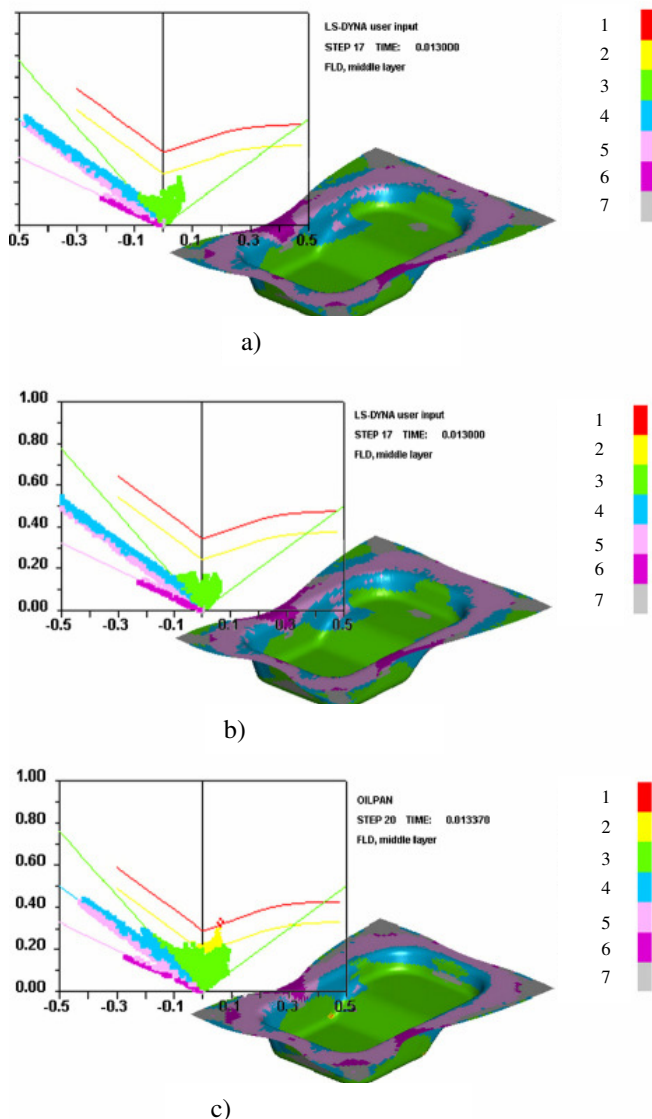
Rys. 31. Modele numeryczne narzędzi w chwili startu symulacji komputerowej [12]: a) dociskacz wielosegmentowy płaski zbudowany z elementów bryłowych, elastycznych, b) dociskacz wielosegmentowy stożkowy zbudowany z elementów bryłowych, elastycznych, c) dociskacz segmentowy uproszczony zbudowany z elementów powłokowych; 1 – stempel, 2 – szpilka cylindryczna zespołu dociskacza, 3 – dociskacz, 4 – materiał wyjściowy, 5 – matryca, 6 – segmenty dociskacza, BHF 1-10 – wirtualne naciski dociskacza, które przyłożono do segmentów dociskacza 1-10

Fig. 31. Numerical tool models at the start of computer simulation [12]: a) flat-shaped binder built of elastic solid elements, b) cone-shaped binder built of elastic solid elements, c) simplified segmented binder built of rigid shell elements; 1 – punch, 2 – pin, 3 – blankholder, 4 – blank, 5 – die, 6 – segment binders, BHF 1-10 – virtual blankholder forces applied to the segment binders 1-10



Rys. 32. Wyniki badań doświadczalnych tłoczenia [12]: a) wytłoczka wykonana w przyrządzie z wykorzystaniem dociskacza wielosegmentowego płaskiego, b) wytłoczka wykonana w przyrządzie z wykorzystaniem dociskacza wielosegmentowego stożkowego; elipsą oznaczono strefę oznaczenia łuku pomiarowego w narożu wytłoczki

Fig. 32. Results of stamping experiments [12]: a) a drawpiece made with the use of a flat-shaped binder, b) a drawpiece made with the use of a cone-shaped binder; the zone of measurement arc designation in the drawpiece corner has been marked with an ellipse



Rys. 33. Mapa formowalności wytłoczek wirtualnych wraz z graniczną krzywą tłoczenia (FLD) [12] wykonanych: a) z wykorzystaniem dociskacza wielosegmentowego płaskiego, b) z wykorzystaniem dociskacza wielosegmentowego stożkowego, c) z wykorzystaniem dociskacza segmentowego uproszczonego; 1 – strefa zrywania, 2 – strefa ryzyka zerwania, 3 – strefa bezpieczna, 4 – strefa z tendencją do fałdowania, 5 – strefa pofałdowana, 6 – pierwotna strefa fałdowania, 7 – strefa niedostatecznego odkształcenia (zbliżona do materiału wyjściowego)

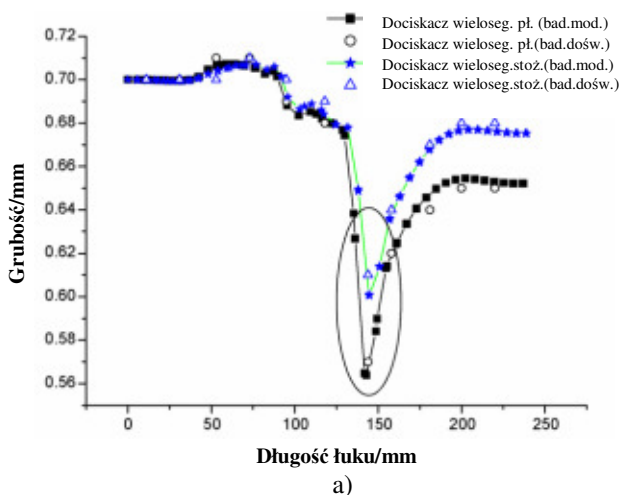
Fig. 33. A map of virtual drawpiece formability with maximum permissible stamping curve (FLD) [12]; drawpieces made: a) with the use of a flat-shaped binder, b) with the use of a cone-shaped binder, c) with the use of a simplified segmented binder; 1 – crack zone, 2 – risk of crack zone, 3 – safe zone, 4 – wrinkle tendency zone, 5 – wrinkled zone, 6 – severe wrinkle zone, 7 – insufficient stretch zone (close to the blank)

Wytłoczka wykonana z wykorzystaniem dociskacza wielosegmentowego stożkowego ma widoczne mniejsze fałdy, lepsze odwzorowanie powierzchni od wytłoczki wykonanej z wykorzystaniem dociskacza wielosegmentowego płaskiego.

Tak samo, jak w badaniach doświadczalnych, badania modelowania komputerowego wykazały, że wytłoczka wirtualna wykonana z wykorzystaniem dociskacza wielosegmentowego stożkowego ma mniej stref fałdowania na powierzchni od wytłoczki wirtualnej wykonanej z wykorzystaniem dociskacza wielosegmentowego płaskiego. Obie mają znacznie wyższą formowalność, niż wytłoczka wykonana za pomocą dociskacza segmentowego uproszczonego.

Na rys. 34 zestawiono wyniki badań doświadczalnych i modelowania komputerowego dla wyżej opisanych dociskaczy.

Zarówno badania modelowania komputerowego, jak i badania doświadczalne wykazały przewagę stosowania dociskacza wielosegmentowego stożkowego nad stosowaniem dociskacza wielosegmentowego płaskiego. Stosując dociskacz wielosegmentowy stożkowy otrzymano mniejsze pocienienie ścianki wytłoczki oraz niższe wartości odkształceń głównych, zarówno w strefie ścianki bocznej, jak i narożach wytłoczki [11].

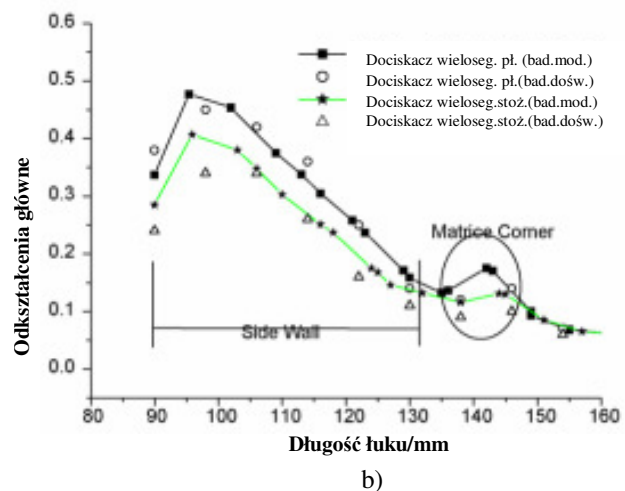


The drawpiece made with the use of the cone-shaped binder has smaller wrinkles, better surface projection than the one made with the use of the flat-shaped binder.

As the experimental investigations, investigation of computer modelling have shown that virtual drawpiece made with the use of a cone-shaped binder had fewer wrinkle zones on the surface than the one made with the use of a flat-shaped binder. Both have higher formability than a drawpiece made with the use of the simplified segmented binder.

In fig. 34, one can find an assembly of the experimental investigation results and those of computer modelling.

Both the simulation and the experiments have proved superiority of the use of the cone-shaped binder over the use of the flat-shaped binder. With the use of the cone-shaped binder, less wall thinning has been obtained, as well as lower values of the major strain, both in the side wall zone and in the drawpiece corners [11].



Rys. 34. Wyniki badań doświadczalnych i modelowania komputerowego dociskaczy wielosegmentowych: a) wykres zależności grubości ścianki wytłoczki w stosunku do długości łuku (rys. 32) [12], b) wykres zależności odkształceń głównych w stosunku do długości łuku

Fig. 34. The results of experimental investigation and computer modelling of segmented binders: a) curve of the drawpiece wall thickness related to the arc length (fig. 32) [12], b) curve of the major strain related to the arc length

2.6. Tłocznik wielostemplowy

Rozwinięciem wspomnianych w pracy systemów docisku [11] jest tłocznik wielostemplowy (rys. 35) autorstwa G. Sun, M.Z. Li, X.P. Yan oraz P.P. Zhong [13] do wielopunktowego tłoczenia dużych wyłoczek typu karoseryjnego. Istotą tłocznika wielostemplowego jest to, że żądany kształt wyłoczki uzyskuje się w wyniku odpowiedniego przygotowania powierzchni narzędzi tworzonej przez kuliste zakończenia stempli. Każdy taki stempel musi być odpowiednio przygotowany (na podstawie modelu komputerowego powierzchni wyłoczki), by w sposób płynny reprezentować kolejny fragment strefy roboczej tradycyjnego stempla, matrycy i dociskacza. Przydatność przyrządu zbadano porównując wyniki modelowania komputerowego (rys. 36) i doświadczalne (rys. 37) dla dwóch typów narzędzi: wielostemplowych i tradycyjnych z materiału L2Y2, 08Al. Dostrzec można znacznie lepsze odwzorowanie powierzchni oraz brak defektów kształtów w wyłoczce ukształtowanej z wykorzystaniem dociskacza wielostemplowego oraz tłocznika wielostemplowego.

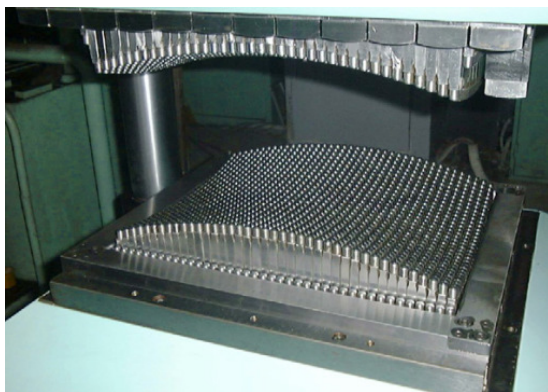
Na rys. 38 przedstawiono wykres zależności siły tłoczenia w funkcji skoku stempla.

2.6. Multi-punch stamping die

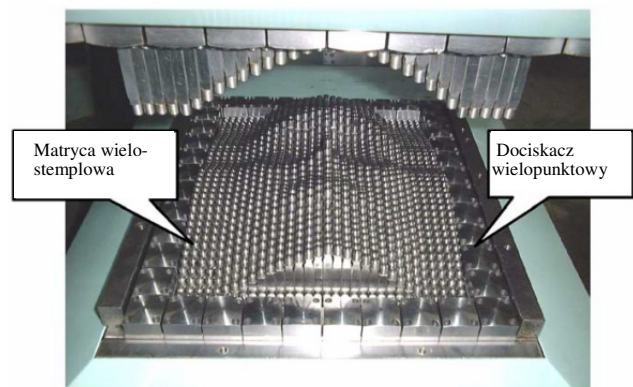
The holding systems mentioned in the work [11] have been developed into a multi-punch stamping die (fig. 35) invented by G. Sun, M.Z. Li, X.P. Yan and P.P. Zong [13] for multi-point stamping of big drawpieces of car body type. The essence of the multi-punch stamping die is that the desired shape of the drawpiece is obtained as result of adequate preparation of the tool surface created by the spherical punch ends. Each of those punches must be properly prepared (basing on the computer model of the drawpiece surface) so that it can represent each successive fragment of the working zone of a traditional punch, die and blankholder. The suitability of the device has been checked by comparison the computer modelling results (fig. 36) to the experimental ones (fig. 37) for two types of tools: multi-punch ones and traditional ones made of L2Y2, 08Al material.

Better surface projection can be observed, as well as lack of shape defects in the drawpiece formed with the use of the multi-punch blankholder and multi-punch stamping die.

In fig. 38, the stamping force is shown as a function of the punch stroke.



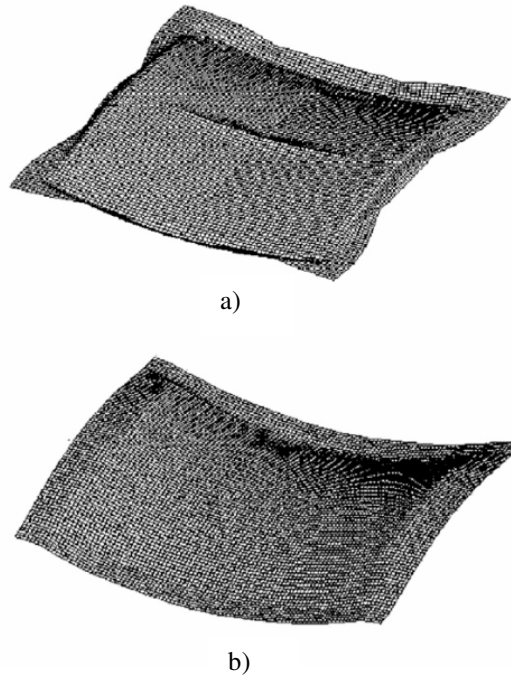
a)



b)

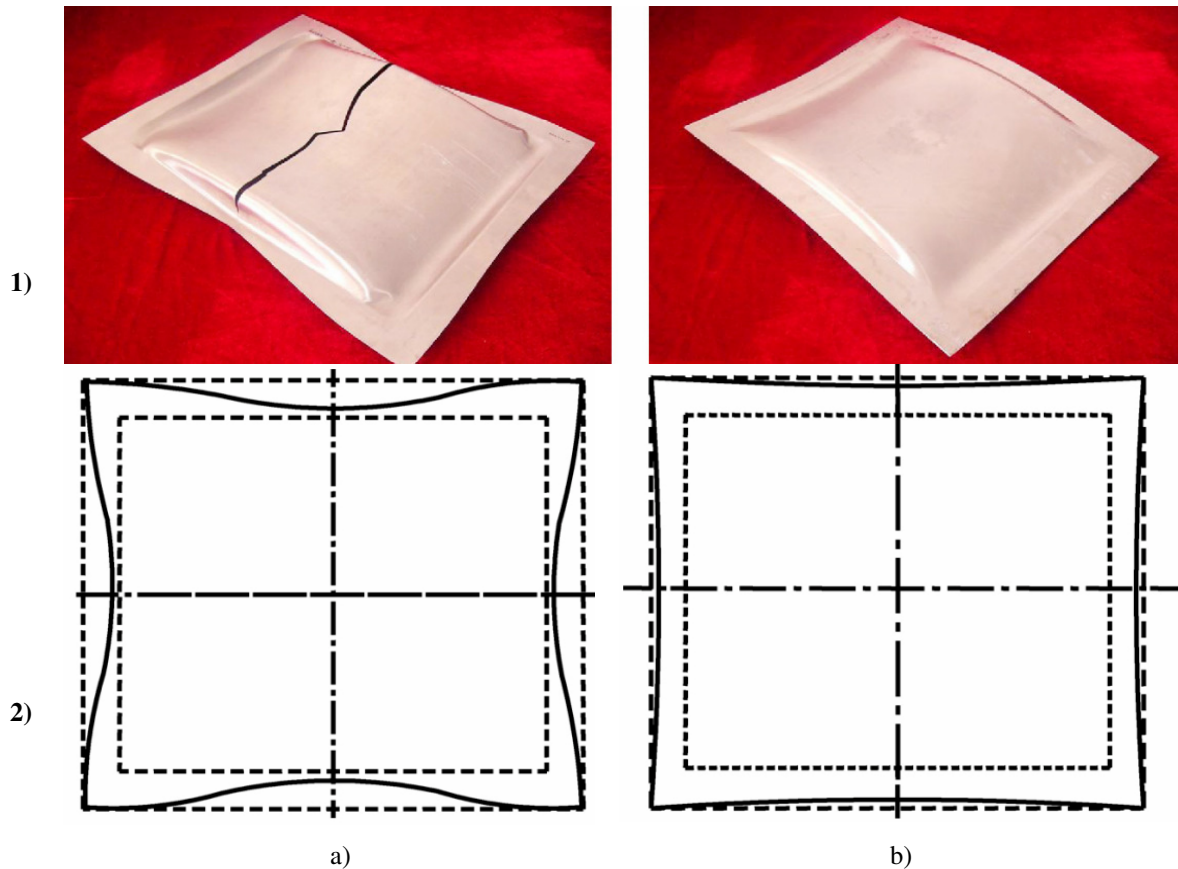
Rys. 35. Tłoczniki wielostemplowe: a) tłocznik wielostemplowy [13] oparty na wynikach badań [11], b) tłocznik o segmentowej budowie dociskacza oraz wielopunktowej budowie narzędzi tłocznika – m.in. matrycy [14]

Fig. 35. Multi-punch stamping dies: a) multi-punch stamping die [13] based on the investigation results [11], b) a stamping die with segmented blankholder and multi-point design of the stamping die tools, among others, the die [14]



Rys. 36. Porównanie wytłoczek otrzymanych w badaniach modelowania komputerowego [13]: a) z wykorzystaniem sztywnego dociskacza, b) z wykorzystaniem dociskacza wielostemplowego oraz tłoczni wielostemplowego

Fig. 36. Comparison of drawpieces obtained in computer simulation [13]: a) with the use of a rigid blankholder, b) with the use of a multi-punch blankholder and a multi-punch stamping die

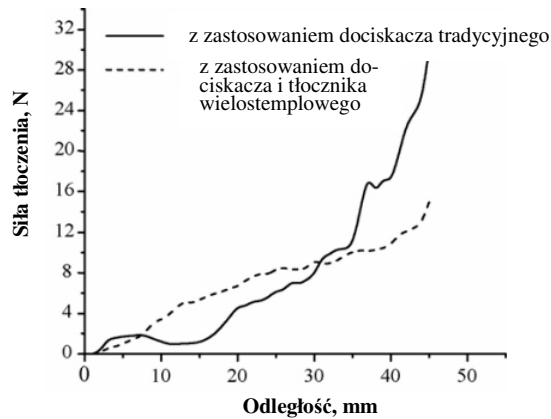


Rys. 37. Porównanie wytłoczek otrzymanych w badaniach doświadczalnych: 1) wytłoczka, 2) szkic krawędzi wytłoczki [13];

a) z wykorzystaniem sztywnego dociskacza (dostrzegalne zerwanie wytłoczki i inne defekty kształtu),

b) z wykorzystaniem dociskacza wielostemplowego oraz tłoczni wielostemplowego (kształt wytłoczki prawidłowy)

Fig. 37. A comparison of drawpieces obtained in experimental investigation: 1) drawpiece, 2) a sketch of the drawpiece edge [13]: a) with the use of a rigid blankholder (drawpiece break and other shape defects observable), b) with the use of multi-punch blankholder and multi-punch stamping die (correct shape of the drawpiece)



Rys. 38. Wykres zależności siły tłoczenia w funkcji skoku stempla [13]

Fig. 38. Stamping force as a function of the punch stroke [13]

Zarówno badania modelowania komputerowego, jak i badania doświadczalne, wykazały, że stosowanie tłoczni wielostemplowej prowadzi do polepszenia kształtu wytłoczki, pozwala na uniknięcie zerwań i innych defektów kształtów. Tłoczenie na tym przyrządzie wymaga również mniejszej siły tłoczenia, niż tłoczenie z wykorzystaniem tradycyjnych narzędzi.

3. PODSUMOWANIE

Na rys. 39 przedstawiono klasyfikację najczęściej stosowanych systemów docisku blach przy tłoczeniu.

Tendencje rozwojowe innowacyjnych konstrukcji w zakresie systemów docisku blachy w procesie tłoczenia są następujące:

- dążenie do sterowania naciskiem dociskacza za pomocą komputera, bądź podawania parametrów w postaci funkcji do sterownika numerycznego prasy,
- zwiększanie ilości punktów na powierzchni dociskacza, które sterują naciskiem narzędzia (realizowane jest to za pomocą m.in. dociskacza dzielonego, segmentowego, wielopunktowego i wielostemplowego),
- wykorzystywanie elastycznych dociskaczy, bądź kompozytowych (stalowo-polimerowych) o zmiennym nacisku dociskacza na powierzchnię blachy,
- zastosowanie dociskaczy pulsacyjnych lub o zmiennej powierzchni kontaktu z blachą,
- modyfikacje geometrii kształtu dociskaczy i przyrządów tłoczących,

Both computer modelling and experimental investigation have proved that the application of multi-punch stamping die results in improvement of the drawpiece condition, makes it possible to avoid breaks and other shape defects. Stamping with the use of that device also requires less force than in the case of traditional tools.

3. SUMMARY

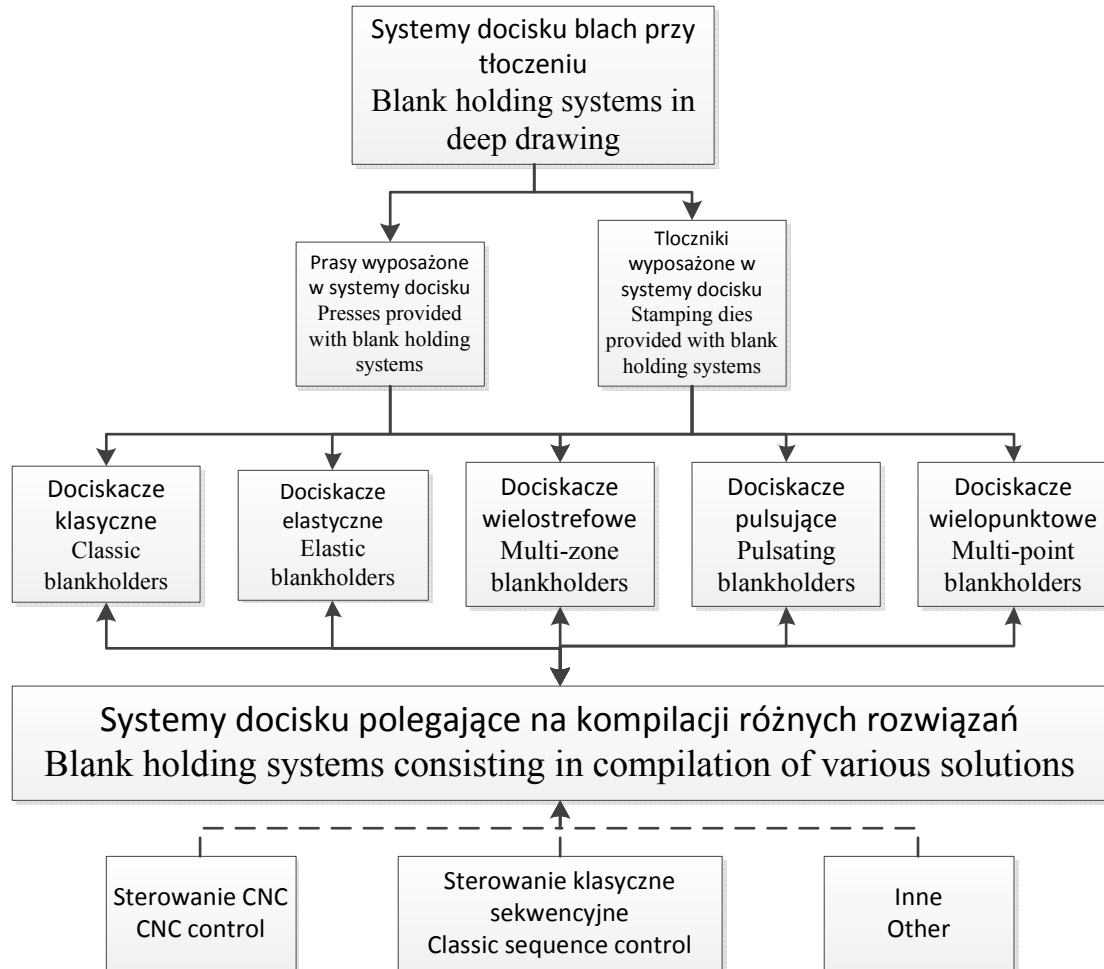
In fig. 39, one can see classification of blank holding systems most often used in stamping.

The development tendencies of innovative designs in the field of blank holding systems in the process of stamping are as follows:

- attempt at controlling the blankholder force by means of a computer or by feeding the parameters in the form of functions to the press numerical control unit,*
- increasing the number of blankholder surface points which control the tool force (this is effected, among others, by means of segmented, multi-point and multi-punch blankholder),*
- utilizing of elastic or composite (steel-polymer) blankholders with variable pressure on the sheet surface,*
- application of pulsating blankholders or ones with variable sheet contact area,*
- modifications of the geometry of the blankholders and the stamping devices,*

f) wyposażanie przyrządów w czujniki siły i czujniki rejestrujące położenie dociskacza (także materiału), umożliwiające także uzyskanie informacji o początku powstawania fałd na kołnierzu wytłoczek.

f) providing the devices with sensors of force and sensors recording the blankholder (and material) position to make it possible to obtain information on the beginning of wrinkle formation on the drawpiece flange.



Rys. 39. Klasyfikacja najczęściej stosowanych systemów docisku blach przy tłoczeniu

Fig. 39. Classification of the most often used blank holding systems in stamping

Nadal istotnym elementem prawidłowości przebiegu procesu tłoczenia z dociskaczem są umiejętności techniczne obsługi i nadzoru ruchu tłoczni. Wprowadzenie nowoczesnych systemów docisku wspomaga, ale nie zastąpi wykwalifikowanej kadry. Niniejszy artykuł nie opisuje problemu progów ciągowych i innych metod ograniczania wciągania materiału do matrycy. Nowe systemy tłoczenia ułatwiają przebieg procesu tłoczenia i gwarantują większą pewność technologiczną w projektowaniu procesów technologicznych.

An important element of the correctness of the stamping process with blankholder is the technical skill of the stamping plant personnel and supervising staff. Introduction of modern blank holding systems aids but will not replace well trained staff. The present paper does not describe drawbeads or other ways to prevent pulling material into the die. New systems of stamping facilitate the stamping process and guarantee better technological certainty in designing technological processes.

Pomimo, że w ostatnich pięciu latach powstało wiele nowych rozwiązań w zakresie systemów docisku, nawet w przemyśle motoryzacyjnym, będącym liderem wprowadzania innowacji, nadal dominują rozwiązania tradycyjne. Wynika to z jednej strony z kosztów wprowadzania nowoczesnych rozwiązań, z drugiej natomiast z trudności wdrożenia tych dość specyficznych konstrukcji w parku maszynowym posiadanym dotychczas przez producentów części tłoczonych w różnych branżach przemysłu.

Przedstawione w artykule metody i rozwiązania w zakresie systemów docisku blachy w procesie tłoczenia zostaną wykorzystane w badaniach statutowych Zakładu Tłoczenia Instytutu Obróbki Plastycznej.

Although, in the last five years, many new solutions have been created in respect of blank holding systems, traditional solutions still dominate, even in the automotive industry which is a leader in introducing innovations. This is due, on the one hand, to the cost of introducing modern solutions, on the other hand, to the difficulty of implementing those specific constructions in the machine park possessed so far by the producers of stamped parts in various branches of industry.

The methods and solutions concerning the blank holding systems in the stamping process will be used in the statute research of the Stamping Department of the Metal Forming Institute.

LITERATURA/REFERECES

- [1] Pawlicki M., Drenger T.: Analiza porównawcza wyników symulacji komputerowej procesów kształtowania wyrobów cienkościennych. *Obróbka Plastyczna Metali* 2011 t. XXII, s. 57-74.
- [2] Werbel S., Kuczyński K., Marciniak Z.: *Obróbka plastyczna*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa, 1981.
- [3] Sprawozdanie z projektu rozwojowego nr R15 027 03 pt. Technologia kształtowania plastycznego części silników lotniczych z nadstopu niklu z zastosowaniem zgniatania obrotowego i wyoblania. Materiały niepublikowane.
- [4] Pawlicki M.: Testowanie programu Pam-Stamp w zastosowaniu do minimalizacji odpadów technologicznych w tłoczeniu wytłoczek prostokątnych. Praca magisterska, 2010. Materiały niepublikowane.
- [5] Savas V., Secgin O.: A new type of deep drawing die design and experimental results. *Materials and Design* 2007 t. XXVIII s. 1330-1333.
- [6] Hassan M.A., Takakura N., Yamaguchi K.: Friction aided deep drawing using newly developed blank-holder divided into eight segments. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 2003 t. XLIII s. 637-646.
- [7] Lim Y., Venugopal R., Ulsoy A.G.: Multi-Input Multi-Output (MIMO) Modeling and Control for Stamping. *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control* 2010 vol. 132 nr 4 s. (041004 -) 1-12.
- [8] Ragab M.S., Sommer N.: Elastischer Niederhalter zum Tiefziehen im Anschlag. *Bänder Bleche Rohre* 1984 vol. 25 nr 10 s. 255-258.
- [9] Ali S., Hinduja S., Atkinson J., Bolt P., Werkhoven R.: The effect of ultra-low frequency pulsations on tearing during deep drawing of cylindrical cups. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 2008 t. XLVIII s. 558-564.
- [10] Wifi A., Mosallam A.: Some aspects of blank-holder force schemes in deep drawing process. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 2007 vol. 24 nr 1 s. 315-323.
- [11] Siegert K., Hohnhaus J., Wagner S.: Combination of hydraulic multipoint cushion system and segment-elastic blankholders. *International Congress & Exposition. Sesja: Sheet Metal Stamping*. Detroit, USA, 1998. Mat. konf.
- [12] Wu-rong W., Guan-long C., Zhong-qin L.: The effect of binder layouts on the sheet metal formability in the stamping with Variable Blank Holder Force. *Journal of Materials Processing Technology* 2010 vol. 210 s. 1378-1385.
- [13] Sun G., Li M.Z., Yan X.P., Zhong P.P.: Study of blank-holder technology on multi-point forming of thin sheet metal. *Journal of Materials Processing Technology* 2007 vol. 187-188 s. 517-520.
- [14] Li M.Z., Cai Z.Y., Liu C.G.: Flexible manufacturing of sheet metal parts based on digitized-die. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 2007 t. XXIII s. 107-115.