

Mgr inż. Tadeusz DRENGER, mgr inż. Jan WIŚNIEWSKI, doc. dr inż. Jerzy LISOWSKI,
mgr inż. Tomasz GADEK, mgr inż. Łukasz NOWACKI, Zenon ULATOWSKI
Instytut Obróbki Plastycznej, Poznań

Rozwój technologii kształtowania obrotowego blach w Instytucie Obróbki Plastycznej

The development of sheet metal flow forming technology in the Metal Forming Institute

Streszczenie

W artykule opisano rozwój technologii kształtowania obrotowego blach w Instytucie Obróbki Plastycznej na przestrzeni ponad 40 lat. Scharakteryzowano najczęściej stosowane metody wyoblania i zginięcia obrotowego. Opisano urządzenia i maszyny zaprojektowane i wykonane w Instytucie oraz niektóre technologie nad którymi prowadzono badania. W dalszej części opisano badania rozwojowe głównie na potrzeby przemysłu krajowego. Wyniki tych badań wykorzystano przy wdrożeniu nowych technologii i specjalistycznych maszyn. W końcowej części przedstawiono przyszłościowe kierunki rozwoju technologii kształtowania obrotowego.

Abstract

The paper presents the development of sheet metal flow forming technology in the Metal Forming Institute during the period of over 40 years. The most often used methods of spinning and flow forming have been described. Devices and machines designed and executed in the Metal Forming Institute have also been described, as well as some technologies which had been investigated. Further part of the article describes development research, mainly for the needs of domestic industry. The results of the investigation have been used when implementing new technologies and specific machines. In the final part, future directions of the development of flow forming have been presented.

Słowa kluczowe: kształtowanie obrotowe, wyoblanie, zginięcie obrotowe, wyoblarka, zginiarka obrotowa, podwójne zaginięcie obrzeży znaków drogowych

Key words: flow forming, spinning, rotary extrusion, spinning machine, flow forming machine, double bending of road sign peripheries

WSTĘP

Technologia kształtowania obrotowego blach obejmuje metody wyoblania, zginięcia obrotowego, obciskania i zaginięcia obrotowego. Są to metody najczęściej stosowane i rozwijane.

Technologie kształtowania obrotowego są stosowane głównie przy produkcji wyrobów o bardziej złożonych kształtach, podwyższonej jakości i wysokich wymaganiach eksploatacyjnych. Wyroby często wytwarzane są z blach o podwyższonych własnościach wytrzymałościowych zazwyczaj z trudnokształkalnych i szybkościerających się materiałów. Stoso-

wanie tych technologii jest ekonomicznie uzasadnione, szczególnie przy produkcji małych i średnich serii wyrobów.

Kształtowanie obrotowe z powodzeniem zastępuje także złożone technologie, w których z wielu pojedynczych elementów wykonywanych na różnych stanowiskach powstaje wyrób łączony za pomocą spawania.

1. CHARAKTERYSTYKA NAJCZĘŚCIEJ STOSOWANYCH TECHNOLOGII KSZTAŁTOWANIA OBROTOWEGO BLACH

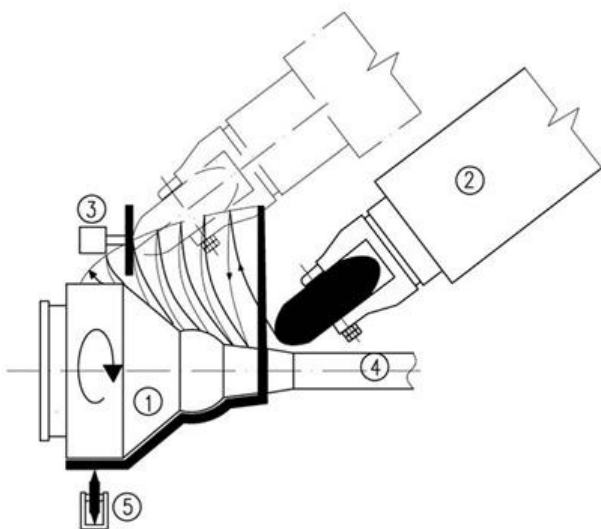
1.1. Wyoblanie

Wyoblaniem nazywamy proces kształtowania części obrotowych z materiału wyjściowego w postaci krążka z blachy, rury, półwyrobu tłoczonego na obracającym się wzorniku, za pomocą rolki lub wyoblaka. W procesie tym zachodzi niezamierzona zmiana grubości materiału (pocienienie ścianki) [1,2,3,4].

Cechą charakterystyczną procesu jest wywieranie nacisku na kształtowany wyrób za pomocą siły skupionej w jednym punkcie. Materiał wyjściowy najczęściej w postaci krążka podlega przede wszystkim siłom zginającym powodującym jednocześnie obwodowe spęczanie i promieniowe wydłużanie kształtowanej blachy.

Wielkość obwodowego spęczania i promieniowego wydłużania jest ograniczona. Zbyt duże spęczanie powoduje fałdowanie kołnierza, co wpływa na ograniczenie stosunku głębokości fragmentu części wyoblanej do grubości materiału wyjściowego. Z kolei zbyt duże promieniowe wydłużenie powoduje zerwanie materiału.

Schemat procesu wyoblania wyrobu przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat procesu wyoblania

Fig. 1. Spinning process diagram

Oprzyrządowanie składa się z: wzornika (1), rolki kształtującej (2), rolki podtrzymującej (3), dociskacza (4), noża obcinającego (5).

Wyoblanie wyrobów cylindrycznych stosowane jest w przypadku, gdy zachodzi konieczność stosowania dodatkowych operacji jak np. zawijanie, wywijanie, obciskanie, rzadziej do wyoblania tylko wyrobów cylindrycznych.

1.2. Zgniatanie obrotowe

Zgniatanie obrotowe to proces plastycznego kształtowania części obrotowo-symetrycznych z materiału wyjściowego w postaci krążka z blachy, rury lub wytłoczki za pomocą rolek na obracającym się wzorniku [1,2,3,4].

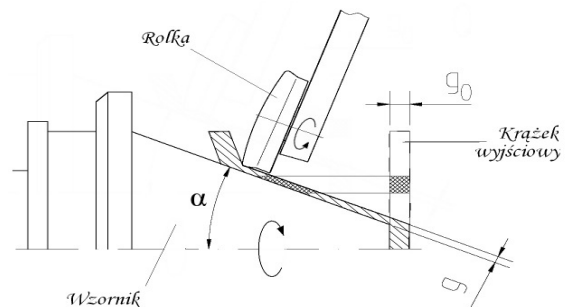
W procesie tym zachodzi zamierzona zmiana grubości materiału, pocienienie ścianki (w przeciwieństwie do wyoblania, gdzie zmiana grubości jest niepożądana).

Technologią zgniatania obrotowego można wykonywać elementy o powierzchni: cylindrycznej, stożkowej i częściowo krzywoliniowej, a także wyroby z uzębieniem lub wielowypustami. Do zalet zgniatania obrotowego należą:

- niski koszt oprzyrządowania,
- wysoka jakość powierzchni,
- duża dokładność wymiarowa,
- możliwość stosowania dużych odkształceń,
- możliwość obróbki materiałów trudnoodkształcalnych.

Zgniatanie obrotowe dzieli się na następujące metody:

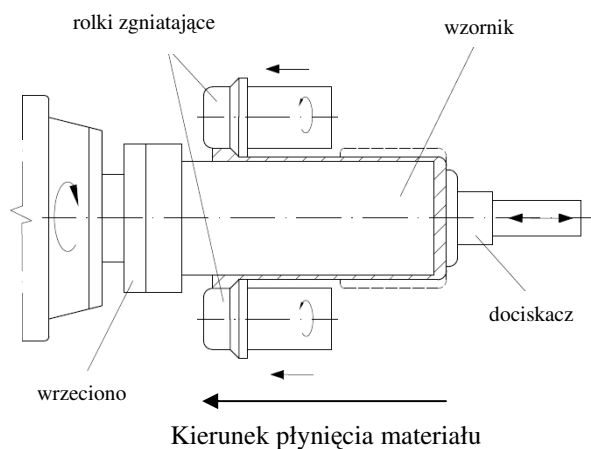
- zgniatanie obrotowe rzutowe wyrobów z poboczną stożkową (rys. 2) lub o nieprostoliniowym zarysie tworzącej (wklęsłym, wypukłym lub złożonym),



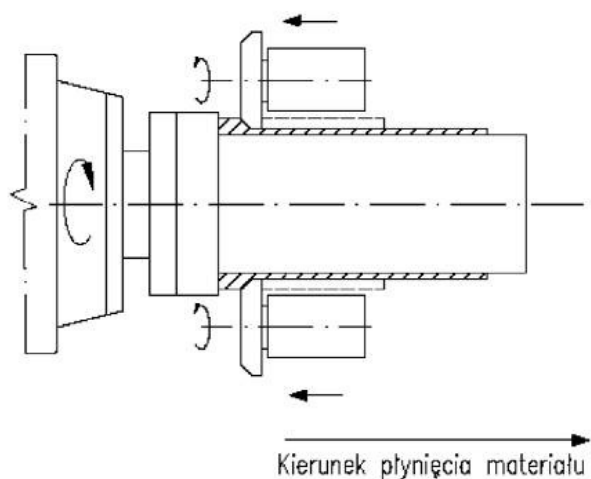
Rys. 2. Zgniatanie obrotowe rzutowe wyrobów z poboczną stożkową

Fig. 2. Shear forming of products with conical side walls

- zgniatanie obrotowe wydłużające współbieżne (rys. 3) i przeciwbieżne (rys. 4).



Rys. 3. Zgniatanie obrotowe wydłużające współbieżne
Fig. 3. Forward elongating flow forming



Rys. 4. Zgniatanie obrotowe wydłużające przeciwbieżne
Fig. 4. Backward elongating flow forming

Odształcenie plastyczne materiału w procesie zgniatania obrotowego następuje przez bezpośrednie działanie rolek zgniatających na bardzo małej powierzchni styku z materiałem. Nacisk pracujących rolek wywołuje duże naciski jednostkowe, które pozwalają na wysoki stopień odształcenia. W obszarze kształtowania rolką w materiale wywołane są naprężenia ściskające (zgniatanie przeciwbieżne) lub naprężenia rozciągające (zgniatanie współbieżne), które powodują płynięcie materiału w kierunku najmniejszych oporów.

Zgniatanie obrotowe jest technologią prawie bezubytkową. Wydłużenie pobocznic

następuje dzięki redukcji grubości ścianki pobocznic.

2. ROZWÓJ TECHNOLOGII ORAZ URZĄDZEŃ I MASZYN DO KSZTAŁTOWANIA OBROTOWEGO

Pierwsze prace związane z technologią wyoblania i zgniatania obrotowego rozpoczęto w Instytucie Obróbki Plastycznej w latach siedemdziesiątych, korzystając głównie z maszyn importowanych przez krajowe zakłady przemysłowe.

Wyroby z cieńszych blach wymagające mniejszych sił w procesie zgniatania obrotowego kształtowano na krajowych tokarkach przy zastosowaniu zaprojektowanych i wykonanych w Instytucie urządzeń do zgniatania obrotowego rzutowego i wydłużającego. Opanowane technologie głównie zgniatania obrotowego przy zastosowaniu specjalistycznych urządzeń zastosowano m.in. w firmach: Metron (Toruń), Polan (Toruń), Spomasz (Wrocław), WUTECH (Piotrków Trybunalski), Chemitex (Sieradz).

W następnych latach wykorzystując doświadczenie zaprojektowano i wykonano pierwsze maszyny do zgniatania obrotowego i wyoblania. Zastosowanie tych maszyn wynikało z konieczności stosowania znacznych sił kształtujących.

W okresie tym wykonano następujące maszyny:

- **Zgniatarka obrotowa MR-005** - wraz z opracowaną technologią produkcji butli wodosyfonowych, wdrożona w Myszkowskiej Fabryce Naczyń Emaliowanych. Maszyna jest przeznaczona do pocieniania i wydłużania wyrobów cylindrycznych w zakresie średnic $\phi 75$ do $\phi 160$ mm i długości do 500 mm.
- **Wyoblarka MWH-600** - przeznaczona do wyoblania różnego typu wyrobów z krążka lub półwyrobu do grubości 5 mm. Maszyna ma sztywną budowę z możliwością wyoblania wyrobów do średnicy $\phi 600$ mm z krążka o maksymalnej średnicy $\phi 900$ mm i długości wyoblania do 600 mm. Wyoblarka zosta-

ła wdrożona w SPOMASZ Gniezno, obecnie pracuje w firmie PLASTLAMP w Budzynie.

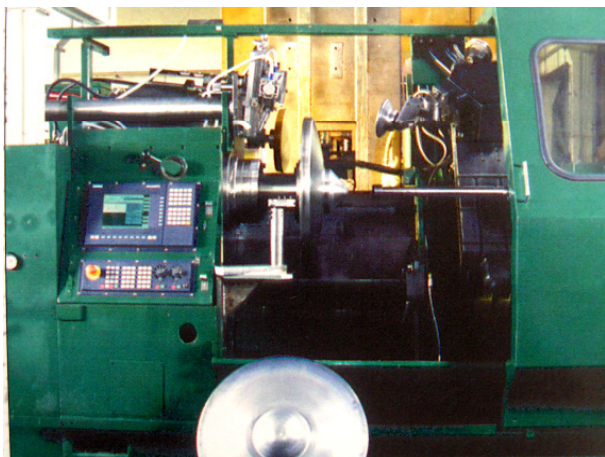
- **Zgniatarka obrotowa MZWH-160** - przeznaczona do zgniatania obrotowego wydłużającego wyrobów cylindrycznych z cienką ścianką pobocznicy i grubym dnem dla średnic $\phi 50$ do $\phi 140$ mm przy długości wydłużania do 1000 mm. Maszyna została wdrożona w Zakładach PREMA-MILMET Sosnowiec w celu wydłużenia i dogładzenia powierzchni na butlach wysokociśnieniowych wykonywanych ze stali stopowej.
- **Wyoblarka PZC-32N2** - skonstruowana na bazie tokarki numerycznej przy udziale CBKO Pruszków i Instytutu. Wyoblarka przeznaczona jest do wyoblania elementów z krążka, m.in. opraw lamp oświetleniowych. Proces wyoblania odbywa się w cyklu automatycznym, sterowanym z programu zapisanego na taśmie perforowanej poprzez układ sterowania numerycznego NUMS 320T. Na maszynie tej można wyoblać wyroby z krążka o średnicy od $\phi 80$ do $\phi 740$ mm przy maksymalnej średnicy wyrobu $\phi 670$ mm. Wyoblarka została wdrożona w POLAM Gostynin.
- **Wyoblarka specjalistyczna do obciskania MOH-140** - przeznaczona jest do obciskania (zweźzania) półwyrobów walcowych głównie butli i zamykania rur zarówno na zimno jak i na gorąco. Można na niej kształtować wyroby w zakresie średnic $\phi 50$ do $\phi 140$ mm. Wyoblarka sterowana jest za pomocą sterownika mikroprocesorowego wyposażonego w specjalny program. Maszynę wraz z opanowaną technologią obciskania szyjek butli wysokociśnieniowej wdrożono w Zakładach PREMA-MILMET Sosnowiec.
- **Zgniatarka obrotowa MZH-400** - sterowana za pomocą kopiału hydraulicznego, przeznaczona głównie do zgniatania obrotowego wydłużającego i rzutowego wyrobów o średnicy $\phi 160$ do $\phi 400$ mm. Maszyna zainstalowana jest w Instytucie Obróbki Plastycznej z przeznaczeniem do badań technologicznych i wykonywaniem produkcji wyrobów prototypowych.
- **Wyoblarko-zgniatarka MZH-500** - przeznaczona do wyoblania elementów z krążka maksymalnej średnicy $\phi 1000$ mm i grubości do 5 mm z blachy aluminiowej oraz do 3 mm z blachy stalowej. Maszyna może być również stosowana do zgniatania obrotowego wydłużającego i rzutowego. Pracować może w cyklu automatycznym i ręcznym. Maszyna MZH-500 była pierwszą w kraju sterowaną numerycznie wyoblarko-zgniatarką wykonaną według polskiej myśli technicznej. Maszyna zainstalowana w Instytucie Obróbki Plastycznej z przeznaczeniem do badań technologicznych i wykonywaniem produkcji wyrobów prototypowych.

3. ROZWÓJ TECHNOLOGII I MASZYN DO KSZTAŁTOWANIA OBROTOWEGO W INSTYTUCIE W OSTATNIM 10-LECIU

W Instytucie na zgniatarce obrotowej MZH-400 i wyoblarce MZH-500 prowadzone są prace badawcze nad unowocześnianiem dotychczasowych technologii i opracowywaniem nowych. Na podstawie prac badawczo-rozwojowych opanowano i wdrożono, głównie do krajowego przemysłu, szereg nowoczesnych technologii, m.in. na produkcję następujących wyrobów: pokrywy odkurzaczy przemysłowych, przekładki amortyzatora agregatów prądotwórczych dla przemysłu stoczniowego, osłon przewietrzników do silników elektrycznych, kołpaków ochronnych do silników okrętowych, osłon wentylatora silników elektrycznych, wyrobów artystycznych typu „urny”, ekranów dla przemysłu wyrobów audio, typoszeregi osłon do lamp oświetleniowych, tarcz do przepustnic centrycznych [5] i innych.

Wykorzystując uzyskane wyniki badań w ostatnim okresie zaprojektowano i wykonano m.in. kilka nowych specjalistycznych maszyn, do których należą:

- 1) **Wyoblarka MWH-700** (rys. 5) - przeznaczona do kształtowania elementów o złożonych kształtach z krążka blachy aluminiowej grubości do 4 mm i z blachy stalowej do 2 mm przy zakresie średnic $\phi 80$ do $\phi 700$ mm.



Rys. 5. Wyoblarka MWH-700

Fig. 5. MWH -700 spinning machine

Wyoblarka ma trójpołożeniową głowicę, w której umieszczone są narzędzia, np. rolka robocza, rolka zawijająca, rolka wygładzająca. Zapewnia to większa uniwersalność pracy. Wyoblarka MWH-700 jest maszyną nowoczesną, uniwersalną, o szerokim zakresie zastosowań, mającą nowoczesne i proste w obsłudze sterowanie. Obsługa sprowadza się do założenia krążka, zasunięcia osłony i uruchomienia programu, a następnie po jego wykonaniu odsunięcia osłony i zdjęcia gotowego wyrobu. Układ sterowania zbudowany jest z zastosowaniem modułów Siemens. Zadaniem technologa jest opracowanie i napisanie programu sterującego ruchami maszyny i wczytanie go do pamięci maszyny. Może on tego dokonać dwoma sposobami: bezpośrednio przy maszynie, korzystając z jej pulpitu, bądź na innym komputerze, a następnie przy pomocy programu PCIN i złącza RS32 przenieść do pamięci wyoblarki. Podobne możliwości istnieją przy korekcie trajektorii. Maszyna wyposażona jest w suport rolki podpierającej, wyrzutnik, podtrzymkę krążka, nóż okrawający (stały) i urządzenie okrawające. Wyoblarka MWH-700 jest nowoczesną maszyną zapewniającą wysoką dokładność, powtarzalność procesu i prostą obsługę. Jej zalety zostały docenione na targach INTER TECHNOLOGY (Łódź 1999 r.), gdzie jej twórcom przyznano medal. Wyoblarkę MWH-700 wdrożono w ZSO ELGO – Goścynin.

- 2) **Zaginarka MZOH-1500** (rys. 6) - przeznaczona do podwójnego zaginania obrzeży podkładów znaków drogowych w kształcie trójkąta, kwadratu, prostokąta, ośmiokąta i okręgu.



Rys. 6. Zaginarka MZOH-1500 do podwójnego zaginania znaków drogowych

Fig. 6. MZOH-1500 machine for double bending of road signs

Zaginarka MZOH-1500 jest maszyną o nowej nowatorskiej konstrukcji. Została zaprojektowana w Instytucie Obróbki Plastycznej w Poznaniu w oparciu o własną koncepcję techniczną i jest sterowana numerycznie. Na zaginarkę MZOH-1500 istnieje możliwość zaginania znaków drogowych autostradowych o maksymalnej długości boku wyrobu do 1520 mm i grubości blachy stalowej do 1,5 mm i aluminiowej do 2,0 mm.

Konstrukcja maszyn do kształtowania obrotowego jest w Instytucie ciągle doskonałona.

- 3) **Zaginarka MR-250** (rys. 7) - przeznaczona do zaginania obrzeży otulin z wkładem gazoprzepuszczalnym. Jednocześnie maszyna służy do połączenia spawaniem obrzeży z przekładką stalową oraz do centrycznego ustawienia rurki stalowej i zesparaniu jej z przekładką. Maszyna posiada dwa stanowiska: robocze i załadowczo-wyładowcze.



Rys. 7. Maszyna do zaginania obrzeży otulin MR-250
 Fig. 7. MR-250 machine for bending lagging peripheries

W Instytucie Obróbki Plastycznej w Poznaniu w roku 2008 zbudowano gniazdo badawcze technologii kształtowania obrotowego (rys. 8), które wyposażono w zakupiony laser diodowy ROFIN typ DL 039R. Laser został sprzężony z maszynami do kształtowania obrotowego: wyoblarka MZH-500 i zgniatarką obrotową MZH-400. Zastosowanie lasera umożliwia podgrzewanie materiału podczas badań stosowanych, przede wszystkim wyrobów z materiałów trudnoodkształcalnych, tytanu itp., stosowanych przede wszystkim w lotnictwie, przemyśle samochodowym i zbrojeniowym.



Rys. 8. Unowocześnione gniazdo badawcze technologii kształtowania obrotowego wyoblarki MZH-500 z laserem diodowym ROFIN – DL 039R

Fig. 8. Modernized investigation centre of the flow forming technology of the MZH-500 spinning machine with a ROFIN – DL 039R diode laser

4. PRZYSZŁOŚCIOWE KIERUNKI ROZWOJU TECHNOLOGII KSZTAŁTOWANIA OBROTOWEGO

W związku z obecnym zapotrzebowaniem przemysłu na nowe innowacyjne technologie, z zastosowaniem technologii kształtowania obrotowego i rozszerzeniem możliwości produkcyjnych firm stosujących tą technologię, Instytut zamierza rozszerzyć i wzbogacić dotychczasowy zakres badań stosowanych w tym zakresie. Przewiduje się zakup prasy hydraulicznej z poduszką, robota przemysłowego KUKA ze sterowaniem numerycznym, stołu współrzędnościowego z napędem serwo i nożyc krążkowych.

Wzbogacenie istniejącego gniazda badawczego o te urządzenia pozwoli na rozszerzenie dotychczasowych badań podstawowych i doświadczalnych, a ich wyniki znajdą zastosowanie przy opracowywaniu przyszłościowych technologii oraz projektowaniu nowych specjalistycznych maszyn do kształtowania obrotowego (wyoblarek i zgniaterek obrotowych) i ich wdrożeń w przemyśle.

Obecnie zapotrzebowanie przemysłu wskazuje, że innowacyjne technologie z tego zakresu znajdą zastosowanie m.in. przy:

- kształtowaniu blach o złożonych kształtach wykonywanych dotychczas w kilku operacjach, z kilku odrębnych części łączonych spawaniem,
- wyrobów z materiałów trudnoodkształcalnych i szybkoumacniających się np. stopy niklu występujące w przemyśle silników lotniczych [6], stopy tytanu itp.,
- stosowaniu technologii przyrostowej, szczególnie w procesach zgniatania obrotowego,
- kształtowaniu blach z podgrzewaniem laserowym,
- wzbogacaniu warstw wierzchnich wyrobów i narzędzi w dodatki stopowe przy jednoczesnej zmianie ich struktury,
- produkcji urządzeń do wytwarzania, małych bardzo precyzyjnych modeli i prototypów, za pomocą nanoszenia stopniowego materiału termoplastycznego na kolejne warstwy przedmiotu.

Wyniki badań będą podstawą do opracowywania nowych technologii i jednocześnie stanowiącą wytyczne przy projektowaniu nowoczesnych maszyn do kształtowania obrotowego.

Równocześnie zbudowanie i rozszerzenie możliwości badawczych innowacyjnego gniazda badawczego pozwoli na uczestnictwo w projektach międzynarodowych.

LITERATURA

- [1] Drenger T., Wiśniewski J., Nowacki Ł.: Niekonwencjonalne metody kształtowania blach. *Stal, Metale i Nowe Technologie* 2008 nr 5-6 s. 66-70.
- [2] Drenger T., Wiśniewski J., Gądek T.: *MM Obróbka Blach*. Wydanie targowe: BLECH business. Kongres i Targi Technologii Obróbki Blach. 27-29.XI.2007, Warszawa. s. 29-31.
- [3] Drenger T., Wiśniewski J., Nowacki Ł.: Wyoblanie i zgniatanie obrotowe w kształtowaniu blach. X Sympozjum Naukowo- Techniczne. *Technologie, konstrukcja i automatyka. TKA* 2007 s. 77-88.
- [4] Drenger T., Wiśniewski J., Gądek T.: Kształtowanie obrotowe wyrobów z blach. *MM Magazyn Przemysłowy* 5, (76), 2007 s.77-88.
- [5] Drenger T., Wiśniewski J., Lisowski J., Gądek T., Nowacki Ł., Ulatowski Z.: Technologie kształtowania obrotowego tarczy przepustnic centrycznych. *Obr. Plast. Met.* 2007 t. XVIII nr 4 s. 19-27.
- [6] Gądek T., Sosnowski S., Drenger T., Wiśniewski J., Nowacki Ł., Ulatowski Z.: Badanie procesu zgniatania obrotowego na zimno wyrobów z trudnoodkształcalnych stopów aluminiowych objętych normą PN-EN 573-3/AK. *Obr. Plast. Met.* 2007 t. XVIII nr 2 s. 9-14.
- [7] Drenger T., Wiśniewski J., Sosnowski S., Nowacki Ł., Gądek T., Ulatowski Z.: Rozpoznawcze badania możliwości kształtowania metodami obróbki plastycznej elementów ze stopu niklu Inconel 625. *Obr. Plast. Met.* 2007 t. XVIII nr 2 s. 15-22.
- [8] Wiśniewski J., Drenger T., Nowacki Ł., Ulatowski Z.: Łączenie technologii wyoblania ze zgniataniem obrotowym. *Obr. Plast. Met.* 2006 t. XVII nr 1 s. 3-5.