

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **235400**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **424401**

(22) Data zgłoszenia: **27.01.2018**

(51) Int.Cl.
B21D 26/02 (2011.01)
B21D 15/10 (2006.01)

(54) **Sposób hydromechanicznego kształtowania profili cienkościennych i matryca
do hydromechanicznego kształtowania profili cienkościennych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
12.08.2019 BUP 17/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
13.07.2020 WUP 09/20

(73) Uprawniony z patentu:
**POLITECHNIKA WARSZAWSKA,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:
ANDRZEJ KOCHAŃSKI, Warszawa, PL
HANNA SADŁOWSKA, Warszawa, PL

PL 235400 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób hydromechanicznego kształtowania profili cienkościennych i matryca do hydromechanicznego kształtowania profili cienkościennych.

Jednym ze sposobów plastycznego kształtowania profili metalowych jest formowanie ich przy użyciu ciśnienia cieczy, określane również pojęciem kształtowania hydrodynamicznego lub hydromechanicznego lub rozpęczania cieczą. Technika kształtowania cieczą możliwe jest wykonywanie elementów z metalowych profili lub z blach, a w szczególności z cienkościennych profili zamkniętych, co stanowi alternatywę dla wyrobów odlewanych lub wykonywanych na drodze łączenia profili otwartych lub wytłoczek. W trakcie kształtowania dochodzi do odkształcenia plastycznego wywołanego ciśnieniem cieczy roboczej działającym na ściankę profilu, a kształt profilu regulowany jest kształtem sztywnej matrycy.

Z amerykańskiego patentu US1943560 znana jest metoda wykonywania, z profili o przekroju kołowym, profili o dowolnym przekroju, w tym także profili o przekroju ze zmiennym kształtem na długości profilu oraz o zmiennej grubości ścianki profilu. Metoda polega na wypełnieniu kształtowanego profilu cieczą, a następnie kuciu matrycowym tak przygotowanego profilu. Profil w trakcie operacji kucia jest na stałe połączony ze zbiornikiem cieczy. W celu zapobieżenia spadkom ciśnienia cieczy w kształtowanym profilu, w zbiorniku, nad lustrem cieczy, utrzymywane jest sprężone powietrze. W patencie przedstawiono również rozwiązanie alternatywne, w którym ciecz roboczą zastąpiono materiałem sypkim, takim jak złom kwarcowy lub piasek, albo innym podobnym materiałem charakteryzującym się relatywną nieściśliwością.

W patencie amerykańskim US3443409 przedstawiono metodę hydrodynamicznego kształtowania wyrobów mających kształt mieszka. W rozwiązaniu tym wykorzystuje się gwałtowny wzrost ciśnienia cieczy kształtującej spowodowany impulsem wywołanym, np. uderzeniem szybko poruszającego się tłoka. Zaproponowane rozwiązanie stwarza możliwość taktowego kształtowania mieszkań przy równoczesnym uniknięciu konieczności uszczelniania elementu kształtowanego.

W innym amerykańskim patencie US5107693 został rozwiązany problem uszczelniania połączenia pomiędzy profilem kształtowanym a elementem doprowadzającym ciecz kształtującą do wnętrza kształtowanego profilu. Kształtowany profil, o początkowym przekroju kołowym, jest wstępnie odkształcany przez matrycę i nadawany jest mu przybliżony kształt. Matryca jest złożona z dwóch połówek. Na tym etapie kształtowany profil ma otwarte końce i jest wypełniony swobodnie przepływającą cieczą. Podczas tego procesu nie dochodzi do zmian grubości ścianek profilu. Dopiero po nadaniu przybliżonego kształtu oba końce profilu są zamykane za pomocą stożkowych trzpieni. Trzpień mają naniezione na powierzchnię stożkową piłokształtne wgłębienia, które wnikać w powierzchnię profilu tworzą szczelne połączenie. Następnie pod wpływem zwiększającego się ciśnienia hydraulicznego cieczy wypełniającej profil następuje jego odkształcenie w formie do postaci gotowego wyrobu odwzorowującego kształt wnęki matrycy. Proces końcowego odkształcania przerywa się po pełnym wypełnieniu wnęki matrycy przez kształtowany profil. Podczas końcowego odkształcania ciśnienie wywierane na stożkowe trzpień i ciśnienie doprowadzanej cieczy jest regulowane hydraulicznie lub elektrohydraulicznie w zależności od ciśnienia wewnątrz kształtowanego profilu.

Opisy znanych dotychczas rozwiązań przedstawiają na ogół sposoby doprowadzania cieczy wykorzystywanej do kształtowania, a ich rozwój na przestrzeni lat dotyczył miejsca doprowadzania oraz chwili i sposobu uszczelnienia elementu kształtowanego. Podstawowym narzędziem jest metalowa matryca kształtująca powierzchnię zewnętrzną.

Z opisu patentowego KR20020093494 znany jest także sposób hydroformowania kształtek z płyty zamocowanej w matrycy ciśnieniowej, w której płyta jest zamocowana pomiędzy komorą z cieczą roboczą i komorą ze sprężonym gazem tworzącym poduszkę gazową pomiędzy płytą a powierzchnią kształtowaną matrycy. Formowanie kształtki następuje pod wpływem ciśnienia hydrodynamicznego cieczy i stopniowego uwalniania sprężonego gazu aż do pełnego kontaktu formowanej kształtki z powierzchnią kształtowaną matrycy. Rozwiązanie pozwala na zminimalizowanie niekorzystnego wpływu tarcia na kształtowaną płytę oraz zapewnia jednolity rozkład ciśnienia hydrodynamicznego na całej kształtowanej powierzchni płyty aż do jej kontaktu z powierzchnią kształtowaną matrycy, wymaga jednak wykonania specjalnej matrycy z kanałami gazowymi i zaworami do regulacji ciśnienia sprężonego gazu.

W przypadku cienkościennych profili zamkniętych, ciecz kształtująca wprowadzana jest do wnętrza profilu. Dostatecznie wysokie ciśnienie cieczy pozwala na lokalne lub globalne uplastycznienie materiału wyrobu. W celu uzyskania odpowiednio wysokiego ciśnienia cieczy wewnątrz kształtowanego

profilu stosuje się elementy uszczelniające, które jednocześnie umożliwiają doprowadzenie cieczy do wnętrza profilu. Aby było to możliwe element uszczelniający oraz kształtowany profil są odpowiednio przygotowane, co pozwala na ich połączenie w trakcie procesu kształtowania. W celu nadania odpowiedniego kształtu zewnętrznego rozpęcanego profilu stosowane jest narzędzie kształtujące, czyli matryca sztywna, zazwyczaj wykonana z metalu. Stosowanie metalowej matrycy kształtującej powierzchnię zewnętrzną profilu stwarza istotne ograniczenia dla produkcji jednostkowej lub małoseryjnej. Wykonanie matrycy jest czasochłonne i energochłonne. Jest to przeszkodą stosowania metody kształtowania cieczą do produkcji prototypowej wymagającej wytworzenia elementów o wariantowej geometrii. Rozwiązanie według niniejszego wynalazku eliminuje wady i niedogodności rozwiązań znanych ze stanu techniki.

Sposób hydromechanicznego kształtowania profili zamkniętych, w którym profil zamknięty mocuje się w matrycy pomiędzy dwiema częściami z powierzchniami kształtowymi odwzorowującymi kształt modelu użytego do ich wykonania, według wynalazku charakteryzuje się tym, że każdą część matrycy, górną i dolną, wykonuje się ze skrzynki ze sztywną podstawą, którą to skrzynkę wypełnia się podatnym na odkształcenie materiałem formierskim, którego głównym składnikiem jest osnowa z materiału ziarnistego, zwłaszcza z piasku, ulegająca zagęszczeniu i lokalnemu umocnieniu pod wpływem deformacji plastycznej kształtowanego w matrycy profilu zamkniętego, a przeciwległe boki skrzynki są zaopatrzone w wycięcia do zamocowania końców profilu zamkniętego, przy czym powierzchnie kształtowe obu części matrycy wykonuje się z nadmiarem uwzględniającym wymiar stref odkształcenia matrycy pod wpływem deformacji plastycznej kształtowanego profilu zamkniętego, a do wykonania powierzchni kształtowych matrycy używa się modelu pomniejszonego o założony wymiar stref odkształcenia względem wymiaru końcowego ukształtowanego profilu zamkniętego.

Matryca do hydromechanicznego kształtowania profili cienkościennych, złożona z dwóch części z kształtowymi powierzchniami odwzorowującymi kształt modelu użytego do wykonania powierzchni kształtowych, pomiędzy którymi mocowany jest profil zamknięty, według wynalazku charakteryzuje się tym, że każda część matrycy, górna i dolna, składa się ze skrzynki ze sztywną podstawą, wypełnioną podatnym na odkształcenie materiałem formierskim, którego głównym składnikiem jest osnowa z materiału ziarnistego, zwłaszcza z piasku, ulegająca zagęszczeniu i lokalnemu umocnieniu pod wpływem deformacji plastycznej kształtowanego w matrycy profilu zamkniętego, a przeciwległe boki skrzynki są zaopatrzone w wycięcia do zamocowania końców profilu zamkniętego, przy czym powierzchnie kształtowe obu części są wykonane z nadmiarem uwzględniającym założony wymiar stref odkształcenia matrycy pod wpływem deformacji plastycznej kształtowanego profilu zamkniętego, poprzez użycie do ich wykonania modelu pomniejszonego o założony wymiar stref odkształcenia względem wymiaru końcowego ukształtowanego profilu zamkniętego.

Rozwiązanie według wynalazku umożliwia zastosowanie tanich, jednorazowych matryc do kształtowania profili cienkościennych, wykonanych ze skrzynki formierskiej i tanich materiałów formierskich, takich jak piasek. Zastosowanie podatnego na odkształcenie materiału formierskiego, którego osnowę stanowi materiał ziarnisty, zapewnia korzystniejszy rozkład naprężeń wywieranych przez ciecz roboczą na całej powierzchni ścianki kształtowanego profilu. Pozwala także na łatwą modyfikację kształtu matrycy w razie zmiany kształtu prototypu. Wpływa to na obniżenie kosztów produkcji jednostkowej lub krótkoseryjnej, skrócenie czasu i energochłonności przygotowania matrycy, a także na obniżenie materiałochłonności dzięki możliwości wielokrotnego wykorzystania materiału formierskiego użytego do wykonania matrycy.

Przedmiot wynalazku jest objaśniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia matrycę z profilem zamkniętym w przekroju wzdłużnym, fig. 2 przedstawia profil zamknięty umieszczony w matrycy w przekroju poprzecznym, przed rozpoczęciem procesu kształtowania cieczą, a fig. 3 przedstawia matrycę z fig. 2 z profilem zamkniętym w trakcie procesu odkształcania cieczą, gdzie pokazano strefy lokalnego zagęszczenia obszaru matrycy.

Jak przedstawiono na fig. 1, matryca do hydromechanicznego kształtowania profili cienkościennych składa się z dwóch części 2a, 2b, górnej i dolnej. Każda część 2a, 2b matrycy składa się ze skrzynki w kształcie prostopadłościanu ze sztywną podstawą 3. Przeciwległe boki skrzynki są zaopatrzone w wycięcia do zamocowania końców profilu zamkniętego 1. Skrzynka jest wypełniona podatnym na odkształcenie materiałem formierskim 4, którego głównym składnikiem jest osnowa z materiału ziarnistego, zwłaszcza z piasku, ulegająca zagęszczeniu i lokalnemu umocnieniu pod wpływem deformacji

plastycznej kształtowanego w matrycy profilu zamkniętego 1. Materiał formierski 4 może zawierać materiał wiążący w postaci sypkiej lub ciekłej, którego wiązanie odbywa się na drodze mechanicznej, chemicznej lub termicznej. Materiał formierski 4 może być wstępnie zagęszczony lub utwardzony.

Profil zamknięty 1 jest mocowany pomiędzy częściami 2a, 2b po uprzednim wykonaniu ich powierzchni kształtowych, widocznych na fig. 2, odwzorowującymi kształt modelu użytego do ich wykonania. Powierzchnie kształtowe obu części 2a, 2b matrycy są wykonane z nadmiarem uwzględniającym wymiar stref odkształcenia 5, 6, widocznych na fig. 3, powstających pod wpływem deformacji plastycznej kształtowanego profilu zamkniętego 1. Do wykonania powierzchni kształtowych matrycy używa się modelu pomniejszonego się o założony wymiar stref odkształcenia 5, 6 względem wymiaru końcowego ukształtowanego profilu zamkniętego 1.

Podczas hydroformowania następuje deformacja plastyczna kształtowanego profilu zamkniętego 1. Kształtowany profil zamknięty 1 pod wpływem ciśnienia zastosowanej cieczy i deformacji plastycznej zagęszcza materiał formierski 4 w matrycy, prowadząc do lokalnego, kontrolowanego umocnienia matrycy w strefie odkształcenia 5 dolnej części 2b i w strefie odkształcenia 6 górnej części 2a. Zakładany wymiar końcowy stref odkształcenia 5, 6 jest wyznaczany na podstawie wyjściowej geometrii profilu zamkniętego 1, właściwości materiału formierskiego 4, oraz parametrów procesu kształtowania. Założony wymiar stref odkształcenia 5, 6 wynikający z zagęszczenia materiału formierskiego jest kontrolowany podczas operacji hydroformingu poprzez regulację ciśnienia hydrodynamicznego cieczy roboczej.

Wynalazek ma zastosowanie do wytwarzania gotowych wyrobów, oraz do wytwarzania preprofilu wstępnie kształtowanych, dedykowanych dalszym operacjom kształtującym.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób hydromechanicznego kształtowania profili zamkniętych, w którym profil zamknięty 1 mocuje się w matrycy pomiędzy dwiema częściami z powierzchniami kształtowymi odwzorowującymi kształt modelu użytego do ich wykonania, **znamienny tym**, że każdą część (2a, 2b) matrycy, górną i dolną, wykonuje się ze skrzynki ze sztywną podstawą (3), którą to skrzynkę wypełnia się podatnym na odkształcenie materiałem formierskim (4), którego głównym składnikiem jest osnowa z materiału ziarnistego, zwłaszcza z piasku, ulegająca zagęszczeniu i lokalnemu umocnieniu pod wpływem deformacji plastycznej kształtowanego w matrycy profilu zamkniętego (1), a przeciwległe boki skrzynki są zaopatrzone w wycięcia do zamocowania końców profilu zamkniętego (1), przy czym powierzchnie kształtowe obu części (2a, 2b) wykonuje się z nadmiarem uwzględniającym wymiar stref odkształcenia (5, 6) matrycy pod wpływem deformacji plastycznej kształtowanego profilu zamkniętego (1), a do wykonania powierzchni kształtowych matrycy używa się modelu pomniejszonego o założony wymiar stref odkształcenia (5, 6) względem wymiaru końcowego ukształtowanego profilu zamkniętego (1).
2. Matryca do hydromechanicznego kształtowania profili cienkościennych złożona z dwóch części z kształtowymi powierzchniami odwzorowującymi kształt modelu użytego do wykonania powierzchni kształtowych, pomiędzy którymi mocowany jest profil zamknięty, **znamienna tym**, że każda część matrycy, górna (2a) i dolna (2b), składa się ze skrzynki ze sztywną podstawą (3), wypełnioną podatnym na odkształcenie materiałem formierskim (4), którego głównym składnikiem jest osnowa z materiału ziarnistego, zwłaszcza z piasku, ulegająca zagęszczeniu i lokalnemu umocnieniu pod wpływem deformacji plastycznej kształtowanego w matrycy profilu zamkniętego (1), a przeciwległe boki skrzynki są zaopatrzone w wycięcia do zamocowania końców profilu zamkniętego (1), przy czym powierzchnie kształtowe obu części (2a, 2b) są wykonane z nadmiarem uwzględniającym założony wymiar stref odkształcenia (5, 6) matrycy pod wpływem deformacji plastycznej kształtowanego profilu zamkniętego (1), poprzez użycie do ich wykonania modelu pomniejszonego o założony wymiar stref odkształcenia (5, 6) względem wymiaru końcowego ukształtowanego profilu zamkniętego (1).

Rysunki

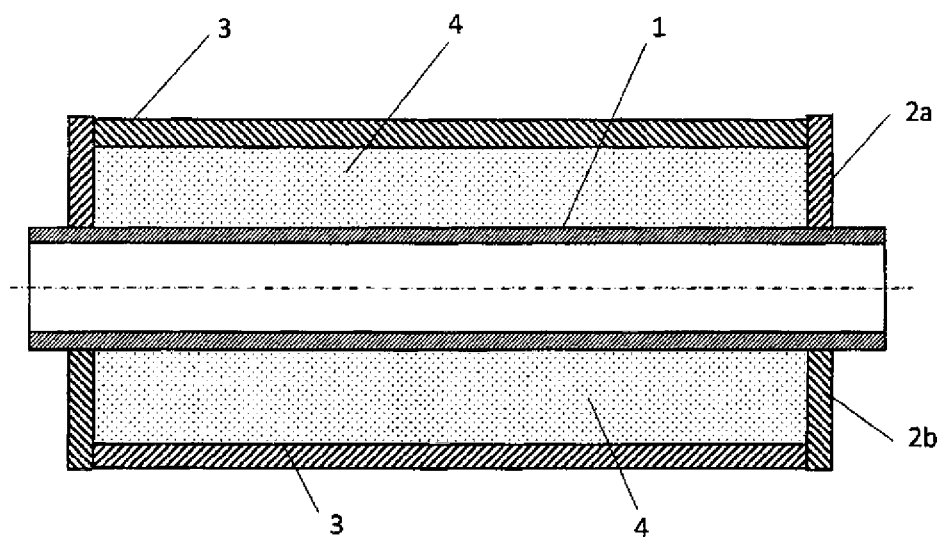


Fig. 1

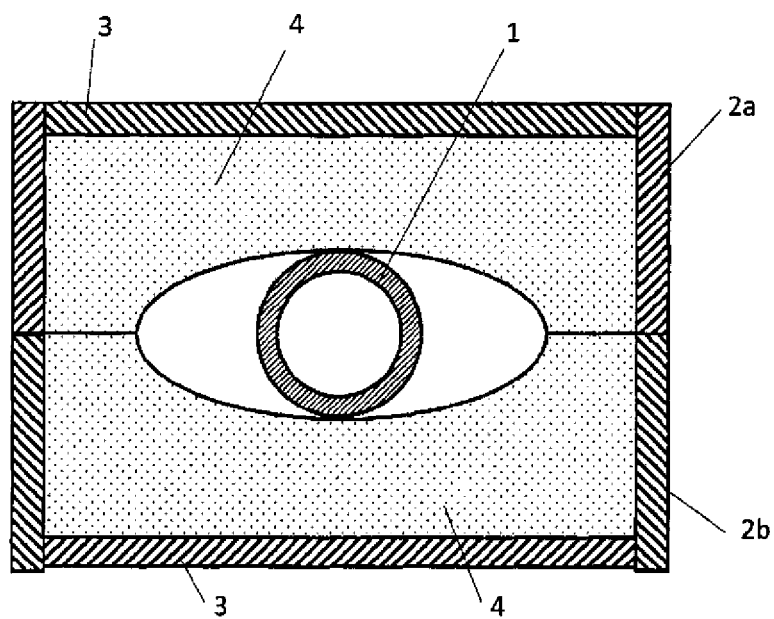


Fig. 2

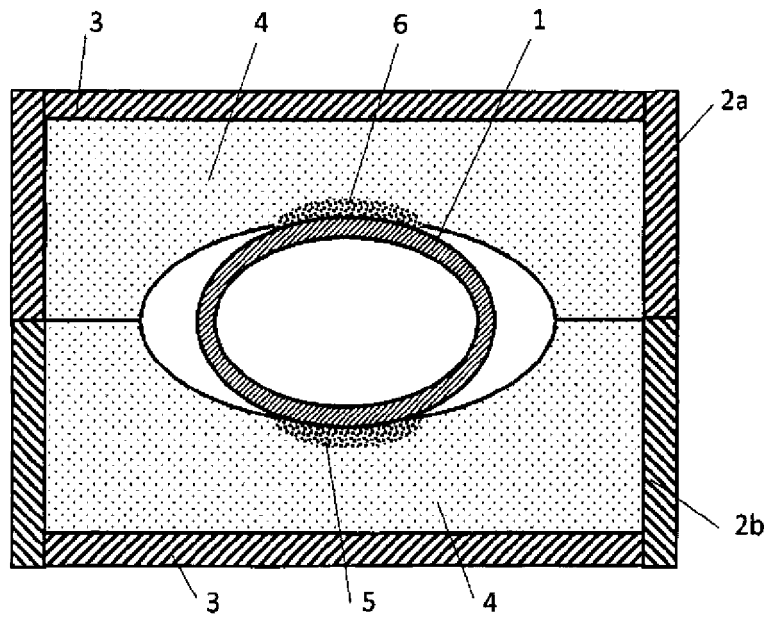


Fig. 3