

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 243916 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **437857**

(22) Data zgłoszenia: **2021.05.12**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.11.14 BUP 46/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.10.30 WUP 44/2023**

(51) MKP:

B29C 64/245 (2017.01)

B29C 67/00 (2017.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

WOJCIECH STOPYRA, Wrocław, PL

KONRAD GRUBER, Wrocław, PL

TOMASZ KURZYNOWSKI, Wrocław, PL

(54) Tytuł:

Platforma robocza do przyrostowych technologii wytwarzania

PL 243916 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest platforma robocza do przyrostowych technologii wytwarzania dla urządzeń Powder Bed Fusion (PBF), w których wytwarzane są osiowe części jak na przykład aparaty kierujące silników turbinowych, dysze silników czy inne elementy charakteryzujące się osiowo-symetryczną konstrukcją.

Technologia Powder Bed Fusion (PBF) należy do przyrostowych metod wytwarzania (Additive Manufacturing – AM), gdzie detal wytwarzany jest poprzez selektywne dodawanie kolejnych porcji materiału, warstwa po warstwie. W technologii tej warstwa proszku o małej grubości nakładana jest na platformę roboczą, gdzie zostaje spieczona/przetopiona przez źródło ciepłe (np. wiązkę lasera lub elektronów) poruszające się zgodnie z zadaniem algorytmem w obrębie przekroju detalu. Następnie platforma robocza obniżana jest o zadaną grubość warstwy i cały cykl jest powtarzany. Po zakończeniu procesu, z komory roboczej urządzenia wyciągana jest platforma robocza wraz z wytworzonym na niej detalem. Element wytwarzany może być bezpośrednio na platformie roboczej, jednak najczęściej pomiędzy detalem a platformą projektowane są struktury wspierające ułatwiające separację tych elementów. Z racji licznych cykli cieplnych oraz szybkich czasów przechłodzeń, separacja detalu od platformy roboczej po procesie PBF może wiązać się z deformacją wytwarzanego elementu spowodowaną naprężeniami szczątkowymi zakumulowanymi w materiale w trakcie procesu PBF. Gdy uwolnione naprężenia będą przewyższać wytrzymałość materiału, dochodzi do jego pęknięcia. Dlatego po procesie wytwórczym PBF, a przed separacją od platformy roboczej, istotna jest odprężająca obróbka cieplna, redukująca pozostałe w elemencie naprężenia szczątkowe. Z racji, że w większości urządzeń stosuje się monolityczne platformy robocze o wymiarach większych niż 250 mm na 250 mm, poprocesowa obróbka cieplna jest trudna lub niemożliwa do wykonania, na przykład ze względu na ograniczenia przestrzeni roboczej pieców. Po obróbce cieplnej detal z reguły poddawany jest mechanicznej obróbce skrawaniem w celu poprawy jego dokładności wymiarowej oraz jakości powierzchni.

Poprocesowa obróbka skrawaniem jest zalecana ze względu na wysoką chropowatość detalu po procesie PBF. Jeśli wytwarzany detal charakteryzuje się cylindryczno-osiową geometrią, można poddać go obróbce ubytkowej na tokarce. W takim przypadku bardzo istotna jest współosiowość detalu, tokarki oraz platformy roboczej. W patentowych bazach danych istnieje wiele rozwiązań modułowych platform roboczych dla technologii typu Powder Bed Fusion. Z reguły są to platformy robocze o kształcie prostokątnym lub przeznaczone do wytwarzania konkretnych detali.

W kanadyjskim dokumencie patentowym CA3051962A1 zaprezentowano rozwiązanie modułowej platformy roboczej składającej się z płyty, do której mocowane są za pomocą śrub i wałków pozycjonujących, mniejsze platformy robocze. Rozwiązanie zakłada możliwość zamontowania zarówno cylindrycznych jak i prostokątnych platform roboczych o ściśle określonej geometrii i pozycji wyznaczonej przez otwory mocujące/pozycjonujące. Zaproponowane cylindryczne moduły platformy roboczej ograniczone są wymiarami niepozwalającymi na wytwarzanie detali większych niż średnica modułu.

W europejskim dokumencie patentowym EP2957367A1 zaprezentowano rozwiązanie modułowej platformy roboczej w technologii Powder Bed Fusion, w której wytwarzany detal o ściśle określonej geometrii pierwszego przekroju nadbudowywany jest na płytę roboczą umiejscowioną w kieszeniach płyty. Obrobiona mechanicznie płyta robocza po procesie PBF jest integralną częścią wytwarzanego elementu i nie jest wykorzystywana w kolejnych procesach, co odróżniają od zaproponowanego rozwiązania.

Amerykański dokument patentowy US 10286451B2 prezentuje modułową platformę złożoną z wielu mniejszych prostokątnych elementów. Sposób pozycjonowania i utwierdzenia poszczególnych pól polega na osadzeniu modułów w kieszeniach płyty lub poprzez wzajemne pasowanie wpustów i wypustów znajdujących się zarówno na poszczególnych modułach oraz na płycie montażowej. Przedmiotowe rozwiązanie nie przejawia cech osiowości oraz nie obejmuje uchwytu obróbczego.

W europejskim dokumencie patentowym EP3473413A1 opisano rozwiązanie, w którym cylindryczna platforma robocza pozostaje integralną częścią wytwarzanego detalu. Platforma robocza wytwarzana jest w technologii Powder Bed Fusion wraz z funkcjonalnymi cechami. Takie rozwiązanie ogranicza możliwość zastosowania wytworzonej platformy roboczej tylko do konkretnego przypadku produkowanej części, ze względu na ściśle określoną geometrię platformy i detalu.

Kolejne trzy dokumenty patentowe US20200290123A1, US20200238383A1 oraz US10493532B2 ujawniają możliwość montażu modułowych płyt roboczych o budowie prostokątnej w celu nadbudowywania cech geometrycznych na przygotowane wcześniej półfabrykaty. Zastosowane

systemy mocowania oparte są o rozszerzalność cieplną modułów podczas nagrzewania lub poprzez przykręcenie ich do płyty mocującej.

Zadaniem jakie stoi do rozwiązania przed przedmiotowym wynalazkiem jest platforma, której konstrukcja umożliwia zmniejszenie wymiarów podstawy roboczej poprzez usuwanie z niej jej części, na których nie został wykonywany detal oraz wykorzystanie jej części, na której został wytworzony detal jako uchwyt pod szczęki tokarskie.

Platforma robocza do przyrostowych technologii wytwarzania zbudowana z podstawy montażowej oraz osadzonej na podstawie montażowej podstawy roboczej, **według wynalazku charakteryzuje się tym**, iż podstawa robocza ma postać kilku obwodowo zazębionych ze sobą pierścieni o kolejno większych średnicach, przy czym w otworze pierścienia o najmniejszej średnicy osadzona jest, obwodowo zazębiona z nim i dociskająca go do podstawy montażowej, kształtka pozycjonująca położenie pierścieni na podstawie montażowej, a pierścień o największej średnicy obwodowo zazębiony jest z dociskającą go do podstawy montażowej ramką.

Korzystnie pierścienie oraz kształtka są współosiowe.

Korzystnie pierścienie, ramka i kształtka tworzą równoległą płaszczyznę do płaszczyzny windy, na której podstawa montażowa jest osadzana.

Korzystnie podstawa montażowa oraz podstawa robocza wykonane są z takiego samego materiału jak proszek wykorzystany do budowy detalu w technologii przyrostowej.

Korzystnie podstawa montażowa oraz podstawa robocza wykonane są z innego materiału niż proszek wykorzystany do budowy detalu w technologii przyrostowej.

Korzystnie pierścienie wzajemnie ze sobą oraz z kształtką i ramką zazębione są poprzez utworzone na nich schodkowe wycięcia.

Korzystnie schodkowe wycięcia pierścieni mają głębokość, która pozwala na ich zamocowanie w szczękach tokarskich.

Korzystnie platforma robocza według wynalazku stanowi zintegrowany uchwyt do szczęk tokarskich.

Rozwiązanie według wynalazku pozwala na zmniejszenie wymiarów platformy roboczej poprzez demontaż pierścieni, na których nie był wykonywany detal. Pierścienie, na których wytworzony został detal wykorzystuje się jako uchwyt pod szczęki tokarskie. Rozwiązanie według wynalazku zapewnia współosiowość detalu i podstawy roboczej, a to umożliwia:

- redukcję kształtu opisującego zewnętrzne wymiary wytworzonej części wraz z platformą roboczą, gdy zdemontowane zostaną niewykorzystane pierścienie;
- obróbkę skrawaniem na tokarce bez bicia, ze względu na współosiowość detalu, platformy roboczej oraz tokarki; oraz
- powstanie z detalu i pierścienia zintegrowanego uchwytu tokarskiego, który ze względu na schodkową geometrię pierścienia jest łatwy w montażu detalu w szczękach tokarki.

Przedmiot wynalazku został uwidoczniony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia platformę roboczą w widoku od góry, fig. 2 platformę w widoku z boku częściowo w przekroju – w miejscach otworów montażowych, fig. 3 platformę w przekroju wzdłuż linii A-A z fig. 1, fig. 4 w powiększeniu przekrój szczegółu B z fig. 3, fig. 5 w powiększeniu przekrój szczegółu C z fig. 3, a fig. 6 platformę w widoku aksonometrycznym.

Platforma robocza do przyrostowych technologii wytwarzania w przykładzie wykonania według wynalazku zbudowana jest z okrągłej podstawy roboczej 1 o płaskiej powierzchni roboczej oraz czworokątnej podstawy montażowej 2, na której górnej płaskiej powierzchni podstawa robocza 1 jest zamocowana. Podstawa robocza 1 ma postać trzech koncentrycznie i współosiowo osadzonych i obwodowo zazębionych ze sobą pierścieni 1.1, 1.2 i 1.3 o kolejno większych średnicach. W otworze pierścienia 1.1 o najmniejszej średnicy osadzona jest, obwodowo zazębiona z nim i dociskająca go do podstawy montażowej 2, kształtka 3 pozycjonująca położenie pierścieni na podstawie montażowej 2. Pierścień 1.3 o największej średnicy obwodowo zazębiony jest z dociskającą go do podstawy montażowej 2 prostokątną po obrysie zewnętrznym ramką 4. Pierścienie 1.1, 1.2, 1.3 wzajemnie ze sobą zazębione są w ten sposób, iż mają schodkową budowę, która pozwala na pozycjonowanie i dociskanie sąsiadujących ze sobą pierścieni 1.1, 1.2, 1.3 tak, aby tworzyły płaską, nieruchomą powierzchnię, na której wytwarzany będzie detal. Kolejne zazębienie się pierścieni 1.1, 1.2, 1.3 utworzone jest w ten sposób, iż pierścień 1.1 o najmniejszej średnicy i kolejny zazębiony z nim pierścień 1.2 (środkowy) mają taki sam w górnej połowie na pobocznicę wewnętrznej obwodowy, w przekroju prostokątny uskok oraz kolejno

w dolej połowie na pobocznicy zewnętrznej obwodowy tożsamy wymiarowo jak wyżej w przekroju prostokątny uskoki. Pierścien 1.3 o największej średnicy (zewnętrzny) ma zmniejszające średnicę jego górnej połowy, w przekroju prostokątne, tożsame wielkościami uskoki na zewnętrznej i wewnętrznej pobocznicy. Ramka 4 ma obwodowy, w przekroju prostokątny uskok na dolnej połowie wewnętrznej pobocznicy. Ramka 4 dociskająca pierścien 1.3 o największej średnicy, przy swoich narożach ma gniazda, w których umiejscowione są śruby 5 mocujące ją do platformy montażowej 2. Dociskająca do platformy montażowej 2 pierścien 1.1 o najmniejszej średnicy kształtka 3 ma postać tulei o schodkowo ukształtowanej pobocznicy zewnętrznej. Kształtka 3 do platformy montażowej 2 zamocowana jest (przykręcona) osadzoną w niej śrubą 6, której trzpień pozycjonuje współosiowość pierścieni 1.1, 1.2, 1.3. Kształtka 3 wraz z ramką 4 poziomują powierzchnię roboczą podstawy roboczej 1. W narożach płyty montażowej 2 utworzone są gniazda, w których osadzone są śruby 7 mocujące ją do windy 8 urządzenia do wytwarzania w technologii Powder Bed Fusion. Nad wyżej wymienionymi gniazdami w ramce 4 utworzone są przelotowe otwory umożliwiające swobodne osadzenie śrub 7 w tych gniazdach. Tworzące platformę roboczą 1 pierścienie 1.1, 1.2, 1.3 mogą być wielokrotnie wykorzystane w procesie typu Powder Bed. Platforma robocza dla urządzeń typu Powder Bed Fusion według wynalazku jest współosiowa z główną osią Z urządzenia, wyznaczającą kierunek budowy. Platforma robocza po odcięciu detalu i poprawie jakości jej powierzchni może zostać ponownie wykorzystana w kolejnym procesie Powder Bed Fusion. Rozwiązanie według wynalazku może mieć dowolną liczbę pierścieni. Schodkowe wycięcia pierścieni 1.1, 1.2, 1.3 mają w przykładzie wykonania wymiar 5 mm (promieniowo). Pierścienie 1.1, 1.2, 1.3, ramka 4 i kształtka 3 tworzą równoległą płaszczyznę XY do płaszczyzny windy 8. Podstawa montażowa 2 oraz podstawa robocza 1 mogą być wykonane z takiego samego materiału jak proszek wykorzystany do budowy detalu w technologii przyrostowej albo nie.

I tak, na przykład podstawa robocza 1 i podstawa montażowa 2 mogą być wykonane z dowolnego gatunku stali nierdzewnej a detal z innego gatunku stali nierdzewnej bądź konstrukcyjnej. Alternatywnie, płyta robocza i pierścien mogą być wykonane np. ze stopów aluminium, tytanu, niklu, a wytwarzany detal z innego stopu, zachowującego ten sam pierwiastek bazowy (np. aluminium, tytan, nikiel), celem zachowania podobnej rozszerzalności i przewodności cieplnej platformy i detalu.

Rozwiązanie według wynalazku stosuje się według poniższych punktów:

1. Montaż płyty montażowej do windy urządzenia typu Powder Bed.
2. Osadzenie pierścieni na podstawie montażowej, montaż ramki oraz kształtki, które pozycjonują i dociskają do płyty montażowej pierścienie.
3. Dokręcenie i wypoziomowanie śrubami dociskającymi całego układu.
4. Wytworzenie pożądanej części w technologii Powder Bed Fusion.
5. Oczyszczenie komory z proszku.
6. Odkręcenie i demontaż ramki oraz kształtki.
7. Wyjęcie z komory roboczej urządzenia wytworzonego detalu wraz z pierścieniami, na których jest wytworzony.
8. Demontaż pierścieni, na których część nie została wytworzona.
9. Opcjonalna poprocesowa obróbka cieplna odprężająca.
10. Montaż w uchwycie szczękowym tokarki, pod opcjonalną obróbkę wykańczającą części osiowo-symetrycznej, wytwarzanej w technologii PBF z wykorzystaniem wynalazku.

Zastrzeżenia patentowe

1. Platforma robocza do przyrostowych technologii wytwarzania zbudowana z podstawy montażowej oraz osadzonej na podstawie montażowej podstawy roboczej, **znamienna tym**, że podstawa robocza (1) ma postać kilku obwodowo zazębionych ze sobą pierścieni (1.1, 1.2, 1.3) o kolejno większych średnicach, przy czym w otworze pierścienia (1.1) o najmniejszej średnicy osadzona jest, dociskająca go do podstawy montażowej (2), kształtka (3) pozycjonująca położenie pierścieni (1.1, 1.2, 1.3) na podstawie montażowej (2), a pierścien (1.3) o największej średnicy, obwodowo zazębiony jest z dociskającą go do podstawy montażowej (2) ramką (4).
2. Platforma według zastrz. 1, **znamienna tym**, że pierścienie (1.1, 1.2, 1.3) oraz kształtka (3) są współosiowe.
3. Platforma według zastrz. 1, **znamienna tym**, że pierścienie (1.1, 1.2, 1.3), ramka (4) i kształtka (3) tworzą równoległą płaszczyznę XY do płaszczyzny windy (8).

4. Platforma według zastrz. 1, **znamienna tym**, że podstawa montażowa (2) oraz podstawa robocza (1) wykonane są z takiego samego materiału jak proszek wykorzystany do budowy detalu w technologii przyrostowej.
5. Platforma według zastrz. 1, **znamienna tym**, że podstawa montażowa, (2) oraz podstawa robocza (1) wykonane są z innego materiału niż proszek wykorzystany do budowy detalu w technologii przyrostowej.
6. Platforma według zastrz. 1, **znamienna tym**, że pierścienie (1.1, 1.2, 1.3) wzajemnie ze sobą oraz z kształtką (3) i ramką (4) zazębione są poprzez utworzone na nich schodkowe wycięcia.
7. Platforma według zastrz. 6, **znamienna tym**, że schodkowe wycięcia pierścieni (1.1, 1.2, 1.3) mają głębokość, która pozwala na ich zamocowanie w szczękach tokarskich.
8. Platforma według zastrz. 1, **znamienna tym**, że stanowi zintegrowany uchwyt do szczęk tokarskich.

Rysunki

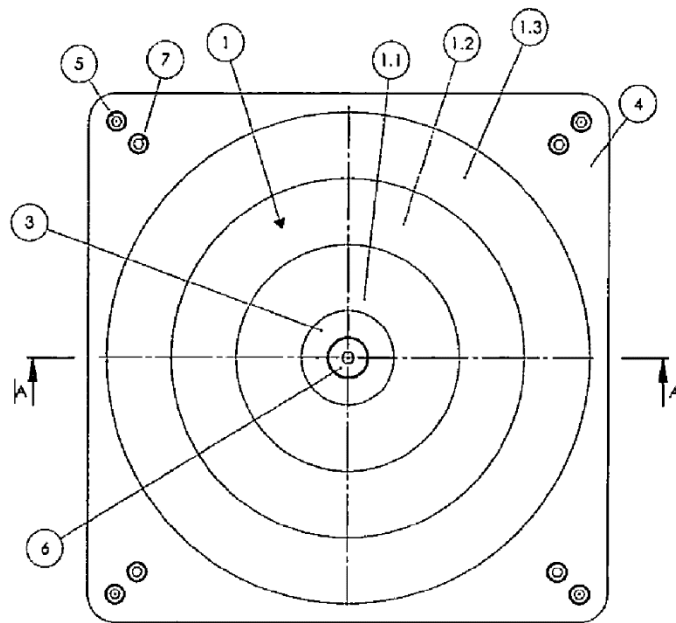


Fig. 1

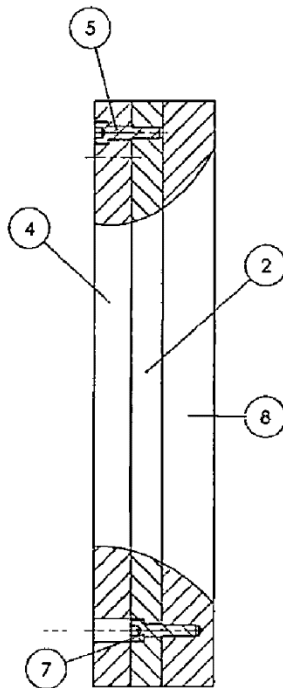


Fig. 2

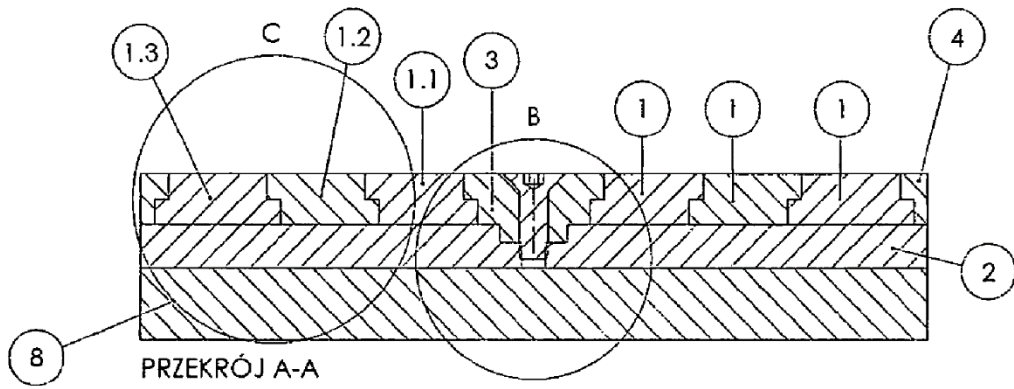


Fig. 3

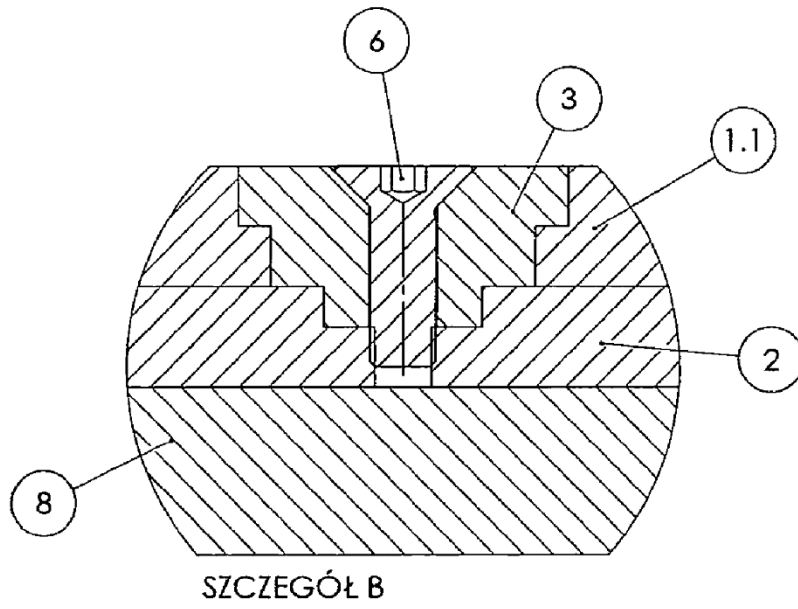
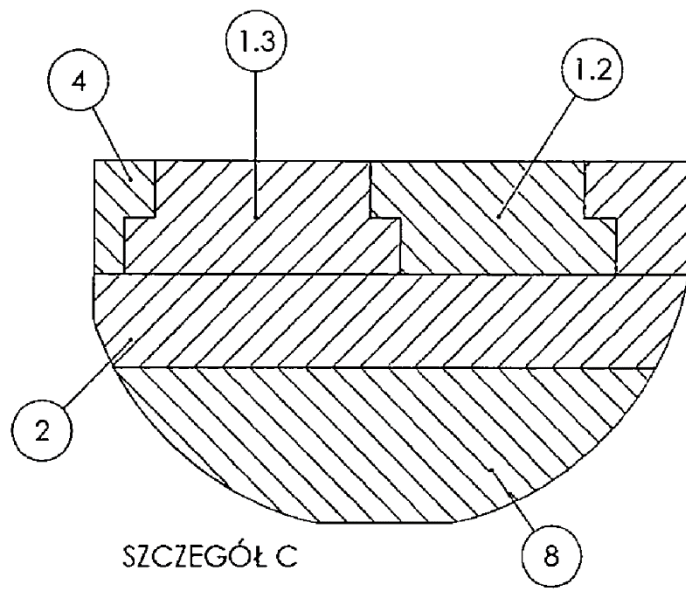


Fig. 4



SZCZEGÓŁ C

Fig. 5

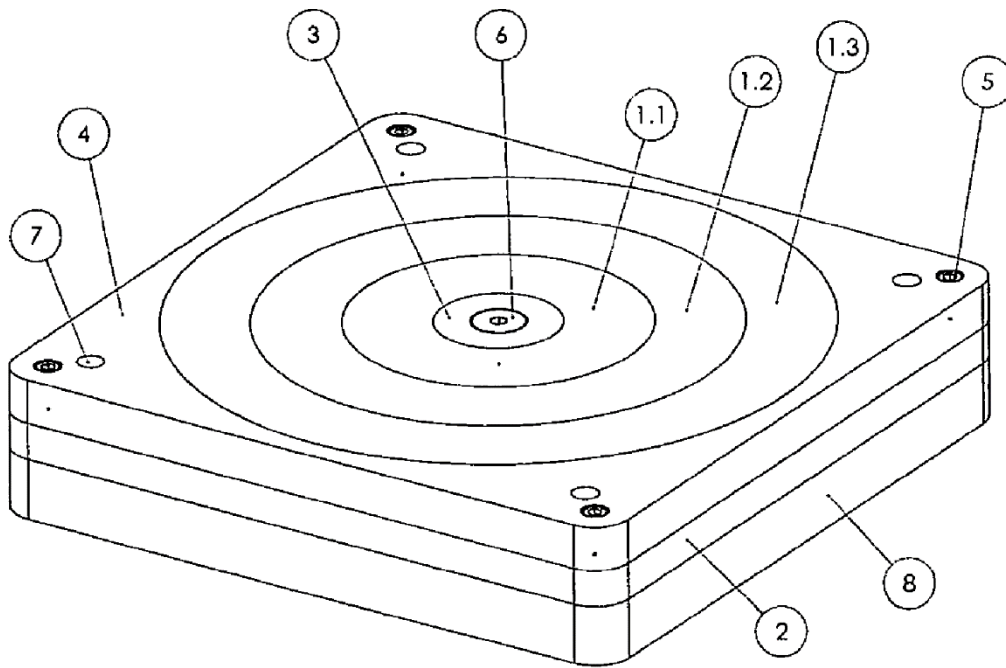


Fig. 6