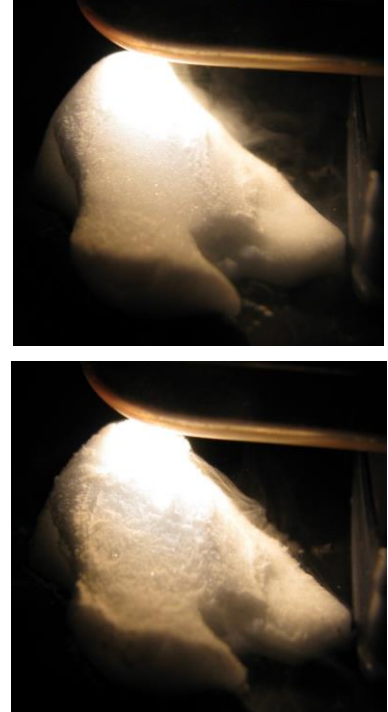


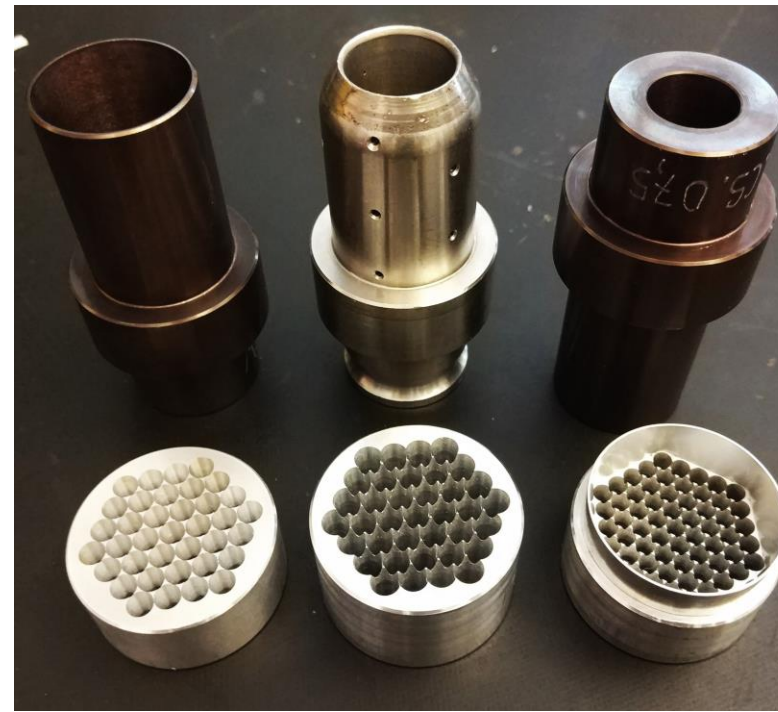
**Celem** projektowania konstrukcji stanowiska badawczego do empirycznej weryfikacji naprężenia zagęszczającego i przetłaczającego suchy lód w zależności od wybranej geometrii matrycy **było wykonanie stanowiska pozwalającego na poszukiwanie efektywnych parametrów geometrii wspomnianej matrycy na potrzeby zmniejszenia energochłonności procesu i strat w materiale podczas zagęszczania, dodatkowo stanowisko ma posłużyć do doświadczalnej weryfikacji wyników uzyskiwanych w procesie analiz numerycznych.**



Rys. 1. Suchy lód w różnym stopniu zagęszczenia (zdjęcia własne)



Rys. 2. Bryłka suchego lodu z osadzającą się wilgocią z powietrza i bez (zdjęcia własne)



Rys. 3. Przykładowe matryce o różnej geometrii (zdjęcia własne)



Rys. 4. Suchy lód zagęszczony w matrycy jednokanalowej o średnicy 16 mm (zdjęcia własne)



Rys. 5. Przykładowy peletyzer, w którym umieszczone są matryce  
Źródło: <https://www.suchylod.net/img/8382-Maszyna%20do%20produkcji%20suchego%20lodu%20Dry%20Ice%20Pelletizer%20A120P.jpg>

**Suchym lodem** nazywamy skryształizowany dwutlenek węgla powstający w wyniku rozprężenia ciekłego CO<sub>2</sub>. Materiał ten ma temperaturę -78,5°C i w warunkach normalnych intensywnie sublimuje. W celu zmniejszenia prędkości sublimacji i przemysłowego wykorzystania jest on zagęszczany z postaci sypkiej (gęstość na poziomie około 500 kg/m<sup>3</sup>) do postaci odpowiednio ukształtowanego peletu o gęstości na poziomie około 1625 kg/m<sup>3</sup>.

Suchy lód w postaci peletu uzyskiwany jest poprzez zagęszczanie i wytłaczanie suchego lodu w układach zwanych peletyzatorami, zwykle w technice tłokowej

### Założenia konstrukcyjne dla stanowiska do zagęszczania i przetłaczania suchego lodu:

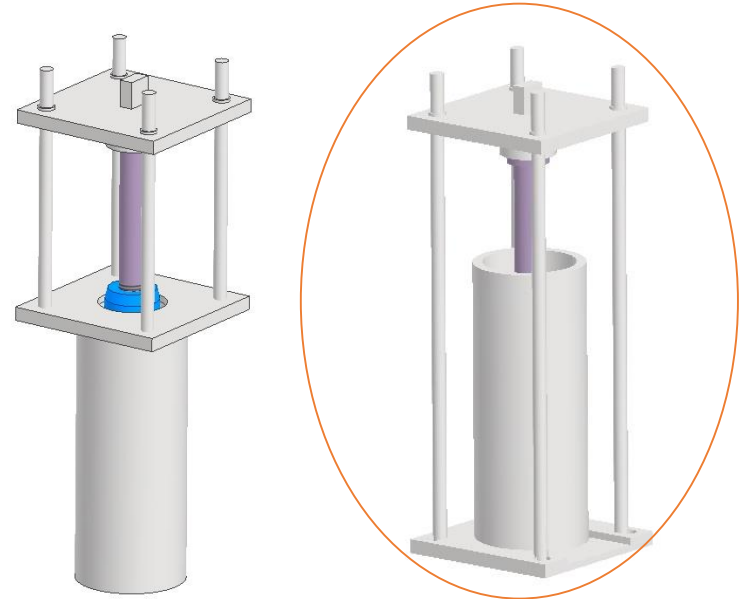
- Możliwość montażu stanowiska w układzie roboczym maszyny wytrzymałościowej MTS Insight 50 kN,
- Możliwość schłodzenia elementów stanowiska mających kontakt z suchym lodem poprzez umieszczenie go w suchym lodzie,
- Prowadzenie tłoka względem matrycy, minimalne luzy, duża dokładność wymiarowa wykonania,
- Prosty demontaż tulei zagęszczającej z układu prowadzenia w celu ustawienia na wadze oraz w celu chłodzenia,
- Możliwość montażu matryc o średnicy od 30 do 50 mm,
- Możliwość montażu matryc o wysokości do 50 mm,
- Wymienność części w tym możliwość wymiany komory zagęszczającej,
- Waga stanowiska, jeśli to możliwe, niższa niż 9 kg,
- Możliwość prostego wyciągnięcia gotowego peletu,
- Układ pozwalający na dokładne osuszenie i zapobieganie korozji stanowiska.

### Początkowe ustalenia:

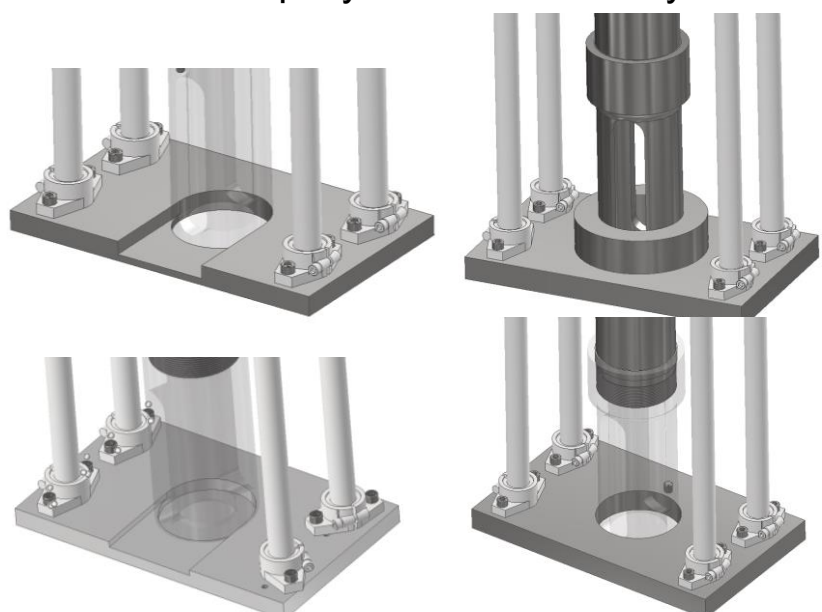
- Podział na układ zagęszczania (z tuleją z komorą zagęszczającą wewnątrz i tłokiem) i układ prowadzenia, gdzie układ zagęszczania będzie montowany w układzie prowadzenia.
- Wykonanie układu zagęszczania w kształcie tulei ze względu na kształt matryc i łatwość wykonania.
- Tłok ma wymienną część tłoczącą w celu dopasowania do matrycy, wymienna będzie też komora wewnętrzna dostosowana do średnicy matrycy.
- Maksymalny wymiar gabarytowy – wysokość do 650 mm ze względu na zakres przemieszczenia maszyny wytrzymałościowej MTS.

### Rozważano koncepcje dotyczące:

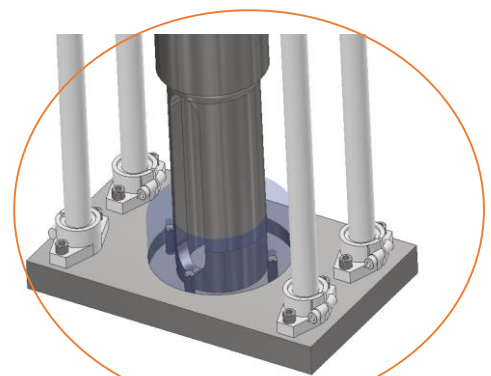
- rozwiązania prowadzenia tłoka względem tulei (Rys. A),
- sposobu prowadzenia i połączenia tłoka z układem zagęszczającym z układem prowadzenia (Rys. B),
- montażu tulei układu zagęszczającego w płycie dolnej układu prowadzenia (Rys. C),
- sposobu wyciągnięcia peletu (Rys. D),
- rozłączania tulei górnej i dolnej w celu wymiany matrycy (Rys. E),
- ukształtowania wnętrza układu zagęszczania (Rys. F).



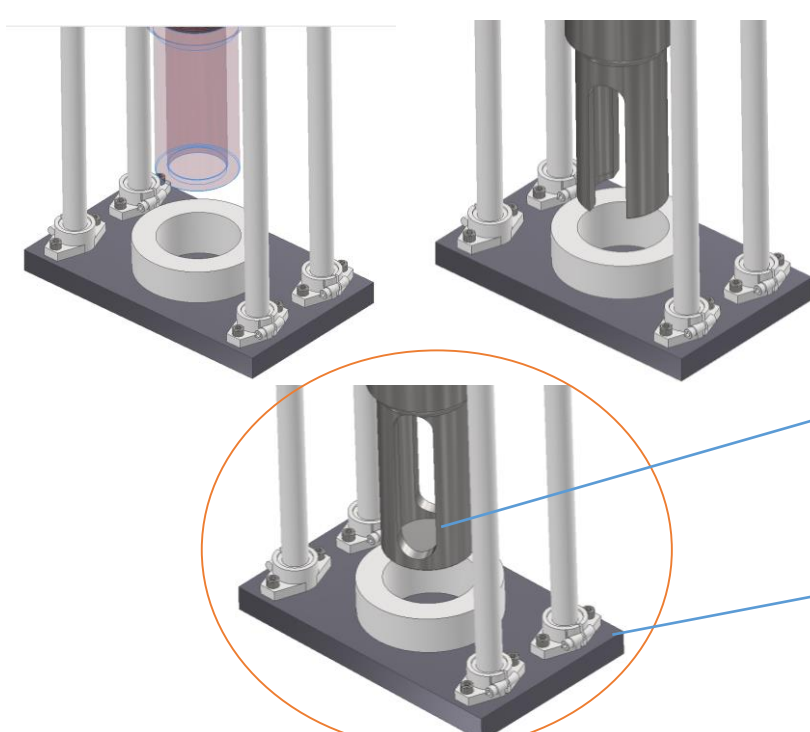
Rys. A. Koncepcje prowadzenia tłoka względem tulei – długość układu prowadzenia i zaznaczone wybrane rozwiązanie ze względu na lepszy montaż na maszynie MTS i większą stabilność



Rys. C.1. Koncepcje montażu dolnej części tulei układu zagęszczającego w płycie dolnej układu prowadzenia



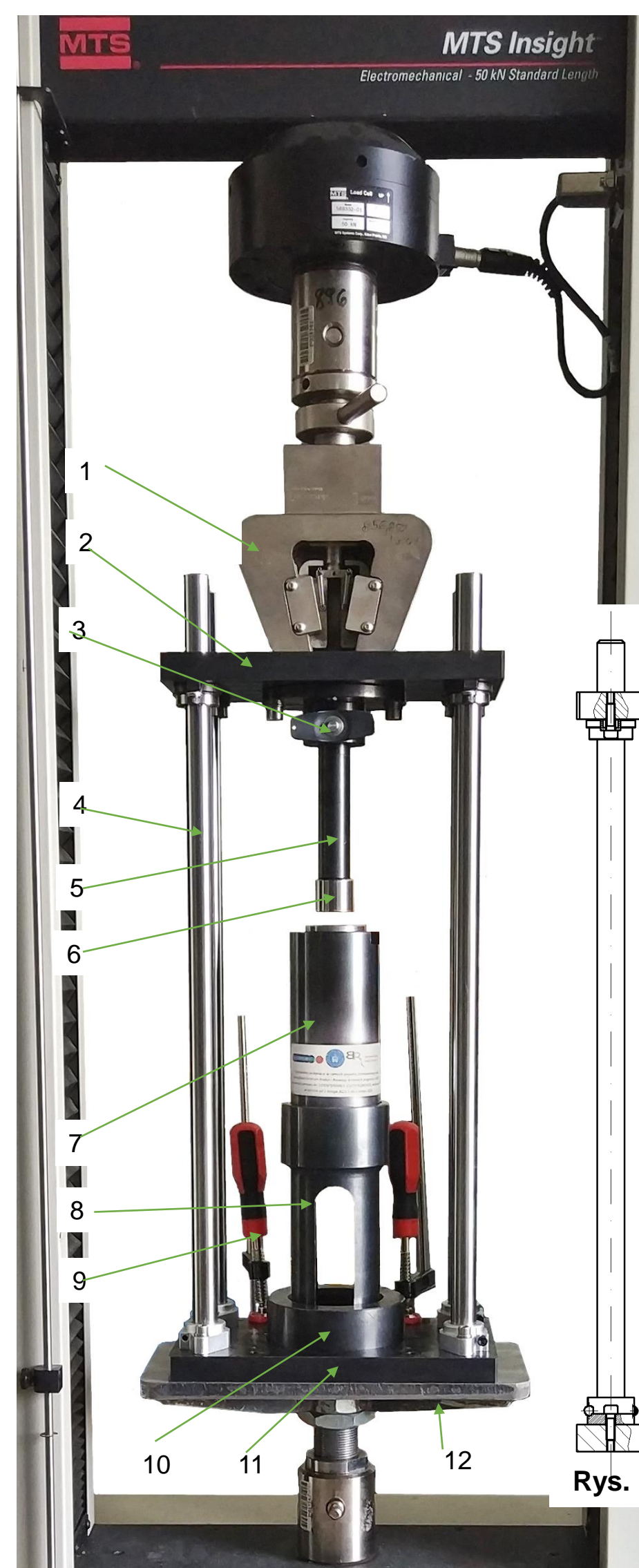
Rys. C.2. Wybrane rozwiązanie, w której płyta dolna posiada rozłączną tuleję (w razie uszkodzenia np. przy montażu wymienną jest jedna część), w którą wkładana jest część dolna tulei zagęszczającej, do której wpada zagęszczony suchy lód



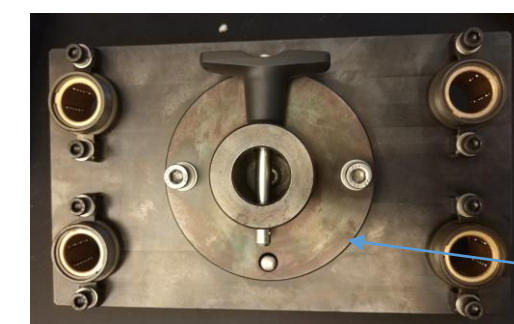
Rys. D.1. Koncepcje sposobu wyciągnięcia peletu



Rys. D.2. Wybrane rozwiązanie, w którym dolna część tulei zagęszczającej jest od spodu zamknięta (z nawierconym otworem dla lepszego odprowadzenia powietrza podczas montażu), a w jej bocznych ścianach są wycięte dwie faszolki przez całą długość, co obniża masę samej tulei i pozwala wyciągnąć pelet w tulei, nie pozostawiając go na płycie



Rys. 6. Wykonane stanowisko zamontowane na maszynie MTS: 1-Uchwyt maszyny MTS, 2- Płyta górna, 3- Sworznie, 4- Prowadnica, 5- Tłok, 6- Wymienna końcówka tłoka 7- Tuleja zagęszczająca górna (z komorą zagęszczającą i matrycą wewnątrz), 8- Tuleja zagęszczająca dolna, 9- Zacisk 10 -Tuleja płyty dolnej, 11- Płyta dolna, 12 - Płyta maszyny MTS

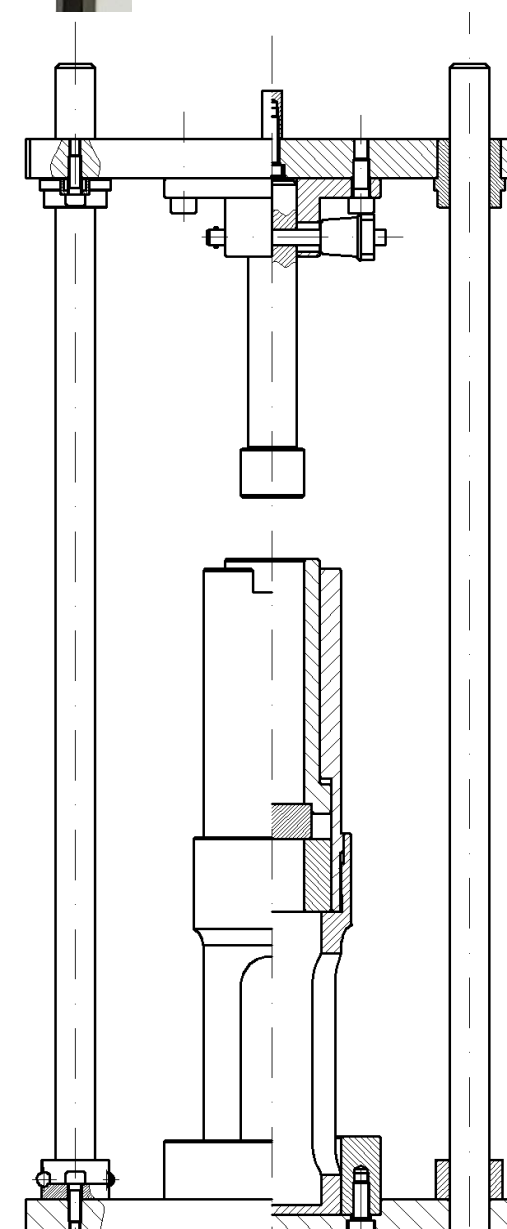


Otwór do odpowietrzenia  
Otwór pod sworznie

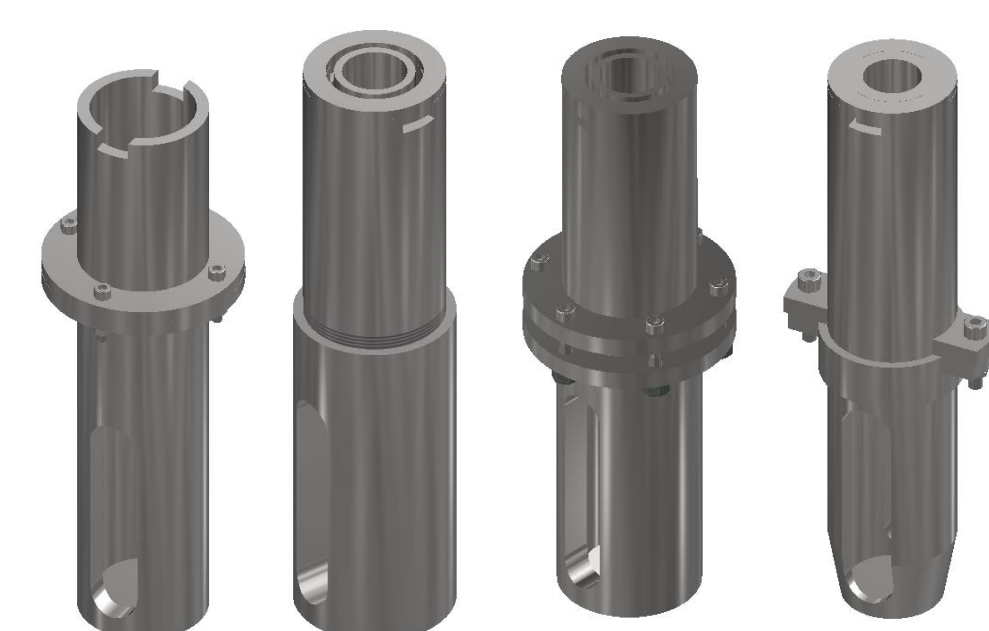
Rys. B.2. Wybrane rozwiązanie, w którym tłok z wymienną końcówką tłoczącą oraz z otworem na górze potrzebnym do lepszego odprowadzenia powietrza podczas mocowania (wykonanym po pierwszych testach stanowiska) jest wkładany do tulei w płycie zabezpieczony sworzniem, a sama płyta górna jest prowadzona na prowadnicach



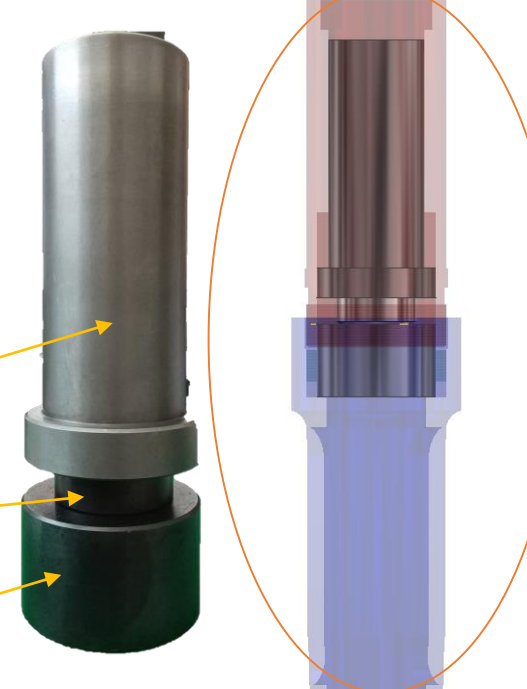
Rys. B.1. Koncepcje układu prowadzenia tłoka oraz montażu tłoka



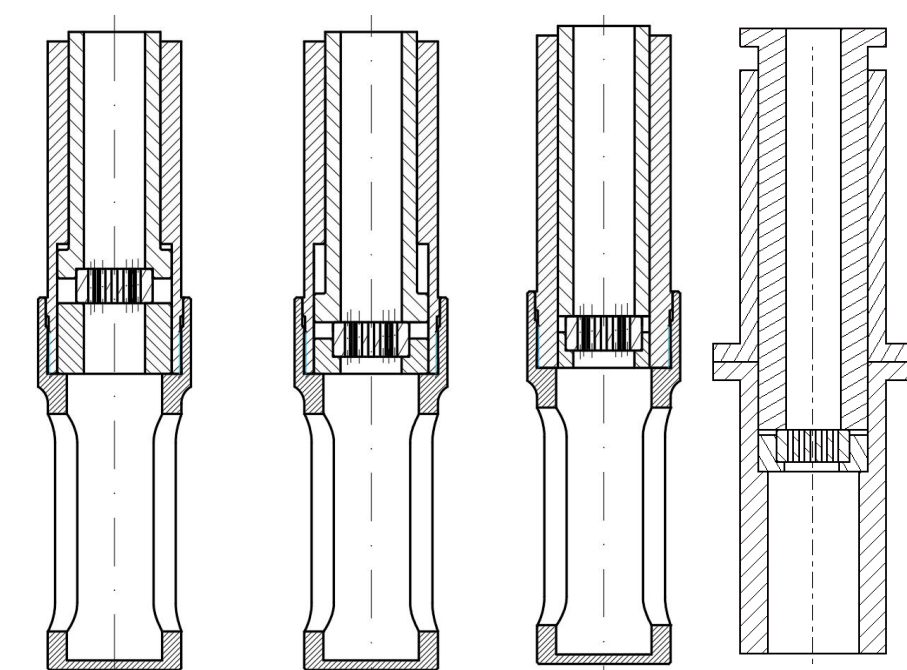
Rys. E.2. Wybrane rozwiązanie rozłączania tulei górnej i dolnej w celu wymiany matrycy, które polega na zastosowaniu gwintu bezpośrednio na częściach tulei i przewężeniu tulei dolnej w celu zmniejszenia masy



Rys. E.1. Koncepcje rozłączania tulei górnej i dolnej w celu wymiany matrycy



Rys. F.2. Wybrane rozwiązanie wnętrza komory - najłatwiejsze do złożenia i zapewniające stabilność elementów wewnątrz



Rys. F.1. Koncepcje wnętrza komory

### Podsumowanie

- Konstrukcja z pewnymi modyfikacjami wykonanymi w następstwie testów pozwoliła na wykonywanie zamierzonych badań.
- Zbyt duża szczelność i zbyt dokładne pasowania powodowały zwiększenie oporów stanowiska po schłodzeniu - zauważalna zmiana wymiarów pasowań pod wpływem temperatury.
- Połączenie górnej i dolnej części tulei gwintem drobnozwojnym znacznie wydłuża czas składania i rozkładania elementów.
- Konieczne było zastosowanie możliwości łatwego odejścia powietrza poprzez wykonanie dodatkowych otworów.
- Konieczne było wykonanie stożków w celu łatwiejszego wkładania i wyciągnięcia elementów mrożonych.
- w dniu 5.07.2021 otrzymano pozytywne sprawozdanie o stanie techniki dla zgłoszenia wynalazku pt. Stanowisko pomiarowe do empirycznej weryfikacji naprężeń zagęszczających podczas procesu aglomeracji ciśnieniowej za P.437839 Pat/2299

Stanowisko wykonane w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu LIDER XI w ramach umowy nr. LIDER/3/0006/L-11/19/NCBR/2020, realizowanego w okresie od 1 lutego 2021 r. do 1 lutego 2024 r.