

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

# Technologie kształtowania obrotowego tarczy przepustnic centrycznych

## *Technologies of flow forming of disks*

### **Streszczenie**

W artykule opisano przebieg i wyniki badań technologii kształtowania obrotowego tarcz przepustnic centrycznych. Badania obejmowały kształtowanie tarcz dolnych i górnych dla przepustnic DN-600 i DN-500. W pierwszym etapie badania prowadzono na tarczach ze stali tłocznej, a następnie ze stali nierdzewnej OH18N9 (14301) i OOH17N14M2 (14404). Pierwszą operację wyoblania realizowano na wzorniku jednolitym, a drugą operację wyoblania obciskającego na wzorniku składanym. Między tymi operacjami stosowano obróbkę cieplną (przesycanie) dla stali nierdzewnej. Przepustnice centryczne DN-600 i DN-500 z obudową składającą się z dwóch wykonanych tarcz otrzymały Złoty Medal EURO DYSC na Międzynarodowych Targach POL-EKO 2007.

### **Abstract**

*The article describes the procedures and results of investigation of the technology of flow forming disks of centric chokes. The investigation comprised forming of the lower and upper disks for the DN-600 and DN-500 chokes. In the first stage, the tests were performed on disks made of stamping steel and then on one of stainless OH18N9 (14301) and OOH17N14M2 (14404) steels. The first spinning operation was performed on a solid templet and the second operation of necking spinning on a built-up templet. Between the two operations, heat treatment (hyperquenching) was applied for stainless steel. The centric chokes DN-600 and DN-500 with casing consisting of two disks made by us have been awarded a EURO DYSC gold Metal in the international POL-EKO 2007 Fair.*

**Słowa kluczowe:** kształtowanie obrotowe, wyoblanie, wyoblanie z obciskaniem, tarcze przepustnicy centrycznej, wyoblarka, stale nierdzewne

**Key words:** *flow forming, spinning, spinning with necking, centric choke disks, spinning machine, stainless steels*

## **1. WSTĘP**

W artykule przedstawiono wyniki badań, które obejmowały kształtowanie tarcz przepustnic DN-500 i DN-600 i były realizowane w ramach projektu celowego Nr ROW-II-238/2007.

Przepustnica składa się z wykładziny elastomerowej, zespołów napędowych i innych drobnych elementów osadzonych w korpusie złożonym z dwóch tarcz dolnej i górnej połączonych ze sobą spawaniem.

Tarcza dolna i górna wykonane są ze stali nierdzewnej odpornej na działanie występujących w ściekach związków chemicznych.

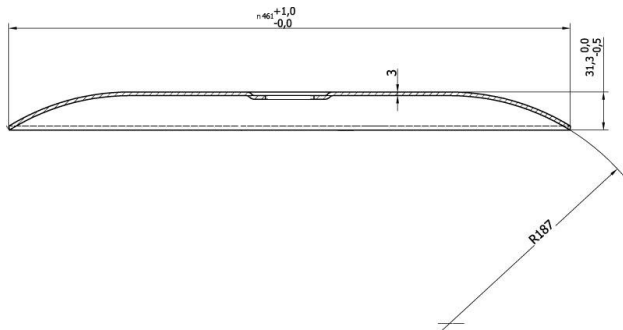
Kształtowanie tarcz wykonanych z materiału szybko umacniającego się przy zachowaniu zaniżonych tolerancji wykonania stwarzało duże trudności wykonawcze szczególnie przy obróbce cieplnej tarcz, które po wygrzaniu w wysokiej temperaturze były chłodzone na powietrzu.

Podczas procesu chłodzenia pozostałe po obróbce plastycznej naprężenia powodowały samoistne zniekształcenia kształtu wykonanych półwyrobów.

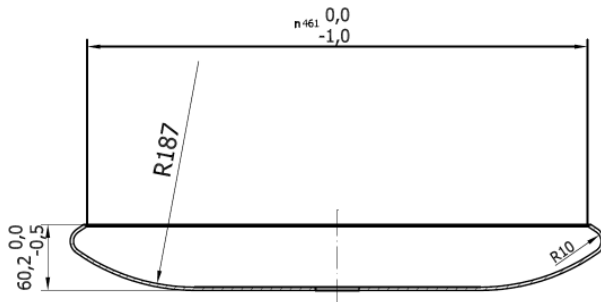
Odchylenia od nominalnego kształtu usunięto wprowadzając odpowiednią korektę w dalszych operacjach obróbki plastycznej.

## 2. OBRÓBKA PLASTYCZNA TARCZY GÓRNEJ I DOLNEJ PRZEPUSTNIC CENTRYCZNYCH ZE STALI TŁOCZNEJ

Tarczę górną wraz z wytłoczeniem na płaskiej powierzchni pokazano na rys.1 a tarczę dolną przedstawiono na rys. 2.



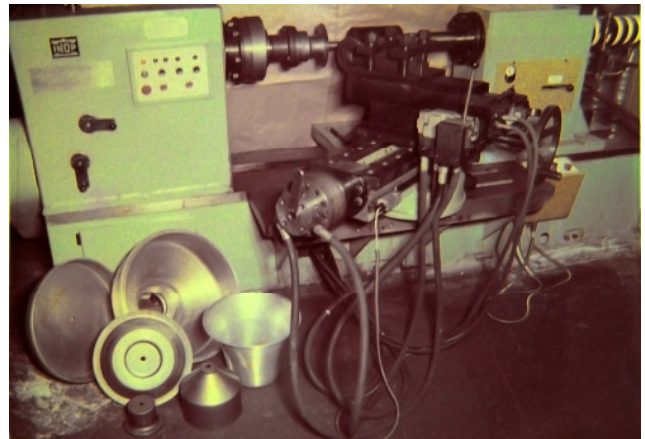
Rys. 1. Tarcza górna  
Fig. 1. Upper disk



Rys. 2. Tarcza dolna  
Fig. 2. Lower disk

Materiałem wyjściowym były krążki z blachy. Wymiary krążków zostały wyliczone z zastosowaniem wzorów matematycznych, a następnie skorygowane na podstawie wyników przeprowadzonych badań. W początkowych badaniach zastosowano krążki ze stali tłocznej – ze względu na niższą cenę blach z tej stali.

Proces wyoblania tarcz przeprowadzono w gnieździe doświadczalnym wyoblarki MWH-600 (rys. 3) zaprojektowanej i wykonanej w Instytucie Obróbki Plastycznej w Poznaniu.



Rys. 3. Wyoblarka MWH-600  
Fig. 3. MWH-600 spinning machine

W badaniach procesu wyoblania tarcz wyznaczono średnicę krążka wyjściowego oraz określono odchylenie profilu kształtu tarczy od zarysu teoretycznego. Dokonane pomiary potwierdziły, że zarys ukształtowanego profilu tarcz mieścił się w granicach określonej tolerancji.

Tarcza górna została całkowicie ukształtowana w procesie wyoblania. Tarcza dolna wymagała dodatkowej operacji obciśnięcia walcowego kołnierza.

Proces obciskania przeprowadzono na zaginarku specjalnej konstrukcji (rys. 4) przy zastosowaniu odpowiedniego kompletu rolek profilowych.



Rys. 4. Zaginarka obrotowa  
Fig. 4. Rotary bar folder

W rezultacie prowadzonych badań na krążkach ze stali tłocznej uzyskano w miarę poprawne wyniki obciskania obrzeży na tarczach dolnych.

### 3. OBRÓBKA PLASTYCZNA TARCZY DOLNEJ I GÓRNEJ PRZEPUSTNIC CENTRYCZNYCH ZE STALI NIERDZEWNEJ

W następnym etapie przeprowadzono badania na krążkach ze stali nierdzewnej w gatunku OH18N9 (14301) i OOH17N14M2 (14404).

Na podstawie uzyskanych wyników ustalono, że średnica krążków ze stali nierdzewnej dla tarczy dolnej DN-600 wyniesie  $\phi 645$  mm, natomiast dla tarczy górnej  $\phi 580$  mm. Analogicznie dla przepustnicy DN-500 ustalono średnicę krążka dla tarczy dolnej  $\phi 550$  mm, a dla tarczy górnej  $\phi 520$  mm.

Proces wyoblania przeprowadzono na wyoblarce MWH-600. Wytłoczki tarczy dolnej miały dodatkowo część walcową, natomiast tarcze górne składały się z części płaskiej i parabolicznej.

Po wykonaniu wytłoczek przeprowadzono pomiary, po których stwierdzono, że po wyoblaniu półwyrobów następuje znaczne sprężynowanie powrotne. Celem zmniejszenia wielkości odsprężynowania, przeprowadzono obróbkę cieplną (przesycanie) i dodatkowo przeprowadzono operacje wyoblania kalibrującego.

W następnym etapie przeprowadzono proces obciskania obrotowego tarczy dolnej na zaginarce za pomocą rolek: wstępnej, pośredniej i kalibrującej. Badania te nie dały zadowalających wyników, podczas obciskania następowo fałdowanie materiału oraz zniekształcenie geometrii części obciskanej.

Celem poprawy wyników korygowano kilkakrotnie geometrię kształtu rolek oraz poprawiono sztywność mocowania tarczy. Nie uzyskano w pełni zadowalających wyników. Zmieniono więc koncepcję technologii kształtowania i zamiast obciskania obrotowego na zaginarce, zastosowano obrotowe obciskanie na wyoblarce.

Opracowano konstrukcje i wykonano dodatkowo prototypowy wzornik składany (rys. 5) i na nim przeprowadzono badania technologiczne.



Rys. 5. Wzornik składany  
Fig. 5. Built-up templet

W badaniach tych uzyskano tarcze o poprawnym kształcie i w granicach dopuszczalnych tolerancji wymiarowych.

Według nowej koncepcji technologicznej z krążka blachy został ukształtowany metodą wyoblania półwyrob tarczy dolnej o geometrii i wymiarach przedstawionych w procesie technologicznym (tablica 3 i 4).

Wyniki pomiarów średnicy zewnętrznej tarczy dolnej DN-600 z promieniem  $r = 10$ , wykonane w trzech punktach na obwodzie, zamieszczono w tablicy 1.

Tablica 1. Wyniki pomiarów średnicy zewnętrznej tarczy dolnej

Table 1. Lower disk outer diameter measurements results

| Nr próbki | I     | II    | II    |
|-----------|-------|-------|-------|
| 1         | 589,7 | 590,1 | 591,8 |
| 2         | 589,2 | 590,0 | 590,3 |
| 3         | 590,0 | 589,7 | 590,0 |
| 4         | 590,0 | 590,0 | 590,0 |
| 5         | 590,0 | 590,6 | 590,7 |

W następnej operacji obcięto na całym obwodzie kołnierz walcowy  $\phi 25$  mm.



Celem zminimalizowania powstałych po wyoblaniu naprężeń w półwyrobach tarczy obrobiono je cieplnie (przesycono), po czym ponownie je wyoblano eliminując przez to pozostałe naprężenia, wywołujące odkształcenia sprężyste powrotne tarczy.

Operacje obróbki cieplnej tarczy dolnej przeprowadzono w piecu elektrycznym (rys. 6) w temperaturze 1060-1100 °C i szybko chłodzono na powietrzu.



Rys. 6. Piec elektryczny  
Fig. 6. Electric furnace

Po przesyceniu kołnierz tarczy dolnej zawinięto do wewnątrz (obciśnięto) metodą wyoblania na wzorniku dzielonym, uzyskując zadowalające wyniki odpowiadające wymaganiom projektu.

Do badań technologii wyoblania tarczy górnej adaptowano wyniki z procesu wyoblania tarcz górnych, przy czym w pierwszej wersji zastosowano krążek o średnicy  $\varnothing 580$  mm, odpowiadający gabarytom tarczy górnej.

W procesie wyoblania zaobserwowano na wytłoczce znaczne odsprężynowanie w części parabolicznej (promień  $R=147$ mm). Nie uzyskano też w pełni zadowalających wyników przy dwukrotnym wyoblaniu z międzyoperacyjną obróbką cieplną (przesyconie).

W kolejnym etapie badań zastosowano krążek wyjściowy o większej średnicy  $\varnothing 600$  mm w celu możliwości ukształtowania dodatkowo walcowego kołnierza. Zabieg ten usztywnił wytłoczkę a tym samym zmniejszyło się odsprężynowanie na półwyrobie tarczy górnej.

Badano też możliwość zmniejszenia liczby operacji obróbki cieplnej lub całkowitego jej wyeliminowania przy stosowaniu materiału wyjściowego w gat. OH18N9 (14301).

Badania procesu wyoblania tarczy dolnej dały dość obiecujące wyniki. Wprawdzie jakość powierzchni nieznacznie się pogorszyła w skutek konieczności stosowania większych sił, ale tolerancje wymiarowe zostały zachowane. Przyjęcie tej technologii będzie uzależnione od dalszych czynności związanych z montażem przepustnic.

Zachodzi obawa, czy występujące naprężenia nie będą kolidowały przy operacjach wycinania języków i spawania montażowego.

Dla tarczy dolnych opracowano dwa warianty procesu technologicznego z międzyoperacyjnym przesycaniem i bez obróbki cieplnej. Wykonane tą technologią tarcze: dolną i górną przepustnicy DN-600 pokazano na rys. 7 i 8. Ostateczny wybór wariantu zostanie ustalony po przeprowadzeniu badań montażowych na poszczególnych wielkościach przepustnic.



Rys. 7. Tarcza dolna przepustnicy DN-600  
Fig. 7. DN-600 choke lower disk



Rys. 8. Tarcza górna przepustnicy DN-600  
Fig. 8. DN-600 choke upper disk

#### 4. OBRÓBKA PLASTYCZNA TARCZ PRZEPUSTNICZY DN-500

Osiągnięte wyniki badań technologicznych tarczy do przepustnicy DN-600, posłużyły jako wytyczne do badań tarczy dolnej i górnej do przepustnicy DN-500.

Określono średnicę krążków wyjściowych przy zastosowaniu podobnych trajektorii ruchu rolki wyoblającej, jak dla tarcz DN-600.

W badaniach tych pominięto operacje obciskania obrzeża tarczy dolnej na zaginarce, a obciskanie realizowano na wyoblarce przy zastosowaniu wzornika dzielonego.

W przeprowadzonych badaniach uzyskano tarcze dolną i górną do przepustnicy DN-500. Wykonane tarcze: dolną i górną przepustnicy DN-500 pokazano na rys. 9 i 10.



Rys. 9. Tarcza dolna przepustnicy DN-500  
Fig. 9. DN-500 choke lower disk



Rys. 10. Tarcza górna przepustnicy DN-500  
Fig. 10. DN-500 choke upper disk

#### 5. WNIOSKI KOŃCOWE

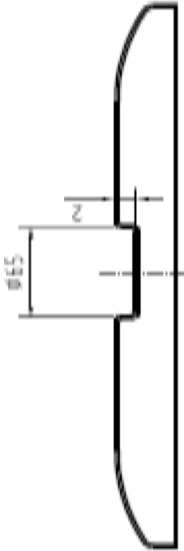

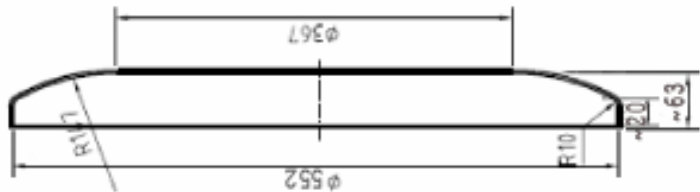
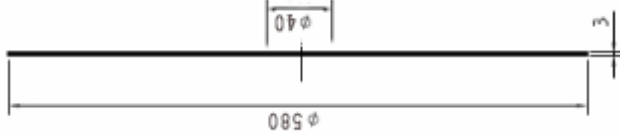
1. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań opracowano nowy proces technologiczny dla tarcz dolnych i górnych dla dwóch wielkości przepustnic DN-600 (tablica 2 i 3) i DN-500 (tablica 4 i 5).
2. W Instytucie Obróbki Plastycznej opracowano optymalne procesy technologiczne wytwarzania tarczy dolnej i górnej dla przepustnicy centrycznej DN-600 i DN-500.
3. Niepowtarzalność wyników badań technologii tarcz o różnych wymiarach powoduje konieczność przeprowadzenia badań oddzielnych dla poszczególnych wielkości przepustnic.
4. Wykonane tarcze w ramach kontrolnej serii informacyjnej zmontowano w całość z pozostałymi elementami przepustnicy DN-600 i DN-500.
5. Firma AFT Poznań, dla której realizowano badania w ramach Projektu Celowego Inicjatywy Technologicznej Nr 12050 otrzymała za przepustnice centryczne DN-600 i DN-500 Złoty Medal EURO DYSC na Międzynarodowych Targach POL-EKO w 2007 r. w Poznaniu.

*Badania technologii wytwarzania przepustnic centrycznych DN-600 i DN-500 zostały wykonane w Instytucie Obróbki Plastycznej w Poznaniu w ramach Projektu Celowego Inicjatywy Technologicznej Nr 12050.*

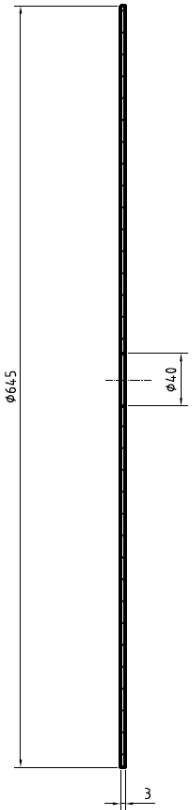
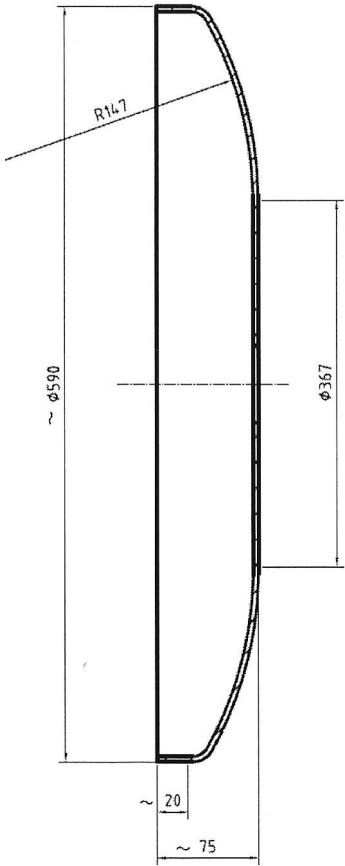
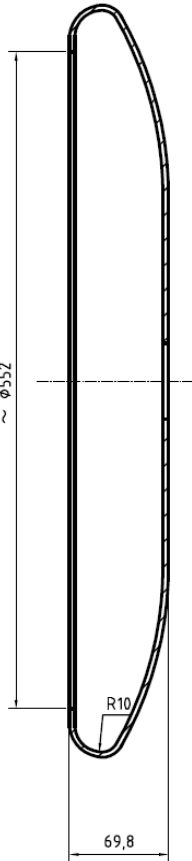
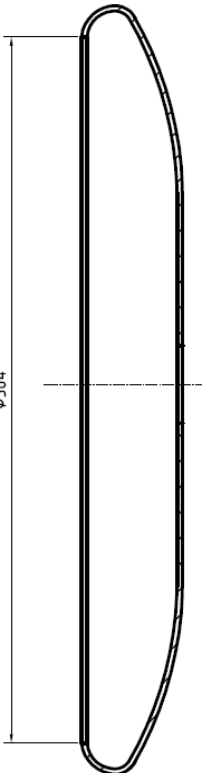
#### LITERATURA

- [1] T. Drenger, J. Wiśniewski, T. Gądek, Ł. Nowacki, Z. Ulatowski: Sprawozdanie z realizacji projektu celowego Nr ROW-II-238/2007 pt. Uruchomienie produkcji innowacyjnej przepustnicy z taśmą spawaną wzmocnioną wypełnieniem”.
- [2] T. Drenger, J. Wiśniewski, T. Gądek, S. Sosnowski, Ł. Nowacki, Z. Ulatowski: Rozpoznawcze badania możliwości kształtowania metodami obróbki plastycznej elementów ze stopu niklu Inconel 625. *Obróbka Plastyczna Metali* 2007 t. 18 nr 2 s. 15-22.
- [3] J. Wiśniewski, T. Drenger, Ł. Nowacki, T. Gądek, S. Sosnowski, Z. Ulatowski: Sprawozdanie z pracy BT 901 09 000 pt. Technologia i maszyny ze sterowaniem komputerowym do wyoblania i zgniataania obrotowego, szczególnie wyrobów długich o złożonych kształtach z wydłużoną poboczną. Praca nr BT 901 09 001.002.003.004.06.5033, INOP Poznań 2006.

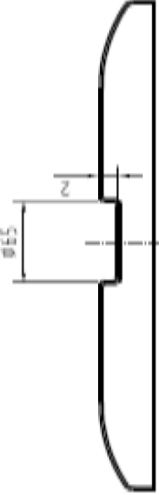
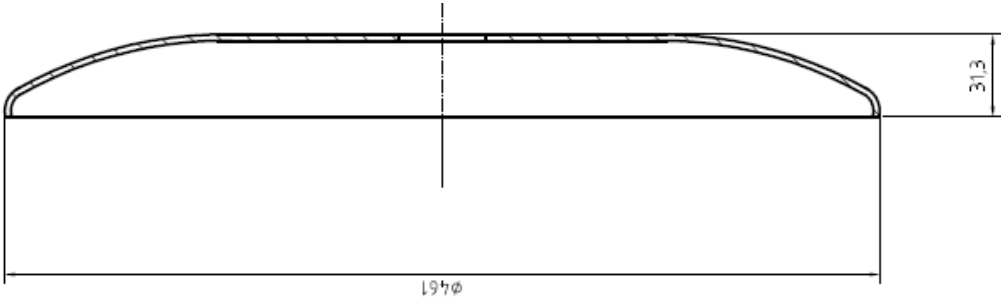
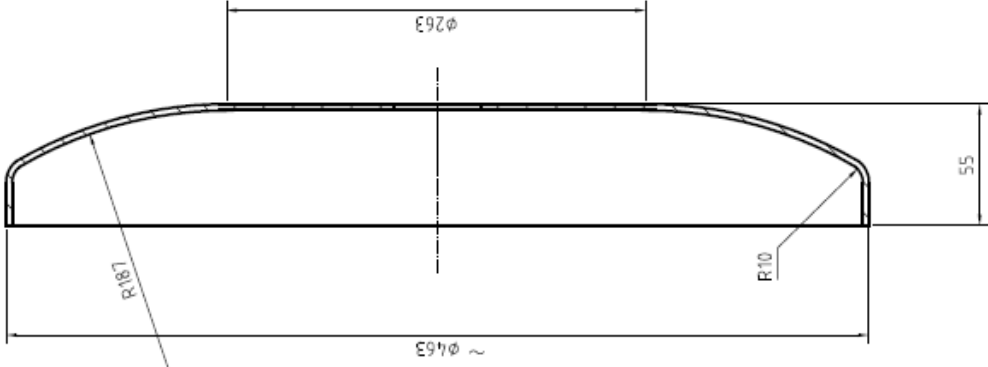
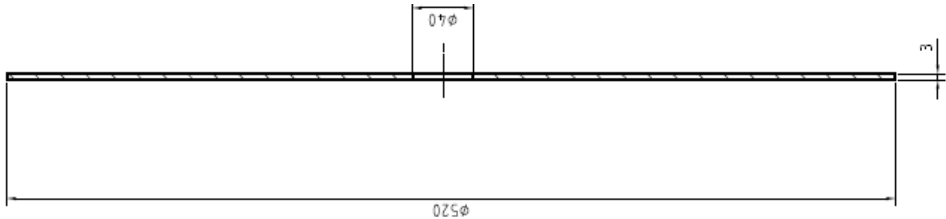
Tablica 2. Proces technologiczny kształtowania tarczy górnej do przepustnicy DN-600  
 Table 2. The technological process of forming the upper disk for DN-600 choke

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Wytłaczanie                              |     | Prasa hydrauliczna |
| Obcinanie                                |  | Tokarka tarczowa   |
| Wyoblanie                                |  | Wyoblarka          |
| Wycinanie krążka wraz z wycięciem otworu |  | Wycinarka laserowa |

Tablica 3. Proces technologiczny kształtowania tarczy dolnej do przepustnicy DN-600  
 Table 3. The technological process of forming the lower disk for DN-600 choke

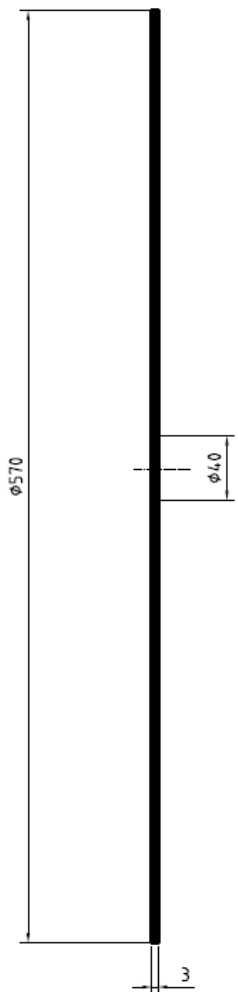
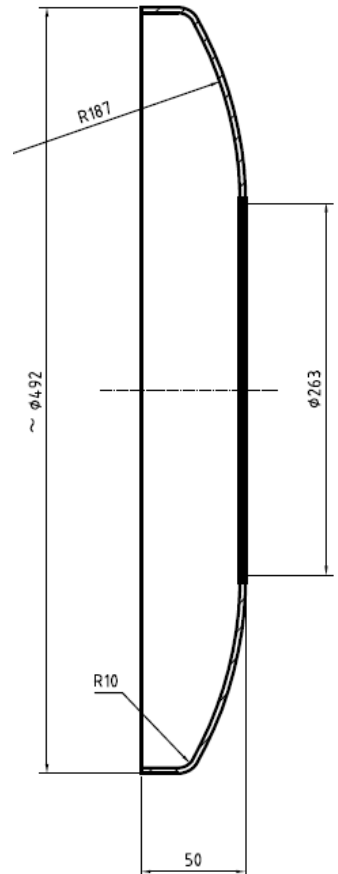
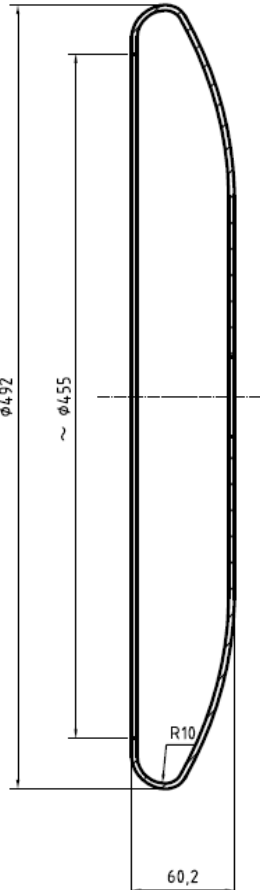

| Wycinanie krążka wraz z wycięciem otworu   | Wyoblanie  | Obróbka cieplna przesycanie                       | Odciskanie obrotowe  | Odcinanie  |
|--|--|---|--|--|
|  |  | <p>Operacja warunkowa</p>                         |  |  |
| Wycinarka laserowa   | Wyoblarka  | Piec temp. 1060-1100 °C<br>Studzenie na powietrzu | Wyoblarka  | Tokarka tarczowa   |

Tablica 4. Proces technologiczny kształtowania tarczy górnej do przepustnicy DN-500  
 Table 4. The technological process of forming the upper disk for DN-500 choke

|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Wytłaczanie                              |     | Prasa hydrauliczna |
| Obcinanie                                |   | Tokarka tarczowa   |
| Wyoblanie                                |  | Wyoblarka          |
| Wycinanie krążka wraz z wycięciem otworu |  | Wycinarka laserowa |



Tablica 5. Proces technologiczny kształtowania tarczy dolnej do przepustnicy DN-500  
 Table 5. The technological process of forming the lower disk for DN-500 choke

| Wycinanie krążka wraz z wycięciem otworu   | Wyoblanie  | Obróbka cieplna przesycanie  | Obciskanie obrotowe  | Obcinanie  |
|--|--|--|--|--|
|  |  | <p>Operacja warunkowa</p>  |  |  |
| <p>Wycinarka laserowa</p>  | <p>Wyoblarka</p>   | <p>Piec temp. 1060-1100 °C<br/>                     Studzenie na powietrzu</p> | <p>Wyoblarka</p>   | <p>Tokarka tarczowa</p>  |