



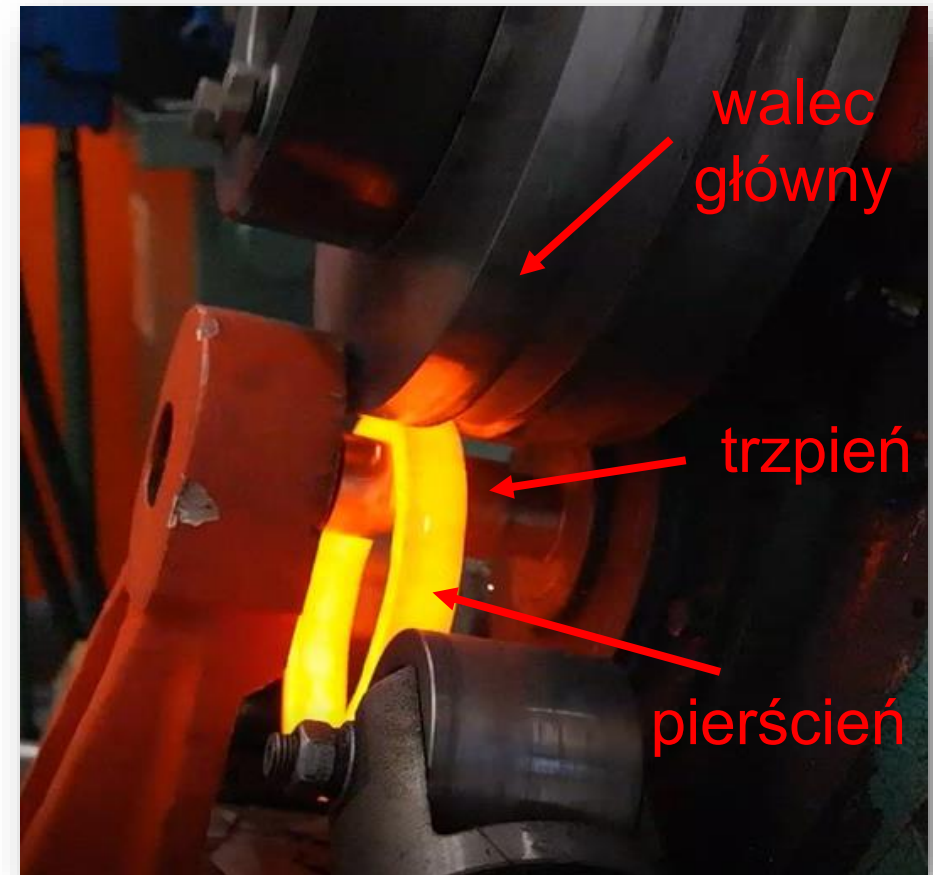
Innowacyjny proces walcowania pierścieni stalowych na gorąco

Na czym polega walcowanie pierścieni?

Walcowanie pierścieni na gorąco jest efektywną metodą kształtowania wyrobów pierścieniowych o dużych średnicach w stosunku do wymiarów przekroju poprzecznego. Proces przeprowadzany jest na maszynach zwanych walcarkami.

Podczas procesu zmieniają wysokość, średnica zewnętrzna oraz wewnętrzna kształtowanej odkuwki.

Odkształcenia następują w wyniku oddziaływania narzędzi: trzpienia, walca głównego oraz czasem rolek stożkowych.



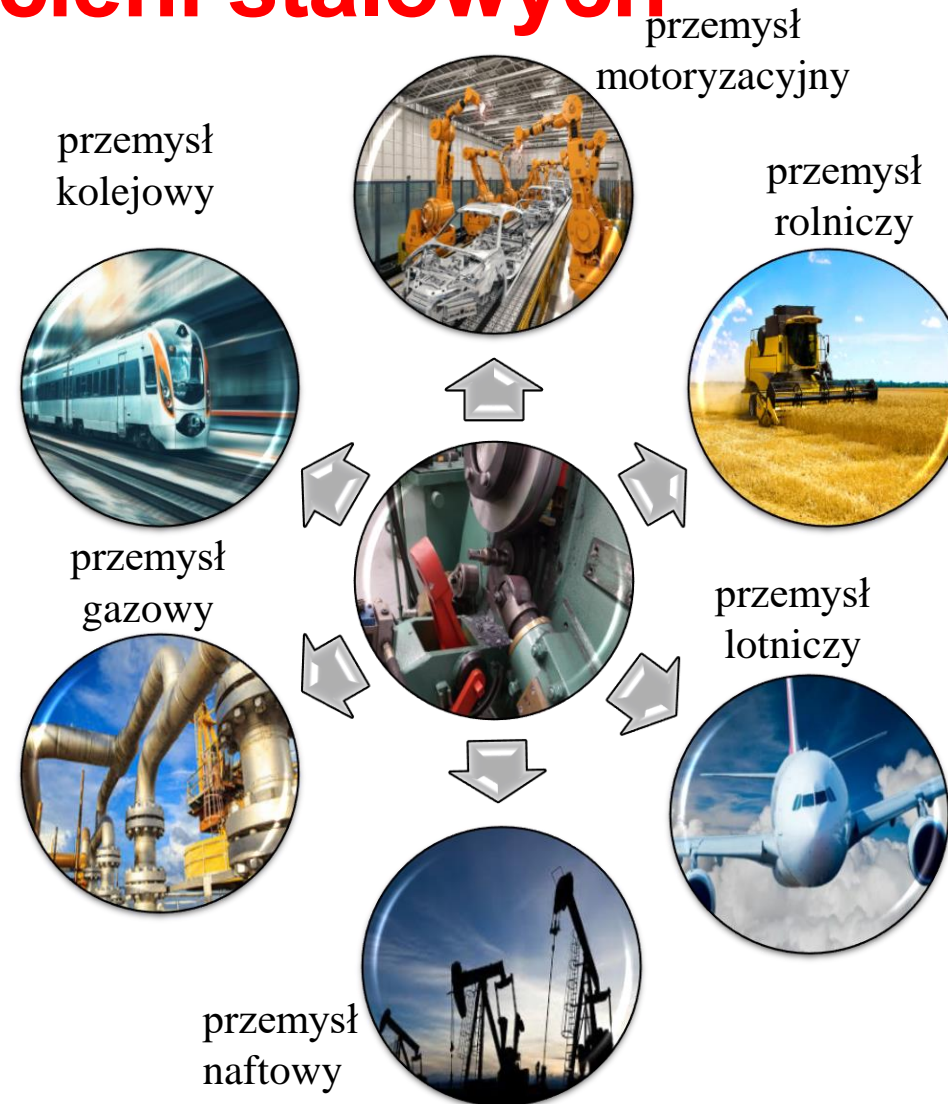
Rys.1. Walcowanie pierścieni

Zastosowanie pierścieni stalowych

Wyroby uzyskiwane w procesie walcowania pierścieni znajdują szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, takich jak: motoryzacyjny, rolniczy, lotniczy, naftowy, gazowy, elektryczny, kolejowy i inny.

Pierścienie walcowane w zależności od metody charakteryzują się szeroką rozpiętością wymiarów.

Stosowane są jako między innymi jako elementy mocujące, różnego rodzaju tuleje, osłony, części maszyn bądź osłony.



Inne metody uzyskania pierścieni

Do innych metod uzyskania pierścieni należy zaliczyć:

- technologie odlewnicze,
- obróbka skrawaniem,
- kucie matrycowe,
- rozkuwanie na trzpieniu,
- prasowanie obwiedniowe,
- rzadko stosowane (prasowanie proszków, kształtowanie na walczarce skośnej).



a)



b)



c)



d)



e)

Rys.2. Metody wytwarzania :
a) odlewanie,
b) obróbka skrawaniem,
c) kucie
d) rozkuwanie na trzpieniu
e) prasowanie obwiedniowe

Walcowanie pierścieni

Wyróżniamy dwa główne rodzaje walcowania pierścieni:

- promieniowe,
- promieniowo-osiowe.



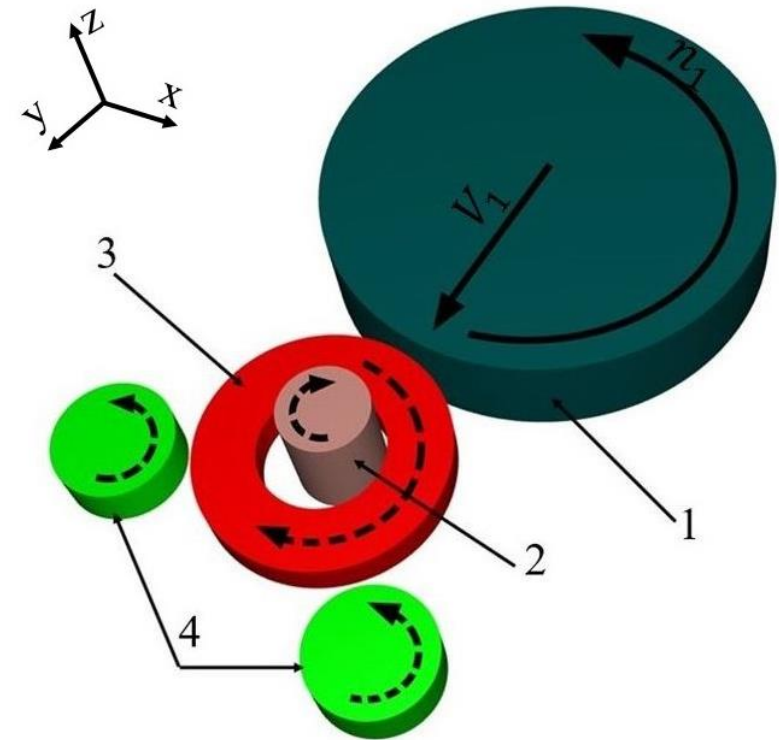
Rys.3. Promieniowe walcowanie pierścieni



Rys.4. Promieniowo-osiowe walcowanie pierścieni

Promieniowe walcowanie pierścieni

Walcowany pierścień (3) umieszczony jest na trzpieniu (2). Redukcja przekroju poprzecznego pierścienia następuje na skutek dosuwu z prędkością V_1 walca głównego. Walec główny obraca się również z prędkością obrotową n_1 powodując ciągły obrót pierścienia oraz trzpienia względem własnej osi. W procesie znajdują się również rolki kalibrujące (4), których zadaniem jest kalibracja pierścienia oraz zapewnianie punktów podparcia walcowanemu półfabrykatowi.



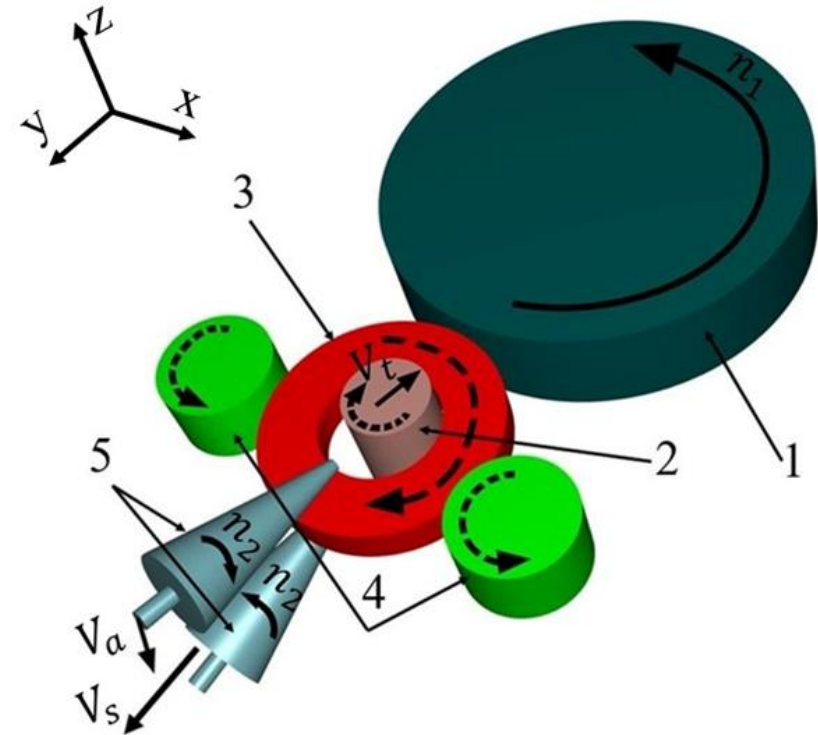
*Rys.5. Promieniowe walcowanie pierścieni,
1 – walec główny, 2 – trzpień, 3 – pierścień,
4 – rolki kalibrujące*



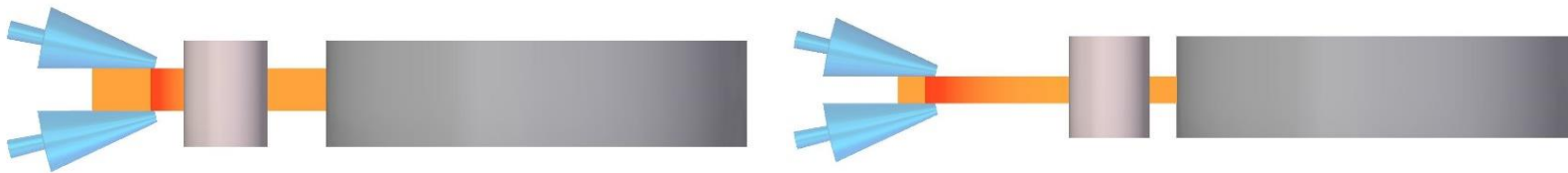
Rys.6. Zmiana geometrii pierścienia, a) początek, b) koniec procesu

Promieniowo-osiove walcowanie pierścieni

Wszystko przebiega identycznie jak podczas walcowania promieniowego. Jediną różnicą jest fakt, że rolki kalibrujące (4) mają możliwość ciągłego dostarczania punktów podparcia dzięki siłownikom hydraulicznym. Dodatkowym narzędziem są rolki stożkowe (5), których głównym zadaniem jest redukcja wysokości pierścienia. Przemieszczają się one wzdłuż promienia walcowanego wyroku z prędkością V_s zbliżoną do prędkości rozrostu średnic walcowanego produktu.



*Rys.7. Promieniowe walcowanie pierścieni,
1 – walec główny, 2 – trzpień, 3 – pierścień,
4 – rolki kalibrujące, 5 – rolki stożkowe*



Rys.8. Zmiana geometrii pierścienia, a) początek, b) koniec procesu

Zalety walcowania pierścieni

- pierścienie walcowane mają korzystniejszy układ włókien, które ułożone są obwodowo, równoległe względem powierzchni pierścienia,
- duża materiałoozczędność,
- od operatorów nie wymaga dużych umiejętności,
- szybki proces,
- uniwersalny proces,
- duża wydajność.

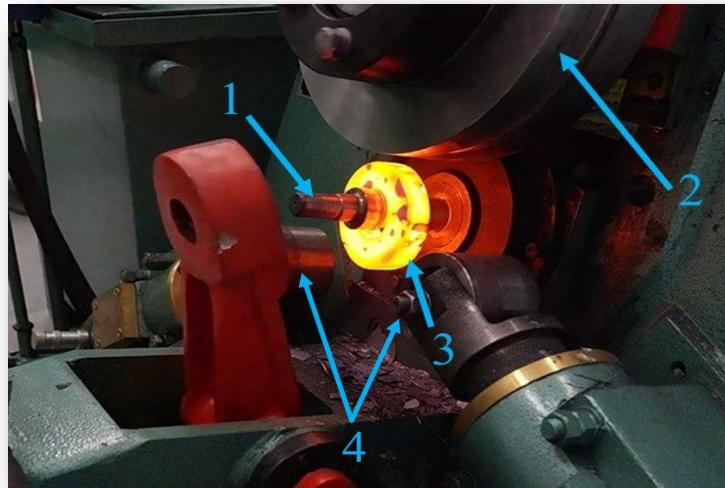


Rys.9. Odwalcowany pierścień

Walcarka na Politechnice Lubelskiej

Na Politechnice Lubelskiej w Laboratorium Innowacyjnych Maszyn i Technologii Obróbki Plastycznej Metali znajduje się walcarka D51Y-160E na której przeprowadzano procesy przedstawione w prezentacji.

Realizowany jest na niej **promieniowy** proces walcowania pierścieni.



*Rys.10. Promieniowe walcowanie pierścieni,
1 – walec główny, 2 – trzpień, 3 – pierścień, 4 – rolki kalibrujące*

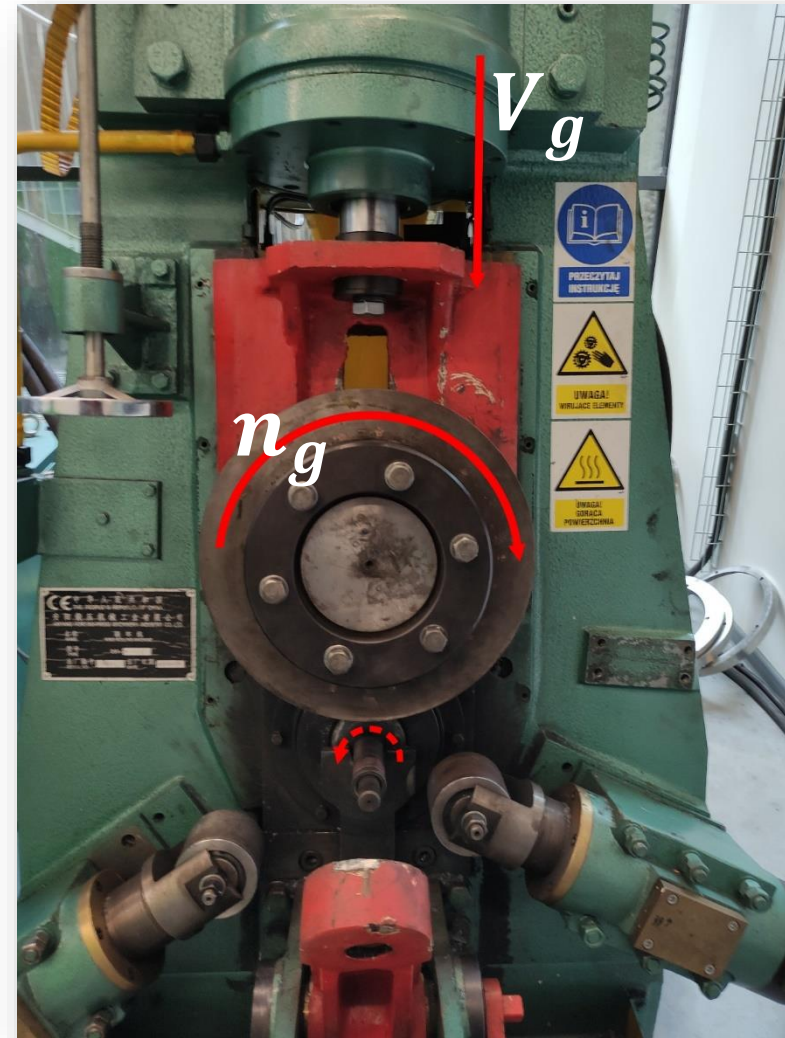


Rys.11. Walcarka D51Y-160E

Parametry prędkościowe

Największy wpływ na proces kształtowania pierścieniowych mają parametry prędkościowe narzędzi:

- prędkość dosuwu walca głównego V_g ,
- prędkość obrotowa walca głównego n_g ,
- relacja obu prędkości n_g/V_g .



Rys.12. Najważniejsze parametry prędkościowe

Zjawiska ograniczające proces

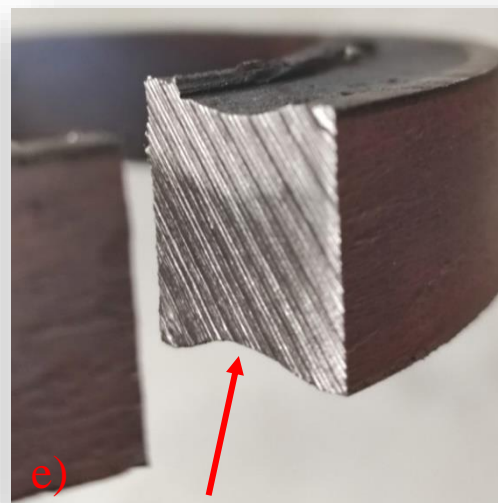
- poślizg,
- wady kształtu (np. stożkowość, kształt wielokąta),
- wyboczenie.



Rys. 13. Zjawiska ograniczające

- a) poślizg,
- b) stożkowość,
- c) wyboczenie.

Najczęściej występujące wady pierścieni



Rys.14. Wady pierścieni

- a) brak okrągłości,
- b) kształt wielokąta,
- c) wgłębienie na skutek poślizgu,
- d) stożkowość,
- e) przekrój różny od prostokątnego tzw. „rybi ogon”,
- f) „wyływka”.

Uzyskane wyroby przemysł

Odwalcowane pierścienie znajdują szerokie zastosowanie jako elementy mocujące, koła pasowe, koła zębate, bieżnie łożysk, kołnierze elementów rurowych, obręcze itp.



Rys.15. Zastosowanie pierścieni w przemyśle

Technologie opracowane na PL

pierścieni o prostokątnym przekroju poprzecznym

Technologia walcowania wytypowanej grupy pierścieni (pierścieni o prostokątnym przekroju poprzecznym) jest innowacyjna w skali kraju. Zagranicą stosowana jest z powodzeniem w odniesieniu do podobnego profilu wyrobów, co zmniejsza ryzyko związane z nieosiągnięciem odpowiedniego poziomu technicznego.

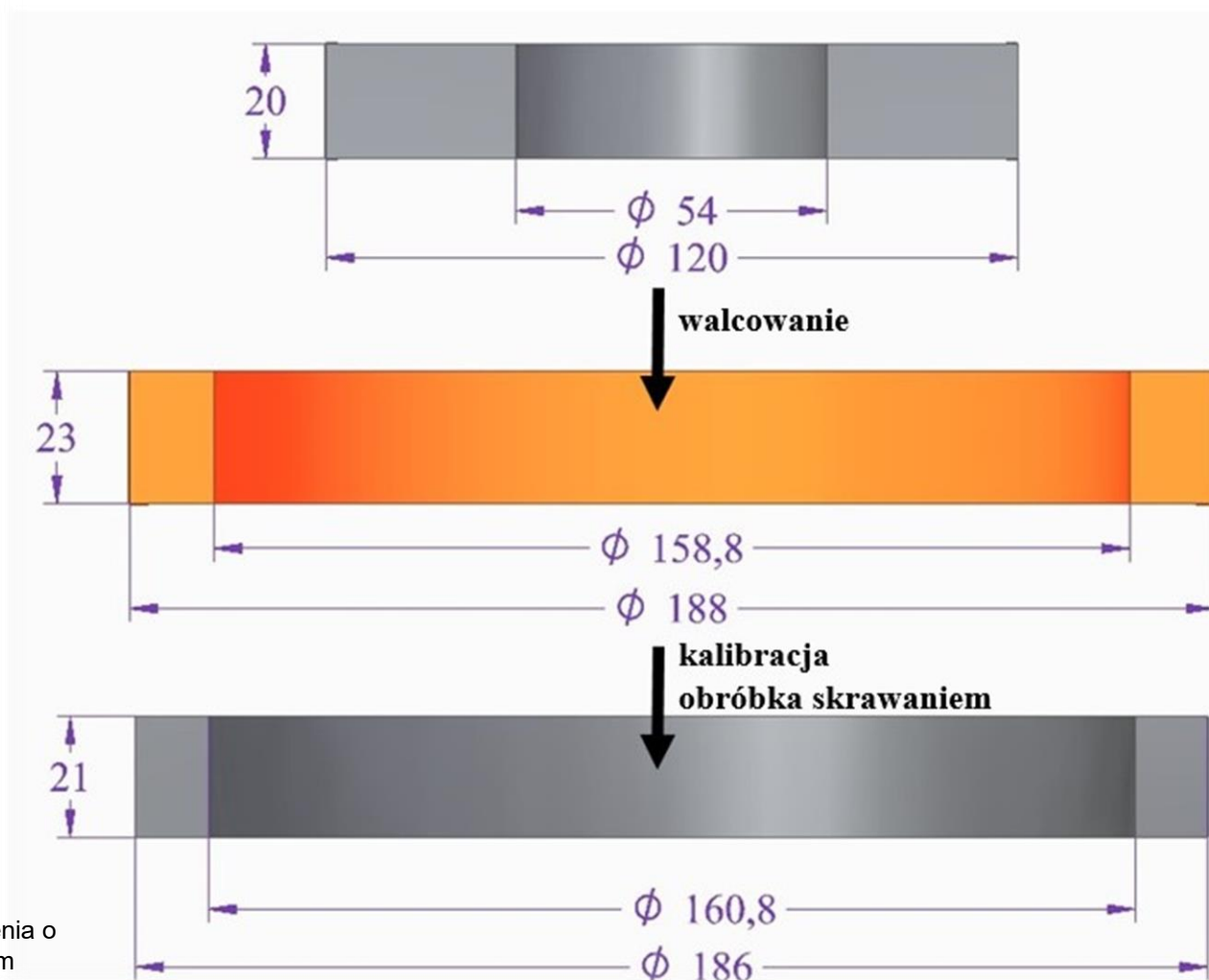


Rys. 16. Pierścienie o prostokątnym przekroju

Technologie opracowane na PL

pierścieni o prostokątnym przekroju poprzecznym

Technologia uzyskania omawianego pierścienia polega na przewalcowaniu pierścieniowych wsadów w celu uzyskania odkuwki o większych średnicach oraz wysokości wskutek zmiany grubości.

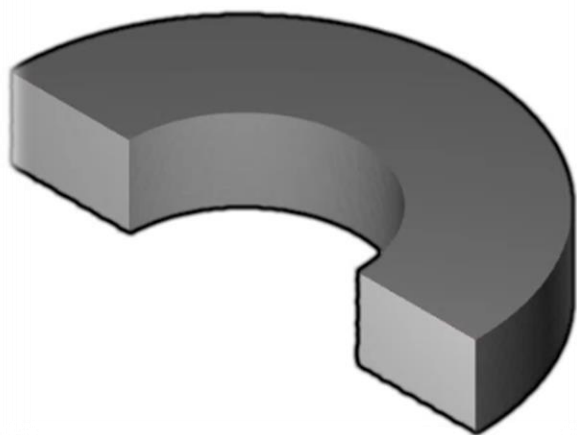


Rys.17. Technologia uzyskania pierścienia o prostokątnym przekroju poprzecznym

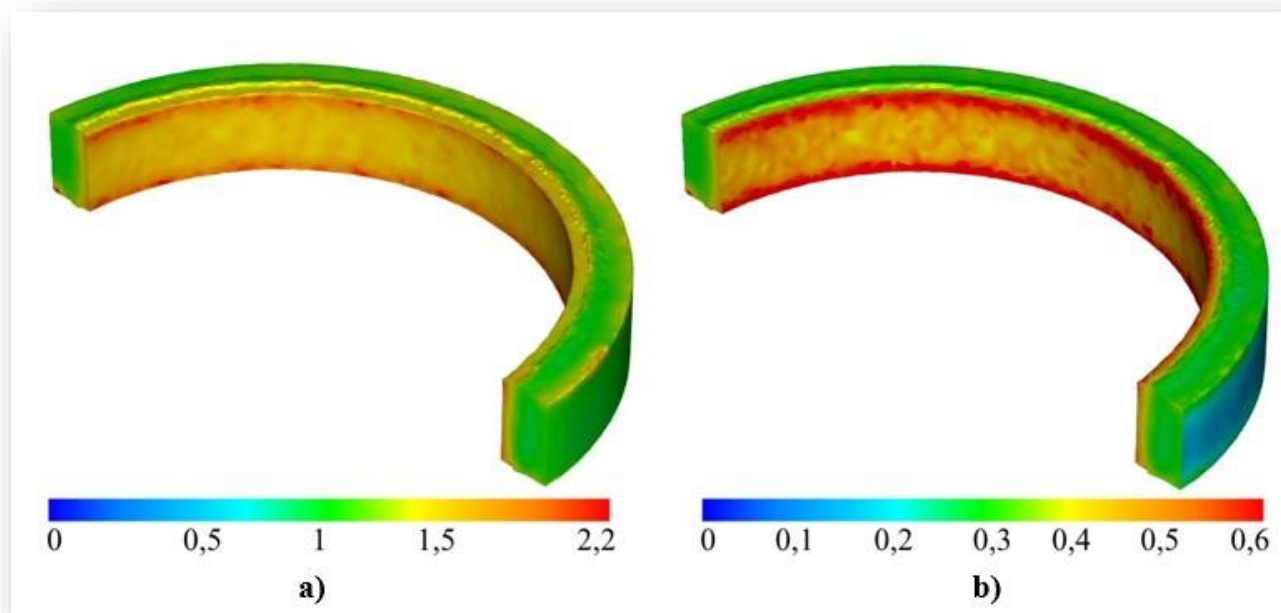
Technologie opracowane na PL

pierścieni o prostokątnym przekroju poprzecznym

Przy **projektowaniu procesu** wykonuje się symulacje sprawdzające prawidłowy przebieg procesu i jakość wyrobu. Zaczynając od wstępnie założonych parametrów procesu i kształtu narzędzi, w miarę potrzeby w kolejnych symulacjach dokonuje się korekt zmierzających do uzyskania wyrobu o założonej jakości.



Rys.18. Pierścieniowy wsad

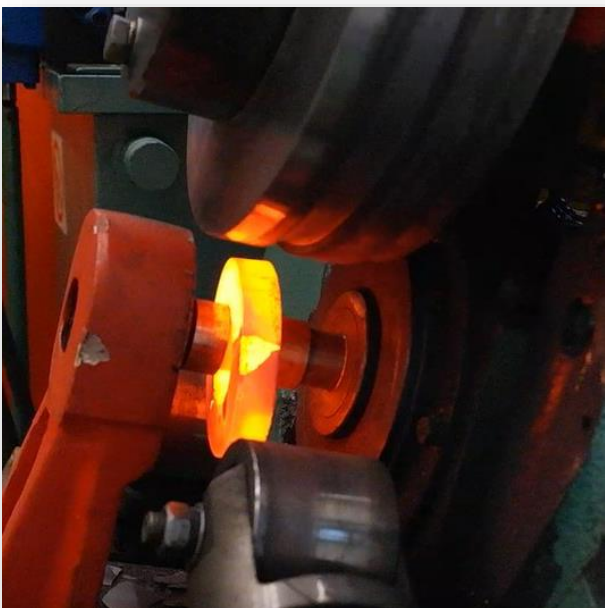


Rys.19. Finalny pierścieni, a) rozkład naprężeń, b) rozkład odkształceń

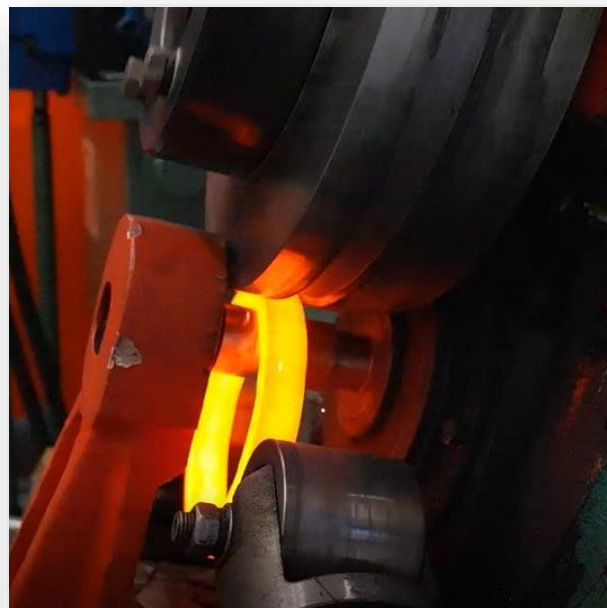
Technologie opracowane na PL

pierścieni o prostokątnym przekroju poprzecznym

Na rysunku 20 i 21 na przykładzie pokazano **przykładowy proces walcowania** zaprojektowany i wykonany w PL. W procesie użyto specjalne narzędzia kształtowe z podcięciami (Rys. 22) mającymi na celu ograniczenie wysokości pierścienia oraz ukształtowanie końcowej geometrii.



Rys.20. Początek procesu



Rys.21. Koniec procesu



Rys.22. Narzędzia z podcięciami technologicznymi

Technologie opracowane na PL

pierścieni o prostokątnym przekroju poprzecznym

Odwalcowane odkuwki nie były pozbawione wad kształtu, niektóre wyroby posiadały wady w postaci :

- braku okrągłości – wada została usunięta podczas kalibracji,
- „wypływkę” - wada zostanie usunięta podczas finalnej obróbki skrawaniem.



Rys.23. Brak okrągłości



Rys.24. Seria odwalcowanych pierścieni

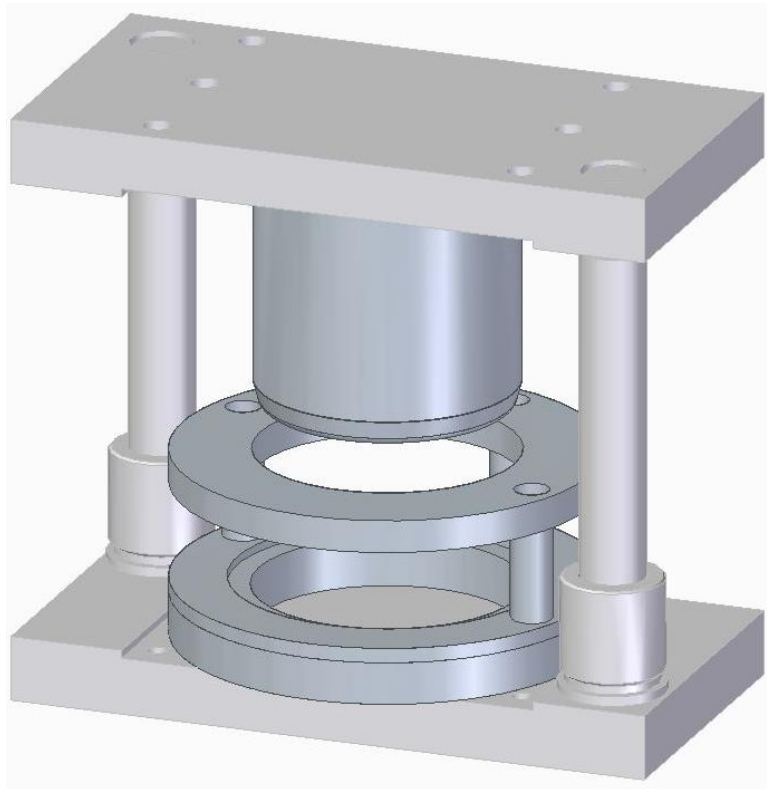


Rys.25. „Wypływka”

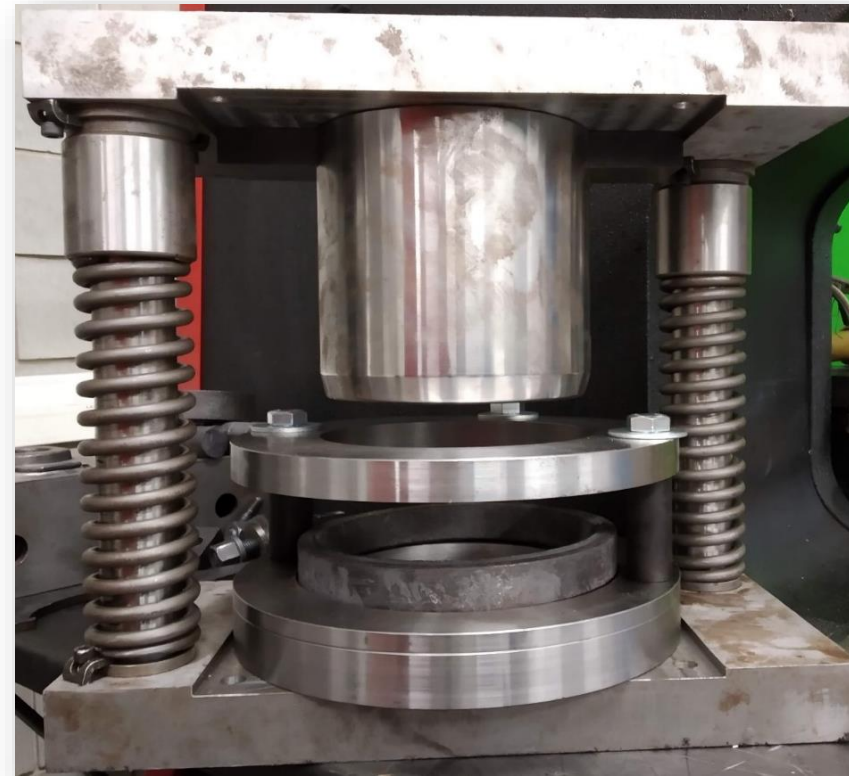
Technologie opracowane na PL

pierścieni o prostokątnym przekroju poprzecznym

Do usunięcia **braku okrągłości** zaprojektowano i wykonano przyrząd do kalibracji.



Rys. 26. Model przyrządu do kalibracji



Rys. 27. Przyrząd do kalibracji

Technologie opracowane na PL

pierścieni o prostokątnym przekroju poprzecznym

Proces walcowania można podzielić na następujące etapy :

1. **symulacje numeryczne** weryfikujące prawidłowość założeń,
2. **projektowanie** procesu i narzędzi,
3. **walcowanie** pierścienia,
4. **kalibracja** odkuwki,
5. **obróbka skrawaniem** i uzyskanie finalnego pierścienia



Rys. 28. Wsady



Rys. 29. Odwalcowane pierścienie

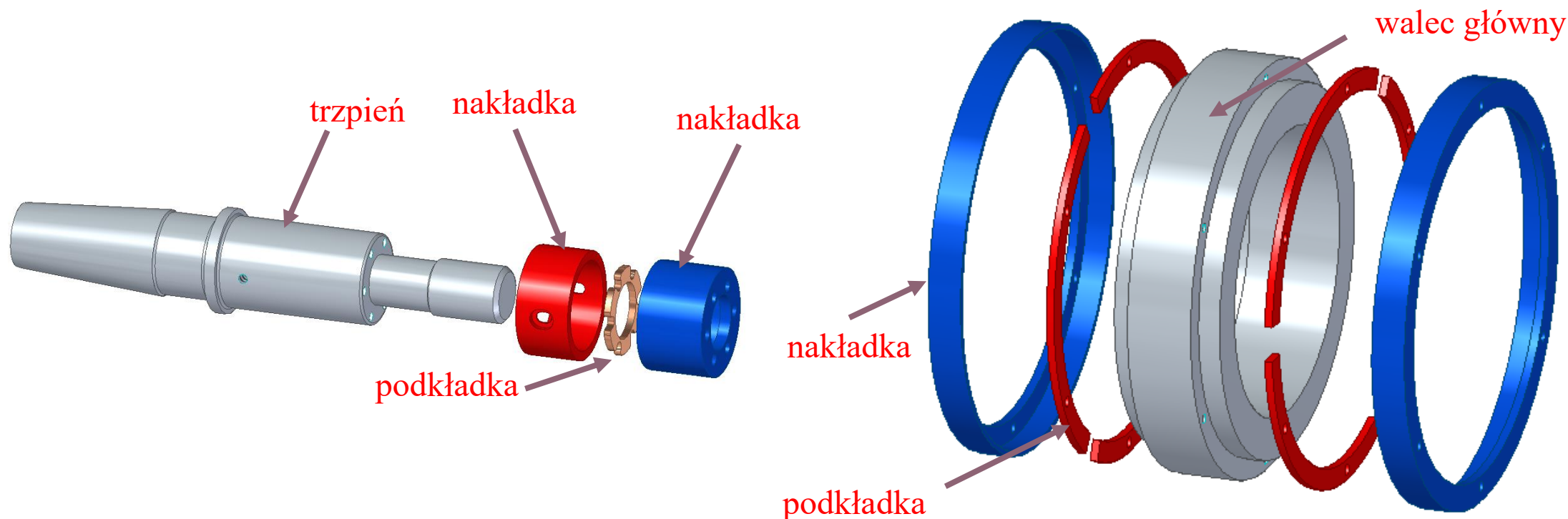


Rys. 30. Finalne pierścienie

Technologie opracowane na PL innowacyjne narzędzia



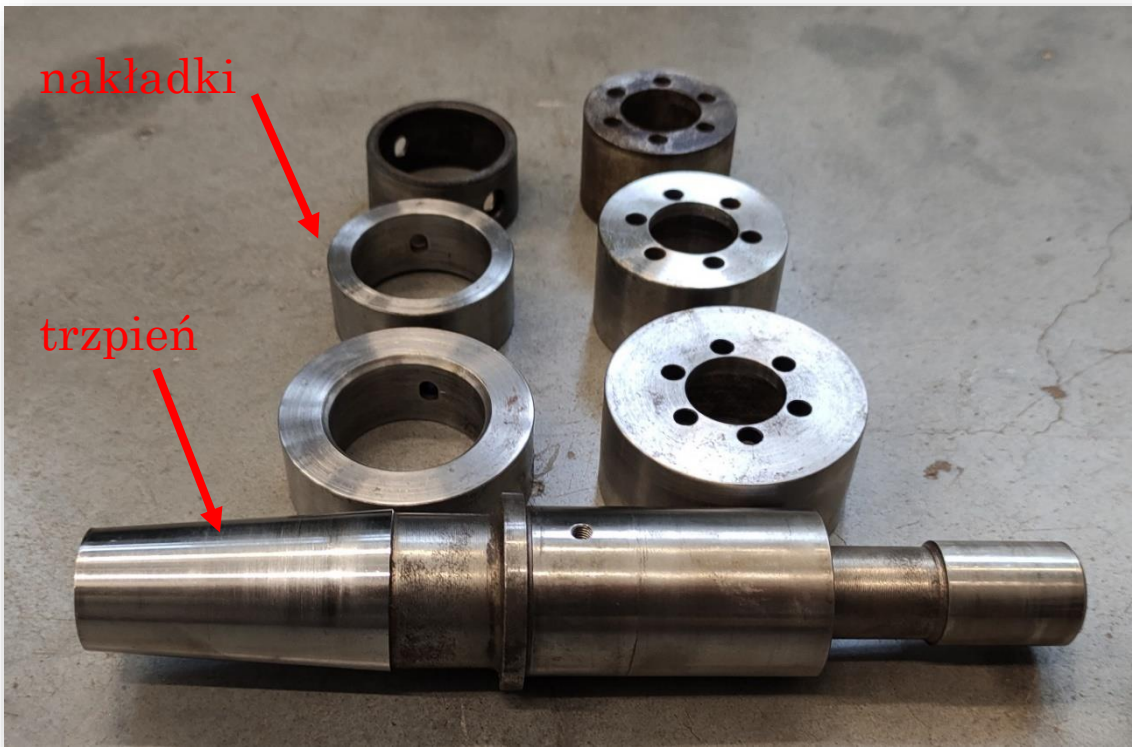
Na podstawie badań własnych opracowano innowacyjne modułowe narzędzia, które pozwalają na kształtowanie pierścieni o różnej geometrii poprzez różne ułożenie nakładek na trzpieniu oraz walcu głównym. Rozwiązanie to zostało objęte ochroną patentową - PL 237 771 B1



Technologie opracowane na PL

innovacyjne narzędzia

Narzędzia wykonane zgodnie z ideą zawartą w patencie przedstawiono na poniższych rysunkach.



Rys. 33. Modułowy trzpień

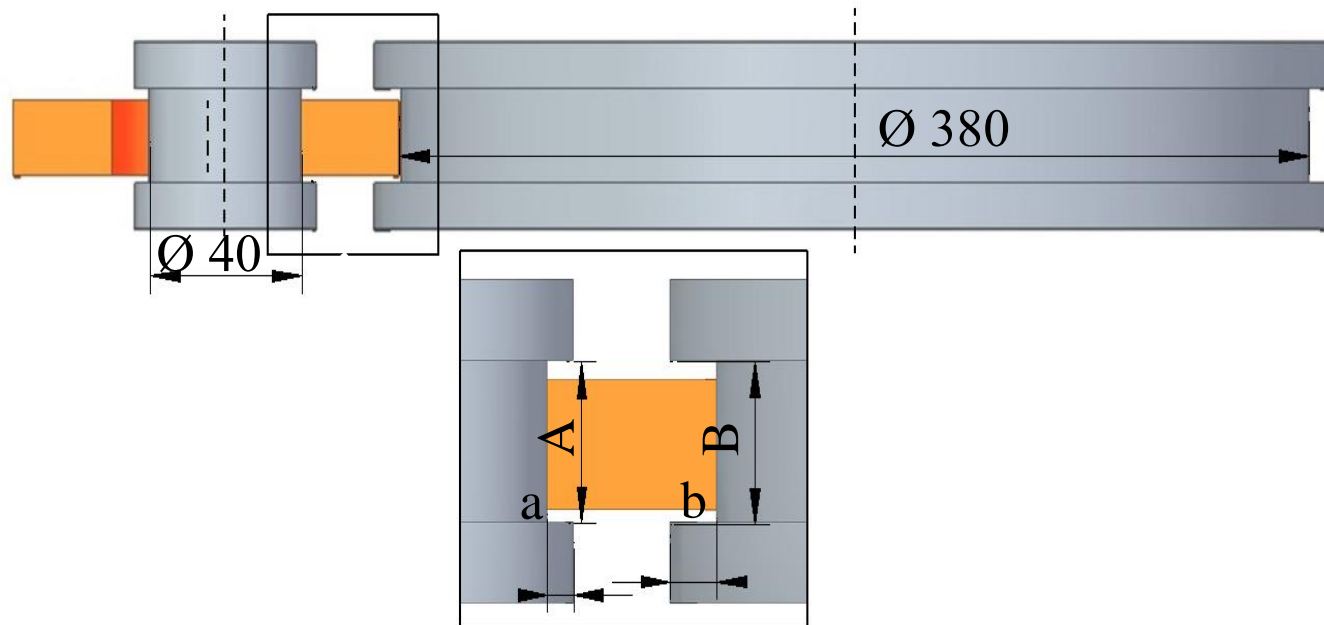


Rys. 34. Modułowy walec główny

Technologie opracowane na PL

innovacyjne narzędzia

Modułowe narzędzia cechują się dużą uniwersalnością. Dzięki różnym nakładkom możliwa jest zmiana finalnej szerokości ($a + b$), zaś dzięki podkładkom zmiana wysokości (A, B) odwalcowanego pierścienia.



Rys. 35. Schemat modułowych narzędzi

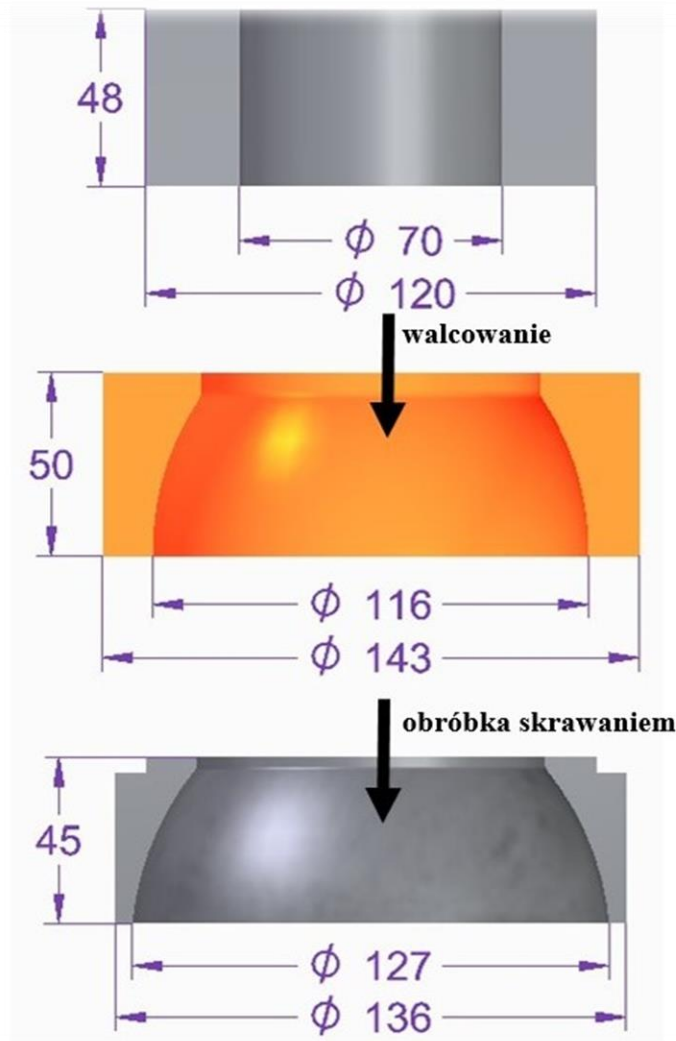


Rys. 36. Zestaw modułowych narzędzi

Technologie opracowane na PL

pierścieni o sferycznej powierzchni wewnętrznej

Wychodząc naprzeciw **potrzebom przemysłu** opracowano innowacyjny procesu walcownia pierścieni o sferycznej powierzchni wewnętrznej. Technologia polega na rozwałcowaniu wsadu pierścieniowego na trzepaniu ze sferyczną powierzchnią roboczą.

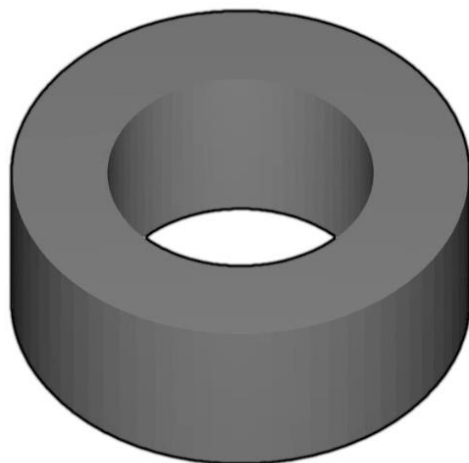


Rys.37. Technologia uzyskania pierścienia o sferycznej powierzchni wewnętrznej

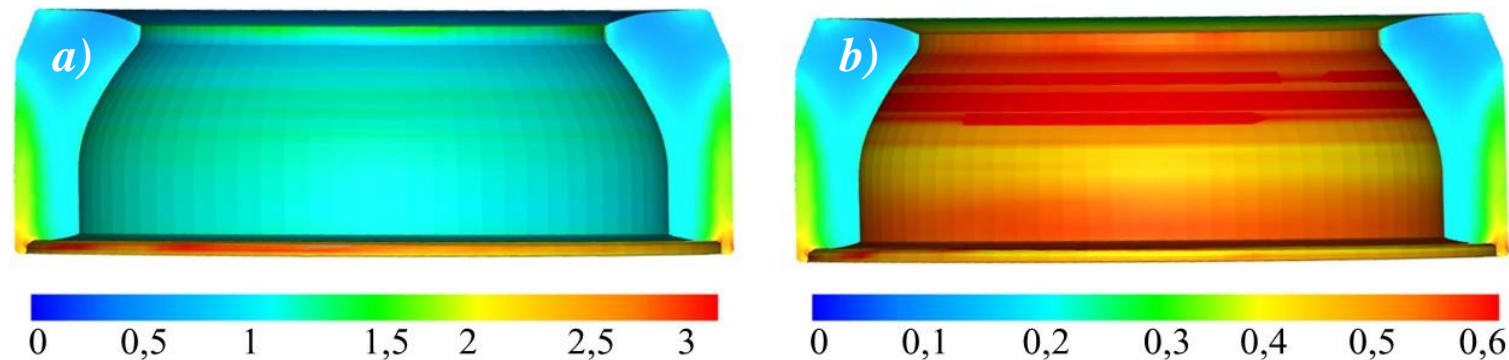
Technologie opracowane na PL

pierścieni o sferycznej powierzchni wewnętrznej

Po zaprojektowaniu procesu i narzędzi wykonano symulacje sprawdzające przebieg procesu i jakość wyrobu. Zaczynając od wstępnie założonych parametrów procesu i kształtu narzędzi, w kolejnych symulacjach dokonywano korekt zmierzających do uzyskania wyrobu o założonej jakości.



Rys.38. Pierścieniowy wsad



Rys.39. Finalny pierścieni, a) rozkład naprężeń, b) rozkład odkształceń

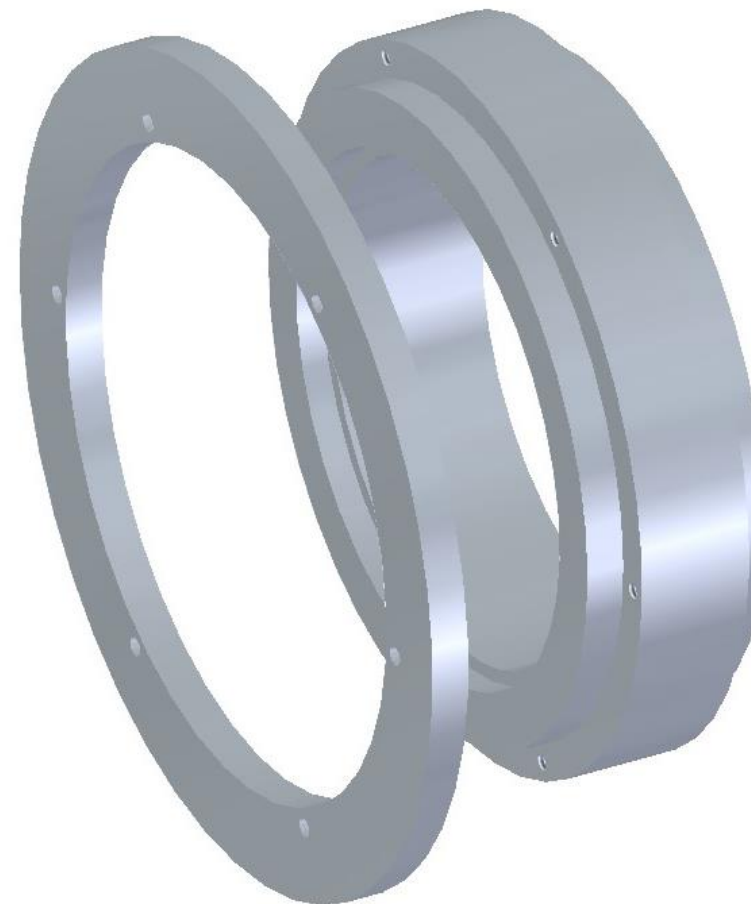
Technologie opracowane na PL

pierścieni o sferycznej powierzchni wewnętrznej

Na podstawie wyników symulacji wykonano projekt końcowy narzędzi do walcowania: składany walec główny oraz trzpień.

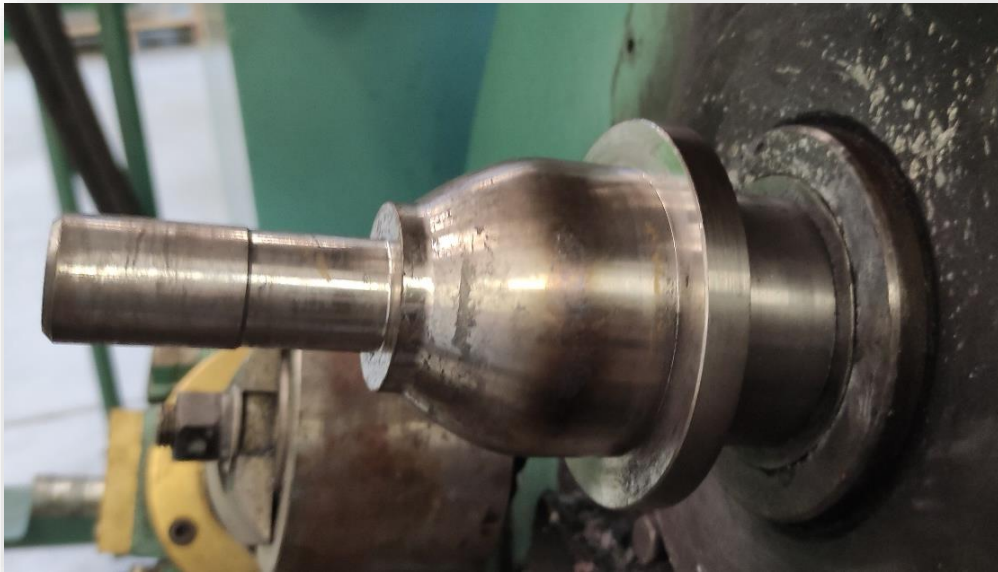


Rys. 40. Opracowany model trzcienia



Rys. 41. Opracowany model modułowego walca głównego

Technologie opracowane na PL pierścieni o sferycznej powierzchni wewnętrznej



Rys. 42. Trzpień

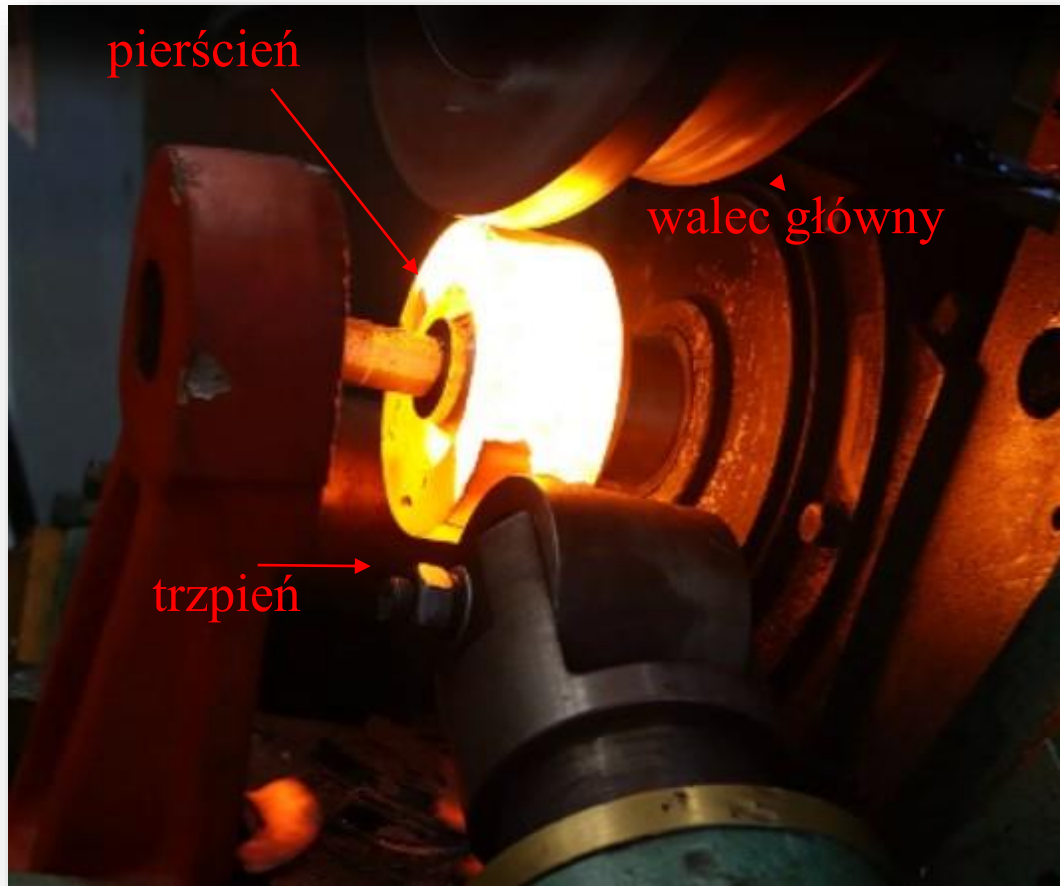


Rys. 43. Składany walec główny

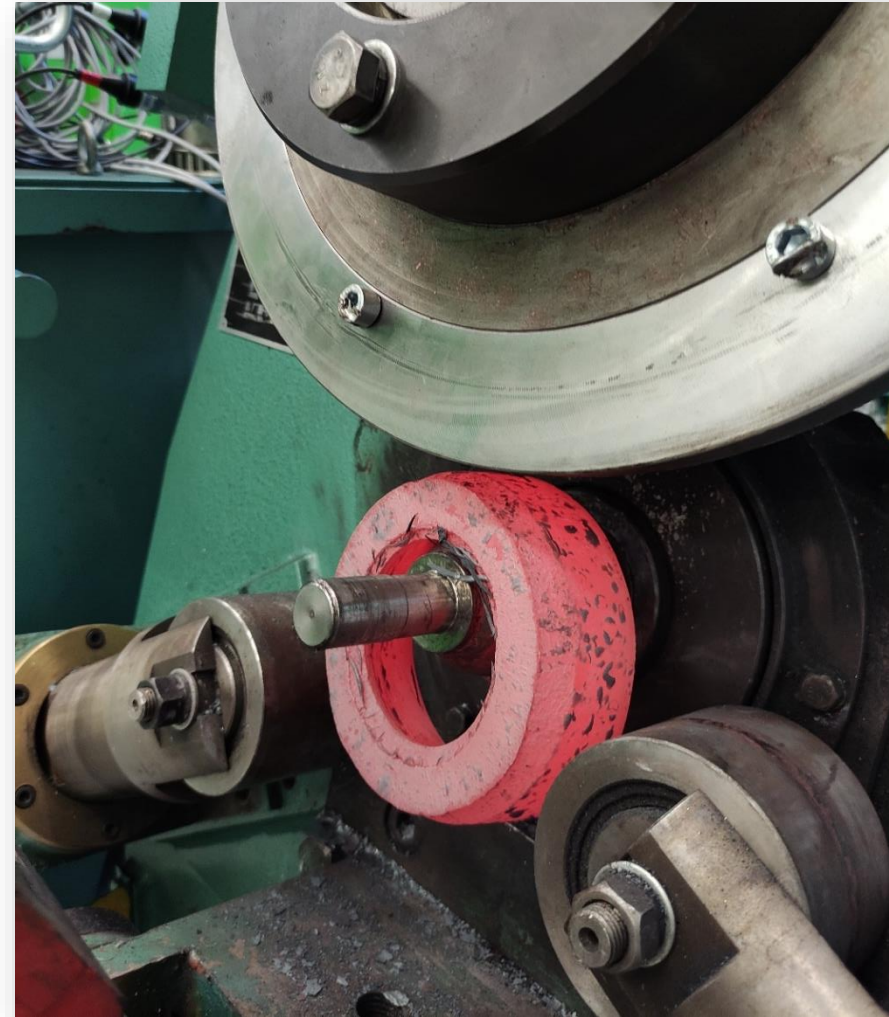
Wykonane narzędzia przedstawiono na rysunkach 42 oraz 43.

Technologie opracowane na PL

pierścieni o sferycznej powierzchni wewnętrznej



Rys. 44. Początek procesu



Rys. 45. Koniec procesu

Technologie opracowane na PL pierścieni o sferycznej powierzchni wewnętrznej



Rys. 46. Odkuwka - widok z góry

sferyczna
powierzchnia
wewnętrzna



Rys. 47. Odkuwka - widok z dołu

Technologie opracowane na PL pierścieni o sferycznej powierzchni wewnętrznej



Rys. 48. Wsady



Rys. 49. Odwalcowane pierścienie



Rys. 50. Finalne pierścienie

Wsady, odkuwkę oraz finalny pierścień przedstawiono na powyższych rysunkach.

Na podstawie badań przeprowadzony w ramach projektu RID na PL przygotowana została oferta dla przemysłu w zakresie technologii wytwarzania wyrobów pierścieniowych.



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !!!

Innowacyjny proces walcowania pierścieni stalowych na gorąco

POLITECHNIKA LUBELSKA
Katedra Obróbki Plastycznej Metali
mgr inż. Piotr Surdacki
prof. dr hab. inż. Andrzej Gontarz

Projekt „Politechnika Lubelska – Regionalna Inicjatywa Doskonałości”
– finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego



POLITECHNIKA
LUBELSKA



Ministerstwo
Edukacji i Nauki



POLITECHNIKA
LUBELSKA
WYDZIAŁ
MECHANICZNY