

Plastyczne kształtowanie lotniczych stopów Al (w tym Al-Li) oraz Ti

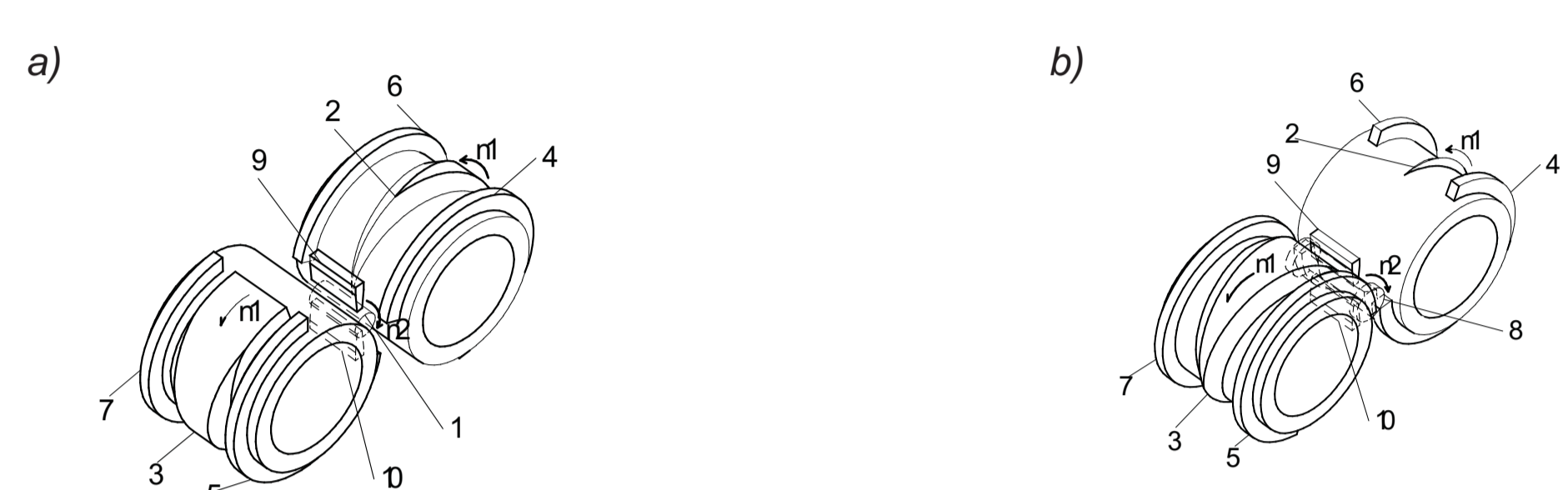
Politechnika Śląska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska, Politechnika Częstochowska

Wyniki badań

Opracowanie sposobu i narzędzi do kształtowania plastycznego wyrobów ze zgrubieniami skrajnymi metodą walcowania wałcami klinowymi

W ramach zadania opracowano nowe rozwiązanie, którego zastosowanie umożliwiła ukształtowanie wałka ze zgrubieniem skrajnym (kolnierzem), o średnicy większej od średnicy wsadu. Polega ono na zastosowaniu w procesie walcowania poprzeczno-klinowego wałka klinowego, wyposażonego w specjalny pierścień oporowy.

Ze względu na nowatorstwo rozwiązania zastrzeżono go prawem patentowym - dokonano dwóch zgłoszeń patentowych w Urzędzie Patentowym.

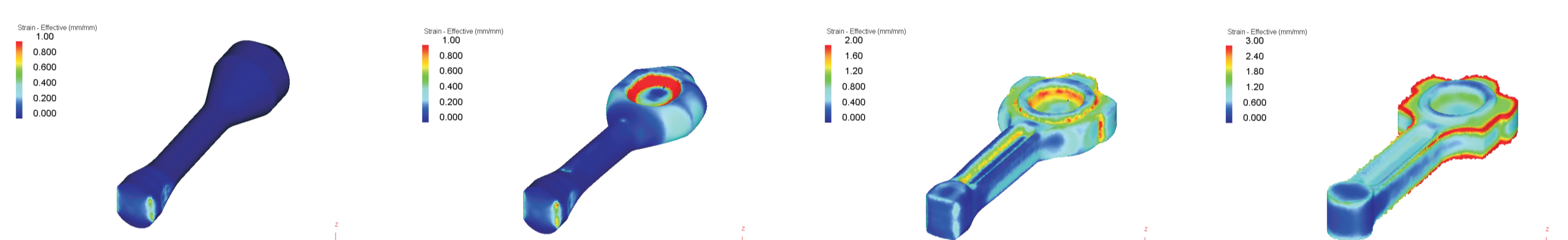


Rys. 1. Model geometryczny analizowanego procesu WPK: a) początek walcowania, b) koniec walcowania

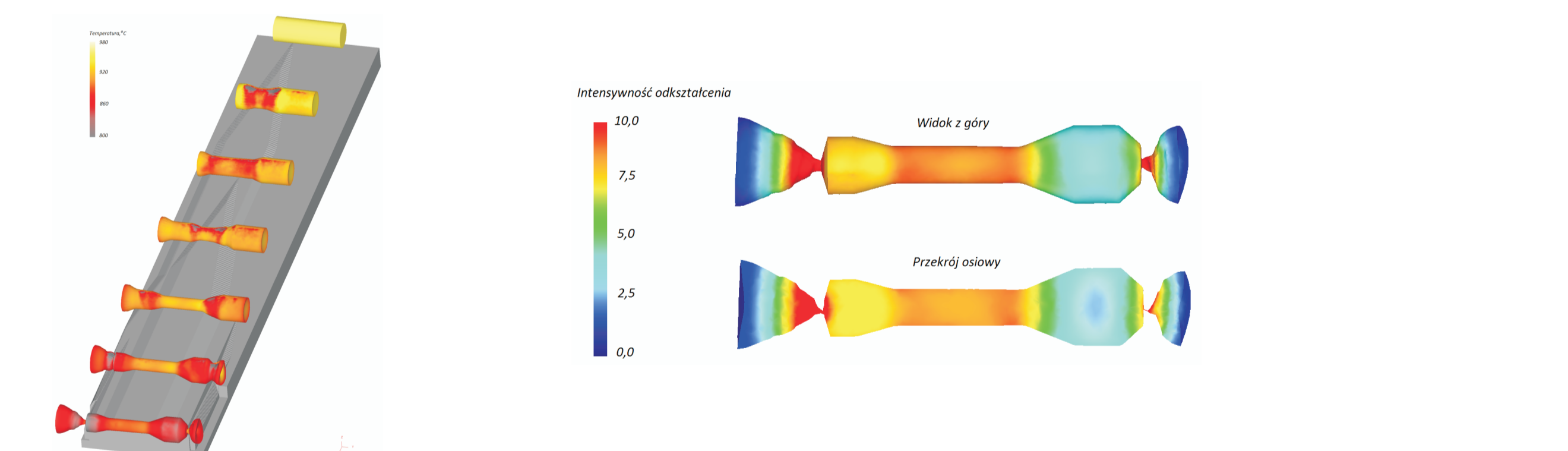
Sposób kształtowania plastycznego wyrobów ze zgrubieniami skrajnymi metodą walcowania wałcami klinowymi, zwłaszcza typu stopniowanych osi i wałków, znamieny tym, że półfabrykat (1) w kształcie odcinka pręta o średnicy mniejszej od średnicy zgrubienia i większej od średnicy najmniejszego stopnia wyrobu umieszcza się między dwoma prowadnicami (9) i (10) i dwoma wałcami (2) i (3) klinowymi, mającymi po bokach pierścienie (4), (5), (6) i (7) oporowe, następnie wprowadza się wałce (2) i (3) klinowe w ruch obrotowy z taką samą prędkością (n1), przy czym obracające się narzędzia (2) i (3) klinowe wcinają się w półfabrykat (1), wprawiają go w ruch obrotowy z prędkością (n2), redukują jego średnicę i wywołują przemieszczenie materiału w kierunku osiowym, które ograniczone jest przez pierścienie (4), (5), (6) i (7) oporowe rozmieszczone po obu stronach wałców (2) i (3) klinowych, które działając na materiał powodują jego spęczenie z obu stron wyrobu (8) i utworzenie zgrubienia o średnicy większej od średnicy półfabrykatu (1). Sposób kształtowania realizuje się z użyciem obracających się wałców (2) i (3) klinowych, które mają pierścienie (4) i (5) oporowe umieszczone tylko z jednej strony wałców (2) i (3) klinowych, w którym przemieszczanie osiowe materiału z jednej strony narzędzi (2) i (3) klinowych realizuje się swobodnie, a z drugiej strony ogranicza się przez pierścienie (4) i (5) oporowe, które działając na materiał powodują jego spęczenie z jednej strony wyrobu (8) i utworzenie zgrubienia o średnicy większej od średnicy półfabrykatu (1).

Analiza teoretyczna kształtowania odkuwki korbowodu ze stopu Ti6Al4V

Na podstawie przeprowadzonej analizy teoretycznej stwierdzono, że możliwe jest kucie bez wypłytki odkuwki korbowodu ze stopu tytanu Ti6Al4V (rys. 2). Kluczowe znaczenie dla prawidłowego przebiegu procesu ma kształt przedkuwki, który zaprojektowano w oparciu o symulacje numeryczne. Przedkuwkę można wykonać metodą walcowania poprzeczno-klinowego, co potwierdziły wyniki analizy numerycznej (rys. 3).



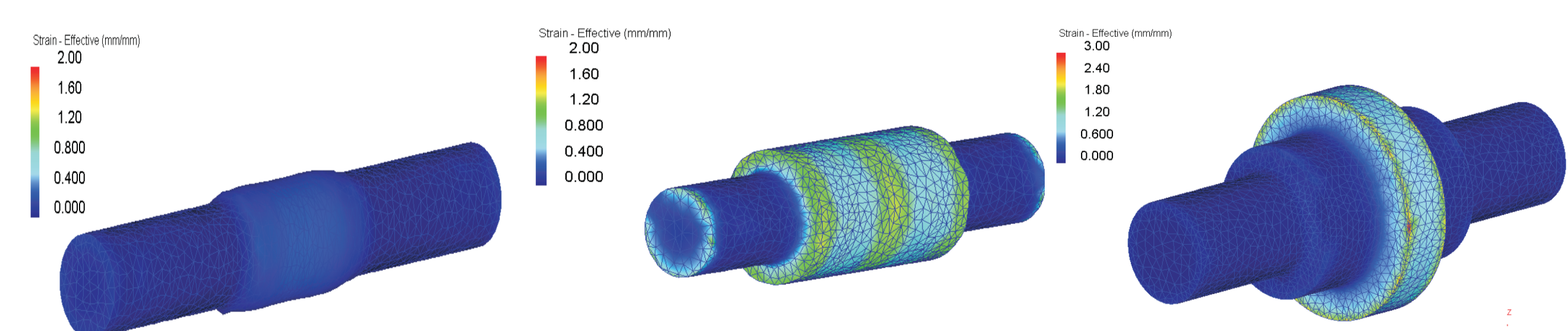
Rys. 2. Kształt wyrobu w kolejnych fazach procesu kucia odkuwki korbowodu



Rys. 3. Progresa kształtu przedkuwki w procesie walcowania, z zaznaczonym rozkładem temperatury (po lewej) oraz rozkładem intensywności odkształcenia w przedkuwce walcowanej (po prawej)

Analiza teoretyczna kształtowania środkowych zgrubień w wałkach pełnych ze stopów Al

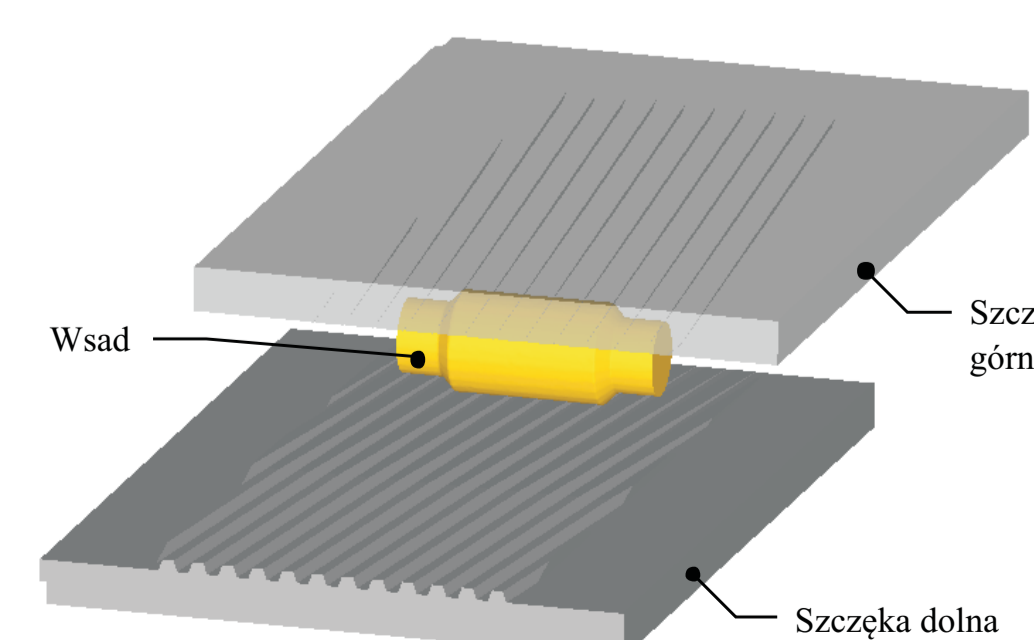
Analiza części lotniczych produkowanych ze stopów aluminium wykazała, że część z nich ma kształt elementów wydłużonych ze zmiennym przekrojem poprzecznym na długości. Najczęściej są to różnego rodzaju wały, osie, łączniki, przeguby itp. Za celowe uznano wykonanie analizy teoretycznej możliwości kształtowania elementów wydłużonych ze zmiennym przekrojem. W ramach zadania wykonano analizę teoretyczną procesów kształtowania środkowych zgrubień w trójswakowej prasie kuźniczej.



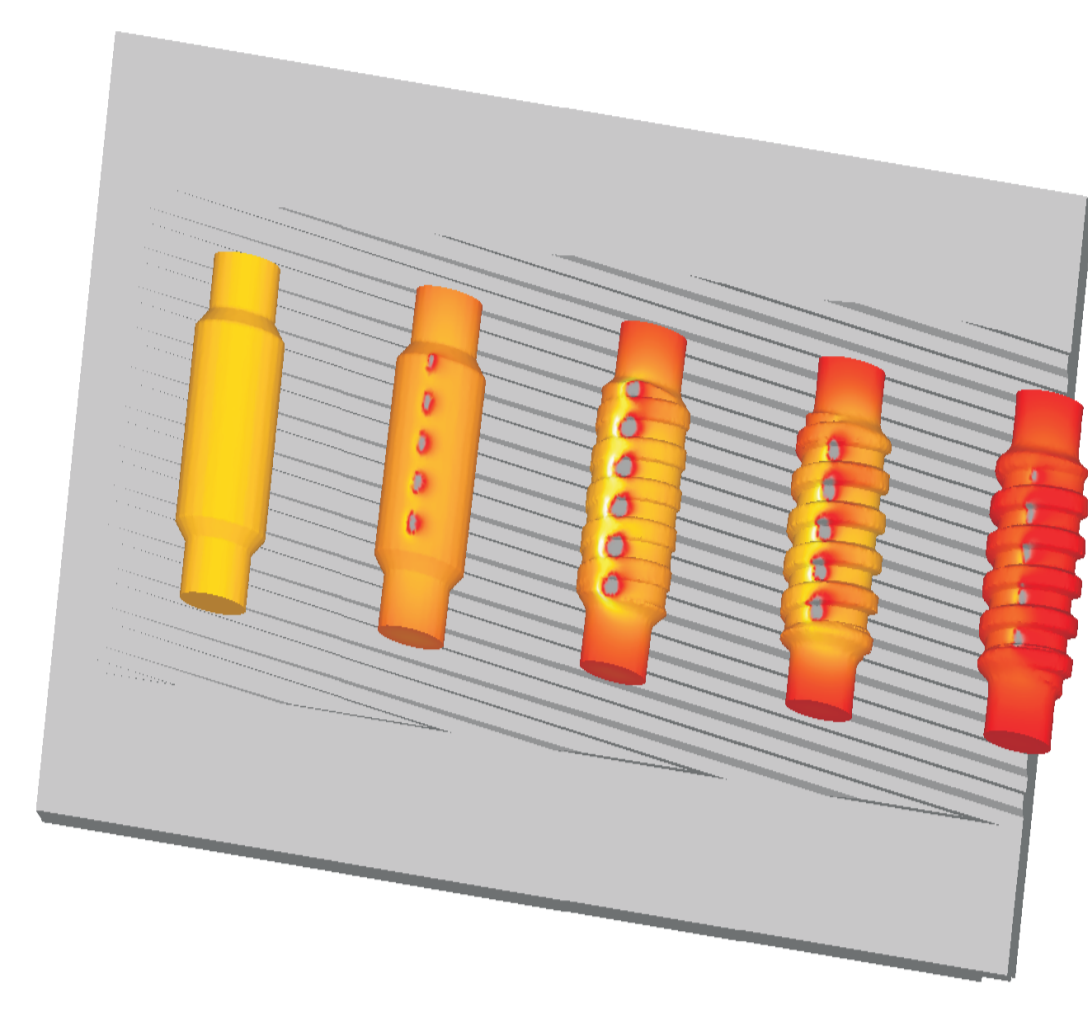
Rys. 4. Progresa kształtu przedkuwki w procesie walcowania, z zaznaczonym rozkładem odkształcenia

Analiza teoretyczna walcowania poprzeczno-klinowego odkuwki ze ślimakami ze stopu Al

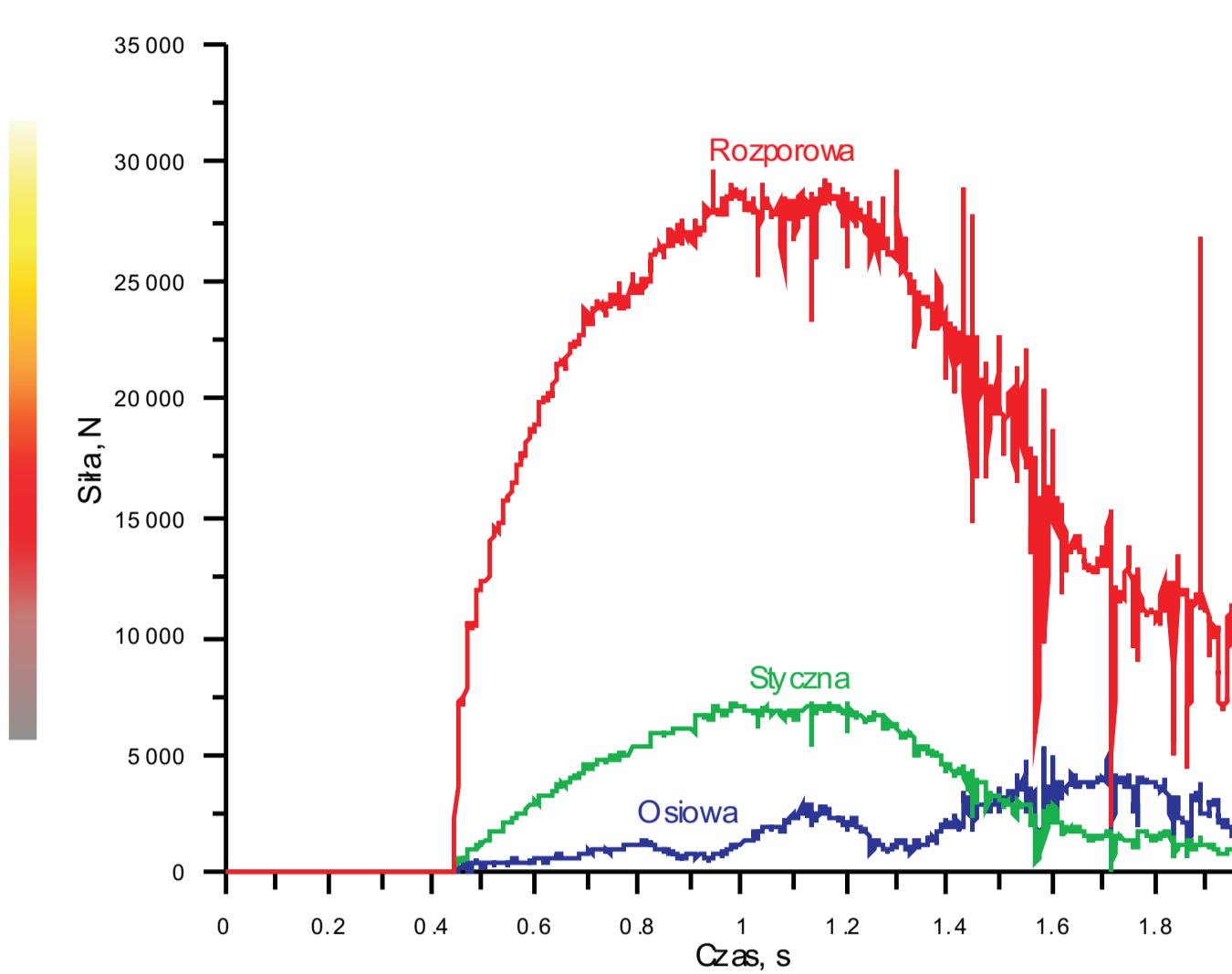
Analizie poddano schemat kształtowania wałka z uzwojeniem ślimaka (rys. 5). Walcowanie realizowane jest za pomocą dwóch przemieszczających się przeciwnie (z jednakową prędkością) szczęk płaskich. Narzędzia te wyposażone są w występy (o zwiększającej się wysokości), które wciskają się w materiał i kształtują na jego obwodzie rowki ślimaka. Metal wyciśnięty z rowków płynie do zwojów ślimaka, zwiększając ich wysokość. Zakłada się przy tym, że walcowanie przebiega bez wydłużania odkuwki w kierunku osiowym. Kształt odkuwki teoretycznej uzyskanej w wyniku obliczeń przedstawiono na rys. 6, natomiast na rys. 7 przedstawiono przykładowe przebiegi sił w procesie walcowania.



Rys. 5. Schemat walcowania ślimaka dwiema szczękami płaskimi- przyjęty do analizy

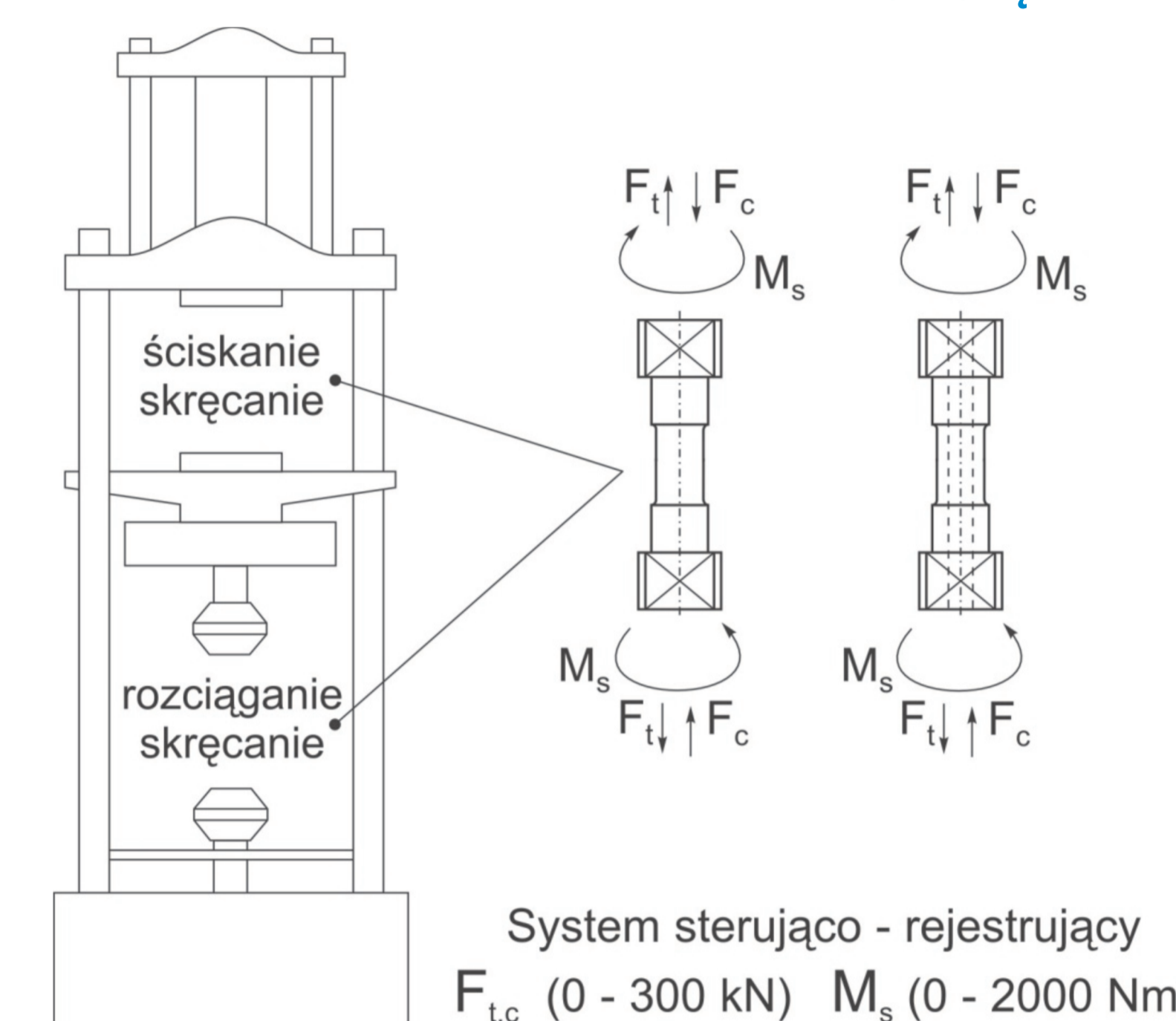


Rys. 6. Zmiana kształtu odkuwki w procesie walcowania ślimaka narzędziem o długości $L_n=200$ mm - charakterystycznego przez $h=3$ mm, $p_1=8, 18$ mm, $d=30$ mm - z zaznaczonym rozkładem temperatury



Rys. 7. Rozkład składowych siły walcowania w procesie kształtowania ślimaka jednokrotnego o uzwojeniu o wysokości $h=3,0$ mm, narzędziem o długości strefy kształtowania $L_n=200$ mm

METODYKA BADAŃ MATERIAŁÓW W WARUNKACH ZŁOŻONYCH STANÓW OBCIĄŻENIA

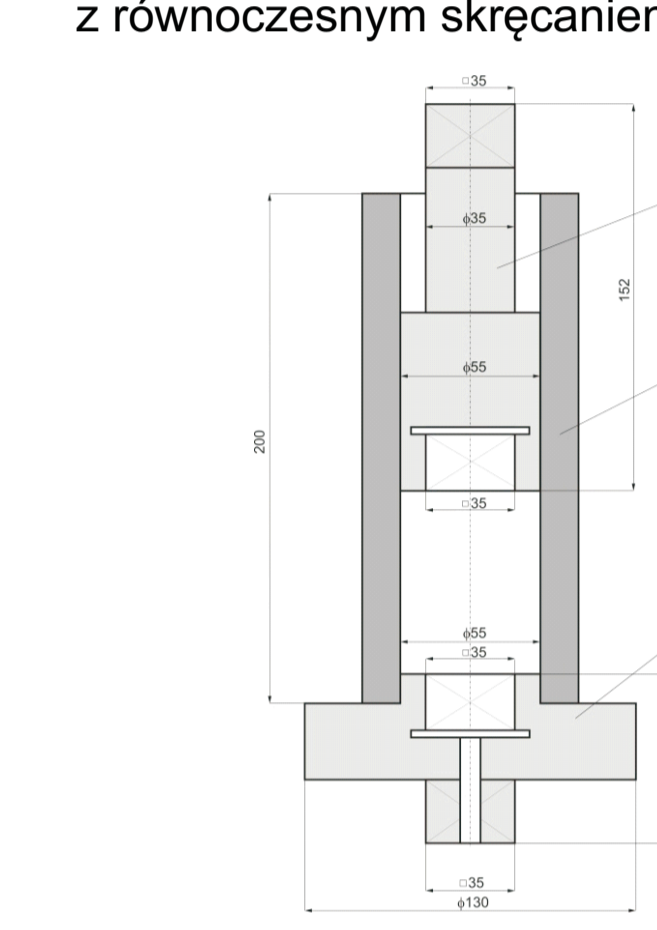


Opracowanie fizykalnych modeli reakcji materiału na zmianę kierunku i proporcji składowych obciążeń, na te charakterystyk plastyczności wyznaczonych w warunkach proporcjonalnego i monotonicznego odkształcenia

Przyrząd do próby ściskania



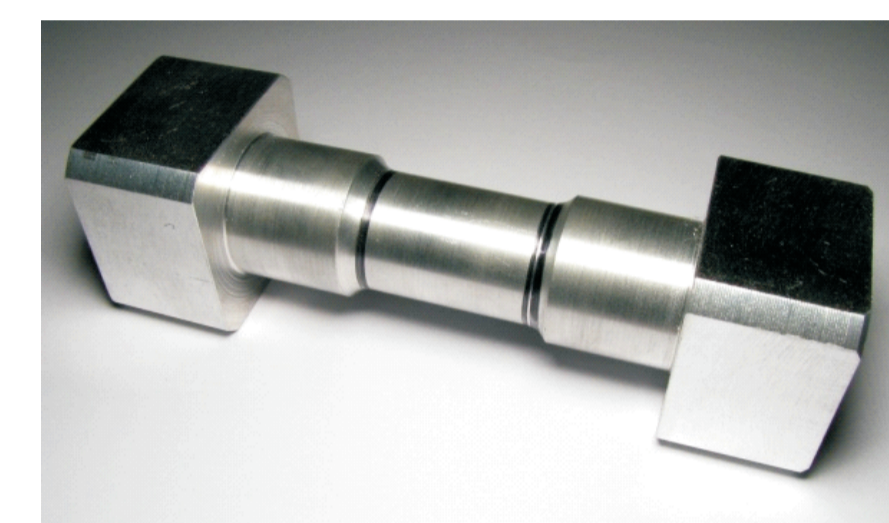
Przyrząd do próby ściskania z równoczesnym skręcaniem



1. Stempel górny
2. Tuleja prowadząca
3. Stempel dolny

Próbki do badań

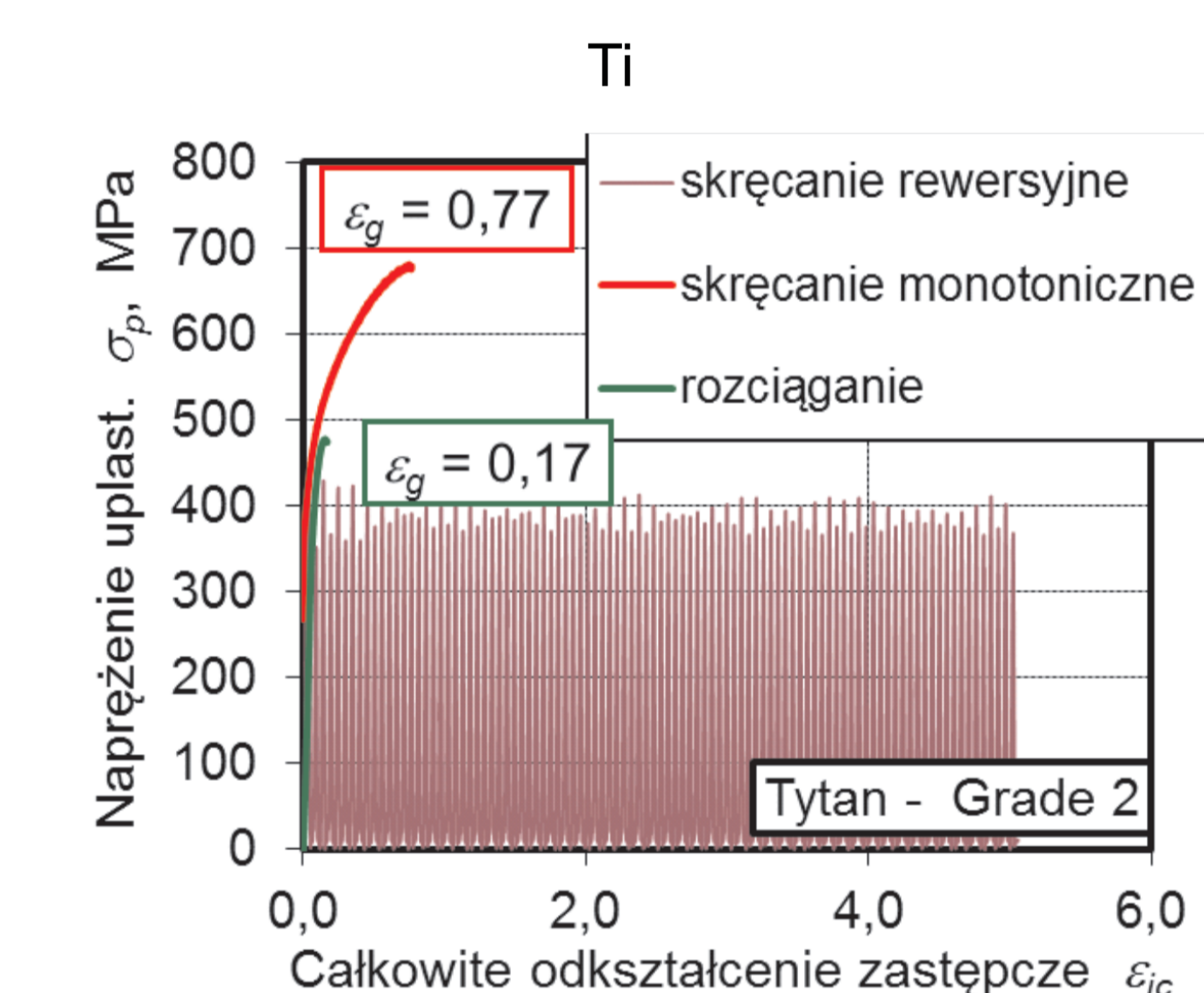
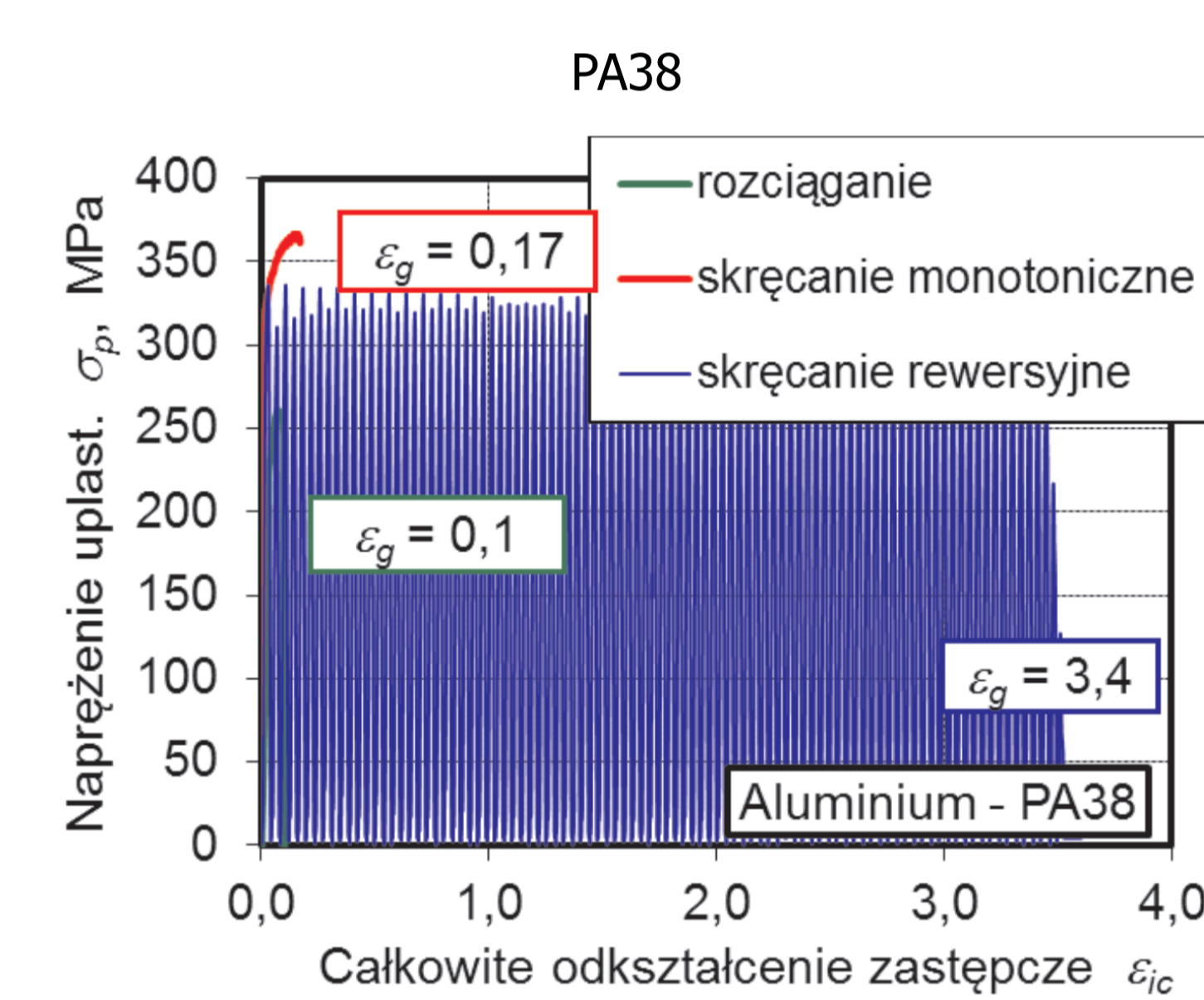
PA38



Ti



Wynik prób rozciągania oraz skręcania monotonicznego i rewersyjnego



Wnioski

- Na podstawie przeprowadzonej analizy teoretycznej stwierdzono, że możliwe jest kucie bez wypłytki odkuwki korbowodu ze stopu tytanu Ti6Al4V. Przedkuwkę można wykonać metodą walcowania poprzeczno-klinowego, co potwierdziły wyniki symulacji numerycznej.
- Wyniki uzyskane w analizie teoretycznej potwierdziły możliwość kształtowania wydłużonych odkuwki stopniowanych ze stopów Al w trójswakowej prasie kuźniczej. Pozytywne rezultaty uzyskano dla sposobu wyciskania zgrubień stemplami bocznymi. Metoda spęczenia sekwencyjnego, która również była rozważana została wykluczona z uwagi na powstawanie zakuć na granicy kolejno wykonywanych spęczeń.
- Analiza teoretyczna potwierdziła możliwość zastosowania nowego rozwiązania walcowania poprzeczno-klinowego, umożliwiającego ukształtowanie wałka ze zgrubieniem skrajnym (kolnierzem), o średnicy większej od średnicy wsadu.
- Na podstawie wykonanych analiz numerycznych można stwierdzić, że możliwe jest kształtowanie uzwojenia ślimaka metodą walcowania poprzecznego na wałkach wykonanych ze stopu aluminium. W tym celu należy stosować specjalne wkładki, które powinny być umieszczone w końcowej części narzędzia klinowego stosowanego w procesie walcowania wałka.
- W ramach prac wykonanych w I półroczu 2011 roku opracowano nowe metody kształtowania, które zastrzeżono prawem patentowym. W tym zakresie dokonano 5 zgłoszeń patentowych, z których 3 złożono do Europejskiego Urzędu Patentowego.
- Dotychczasowe prace badawcze dały podstawę do zaprojektowania szeregu zespołów narzędziowych przeznaczonych do badań doświadczalnych. Na tym etapie projektu konstruowanie narzędzi jest procesem ciągłym (sukcesywnie opracowywane są coraz to nowe zestawy narzędziowe). Szybkie i skuteczne wykonawstwo tych narzędzi w oparciu o procedury przetargowe stanowi duży problem.

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym

Zespół utrzymuje stały kontakt z ZOP Sp. z o.o. w Świdniku. Prowadzone są konsultacje w sprawie wytypowania reprezentatywnej grupy odkuwki do wykonania metodami opracowanymi w ramach projektu.

Wyniki badań

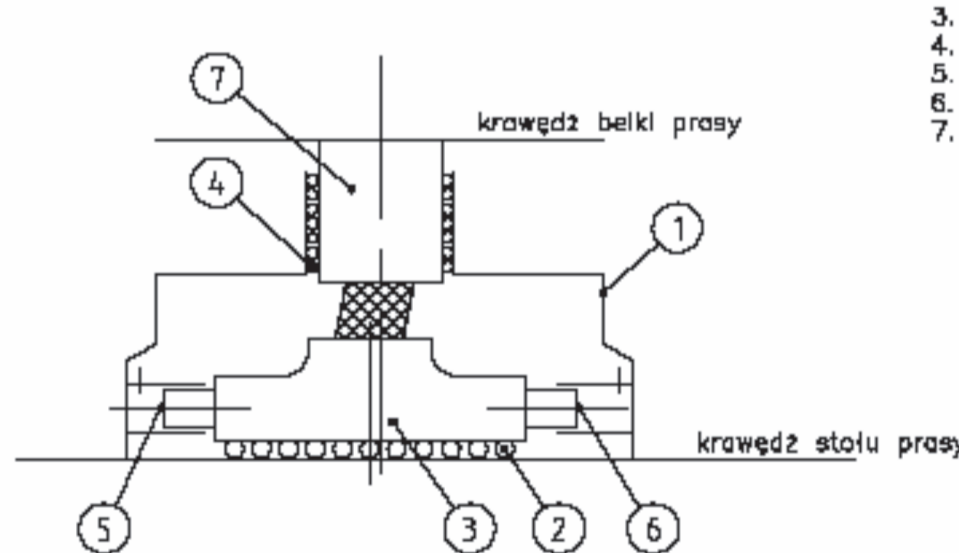
Opracowanie programu i metodyki badań materiałów w złożonych stanach obciążeń. Przygotowanie stanowisk badawczych do procesów kształtowania plastycznego:

- segmentowego,
- wspomaganego naprężeniami ścinającymi.

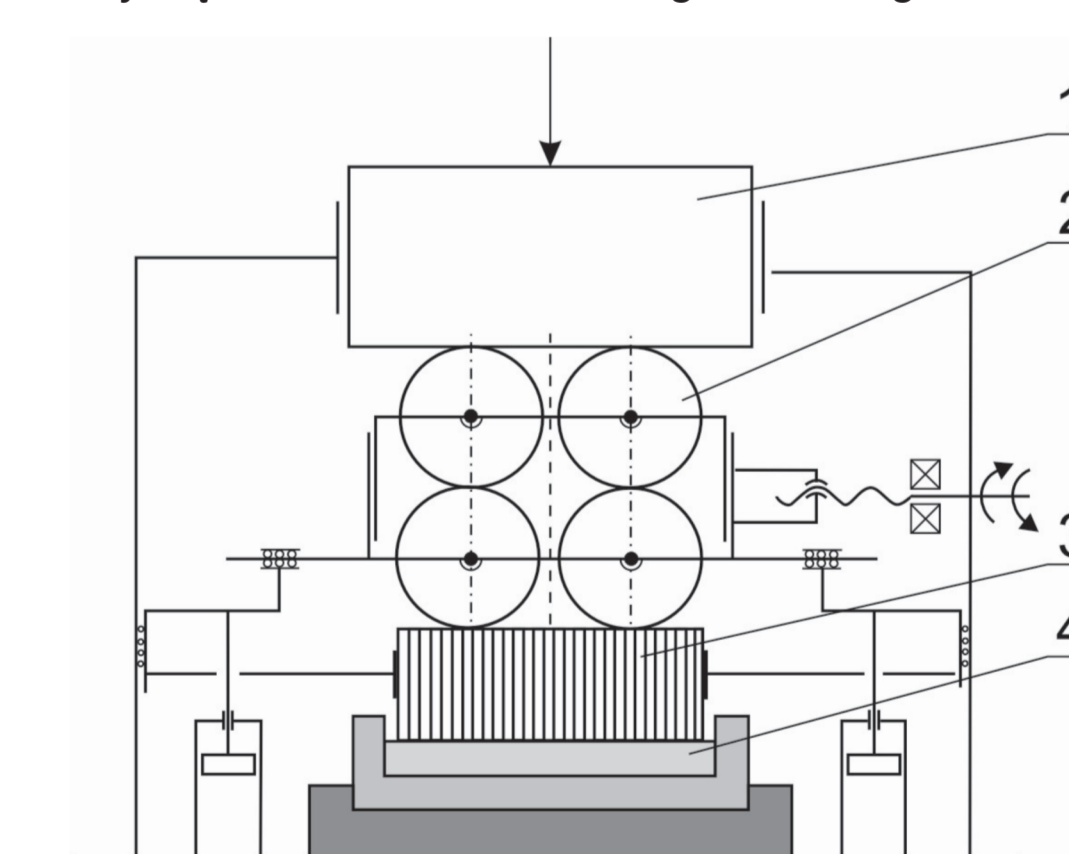
- Realizacja prac związanych z uruchomieniem stanowisk technologicznych
- Modernizacja i przystosowanie prasy hydraulicznej o nacisku 1500 N do realizacji proces kształtowania w podwyższonych temperaturach.
 - wykonanie narzędzi do kształtowania objętościowego: zestawy matryc kuźniczych dla wytypowanych odkuwki ze stopu Ti oraz stempli i matryc dla wyrobów wyciskanych ze stopu Al.
 - wykonanie przyrządu do kształtowania segmentowego integralnych elementów uzębionych.
 - wykonanie narzędzi do spęczenia z oscylacyjnym skręcaniem.
 - wykonanie komory termicznej do odkształcenia plastycznego podwyższonych temperaturach w trakcie procedury przetargowej).

Stanowisko do prób technologicznych (końcowa faza realizacji – po przetargach)

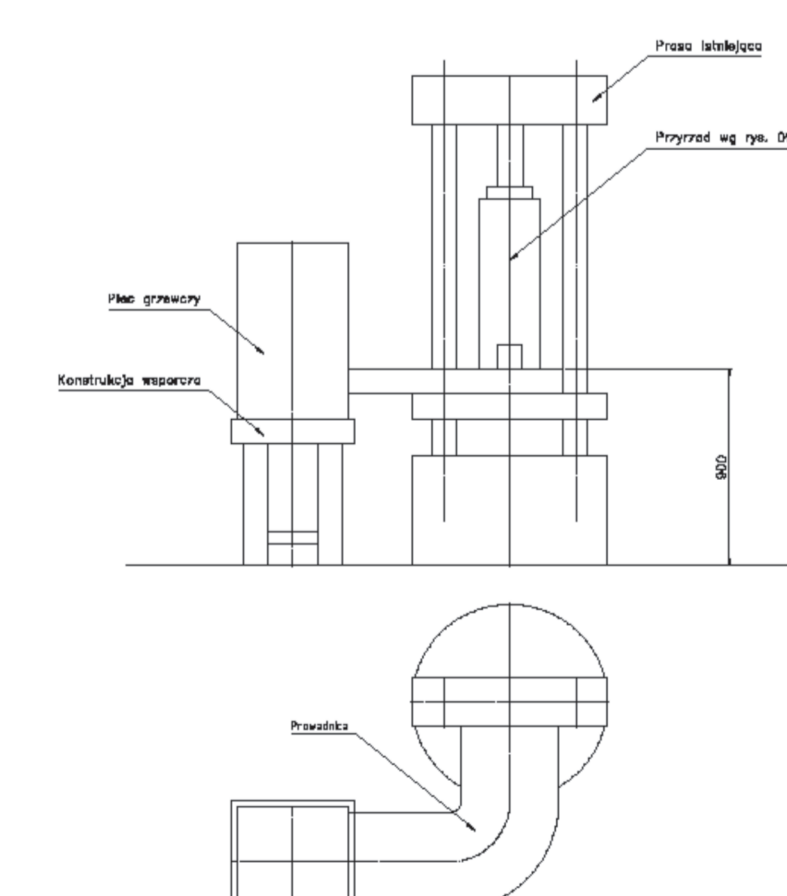
Przyrząd do ściskania wspomaganego dodatkowymi naprężeniami ścinającymi



Przyrząd do kształtowania segmentowego



Stanowisko prasy wyposażone w komorę termiczną



Wskaźniki realizacji celów projektu

Publikacje

- Pater Z., Tofil A.: *Analiza termomechaniczna procesu walcowania poprzeczno-klinowego odkuwki drążonych ze stopu aluminium 2618*. Rudy i Metale Nieżelazne nr 3/2011, s. 149 – 159
- Gontarz A., Pater Z., Tofil A.: *Numerical analysis of unconventional forging process of hollowed shaft from Ti-6Al-4V alloy*. Journal of Shanghai Jiaotong University (Science), Volume 16, Number 2, s. 157-161, DOI: 10.1007/s12204-011-1118-3
- Pater Z., Gontarz A., Tofil A.: *Analysis of the cross-wedge rolling process of toothed shafts made from 2618 aluminium alloy*. Journal of Shanghai Jiaotong University (Science), Volume 16, Number 2, s. 162-166, DOI: 10.1007/s12204-011-1118-3

Prace mgr, dr, hab.

Prace inżynierskie obronione:

- Marcin Lipiński: *Wywianie kolnierzy rur ze stopów aluminium*. Promotor: dr hab. inż. Andrzej Gontarz

Prace doktorskie

Autor: mgr inż. Łukasz Okoń
Promotor: dr hab. inż. Andrzej Gontarz
Status: *W trakcie realizacji przygotowania do druku*

Zgłoszenia patentowe

- Zgłoszenie wynalazku do Europejskiego Urzędu Patentowego pt. *"Method for plastic forming of toothed shafts"*
Nr zgłoszenia EP 11461501, Data zgłoszenia 03.01.2011, Pater Zbigniew, Tomczak Janusz, Politechnika Lubelska
- Zgłoszenie wynalazku do UP RP pt. *"Narzędzie do kształtowania plastycznego wyrobów ze zgrubieniami skrajnymi metodą walcowania wałcami klinowymi"*
Nr zgłoszenia P.394248, Data zgłoszenia 17.03.2011, Pater Zbigniew, Tofil Arkadiusz, Politechnika Lubelska
- Zgłoszenie wynalazku do UP RP pt. *"Sposób kształtowania plastycznego wyrobów ze zgrubieniami skrajnymi metodą walcowania wałcami klinowymi"*
Nr zgłoszenia P.394249, Data zgłoszenia 17.03.2011, Pater Zbigniew, Tofil Arkadiusz, Politechnika Lubelska