

Prof. dr inż. Tadeusz RUT  
Dr inż. Wojciech WALCZYK  
Instytut Obróbki Plastycznej, Poznań

# Nowe zastosowania i możliwości technologiczne metody TR

## *New applications and technological possibilities of the TR method*

### **Streszczenie**

Omówiono metody kucia kucie wałów korbowych systemem „ramię po ramieniu” oraz możliwości kucia w urządzeniach typu TR innych odkuwek niż wały korbowe. Na wybranych przykładach pokazano szerokie możliwości technologiczne przyrządów do kucia na prasach mechanicznych ogólnego przeznaczenia. Podkreślono, że przyrządy typu TR w połączeniu z prasami zastępują drogie, wysokospecjalizowane maszyny kuźnicze. Oryginalne konstrukcje przyrządów i urządzeń stwarzają nowe możliwości technologiczne w zakresie kształtowania półwyrobów różnych części maszyn. Zarówno konstrukcje urządzeń jak i nowe sposoby kucia są przedmiotem ochrony patentowej.

### **Abstract**

*The forging method of forging solid crankshafts „crank web by crank web” method and possibilities of using TR devices for forging other forgings than crankshafts has been described. The wide range of these devices technological capabilities has been shown on forging examples. It is pointed out that the TR type devices, combined with presses, replace the expensive, highly sophisticated forging machines. The original designs of attachments and devices create new technological possibilities of forming semiproducts of various machine parts. Both the designs of the device and new ways of forging are under protection.*

**Słowa kluczowe:** kucie, metoda TR, wał korbowy, przyrządy i urządzenia kuźnicze typu TR

**Key words:** forging, TR method, crankshaft, TR type forging devices

## **1. WPROWADZENIE**

W Instytucie Obróbki Plastycznej rozwijana jest nowa specjalistyczna technologia – „kucie w przyrządach i urządzeniach na prasach” [1], [3], [5]. Podstawą jej powstania była nowa metoda kucia wałów korbowych stosowana dotąd w kilkunastu zakładach między innymi w Japonii, Chinach, Korei Południowej, Niemczech, Hiszpanii i Polsce.

Dotychczas na prasach kuźniczych o nacisku 80 do 120 MN można było kuć jednolite wały korbowe o ciągłym przebiegu włókien do skoku 1200 mm. Ograniczenie to wynikało zarówno z potrzebnego do kucia nacisku prasy jak i gabarytów przestrzeni zabudowy prasy. Chcąc

znieść to ograniczenie, w oparciu o dotychczasowe doświadczenie uzyskane przy kuciu wałów korbowych jednolitych, opracowano nową metodę umożliwiającą kucie dużych, długoskokowych wałów korbowych sposobem ramię po ramieniu. Dla wałów, które nawet tym sposobem nie mogą być odkute jako jednolite, opracowano nową metodę kucia wykorbień pojedynczych wałów półskładanych [2], [4], [5].

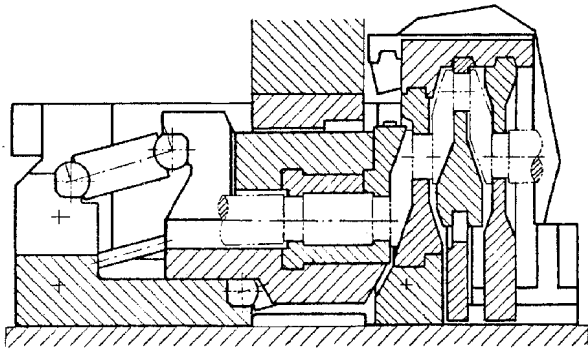
Celem wykorzystania wszystkich możliwości urządzeń TR do kucia jednolitych wałów korbowych opracowano specjalistyczne technologie kucia w tych urządzeniach również innych wyrobów niż wały korbowe.

Wykorzystując doświadczenia z urządzeniami do kucia wałów korbowych na hydrau-

licznych prasach kuźniczych, opracowano konstrukcje przyrządów do kucia na prasach mechanicznych ogólnego przeznaczenia. Przyrządy kuźnicze typu TR (TRL, TRE i TRD) przeznaczone na prasy mechaniczne zastępują drogą, wysokospecjalistyczne maszyny kuźnicze.

## 2. KUCIE METODĄ TR WAŁÓW KORBOWYCH SYSTEMEM „RAMIĘ PO RAMIENIU”

Konstruktorzy silników długoskokowych, celem obniżenia kosztów budowy, dążą do zmniejszenia gabarytów silnika. Można to uzyskać jedynie przez zamianę wałów korbowych półskładanych wałami jednolitymi. Wobec tego, że dotychczasowy stan techniki kuźniczej nie umożliwia kucia tak dużych wałów korbowych jako odkuwek jednolitych, podjęto próby spawania połówek wykorbień, jednak z powodu wystąpienia trudności różnego charakteru zaniechano stosowania tej technologii.



Rys. 1. Urządzenie do kucia wałów korbowych systemem „ramię po ramieniu”

*Fig. 1. Forging device for forging solid crankshafts “crank web by crank web” method*

W Instytucie Obróbki Plastycznej opracowano metodę kucia długoskokowych wałów korbowych systemem „ramię po ramieniu”. Metoda ta polega na kształtowaniu każdego ramienia wykorbień osobno poprzez spęczanie z równoczesnym wyginaniem (przesadzaniem) odcinka pręta zamocowanego dwustronnie w matrycach dzielonych. Z kinematyki urządzenia wynika, że prędkość spęczania na początku procesu formowania ramienia wykorbień jest większa od prędkości wyginania, natomiast pod koniec procesu prędkość przesadzania

przewyższa prędkość spęczania. Jest to zjawisko bardzo korzystne z punktu widzenia obróbki plastycznej materiału. Na rys. 1 przedstawiono szkic urządzenia do kucia tym sposobem.

Na rys. 2. pokazano odkuwkę doświadczalną jednolitego wału korbowego 6-korbowego kształtowanego systemem „ramię po ramieniu”. Przemysłowe zastosowanie tej metody przy kuciu największych wałów napotyka na trudności związane z wielkością urządzenia potrzebnego do ich odkucia i związanymi z tym kosztami jego wykonania, a także z brakiem odpowiednich obrabiarek do obróbki skrawaniem tak dużych odkuwek jednolitych wałów korbowych.

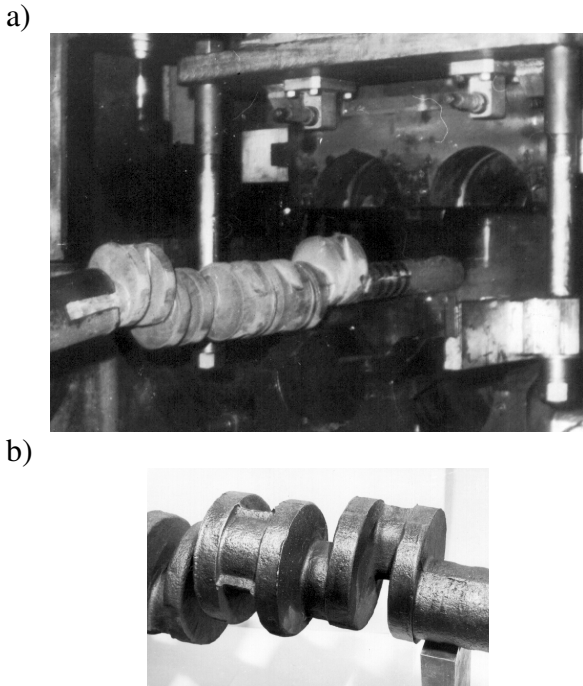


Rys. 2. Odkuwka doświadczalna wału korbowego odkutego systemem „ramię po ramieniu”

*Fig. 2. Model forging of crankshaft forged “crank web by crank web” method*

## 3. KUCIE METODĄ TR WAŁÓW KORBOWYCH DOTĄD KUTYCH NA MŁOTACH MATRYCOWYCH

W Instytucie Obróbki Plastycznej w Poznaniu opracowano i wykonano urządzenie dwuwykrojowe do kucia na okrojonej prasie hydraulicznej o nacisku 12 MN (rys. 3a). W urządzeniu tym odkuwano 3 wykorbień z jednego nagrzania. Materiałem wyjściowym był pręt walcowany o średnicy  $\phi 120$  mm, nagrzewany w połowie długości w piecu komorowym. Rys. 3b pokazuje fragment odkuwki tego wału. Warto zauważyć, że metoda ta dawała duże oszczędności. Odkuwka była kuta bez ukosów i wypływek.



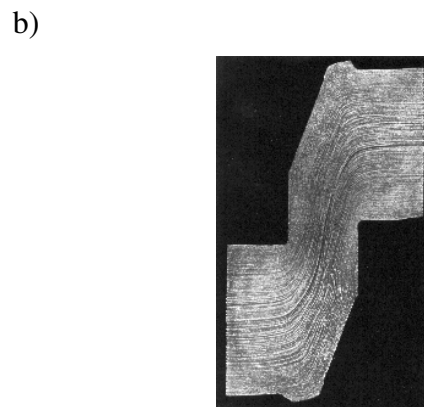
Rys. 3. Urządzenie kuźnicze TR16 (a) i odkuwka wału do silnika czołgowego (b)

*Fig. 3. TR16 forging device (a) and a tank engine crankshaft forging (b)*

W latach 1991-1993 podjęto w kraju produkcję silników lotniczych typu „Franklin” (licencja amerykańska). Wałom korbowym do silników typu „Franklin” stawiane są duże wymagania. Kuźnie krajowe nie zapewniały spełnienia wymagań w zakresie przebiegu włókien. W związku z tym i dobrymi wynikami kucia metodą TR wałów korbowych dotąd kutych matrycowo w kuźni Zakładów Mechanicznych w Łabędach, w Instytucie opracowano konstrukcję przyrządu do kucia wałów lotniczych na prasie hydraulicznej o nacisku 2,5 MN. Ze względu na konstrukcję wału korbowego, charakteryzującą się m.in. tym, że np. 6-korbowy wał posiada 4 czopy główne (4-korbowy wał posiada tylko 3 czopy główne), przyjęto system kucia „ramię po ramieniu”.

Nowa metoda kucia została wdrożona doświadczalnie w Instytucie Obróbki Plastycznej, po uprzednim uzyskaniu odpowiednich atestów i akceptacji odbiorców silników typu „Franklin”. Próby odbiorcze wałów korbowych uzyskały wyniki bardzo dobre. W szczególności podkreślano idealny przebieg włókien. Odkuto kilkaset sztuk wałów 4 i 6-korbowych. Na rys. 4a i b pokazano odkuwki wałów 6-korbo-

wych oraz przebieg włókien we fragmencie wykorbowienia wału.



Rys. 4. Odkuwki wałów do silników lotniczych typu „Franklin”(a); przebieg włókien w ramieniu wykorbowienia (b)

*Fig. 4. Aircraft engine “Franklin F2” type crankshafts (a); grain flow of the crank web (b)*

Na rys. 5 przedstawiono odkuwkę doświadczalną wału do silnika typu Franklin F2. Na uwagę zasługują przeciwwagi odkute z zachowaniem ciągłości włókien przy kuciu z pręta okrągłego. Kształtowanie wykorbień nastąpiło po uprzednim spęczeniu przeciwwag w pierwszej operacji kucia [2], [4].



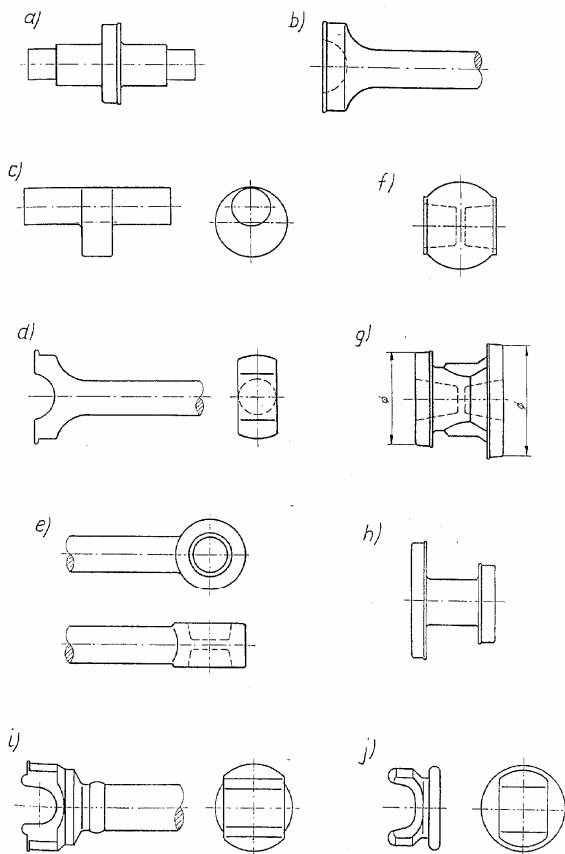
Rys. 5. Odkuwka doświadczalna wału typu Franklin F2”

*Fig. 5. Model forging of a Franklin F2 type crankshaft*

#### 4. MOŻLIWOŚCI KUCIA W URZĄDZENIACH TYPU TR INNYCH TYPÓW ODKUWEK NIŻ WAŁY KORBOWE

W urządzeniach typu TR do kucia jednolitych wałów korbowych istnieją możliwości kucia również innych wyrobów niż wały korbowe [1], [3], [5]. Do takich wyrobów można zaliczyć (rys. 6.):

- a – wały kołnierzowe,
- b – drągi tłokowe,
- c – wały mimośrodowe,
- d – wyroby typu drąg z łbem płaskim,
- e – tłoczyska siłowników hydraulicznych,
- f – odkuwki typu kula z otworem,
- g, h – odkuwki dwukołnierzowe,
- i, j – odkuwki z rozgałęzieniami.



Rys. 6. Przykłady odkuwek kształtowanych w urządzeniach typu TR [3], [5]

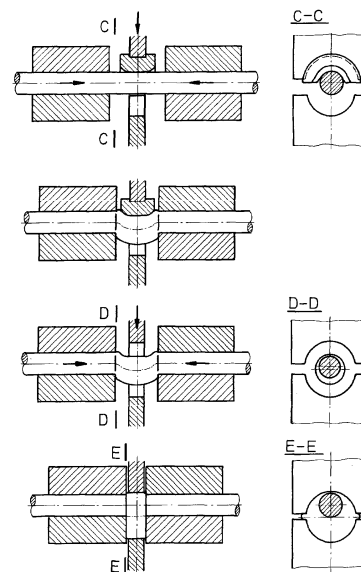
Fig. 6. Examples of forgings made in the TR devices

Większość wyrobów pokazana na rys. 6 może być produkowana przy zastosowaniu stosunkowo prostych narzędzi w urządzeniach typu TR do kucia wałów korbowych.

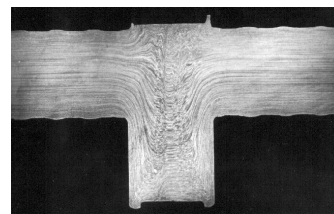
W dalszej części artykułu przedstawione są sposoby kucia wału mimośrodowego (rys. 6c), wyrobu typu drąg z łbem płaskim (rys. 6d), tłoczyska z łbem oczkowym (rys. 6e), śruby oczkowej (rys. 6e i rys. 11), elementu zamykającego typu kula z otworem (rys. 6f i rys. 12) oraz elementu zamykającego w kształcie wałka z wycinkiem kuli (rys. 13). Omówiony zostanie także proces kucia zaczepu budowlanego typu UN (rys. 10). Są to przykłady bardziej złożonego procesu kształtowania.

Wobec tego, że dotychczasowe sposoby wytwarzania nie pozwalają na wykonanie wału mimośrodowego o większych wymiarach z ciągłym przebiegiem włókien, opracowano nowy sposób kształtowania wałów mimośrodowych. Przebieg procesu kucia wału mimośrodowego z narzędziami pokazanymi w sposób uproszczony, pokazano na rys. 7a. Na rys. 7b przedstawiono przebieg włókien w tarczy tego wału mimośrodowego.

a)



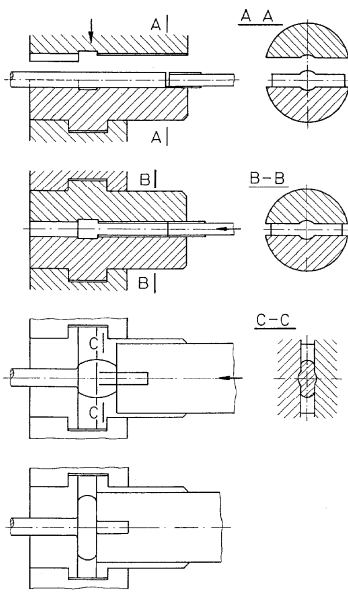
b)



Rys. 7. Przebieg procesu kucia wału mimośrodowego (a) (rys. 6c); przebieg włókien w tarczy (b)

Fig. 7. Stages of an eccentric shaft forging (a) (Fig. 6c); grain flow of the eccentric disc (b)

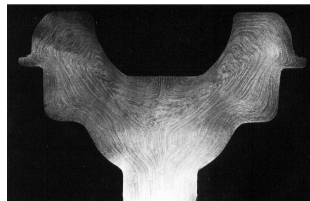
a)



b)



c)

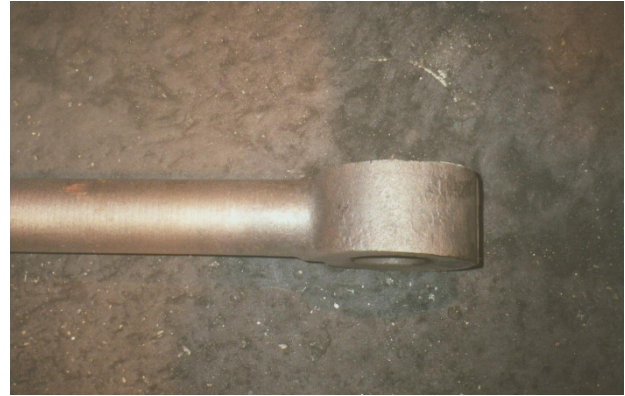


Rys. 8. Przebieg kucia drąga z łbem płaskim (a) (rys. 6d);  
odkuvka drąga z łbem płaskim (b); przebieg włókien  
w łbie odkuwki (c)

*Fig. 8. Stages of a rod with a flat head forging (a)  
(Fig. 6d); shaft with flat head (b); grain flow of the flat  
head (c)*

Wobec niedogodności kształtowania wyrobów typu drąg z łbem płaskim, zwłaszcza, gdy długość spęczanego odcinka pręta przekracza trzy jego średnice, opracowano nowy sposób kształtowania tego rodzaju wyrobów. Przebieg procesu kucia przebiega w ten sposób, że podczas kształtowania odkształcany materiał spęcza się w szczelinie pomiędzy matrycami przy użyciu co najmniej jednego przewodnika usytuowanego wzdłuż tworzącej pręta. Zestawienie przykładowych narzędzi pokazano w sposób uproszczony na rys. 8a. Natomiast rys. 8b i 8c przedstawiają odpowiednio przykłady odkuwki oraz przebieg włókien w łbie odkuwki.

Na rys. 9 pokazano odkuvkę tłoczyska siłownika hydraulicznego z łbem oczkowym (rys. 6e) kutego w przyrządach typu TR. Powierzchnia boczna łba kształtowana jest bez ukosów. Na uwagę zasługuje bardzo dobre wypełnienie krawędzi łba i brak wypłytki. Jedynym odpadem jest denko.



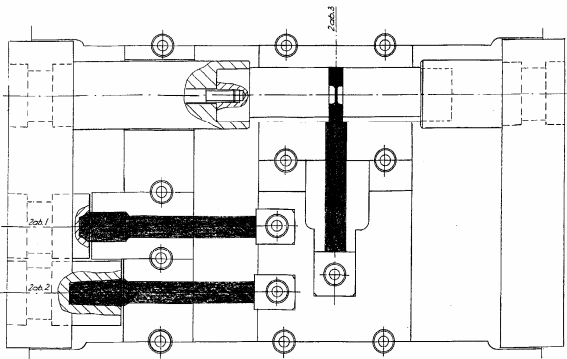
Rys. 9. Odkuvka tłoczyska z łbem oczkowym (rys. 6e)  
*Fig. 9. Forging of a piston rod with eye head (Fig. 6e)*

Odkuvkę zaczepu budowlanego UN (rys. 10a) kształtowano plastycznie na gorąco w dwóch operacjach. W pierwszej operacji spęczano łeb chwytowy w jednym zabiegu w przyrządzie TRL6. W drugiej operacji w trzech zabiegach formowano końcówkę płaską w przyrządzie TRD8 (rys. 10b). Pierwsze dwa zabiegi służyły do nabrania materiału, a w trzecim formowano końcówkę płaską w wykroju zamkniętym poprzez dwa stemple profilowe poruszające się w kierunku prostopadłym do osi obrabianego pręta. Powierzchnie boczne łba nie posiadają ukosów. Jedynym odpadem jest denko w otworze wyrobu o grubości, w tym przypadku, około 3 mm.

a)



b)



Rys. 10. Odkuwka zaczepu budowlanego typu UN (a);  
kucie końcówki płaskiej uchwytu w narzędziach  
składanych w przyrządzie TRD8 (b)

*Fig. 10. Forging of an universal anchor UN type (a);  
forging the flat head of anchor in built-up tools  
in TRD8 Forging Device (b)*

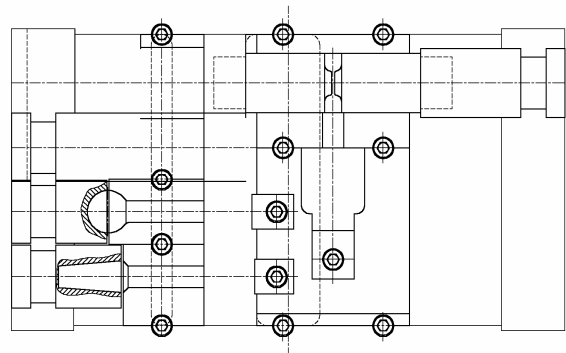
Odkuwkę śruby oczkowej (rys. 11a) kształtowano plastycznie na gorąco w trzech zabiegach. Materiał nagrzewa się indukcyjnie. Pierwsze dwa zabiegi (stożek, kula) służą, podobnie jak w przypadku zaczepu UN do nabrania materiału, a w trzecim zabiegu (spłaszczanie) kształtuje się ucho śruby. Wszystkie zabiegi wykonano w przyrządzie TRD8.

Rys. 12 przedstawia odkuwkę elementu zamykającego zaworu kulowego (kula z otworem ze stali nierdzewnej – rys. 6f), wykonaną w przyrządzie typu TRD. Jedynym odpadem jest denko grubości około 3,5 mm.

a)

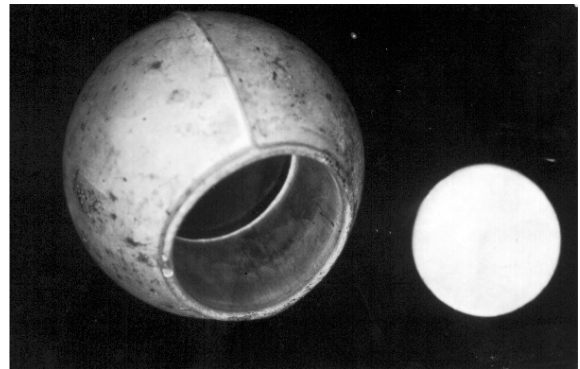


b)



Rys. 11. Odkuwka śruby oczkowej (a) kuta  
w narzędziach składanych (b)

*Fig. 11. Forging of an eye bolt (a) forged  
in built-up tools (b)*



Rys. 12. Odkuwka elementu zamykającego  
*Fig. 12. Valve ball forging*

Na rys. 13 pokazano odkuwkę wałka z elementem zamykającym w kształcie wycinka kuli. Odkuwka wykonywana jest z miedzi w jednej operacji kucia w przyrządzie typu TRL.



Rys. 13. Odkuwka elementu zmykającego  
*Fig. 13. Forging of a closing element*

## 5. KUCIE ODKUWEK W PRZYRZĄDACH TYPU TR Z PRZEDKUWEK WYKONYWANYCH NA INNYCH TYPACH MASZYN KUŹNICZYCH

Przyrządy typu TR mogą być eksploatowane nie tylko w produkcji odkuwek. Przyrządy TR mogą służyć do kucia przedkuwek w procesie kucia matrycowego, bądź też do kucia wykańczającego odkuwek uprzednio kutych matrycowo lub walcowanych poprzecznie.

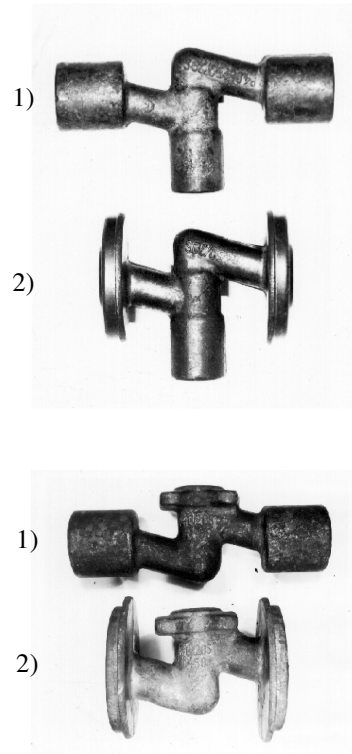
Przykłady odkuwek kutyh wykańczająco w przyrządach typu TR pokazano na rys. 14 i rys. 15.



Rys. 14. Przedkuwka (1) i odkuwka (2) wałka  
*Fig. 14. Gear-box shaft forging preform (1) and forging (2)*

Na rys. 14 pokazano przykład przedkuwki (1) walcowanej poprzecznie i odkuwki wałka (2) kształtowanej ostatecznie w przyrządzie typu TRL przez spęczanie największego kołnierza z równoczesnym wyciskaniem czopa. Ten sposób kucia wdrożono w dwóch kuźniach matrycowych w Japonii.

Na rys. 15 pokazano przedkuwki (1) kute matrycowo na młocie oraz odkuwki (2) korpusów zaworów ze spęczonymi kołnierzami, jedynie z małymi skosami kuźniczymi na obwodzie kołnierza, w przyrządach typu TRE.



Rys. 15. Przedkuwki (1) i odkuwki (2) korpusów zaworów

*Fig. 15. Valve bodies forging preforms (1) and forgings (2)*

## 6. PODSUMOWANIE

Różnorodność zastosowań przyrządów i urządzeń przedstawionych przykładowo w niniejszej publikacji ułatwi wybór optymalnego wariantu technologii w procesie produkcyjnym danego wyrobu. Ze względu na objętość artykułu przedstawiono tylko część wdrożonych nowych sposobów kucia. Zainteresowanych przedstawieniem swoich problemów związanych z obróbką plastyczną produkowanych przez siebie wyrobów oraz zastosowaniem nowych procesów kucia w przyrządach typu TR zapraszamy do Instytutu Obróbki Plastycznej w Poznaniu. Jesteśmy gotowi do szerokiej współpracy przy rozwiązywaniu zgłoszonych problemów w zakresie kucia.

**LITERATURA**

- [1] Rut T., Walczyk W.: Rozwój kucia w przyrządach i urządzeniach na prasach – metoda TR. Mat. Konf. MANUFACTURING'01 Współczesne problemy wytwarzania, Poznań, 8÷9 listopada 2001 Tom 1 s. 189÷223, 42 rys.
- [2] Rut T., Walczyk W., Harabasz W.: Implementation of the improved TR-method of forging crankshafts. Proceedings IFM 2003 Japan, Kobe City October 26 – 29, 2003 s. 416÷422, 13 rys. bibliogr. 6 poz.
- [3] Rut T., Walczyk W.: Rozwój kucia w urządzeniach na prasach. Metoda TR. Mat. Konf.: Międz. Konf. Naukowo-Technicznej „Konstrukcja i technologia wylotek i wyprasek”, Poznań-Wąsowo, 14÷16 czerwca 2004 s. 71÷83, 22 rys.
- [4] [www.inop.poznan.pl/211.htm](http://www.inop.poznan.pl/211.htm)
- [5] [www.inop.poznan.pl/212.htm](http://www.inop.poznan.pl/212.htm)