

Mgr inż. Bogusław CZARTORYSKI
Instytut Obróbki Plastycznej, Poznań

Gniazdo produkcyjne obciskania rur. Określenie dopuszczalnego stopnia przeformowania rury gorąco walcowanej przy obciskaniu

*Tube reducing work center. Defining degree of hot-rolled
tube deformation during reducing*

Streszczenie

W artykule opisano gniazdo do obciskania rur oraz proces technologiczny obciskania rury o średnicy ϕ 38,1 mm i grubości ścianki 3,2 mm oraz rury o średnicy ϕ 48,3 mm i grubości ścianki 5 mm. Omówiono problemy występujące przy kształtowaniu rur gorącowalcowanych.

Abstract

The paper describes tube reducing work center and manufacturing process of reducing tube with diameter ϕ 38,1 mm and 3.2 mm thickness of wall and tube with diameter ϕ 48,3 mm and 5 mm thickness of wall. The problems that occur during hot-rolled tube forming has been discussed.

Słowa kluczowe: obciskanie rur, rury gorąco walcowane, gniazdo produkcyjne, stopień przeformowania

Key words: tube reducing, hot-rolled tube, work center, degree of tube deformation

1. WSTĘP

W Instytucie Obróbki Plastycznej w Poznaniu zaprojektowano i wykonano gniazdo do obciskania rur.

Opis i charakterystyka techniczna gniazda

Gniazdo typu UG 002 do obciskania rur (rys. 1) składa się z prasy hydraulicznej z przyrządem do obciskania rur, podajnika rur zamocowanego do stołu podawczego, zasilacza hydraulicznego oraz szafy sterowniczej.

Urządzenia przystosowane są do obciskania rur do średnicy ϕ 50 mm i długości do 2100 mm.



Rys. 1 Gniazdo typu UG 002 do obciskania rur
Fig. 1. Tube reducing work center type UG 002

Gniazdo zajmuje powierzchnię o wymiarach:

- długość $L_{\text{całk.}} = \sim 3600$ mm,
- szerokość $B_{\text{całk.}} = \sim 1300$ mm.

1.1. Prasa hydrauliczna

Podstawowym urządzeniem gniazda do obciskania rur jest prasa hydrauliczna o następujących parametrach technicznych:

- masa prasy 1220 kg,
- skok suwaka prasy 200 mm,
- posadowienie prasy wspornik wyposażony w ustawcze nogi,
- siła maksymalna 630 kN,
- prędkość suwaka
 - robocza 18,1 mm/sek,
 - powrót 26,19 mm/sek.

Prasa hydrauliczna zbudowana jest w układzie poziomym. Składa się z siłownika, płyty siłownika, stołu prasy i płyty, do której mocuje się przyrząd. Płyta siłownika z płytą stołu połączona jest dwoma słupami.

Siłownik hydrauliczny przymocowany jest do płyty siłownika a na tłoczysko nakręcamy końcówkę kulistą, która połączona jest z płytą przy pomocy pierścienia mocującego. Do płyty siłownika zamocowane są zderzaki wypychaczy, o które opierają się wypychacze do usuwania rur z narzędzi. Do stołu prasy oraz płyty siłownika zamocowane są wsporniki.

Siłownik hydrauliczny zasilany jest z zasilacza hydraulicznego, który jest urządzeniem oddzielnym i połączonym z siłownikiem przewodami giętkimi.

1.2. Napęd hydrauliczny prasy

Napęd hydrauliczny prasy składa się z zasilacza i instalacji. Zasilacz hydrauliczny to zbiornik, na którego płycie zamocowano blok sterujący, zespół silnik – pompa i elementy filtrowania oleju oraz powietrza.

1.3. Podajnik rur

Podajnik rur przystosowany jest do podawania, ze stołu podawczego do przyrządu, rur o średnicy do $\phi 50$ mm i długości do 2100 mm. Podajnik od czoła przykręcony jest do stołu prasy przy pomocy czterech śrub M36. Od dołu

podajnik przykręcony jest dodatkowo do stołu podawczego.

Podajnik składa się z podstawy pełniącej rolę konstrukcji nośnej, z układu transportowego, który transportuje rurę na poszczególne pozycje zabiegów oraz z układu dociskowego zabezpieczającego rurę przed wyboczeniem w czasie obciskania.

Układ transportowy składa się z łap osadzonych wahliwie w listwach przesuwnych, które zamocowane są do łącznika listew. Łącznik przykręcony jest do siłownika pneumatycznego napędzającego cały układ podający. Siłownik ten zamocowany jest do stołu podawczego. Rury umieszczone w strefie kształtowania zabezpieczone są przed wyboczeniem przez układ dociskowy składający się z ramienia dociskowego, do którego przytwierdzono pięć docisków. Ramię dociskowe podnoszone i opuszczane jest za pomocą dwóch mechanizmów kolanowych napędzanych siłownikiem pneumatycznym. Rura w czasie obciskania opiera się o blokadę, która uniemożliwia jej poosiowe przesuwanie się na skutek nacisków prasy.

1.4. Napęd pneumatyczny podajnika i elementu pozycjonującego

Układ pneumatyczny służy do napędów: dociskacza rur, urządzenia transportującego rury i elementu pozycjonującego (tylko rury $\phi 38$ mm – druga operacja). Składa się on z zaworu odcinającego, bloku przygotowania powietrza, rozdzielaczy, zaworu redukcyjnego zaworów dławiająco-zwrotnych, siłowników oraz instalacji (przewodów giętkich i elementów łącznych). Wymienione powyżej części układu pneumatycznego zostały wykonane w firmie Prema – Kielce.

1.5. Stół podawczy

Stół podawczy przeznaczony jest do magazynowania wiązki rur o długości do 2100mm i ułatwia operatorowi umieszczenie rur w podajniku (na pozycji wyjściowej). Rury umieszcza się na górnej płycie podstawy opierając jednym końcem o profil nastawny. Stół podawczy ustawiony jest na czterech nogach wy-

posażonych w regulowane stopy i przymocowany jest do podstawy podajnika rur.

1.6. Przyrząd do obciskania rur

Przyrząd umiejscowiony jest przesuwnie w korpusie prasy, pośrednio przez przegub kulowy i płytę dystansową z pospawanych blach i przymocowanych po bokach prowadnicach żeliwnych. Ruch przyrządu kontrolowany jest dwoma indukcyjnymi czujnikami zbliżeniowymi. W skład przyrządu wchodzi cztery komplety matryc dla średnic $\phi 38,1$ i $\phi 48,3$ w oprawach z pierścieniami sprężającymi i z pierścieniem dociskowym lub kalibrownikiem. Obciskanie rur odbywa się w czterech zabiegach, po dwa zabiegi na jedną operację.

1.7. Zasada działania gniazda

Gniazdo do obciskania rur służy do miejscowego przewężenia rury przez ściśnięcie jej w kierunku promieniowym. Rury pobiera się z zasobnika i po kilka umieszcza na stole podawczym. Po naniesieniu smaru na koniec rur, operator umieszcza je w łapach podajnika. Następnie rury przesuwane są przez podajnik w strefę roboczą kolejnych zabiegów obciskania, po czym rury wyrzucane są do pojemnika umieszczonego przy stole podawczym.

Przyrząd umieszczony jest suwliwie w prowadnicach prasy i skręcony śrubami z płytą prasy. W zależności od średnicy obciskanej rury i realizowanego zabiegu, należy umieścić w prowadnicach odpowiednie wypychacze oraz przykręcić odpowiednie matryce. W czasie pracy prasy przyrząd porusza się między dwoma czujnikami, tylnym który jest stały oraz przednim nastawialnym w zależności od średnicy rury. Siłownik w ruchu roboczym (do przodu) zasilany jest wyższym ciśnieniem i porusza się wolniej od ruchu powrotnego, po obciśnięciu rury w matrycach przyrządu. Zatrzymanie ruchu do przodu następuje po przejściu płyty poza czujnik. Istnieje możliwość dodatkowego zabezpieczenia rur przed wyboczeniem, przez regulację ciśnienia a tym samym zmianę maksymalnej siły obciskania dla danej średnicy rury. Rury które są przycięte z większą dodatnią tolerancją od dopuszczalnej mogą spowodować nadmierne wydłużenie i

mogą zakleszczyć się między wypychaczem a blokadą.

1.8. Zasada działania podajnika

Podstawowymi elementami podajnika są: układ transportowy przesuwający rurę na poszczególne pozycje zabiegów, oraz układ dociskowy zabezpieczający rurę przed wyboczeniem w trakcie obciskania.

Rura po umieszczeniu jej na łapach, zostaje przetransportowana na pozycję roboczą. Przy podającym ruchu, łapy na których leżą rury, są podniesione przez działanie sprężyn. Podniesione jest również ramię dociskowe. Dzięki temu rury mogą być swobodnie transportowane na pozycje poszczególnych zabiegów. Przy cofającym ruchu podajnika, dociski są opuszczone i przytrzymują rurę, a łapy odchylają się pod naciskiem rur i podajnik przyjmuje pozycję wyjściową. Ruch roboczy podajnika odbywa się, gdy suwak prasy jest cofnięty i rury zostały wypchnięte z narzędzi. Ruch cofający podajnika odbywa się, gdy nastąpi dociśnięcie rur przez ramię dociskowe. Operator umieszcza rurę w łapach podajnika w czasie pracy prasy, gdy tylko podajnik przyjmie pozycję wyjściową.

1.9. Praca w cyklu automatycznym gniazda

Gniazdo do obciskania rur pracuje w cyklu automatycznym. Po umieszczeniu kilku rur na stole i nałożeniu na końcówki smaru, operator pobiera jedną rurę i umieszcza ją na łapach w listwach przesuwnych. Następnie równocześnie naciska dwa przyciski dłoniowe „Start cyklu” umieszczone na pulpicie wolnostojącym. Uruchamiany jest układ transportowy podajnika i rura przesunięta zostaje w strefę roboczą pierwszego zabiegu. Następuje zatrzymanie listew podających. Na rurze zaciska się docisk i układ transportowy podajnika się cofa. Następuje ruch roboczy prasy. W tym czasie operator wkłada na łapy podajnika kolejną rurę. Po wykonaniu operacji obciskania, suwak prasy wraca do położenia wyjściowego, następuje odblokowanie docisku podajnika. Gniazdo gotowe jest do następnego cyklu. Po naciśnięciu przycisków przez operatora rozpoczyna się kolejny cykl pracy. Gotowe rury

przetransportowane zostają w trakcie ruchu podajnika poza stanowisko i tam zostają składowane. Gniazdo umożliwia pracę w cyklu 4 rury na minutę.

2. PROCES TECHNOLOGICZNY

Na stanowisku opisanym wyżej miały być kształtowane początkowo stalowe rury zimnowalcowane ze szwem. W czasie realizacji zamawiający zmienił rury na gorącowałcowane, co znacznie utrudnia proces technologiczny, z uwagi na różną grubość ścianki rury na obwodzie.

Do opracowania procesu technologicznego przygotowano dwie rury gorącowałcowane:

- rura o średnicy ϕ 38,1 mm i grubości ścianki 3,2 mm do przeformowania końca na sześciokąt o wymiarze 22,2 mm (rys. 2),
- rura o średnicy ϕ 48,3 mm i grubości ścianki 5 mm do przeformowania końca na średnicę ϕ 27,4 mm (rys. 3).



Rys. 2 Rura stalowa gorącowałcowana o średnicy ϕ 38,1 mm przeformowana na sześciokąt o wymiarze 22,2 mm.

Fig. 2. Hot-rolled steel tube with diameter ϕ 38,1 mm reduced for 22,2 mm hexagon



Rys. 3. Rura stalowa gorącowałcowana o średnicy ϕ 48,3 mm przeformowana na średnicę ϕ 27,4 mm

Fig. 3. Hot-rolled steel tube with diameter ϕ 48,3 mm reduced for diameter ϕ 27,4 mm

Celem określenia maksymalnego przeformowania rury w jednej operacji przeprowadzono próby spęczania odcinków rur. Stwierdzono, że:

- rura ϕ 38,1 mm zaczyna się odkształcać przy nacisku 175 kN,
- rura ϕ 48,3 mm zaczyna się odkształcać przy nacisku 290 kN.

Początkowo badania prowadzono na krótkich odcinkach rur na prasie z pomiarem siły nacisku a następnie na rurach docelowych (rura ϕ 38,1x2040 mm i rura ϕ 48,3x1170 mm) na stanowisku zaprojektowanym i wykonanym w Instytucie. Końce rur, które podlegają obciskaniu były pokryte smarem grafitowym.

Po wstępnych próbach podzielono proces obciskania rur na cztery zabiegi, co jest podyktowane z jednej strony występującymi siłami, a z drugiej konstrukcją gniazda do obciskania rur, gdzie jednocześnie obciskane są dwie rury.

3. WYNIKI PRÓB

3.1. Rura o średnicy ϕ 38,1 mm, z końcem przeformowywanym na sześciokąt o wymiarze 22,2 mm

W pierwszym zabiegu koniec rury zostaje przeformowany na średnicę ϕ 33 mm, przy nacisku prasy od 146 kN do 175 kN. W drugim zabiegu średnica została zmniejszona z ϕ 33 mm do ϕ 28 mm. Zmierzony nacisk prasy wahał się od 124 kN do 152 kN. W trzecim zabiegu kształtowany jest sześciokąt o wymiarze 24 mm, a w czwartym zabiegu otrzymuje się sześciokąt docelowy o wymiarze 22,2 mm.

Przyrost długości po drugim zabiegu jest większy o około 50% niż w pierwszym zabiegu. Koniec rury przeformowany na sześciokąt o wymiarze 22,2 mm, często posiadał pęknięcia. Spowodowane jest to silnym przeformowaniem rury w trakcie obciskania i zastosowaniem zbyt twardych rur. Duży wpływ ma również wysokość matrycy kształtującej. Pęknięcia sześciokąta mogą zakończyć się całkowitym rozdzieleniem poszczególnych boków, co pokazano na rys. 4.

Ponieważ ścianki rur gorącowałcowanych mają różną grubość na obwodzie (różnica w grubości dochodzi do 0,4 mm), w trakcie formowania, zwłaszcza w czwartym zabiegu koniec rury ulega skrzywieniu.

W celu wyeliminowania tego zjawiska w urządzeniu zaprojektowanym w Instytucie zastosowano kalibrownik, dzięki temu sześciokątny koniec rury jest prosty i nie pojawiają się szczeliny ani pęknięcia.



Fot. 4. Całkowite rozdzielenie boków sześciokąta spowodowane pęknięciem przy kształtowaniu sześciokąta na końcówce rury gorącowałcowanej

Fig. 4. Total separation of hexagon sides caused by fracture during formation of hot-rolled steel tube end

3.2. Rura o średnicy $\phi 48,3$ mm, z końcem przeformowywanym na średnicę o wymiarze $\phi 27,4$ mm (rys. 3)

W pierwszym zabiegu następuje przeformowanie końca rury ze średnicy $\phi 48,3$ mm na średnicę $\phi 43$ mm. W drugim zabiegu średnica zostaje zmniejszona do wymiaru $\phi 38$ mm, a w trzecim zabiegu średnica zostaje zmniejszona do wymiaru $\phi 32$ mm. W ostatnim, czwartym zabiegu otrzymuje się średnicę $\phi 27,4$ mm. Nacisk prasy nigdzie nie przekracza wartości spęczania i na przykład w trzecim zabiegu waha się od 160 kN do 175 kN. Rury dostarczone do produkcji nie posiadały równej grubości ścianki na obwodzie a różnica dochodziła do 0,4 mm. Przy obciskaniu zmienna grubość ścianki rury powiększa się, co powoduje krzywienie przeformowanego końca.

4. PODSUMOWANIE

Przeformowanie rury ze średnicy $\phi 38,1$ mm na sześciokąt o wymiarze 22,2 mm oraz rury ze średnicy $\phi 48,3$ mm na średnicę $\phi 27,4$ mm wymaga czterech operacji. Użycie kalibrowników zmniejszyło skrzywienie przeformowanego końca, a przy sześciokącie także jakość (brak pęknięć na końcu sześciokąta).

Przebadano obciskanie rur o różnej twardości od 140 HBS do 180 HBS 2,5/62,5

i stwierdzono, że przy twardości powyżej 160 HBS wzrost sił może powodować krzywienie się rur.

Dodatkowo z odcinka rury wykonano zgląd wzdluzny i poprzeczny. Obserwację mikroskopową przeprowadzono na zglądach trawionych za pomocą mikroskopu NIKON Eclipse L150. Na badanych odcinkach stwierdzono że posiadają one strukturę ferrytu i perlitu oraz na granicach ziaren cementytu trzeciorzędowego. Drobną ziarnistą strukturą i obecnością cementytu trzeciorzędowego powoduje zmniejszenie plastyczności materiału.

W zaprojektowanym gnieździe można przeformować przez obciskanie końce rur do średnicy $\phi 50$ mm oraz długości 2100 mm. Długość przeformowanej części rury może wynosić do 140 mm.

Gniazdo typu UG 002 wdrożono w CNH Polska - Płock i uruchomiono produkcję rur obciskanych o średnicach $\phi 38,1 \times 3,2$ mm i $\phi 48,3 \times 5$ mm.

Na bazie gniazda typu UG 002 do obciskania rur konstruowane jest nowe urządzenie o wydłużonym skoku narzędzi formujących, na którym możliwe będzie obciskanie rury do średnicy $\phi 80$ mm i długości 2100 mm.

Pracę zrealizowano w ramach działalności statutowej finansowanej przez Ministerstwo Edukacji i Nauki: BK 901 15 003 – Określenie dopuszczalnego stopnia przeformowania rury przy obciskaniu.

LITERATURA

- [1] Prace INOP – BK 901 15 003 – „Określenie dopuszczalnego stopnia przeformowania rury przy obciskaniu” – niepublikowana. Praca wykonana w ramach prac statutowych w roku 2006.