



## Kowarka o napędzie hydraulicznym i jej zastosowanie

### *Radial forging machine with a hydraulic drive and its use*

(1) Paul-Josef Nieschwietz<sup>1</sup>, (2) Frederik Knauf<sup>1</sup>, (3) Stefan Szczepanik<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> SMS group GmbH, Ohlerkirchweg 66, 41069 Mönchengladbach, Germany

<sup>2</sup> AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland

#### Informacje o artykule

Zgłoszenie: 23.06.2016

Recenzja: 14.07.2016

Akceptacja: 16.12.2016

#### Wkład autorów

- (1) Zebranie i opracowanie danych o zastosowaniu technologii kucia na kowarce z napędem hydraulicznym
- (2) Zebranie i opracowanie danych o rozwoju kowarki z napędem hydraulicznym
- (3) Konceptcja publikacji, zebranie danych o kutyh materiałach na kowarce, opracowanie i przygotowanie manuskryptu

#### Streszczenie

Przedstawiono budowę i zastosowanie kowarki RUMX (**R**adialumformmaschine **mit X Anordnung**) z napędem hydraulicznym firmy SMS group. W 1989 roku zbudowano w SMS Hasenclever pierwszą kowarkę o napędzie hydraulicznym, która posiada zalety prasy hydraulicznej i kowarki mechanicznej. Kowarka o napędzie hydraulicznym pracuje ciszej niż kowarki o napędzie mechanicznym i jest bardziej wydajna. Układ cztero-kowadełkowy kowarki umożliwia realizowanie odkształcania z dużymi gniotami i posuwami. Jest to możliwe ze względu na zastosowany napęd hydrauliczny kowarki, który umożliwia realizację kucia ze stałymi naciskami. Kowarka o sile nacisku kowadła 10 MN przeznaczona jest do przekucia wsadu o średnicy 800 mm. Nagrzany wsad przekuwany jest na wyrób gotowy bez konieczności dogrzewania. Kowarka do kucia profili pełnych wyposażona jest w manipulator podający i odbierający, a do kucia rur grubościenny dodatkowo w manipulator utrzymujący i poruszający trzpień. Kowarki hydrauliczne zainstalowane są w zakładach o rocznej produkcji około 50 000 Mg i dużym asortymencie przetwarzanych gatunków materiałów takich, jak stale, stopy tytanu, stopy niklu lub w produkcji masowej określonego rodzaju odkuwek, np. osi kolejowych. Sterowanie procesem kucia znacząco zmniejsza pracochłonność wytwarzania wyrobów oraz zużycie materiału potrzebnego do ich wytwarzania. Odkuwki wykonane z zastosowaniem kowarki hydraulicznej mają korzystną mikrostrukturę o drobnym ziarnie na przekroju oraz charakteryzują się powtarzalnymi i zawężonymi tolerancjami wymiarów.

**Słowa kluczowe:** kowarka RUMX, SMX, wlewek elektrożuźlowo przetapiany, wlewek, wlewek COS, kęsy, osie kolejowe

#### Article info

Received: 23.06.2016

Reviewed: 14.07.2016

Accepted: 16.12.2016

#### Authors' contribution

- (1) Collection and processing of the data of forging technology used in the radial forging machine with a hydraulic drive
- (2) Collection and processing of the data of development of the radial forging machine with a hydraulic drive
- (3) Concept of the publication, collection of the data of the forged materials, manuscript preparation

#### Abstract

The operation of the RUMX (**R**adialumformmaschine **mit X Anordnung**) radial forging machine with a hydraulic drive, introduced by the SMS company, is reviewed. Introduced in 1989 in SMS Hasenclever, it was the first radial forging machine built with a hydraulic drive. This machine type has advantages over the hydraulic open die press and the mechanical drive machine. The arrangement of four anvils carrying out the forging with big deformation and feeds produces the forging. It is possible to forge with constant forces. This machine with a maximum press force of 10 MN was designed to forge from 800 mm initial round pass. The heated initial material is forged to the finished product without need of reheating. The machine for forging full profiles is equipped with the loading and unloading manipulators, and for forging thick-walled tubes additionally a mandrel manipulator. Hydraulic drive forging machines are installed for annual yields of about 50 000 Mg. The large assortment of processed grades of materials includes special steels, titanium and nickel alloys, and mass production of blanks includes e.g. railway axles. Control of the forging process considerably reduces labour and material costs. Blanks so-forged have a beneficial fine-grained microstructure and are characterized by repeatable, narrow dimensional tolerances.

\* Autor do korespondencji. Tel.: +48 12 617 38 46; e-mail: szczepan@metal.agh.edu.pl

\* Corresponding author. Tel.: +48 12 617 38 46; e-mail: szczepan@metal.agh.edu.pl

**Keywords:** *radial forging machine RUMX, SMX, remelted ingot, continuously cast ingot, bar, rail axles*

## 1. WPROWADZENIE

Kowarka stosowana jest w wielu rozwiązaniach do realizacji procesów technologicznych kucia. Przeznaczona jest do wytwarzania odkuwek typu wałów o przekroju monotonicznym na długości np. kołowym, prostokątnym, wałów z odsadzeniami oraz osi, w tym osi kolejowych. Kowarka może służyć również jako ogniwo pośrednie przygotowujące wsad do dalszego przerobu [1, 2]. Kowarki budowane są jako maszyny o napędzie mechanicznym mimośrodowym, korbowym, z wirującym wrzecionem, wirującą obudową lub wirującym wrzecionem i obudową [1, 2, 3]. W 1989 roku zbudowano pierwszą kowarkę o napędzie hydraulicznym. W latach osiemdziesiątych ubiegłego stulecia firma SMS otrzymała zamówienie na urządzenie, które miało posiadać zalety prasy hydraulicznej i kowarki mechanicznej. Opracowano wtedy konstrukcję kowarki o napędzie hydraulicznym, która spełnia te wymagania i posiada zalety obydwu maszyn. Doskonale konstrukcji kowarki z napędem hydraulicznym przyczyniło się do zwiększenia, nawet pięciokrotnie, wydajności w porównaniu do kucia na prasach hydraulicznych do kucia swobodnego. Każdy tłok kowarki hydraulicznej ma indywidualny napęd.

Badania porównawcze kucia na prasie hydraulicznej i z zastosowaniem kowarki wyrobów ze stali nierdzewnej i wysokostopowych stali przeprowadzono w firmie SMS [5]. W wyrobach kutyh na prasie hydraulicznej ujawniono na przekroju poprzecznym drobne ziarno w strefie osiowej i duże ziarno w strefie przypowierzchniowej odkuwki, co jest typowym rozkładem wielkości ziarna dla takiego procesu kucia. W materiałach kutyh w kowarce rozkład ziarna na przekroju poprzecznym wyrobu był odwrotny, tj. duże ziarno w strefie osiowej i drobne ziarno w strefie przypowierzchniowej. W oparciu o te wyniki opracowano proces kucia wstępnej odkuwki na prasie hydraulicznej, którą następnie poddano kuciu w kowarce. Obserwacje mikrostruktury na przekroju poprzecz-

## 1. INTRODUCTION

*Forging machines have numerous technological applications intended to produce blanks of monotonic cross-section, e.g. circular, rectangular, octagonal shafts, as well as of variable cross section along the length, e.g. train axles. The machine can serve also as the indirect link for preparing a batch for further processing [1, 2]. Forging machines are built with eccentric, crank mechanical propulsion and include an anvil mass and a ram block, to be released and struck against, between which forging is carried out. The machine comprises a damping mass, which experiences the blow and moves with a large amplitude of motion in comparison with the amplitude of motion of the anvil mass [1, 2, 3]. In the eighties of the last century the SMS company received an order for a machine which was supposed to have advantages of a hydraulic press and in 1989 the first radial forging machine with a hydraulic drive was built. Improvements in the construction of this type of machine, having advantages of both machine types, have resulted in increases in productivity of up to five times in comparison with open-die forging on hydraulic presses. Every piston of the hydraulic forging machine has an individual drive.*

*A comparison of forging on a hydraulic press and using the hydraulic drive machine was conducted by the SMS company [5] on stainless and high-alloy steels. In products forged on a hydraulic press small grain size was detected in the axial zone on cross sections, and large modicum in the zone near the outer surface of blanks. This is typical for such a forging process. For the hydraulic drive machine, the distribution of the grain sizes on cross sections of the product was opposite, i.e. large grain size in the axial zone and small grains in the zone near the outer surface. Based on these results, a process of forming the preliminary blank on a hydraulic press, which was next subjected to forging in the machine was drawn up. Observation of the microstructure on cross sections of the blank now show-*

nym tak otrzymanej odkuwki wykazały drobnoziarnistą mikrostrukturę. Wyniki tego eksperymentu wskazały na celowość zbudowania maszyny, która będzie posiadała zalety prasy hydraulicznej i kowarki o napędzie mechanicznym. Jako rozwiązanie zbudowano kowarkę o napędzie hydraulicznym, w której odkształcanie realizowane jest czterema kowadłami i z możliwie dużym podaniem (posuwem) materiału, podobnie jak w prasach hydraulicznych.

## 2. ROZWÓJ KOWAREK O NAPĘDZIE HYDRAULICZNYM

W 1989 roku zbudowano pierwszą na świecie kowarkę RUMX z napędem hydraulicznym typu RUMX (**R**adial**u**m**f**orm**m**aschine mit **X** Anordnung). Kowarka ta przeznaczona jest do przekucia wsadu o średnicy 800 mm i posiada siłę nacisku kowadła 10 MN. W kowarce tej zastosowano zaworowy układ hydrauliczny, podobny jak w prasach hydraulicznych. W następnych latach zbudowano kowarki typu SMX: SMX 180/3MN, SMX 420/13 MN, SMX600/12MN, SMX 800/18MN i SMX 1100/22MN. Na rys. 1 pokazano pierwszą kowarkę zainstalowaną w Niemczech w 1993 roku. W tab. 1 podano charakterystyczne wielkości wybranych kowarek.

ed a fine-grained microstructure. Findings of this experiment pointed towards building a machine which will have advantages of a hydraulic press with those of mechanical propulsion. As the solution a machine was built with a hydraulic drive with deformation carried out by four anvils with a possibility of big material feed, as similarly in a hydraulic presses.

## 2. DEVELOPMENT OF THE FORGING MACHINE WITH A HYDRAULIC DRIVE

The first RUMX (**R**adial**u**m**f**orm**m**aschine mit **X** Anordnung) machine with a hydraulic drive was manufactured in 1989 year. On Fig.1 the first SMX 180/3MN forging machine installed in Germany, in year 1993, was shown. This machine with a maximum press force of 10 MN was designed to forge from 800 mm initial round pass. In the next years the SMX 180/3MN, SMX 420/13MN, SMX 600/12MN, SMX 800/18MN and SMX 1100/22MN type machines were successively manufactured. Tab. 1 shows the technical data of these machines.



Rys. 1. Pierwsza kowarka SMX 180/3 MN w Niemczech (1993) [5]

Fig. 1. The first SMX 180/3MN forging machine in Germany (1993) [5]

Tab. 1. Parametry techniczne kowarek SMX z napędem hydraulicznymi [4]

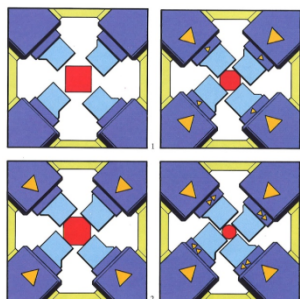
Tab. 1. Technical data of SMX radial forging machines with hydraulic drive [4]

Kowarka SMX SMX machine	Siła Force MN	Największa masa wlewka Max. ingot weight Mg	Największy skok narzędzi Max. tool stroke mm	Największy wymiar wsadu Max. initial round pass mm	Najmniejszy wymiar odkuwki Smallest forging diameter mm	Największa dłu- gość odkuwki Max. length of forging mm	Liczba skoków Stroke rate 1/min
180/3	3	1	85	200	40	6	300
650/15	12	6	220	650	80	14	240

Kowarka SMX SMX machine	Siła Force MN	Największa masa wlewka Max. ingot weight Mg	Największy skok narzędzi Max. tool stroke mm	Największy wymiar wsadu Max. initial round pass mm	Najmniejszy wymiar odkuwki Smallest forging diameter mm	Największa dłu- gość odkuwki Max. length of forging mm	Liczba skoków Stroke rate 1/min
800/18	18	8	280	800	100	18	220
1100/22	22	10	400	1100	120	18	200

Zintegrowane pozycjonowanie narzędzi kowarki RUMX (rys. 2) pozwala zrealizować proces kucia bez konieczności czasochłonnej ich wymiany. Kotlinę odkształcenia kowarki SMX stanowi przestrzeń utworzona przez cztery kowadła zamocowane do tłoków umieszczonych w cylindrach odlanej ramy. Cztery kowadła przemieszczane są w sposób zsynchronizowany w kierunku osi i odkształcają materiał. Wymiary kotliny odkształcenia zależą od wywieranej siły odkształcania i położeniem kowadeł. Główną zaletą kucia w kowarce promieniowej jest ograniczenie płynięcia przez cztery kowadła, co powoduje płynięcie materiału w kierunku osiowym. Do kucia z zastosowaniem największej kowarki SMX1100/22MN można stosować wsad o średnicy do 1100 mm i przekuć materiał na średnicę do 120 mm.

*Integral positioning of the dies for forging using a RUMX machine is shown in Fig. 2. This design enables forming process to take place without retooling time. The deformation zone is formed by four dies fixed to the working pistons installed in the cylinder cast frame. The pistons move synchronously with the dies to the press centre and shape the ingot. The dimension of the forging gap depend on the force and the dies' position. The main advantage of radial forging machines is that the workpiece is enclosed by four forging dies and is therefore only able to yield axially. The maximal initial round pass is 1100 mm for SMX1100/22MN machine and, after forging, the smallest finished round product is 120 mm.*



Rys. 2. Pozycjonowanie narzędzi w kowarce RUMX podczas kucia pręta ze wsadu o przekroju kwadratowym na wyrób o przekroju okrągłym [5]

Fig. 2. Positioning dies during forging an initial square bar into a round bar on a RUMX machine [5]

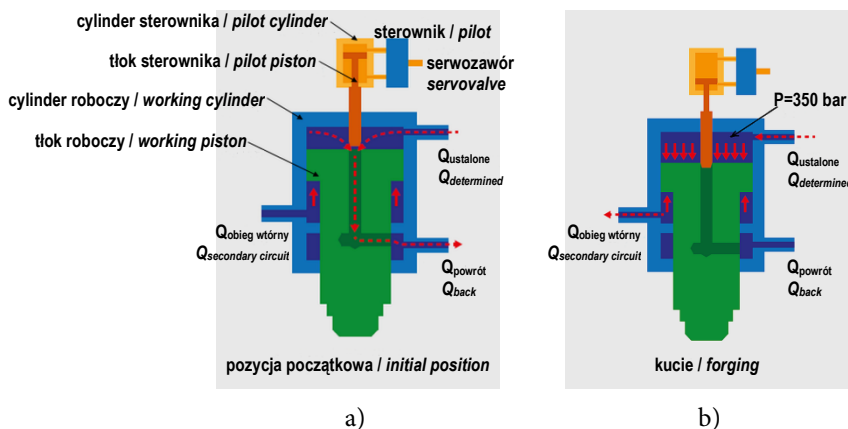
Aby zwiększyć wydajność kowarki RUMX, opracowano nowy napęd układu hydraulicznego (rys. 3). Zastosowane rozwiązanie konstrukcyjne różni się od napędu pras hydraulicznych do kucia. Idea rozwiązania tego napędu hydraulicznego sprowadza się do rozwiązania problemu, jak małą masę przyspieszać i jak sterować dużą masą. Głównymi elementami układu hydraulicznego są sterownik oraz cylinder roboczy. Położenie tłoka sterownika ustala pracę tłoka roboczego, tj. skok i ruch powrotny oraz

*To obtain higher RUMX machine productivity, a new hydraulic drive system was developed (Fig. 3), different from the hydraulic forging press. The problem to be solved concerned how to accelerate a small mass and how to control a big mass. The main components of hydraulic system are the pilot cylinder and the working cylinder. The position of the control piston determines the action of the working piston. The steering parameters are: forging rate, stroke and return movement. The high-pressure oil flows from*



wielkość odkształcenia. Olej o dużym ciśnieniu podawany jest ze stacji zasilania do cylindra roboczego, powodując przemieszczanie tłoka roboczego w dół. Podczas ruchu powrotnego tłok roboczy przemieszcza się w wyniku retrakcji, a płynący olej przez wewnętrzne przewody chłodzi trzon tłoka i narzędzie. Podczas przepływu oleju następuje zmniejszenie wibracji przy małych skokach, w wyniku zmniejszenia objętości podawanego medium. Układ sterowania umożliwia uzyskanie do 300 skoków/minutę.

the pumps through the pipes and then into working cylinder, which performs the stroke movement in the press direction. During the return stroke movement, the working piston is moved by retraction accumulators, while the oil flows through the internal valve and cools the cylinder shaft and tools. This uniform flow of oil results in low-vibration operation with small compression volume up to 300 strokes/min.



Rys. 3. Ustawienie tłoka sterownika i tłoka roboczego w pozycji: a – początkowej, b – podczas kucia [4]

Fig. 3. Piston position of servo-controlled pilot cylinder and working piston : a – initial position, b – during forging [4]

Ruch tłoka o bardzo małej masie w cylindrze sterownika jest regulowany serwowaworami. Jak długo między tłokiem sterownika i tłokiem roboczym znajduje się szczelina (rys. 3a), tak długo wpływa medium z pompy głównej ( $Q_{ustalone}$ ) przez tłok z powrotem do głównego zbiornika ( $Q_{powrot}$ ). Równocześnie działa stałe ciśnienie ( $Q_{obieg\ wtórny}$ ) na powierzchni pierścienia tłoka i utrzymuje go w pozycji wyjściowej. W tym stanie układ znajduje się w równowadze. Jeżeli szczelina zostanie zamknięta przez ruch tłoka sterownika (rys. 3b), medium napędowe nie może płynąć przez tłok do głównego cylindra, a wywierane ciśnienie na jego powierzchni wytwarza ostateczną wielkość siły kucia. Wraz z przemieszczeniem tłoka sterownika ustalone są: położenie tłoka roboczego, prędkość kucia i ruch powrotny tłoka. Po osiągnięciu określonego położenia tłoka następuje jego powrotny ruch, w wyniku działania ciśnienia oleju na pierścieniową powierzchnię. Na rys. 4 pokazano tłok największej aktualnie

Movement of the piston with the small mass in the pilot cylinder is controlled by servo valves. When a gap appears between the pilot piston and working piston (Fig. 3a), oil flows from the coolant pump ( $Q_{determined}$ ) through the working piston, back to the main container ( $Q_{back}$ ). Concurrently the constant pressure ( $Q_{secondary\ circuit}$ ) is applied to the surface of working piston ring and retains it in the start position, thus the system is in equilibrium. When the pilot piston closes the gap, (Fig. 3b), the oil cannot flow through the working piston to the main container and the resultant pressure on the surface of the working piston generates the total forging force. Concurrently with the pilot piston displacement, the position of the working piston, its speed and return movement are determined. Return of the working piston to start position results from the oil pressure on the working piston ring. Fig. 4 shows the working piston of the, biggest in the world, SMX machine with the hydraulic drive which, with the forging force of

w świecie kowarki hydraulicznej typ SMX o sile kucia wynoszącej 22 MN do kucia wyrobów ze wsadu o średnicy 1100 mm.

22 MN, forges a product with 1100mm initial ingot diameter.



Rys. 4. Tłok roboczy kowarki SMX/22 MN [4]

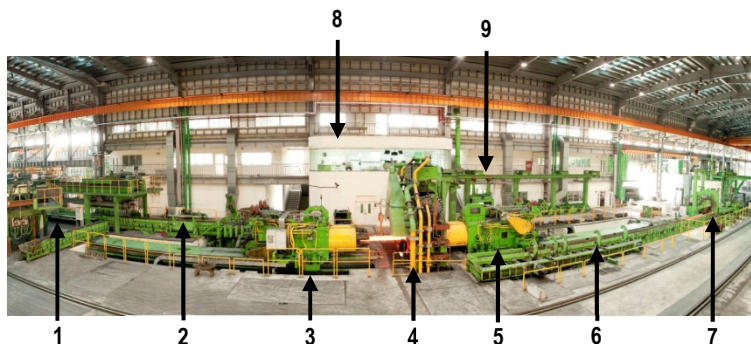
Fig. 4. Working piston of SMX1100/22MN forging machine [4]

Zaletami kowarek z napędem hydraulicznym są: duża prędkość kucia, duża liczba skoków do 300 1/min przy zastosowaniu dużego posuwu oraz bezwibracyjna praca hydrauliki, mała liczba elementów do wymiany, krótki czas przebudowy, małe tarcie, funkcja chłodzenie oleju w cylindrze. W porównaniu do pras hydraulicznych do kucia swobodnego wydajność tych kowarek jest 4-, 5-krotnie większa.

Linia kuźnicza kowarki (rys. 5) składa się z: pieca do nagrzewania wsadu, kowarki SMX, dwóch zautomatyzowanych manipulatorów, urządzenia podającego i odbierającego, urządzenia transportowego oraz do cięcia na gorąco i maszyny do znakowania. W linii tej znajdują się urządzenia do wymiany narzędzi oraz zasilania hydraulicznego i elektrycznego.

Benefits of machines with the hydraulic drive system are: high productivity, energy – efficiency, thanks to fast forging, up to strokes 300 l/min, variable positioning of the tools, vibration – free operation, low noise level, short retooling times, low wear and low-maintenance design, oil cooling in the cylinder. The productivity is up to 4-5 time higher when compared to processing on hydraulic forging presses.

A plant configuration (Fig. 5) comprises: heating furnace, SMX radial forging machine, two fully synchronised manipulators, loading, unloading and transport facilities, cutting and marking machine, tool changing facility, hydraulics and electrics.



Rys. 5. Linia kowarki SMX600/12MN w S-Tech Tajwan [4]: 1 – piec z obrotowym trzonem, 2 – rolki podające, 3 – manipulator załadowniczy, 4 – kowarka z napędem hydraulicznym, 5 – manipulator odbierający, 6 – rolki odbierające, 7 – cięcie i znakowanie, 8 – kabina sterownicza, 9 – urządzenie do wymiany narzędzi

Fig.5. Forging line SMX600/12MN forging machine in S-Tech Tajwan [4]: 1 – heating rotary furnace, 2 – loading roller, 3 – loading manipulator, 4 – SMX600/12MN forging machine, 5 – unloading manipulator, 6 – unloading roller, 7 – cutting and marking machine, 8 – steering cab, 9 – tool changing facility

Kowarka wyposażona jest w pakiet technologicznego ComForge® z bazą danych materiałowych (np. krzywe płynięcia) dla ponad 400 materiałów. Takie linie technologiczne oferowane są z instalacją pod klucz, na życzenie odbiorcy. Użytkownikowi przygotowana jest szeroka baza potrzebna do opracowania procesu technologicznego, gwarantującego uzyskanie wyrobu bez wad. Pakiet technologiczny ComForge® SMS group ułatwia obliczenie i przygotowanie najkorzystniejszego programu kucia wyrobu.

W 2011 roku Carpenter Technology z USA zakupiła największą na świecie kowarkę z napędem hydraulicznym SMX1100/22 MN (rys. 6). Rozwarcie kowadeł wynosi 1100 mm, a siła nacisku każdego kowadła 22 MN. Kowarka ta przeznaczona jest do kucia przede wszystkim stopów na bazie niklu i tytanu, jak również wysokostopowych materiałów dla przemysłu transportowego, chemicznego i budowy maszyn.

*The wide technological basis to work out technology with guarantee of the products' quality is prepared by ComForge®. ComForge® technology package, with data for over 400 (include flow curve) materials, is required for calculating relevant forming schedules. This program makes it easy to calculate parameters and work out the optimal forging process. An user interface allows the desired parameters to be input: geometry of the initial and final dimensions, material quality of the forging, tool and machine parameters, forming and heating parameters.*

*In 2011 the Carpertner Technology US bought the biggest SMX1100/22 MN machine with the hydraulic drive (Fig. 6). The machine has 1100 mm maximal tool opening and 22 MN forging force of the dies. This machine is for forging nickel and titanium alloys and highly alloyed materials for transport, chemical and machinery industries.*



Rys. 6. Kucie pierwszej odkuwki w postaci pręta na kowarce SMX 1100/22MN [4]

Fig. 6. Forging of the first bar on SMX1100/22MN forming machine [4]

### 3. MATERIAŁ WSADOWY I WYROBY KUTE NA KOWARCE

Do najczęściej stosowanego wsadu do kucia na kowarce typ SMX z napędem hydraulicznym należą: konwencjonalne wlewki, wlewki COS, wlewki przetapiane elektrożuźlowo oraz kęsy wstępnie przekute.

Prawie wszystkie wyroby kute są się z jednego nagrzewania wsadu. Podczas przekuwania wyrobów o zmiennym przekroju konieczne jest dogrzewanie materiału i wymagana jest zmiana narzędzi. Do wytwarzania grubościennych rur stosuje się wsad dziurowany (rys. 7). Do najczęs-

### 3. INITIAL CHARGE AND PRODUCTS FORGED ON A ROTARY FORGING MACHINE

*Most common initial materials for forging on SMX type machines with hydraulic drive are: ingot, continuously cast ingot, remelted ingot and forged or rolled bars.*

*A large majority of the forging products are manufactured from one heat of initial material. For long forging products with variable cross-sections reheating is needed and also retooling. For manufacturing thick-walled tubes a piercing die is used (Fig. 7). Most often round, square*

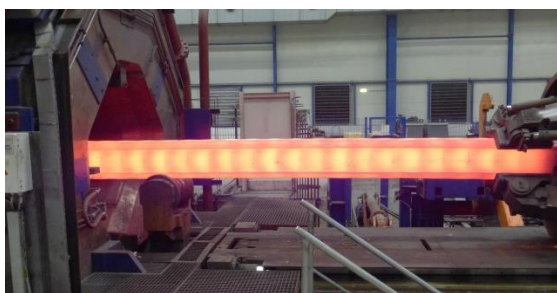


ciej wykonywanych wyrobów należą profile o przekroju kwadratowym (rys. 8b), wały i osie rys. 9. Wyroby przedstawione na rys. 8b o przekroju 480x360 mm wykonane są z wlewka o masie 8 Mg. Gładką powierzchnię i ostre krawędzie odkuwki (rys. 8b) otrzymano po kuciu, bez dodatkowej obróbki mechanicznej.

(Fig. 8b) shafts and rail axles (Fig. 9) are manufactured. The 480x360 mm bars on Fig. 8b were produced from 8 Mg ingot. Smooth surface and sharp edges (Fig. 8b) were produced by forging, without additional machining.



Rys. 7. Rura wsadowa do kucia rur grubościennych na kowarce SMX 800/18 MN w Vitkovicie – Czechy [6]  
Fig. 7. Initial tube for forming thick-walled tubes on SMX800/18MN forging machine in Vitkovice in Czechia [6]



Rys. 8. Kucie pręta o przekroju kwadratowym na kowarce SMX 800/18 MN w Vitkovicie – Czechy (a) i wykonane odkuwki (b) [6]  
Fig 8. The square bar forged on SMX machine in Vitkovice, Czechia (a) and final forgings (b) [6]



Rys. 9. Wyroby kute na kowarce SMX : a – podwójnie kute osie kolejowe, b – rury grubościenne [4]  
Fig. 9. SMX products: a – dual forged rail axles, b – thick-walled tubes [4]

Kowarka jest urządzeniem uniwersalnym, umożliwiającym wytwarzanie wyrobów seryjnych o dużej powtarzalności wymiarów. Z ogółu istniejących linii z kowarką SMX, trzy linie wyposażone są w trzeci manipulator. Z zastosowaniem tego urządzenia wykonuje się grubo-

Radial forging machines are universal – manufacturing individual and series forgings, with repeatable dimensions. In all plants with SMX forging machines, only three have a third manipulator to manufacture tubes. The thick-walled initial tubes are in the range 27 to 125 mm

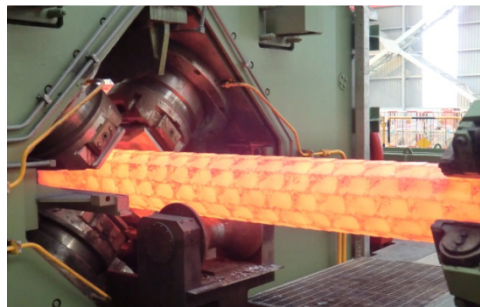


ścienne rury w szerokim zakresie grubości ścianki od 27 do 125 mm i średnicy od 150 do 500 mm. Problemy, które występują podczas walcowania wsadu do wytwarzania rur bez szwu nie występują podczas kucia tego typu wyrobów w hydraulicznej kowarce SMX. SMS jest aktualnie jedynym w świecie dostawcą, który oferuje rozwiązania techniczne w zakresie wytwarzania grubościennych rur na kowarce.

W konwencjonalnie odlewanych wlewkach występuje jama usadowa, a w jego części środkowej mogą występować pustki. Realizacja kucia w kowarkach o napędzie hydraulicznym, według opracowanego przez SMS group programu, pozwala zamknąć nieciągłości materiałowe. W tej strategii stosuje się, podobnie jak podczas kucia na prasach hydraulicznych, duży posuw materiału i obrót po przejściu, ale nie po pojedynczym odkształceniu. Na rys. 10 pokazano kucie ośmiokąta ze wsadu o średnicy 830 mm na końcowy wymiar 520 mm w sześciu przejściach. W każdym przejściu realizowano posuw manipulatora wynoszący 260 mm. Otrzymano pozytywny wynik kucia dla tego przypadku, a zastosowaną strategię wprowadzono do kucia innych wyrobów.

*wall thickness and 150 to 500 mm outer diameter. Problems which occur in rolling tube stock to manufacture seamless tubes do not appear when forging on SMX hydraulic forging machines. SMS is thy sole manufacturer in world to offer technical solutions with hydraulic forging machines to manufacture thick-walled tubes.*

*In conventionally cast ingot head there is a contraction cavity and in the centre a hole can be present there. Deformation/processing by radial forging with hydraulic drive using the SMS group program enables closing of such material holes. In this strategy, as in forging on a hydraulic press, processing is with a large feed and turning after the transition, but not after a single deformation. Fig. 10 shows forming of an octagonally shaped forging from initial material of 830 mm diameter to final 520 mm in six passes. Each pass was with 260 mm manipulator advance. This was successful and this forging strategy was adapted to processing other forgings.*



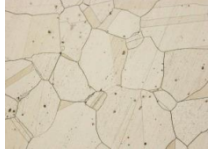
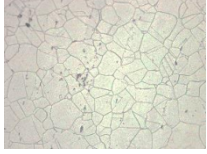




Rys. 10. Kucie pręta o przekroju ośmiokąta z wlewka COS o średnicy 600 mm na kowarce SMX 650/13 MN w Xinxing Pipe Chiny [5]

Fig. 10. Forming of octagon bar from 600 mm diameter continuously cast ingot on SMX650/13 MN forging machine at Xinxing Pipe China [5]

Kucie z zastosowaniem kowarek umożliwia wytworzenie wyrobów o drobniejszym ziarnie w porównaniu do wytwarzanych na prasach hydraulicznych. Na rys. 11 przedstawiono porównanie mikrostruktury pręta ze stali nierdzewnej 1.4306 wykonanego na prasie hydraulicznej i w kowarce z takim samym stopniem przerobu. Otrzymuje się znacznie drobniejsze ziarno w materiale kutym w kowarce.

*The products obtained by radial forging machine with a hydraulic drive have smaller grain sizes than those after forging on hydraulic presses. Fig. 11 shows microstructure of 1.4308 stainless steel bar forged with the same forging ratio on a hydraulic press and a RUMX machine. The finer grain appear in the radially forged material.*

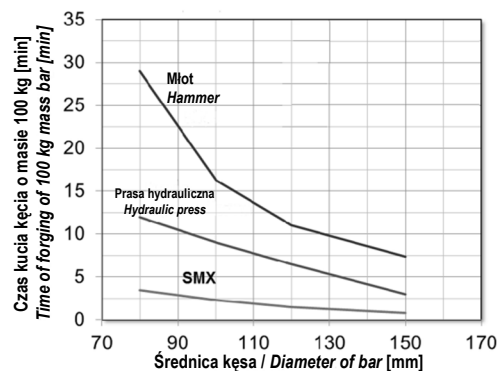
Kucie na prasie hydraulicznej / <i>Forming on a hydraulic press</i>	Kucie na kowarce RUMX / <i>Forging on a RUMX machine</i>
Miejsce obserwacji: w osi / <i>Site observation: in axis</i>	
	
Wielkość ziarna w skali ASTM 3/ <i>ASTM grain size 3</i>	Wielkość ziarna w skali ASTM 5-6/ <i>ASTM grain size 5-6</i>
Miejsce obserwacji: w połowie promienia / <i>Site observation: at half radius</i>	
	
Wielkość ziarna w skali ASTM 2-3/ <i>ASTM grain size 2-3</i>	Wielkość ziarna w skali ASTM 5/ <i>ASTM grain size 5</i>
Miejsce obserwacji: przy powierzchni / <i>Site observation: near outer surface</i>	
	
Wielkość ziarna w skali ASTM 0-2/ <i>ASTM grain size 0-2</i>	Wielkość ziarna w skali ASTM 5-6 / <i>ASTM grain size 5-6</i>

Rys. 11. Mikrostruktura i wielkość ziarna na przekroju poprzecznym odkuwki pręta okrągłego ze stali nierdzewnej 1.4306 wykonanej na prasie hydraulicznej i w kowarce RUMX [5]

*Fig. 11. Microstructure and grain size on cross-sections of the round bar from 1.4308 stainless steel forged on a hydraulic press and a RUMX forging machine [5]*

W porównaniu do kucia swobodnego na młotach czy prasach hydraulicznych, kucie z zastosowaniem kowarki SMS jest bardziej efektywne i pozwala na zmniejszenie pracochłonności procesu. Na rys. 12 zestawiono pracochłonność kucia kęsów okrągłych dla stosowanych maszyn do kucia swobodnego, a w tab. 2 podano zmniejszenie pracochłonności przez zastosowanie kowarki do wykonania tego asortymentu odkuwek.

*Processing on a SMX forging machine is more effective and enables a decrease of the time consumed in comparison with forging on hammer or hydraulic press. Fig. 12 shows the time reduction by forming 100 kg mass round bar on the hammer, hydraulic press and radial forging machine, and in Tab. 2 are time consumed to perform this type of forgings.*



Rys. 12. Porównanie czasu kucia na młocie, prasie hydraulicznej i kowarce SMX kęsa okrągłego o masie 100kg dla uzyskania wymaganej końcowej średnicy wyrobu [7]

*Fig. 12. Comparison of time vs finish diameter of 100 kg mass bar forged on hammer, hydraulic press and SMX forging machine [7]*

Tab. 2. Porównanie czasu kucia kęsów o przekroju okrągłym na młocie, prasie hydraulicznej i w kowarce SMS [7]

Tab. 2. Time consumed in forging round bar on hammer, hydraulic press and SMS forging machine [7]

Czas trwania procesu kucia [min] <i>Forging time [min]</i>				Skrócenie czasu kucia w stosunku do kucia na młocie [min] <i>Time shortening in relation to forging on hammer [min]</i>	
$\phi$ kęsa $\phi$ bar	Młot <i>Hammer</i>	Prasa hydrauliczna <i>Hydraulic press</i>	Kowarka SMS <i>SMS machine</i>	Prasa hydrauliczna <i>Hydraulic press</i>	Kowarka SMS <i>SMS machine</i>
80	29	12	3,5	17	25,5
100	16,3	9	2,3	7,3	14
120	11	6,5	1,5	4,5	9,5
150	7,4	3	0,8	4,4	6,6

#### 4. PODSUMOWANIE

Rozwój kowarek hydraulicznych dokonuje się w kierunku zmniejszenia energochłonności eksploatacji oraz przez wprowadzenie automatyzacji procesu kucia, co ważne jest przy wzrastających kosztach energii. Wprowadza się rozwiązania konstrukcyjne, które zmniejszają pobór mocy bez zmniejszenia wydajności produkcji. Pakiet technologiczny ComForge® SMS ułatwia opracowanie technologii i przygotowanie najkorzystniejszego programu kucia wyrobu.

Kowarka o napędzie hydraulicznym pracuje ciszej niż kowarki o napędzie mechanicznym i jest bardziej wydajna. Ze względu na automatyzację procesu kucia wytwarzane odkuwki mają powtarzalne wymiary z zawężonymi tolerancjami wykonania oraz charakteryzują się korzystną mikrostrukturą o drobnym ziarnie.

#### LITERATURA

- [1] Lipski T. 1979. *Kucie na kowarkach*. Warszawa: WNT.
- [2] Grosman F., Pustówka E. 1977. „Kowarki w przetwórstwie hutniczym”. *Wiadomości Hutnicze* 33 (8–9): 291–298.
- [3] www.glyne.com [14.07.2016].
- [4] SMS Radial Forming Maschine. SMS Group GmbH.
- [5] Materiały firmowe SMS – Meer.
- [6] Nieschwietz P., F. Knauf. 2013. “State-of-the-art technology in Radial Forging of SMS Meer”. W mat. konf. Advanced technology in forging machines. Tokyo, October, 2-4, 2013.
- [7] Holl A. 2013. „SMS 4-Die Forging Device”. W mat. konf. Forging-Conference Vitkovice. Vitkovice, Czech Republic, June 24-26, 2013.

#### 4. CONCLUSION

Development of hydraulic forging machines is aimed at energy consumption decrease and automation of the forming processes, which is important with the increase in energy costs. Structural solutions which reduce power consumption without reducing the efficiency of manufacture are being implemented. The technology and preparing the most beneficial program of processing the product are facilitated by the technological ComForge® SMS package.

The radial forging machine with a hydraulic drive operates with less noise than mechanically driven machines and is more efficient. By automating the forming process, the forgings have repeatable sizes and narrower final tolerances and are characterized by finer, uniform grain sizes.

#### REFERENCES

- [1] Lipski T. 1979. *Kucie na kowarkach*. Warszawa: WNT.
- [2] Grosman F., Pustówka E. 1977. „Kowarki w przetwórstwie hutniczym”. *Wiadomości Hutnicze* 33 (8–9): 291–298.
- [3] www.glyne.com [14.07.2016].
- [4] SMS Radial Forming Maschine. SMS Group GmbH.
- [5] Materiały firmowe SMS – Meer.
- [6] Nieschwietz P., F. Knauf. 2013. “State-of-the-art technology in Radial Forging of SMS Meer”. In conf. proc. of Advanced technology in forging machines. Tokyo, October, 2-4, 2013.
- [7] Holl A. 2013. “SMS 4-Die Forging Device”. In conf. proc. of Forging-Conference Vitkovice. Vitkovice, Czech Republic, June 24-26, 2013.



