

Mgr inż. RYSZARD JASTRZĘBSKI
Hutnicze Przedsiębiorstwo Remontowe — Kraków

UKD 669.162.2.004.67:65.011.56

Robotyzacja i automatyzacja remontu kapitalnego wielkiego pieca*

Charakterystyka dotychczasowych metod remontów wielkich pieców ze szczególnym uwzględnieniem prac spawalniczych. Koncepcje usprawnień i robotyzacji prac spawalniczych w remontach wielkich pieców.

1. **Wprowadzenie.** Jednym ze sposobów poprawy opłacalności eksploatacji wielkich pieców jest obniżenie kosztów ich remontów przez automatyzację i robotyzację. Wśród fachowców i praktyków panuje opinia, że warunki i metody stosowane w remoncie kapitalnym wielkiego pieca nie pozwalają na zastosowanie prostej automatyzacji nie mówiąc już o robotyzacji. W niniejszym artykule autor opisuje zaproponowane przez siebie urządzenie dźwigowe do przemieszczania robotów przemysłowych, dzięki któremu stosowanie robotów w remoncie kapitalnym wielkiego pieca jest możliwe i celowe.

2. **Wady dotychczasowej technologii remontu kapitalnego wielkiego pieca.** W literaturze [1] omówiono znane i stosowane w Polsce sposoby mechanizacji remontu kapitalnego wielkiego pieca. Dotychczas mechanizowano prace ciężkie przez stosowanie dźwigów, koparki „Gradal”, specjalnych urządzeń dźwigowych i automatów spawalniczych do spawania drutem prozkowym firmy Arkos.

Większość wielkich pieców została w ramach remontów przebudowana i powiększona, a obecnie w czasie remontów kapitalnych nie buduje się wielkiego pieca od podstaw lecz wymienia tylko zużyte części pancierza (wskutek pęknięć, pofalowań, korozji), wymurówkę, chłodnicę, część aparatury wodnej i pomiarowej. Pozostałe urządzenia są regenerowane i naprawiane. Przy takim sposobie remontu zastosowanie zaproponowanych w pracy [1] metod modernizacji remontu kapitalnego jest problematyczne. Montaż automatów spawalniczych przy małym zakresie remontu (takich jest coraz więcej) jest tak pracochłonny, że szybsze jest spawanie ręczne, a zastosowanie dużych dźwigów samojazdnych ograniczają istniejące konstrukcje stalowe. Potwierdza tę tezę przebieg ostatnio prowadzonych remontów kapitalnych wielkich pieców w Hucie im. Lenina.

O ilości prac wykonywanych ręcznie świadczy liczba osób zatrudnionych w remoncie kapitalnym, która przy zastosowaniu wszystkich metod mechanizacji wynosiła do tysiąca osób. Ogromna liczba pracowników zatrudnionych na obiekcie wielkiego pieca, jednoczesna praca na wszystkich poziomach wielkiego pieca może być przyczyną poparzeń ciekłym metalem oraz żużłem ze spawania i cięcia termicznego, nświetlenia oczu łukiem elektrycznym, bólu głowy związanego z ogromnym hałasem (czyszczenie pancierza przez młotkowanie, hałas wywołany procesami spawalniczymi), dużej ilości kurzu itd. O warunkach panujących w czasie remontów kapitalnych świadczy liczba wypadków śmiertelnych. Ponieważ szybkość prac we wnętrzu wielkiego pieca decyduje o szybkości wykonania remontu, te prace należy w pierwszym rzędzie zautomatyzować i maksymalnie zminimalizować liczbę zatrudnionych pracowników. Należy też zmniejszyć liczbę urządzeń przez zastosowanie urządzeń uniwersalnych, a przez to skrócić czas i środki użyte do ich montażu. Trzeba zwrócić uwagę na jakość wykonywanych prac, a szczególnie ich dokładność, która przy pracy ręcznej nie

jest najlepsza i może powodować wiele uszkodzeń (pęknięcia pancierza wywołane wprowadzeniem nadmiernych naprężeń spawalniczych).

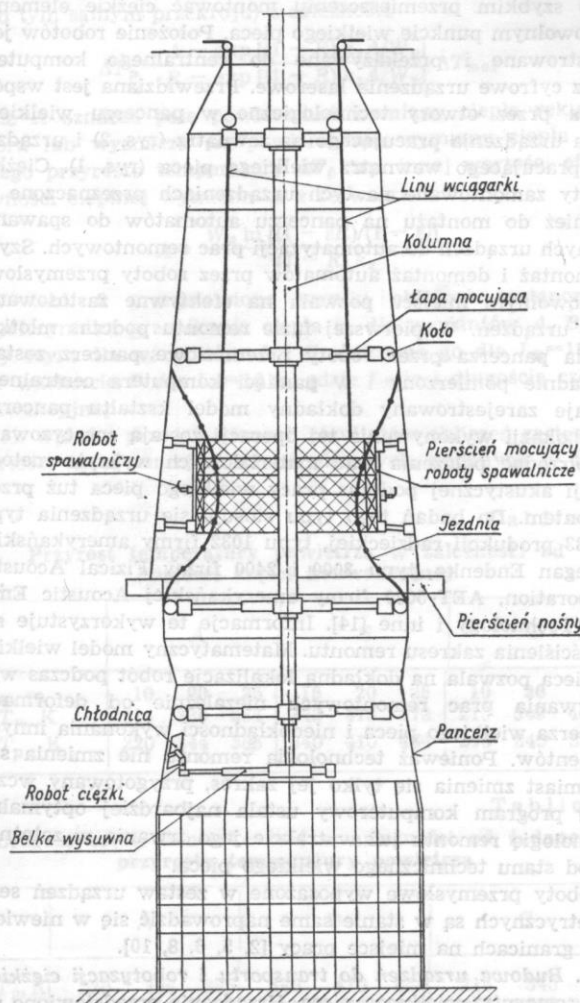
3. **Ogólna koncepcja robotyzacji remontu kapitalnego wielkiego pieca.** Proponowany sposób robotyzacji polega na wyeliminowaniu drobnych urządzeń dźwigowych stosowanych na każdym remoncie [1] i zastąpienia ich dwoma uniwersalnymi urządzeniami dźwigowymi zapewniającymi bardzo szybkie przemieszczanie windy w dowolne miejsce wielkiego pieca (rys. 1, 2). Przedstawione na rys. 1 urządzenie dźwigowe pracuje w wielkim piecu i jest tak skonstruowane, że czas jego montażu nie przekracza dwóch godzin. Urządzenie przedstawione na rys. 2 może być montowane przed zakończeniem kampanii pracy wielkiego pieca. Zamontowane na tych urządzeniach roboty przemysłowe mogą chwycić i po szybkim przemieszczeniu montować ciężkie elementy w dowolnym punkcie wielkiego pieca. Położenie robotów jest rejestrowane i przekazywane do centralnego komputera przez cyfrowe urządzenia laserowe. Przewidziana jest współpraca przez otwory technologiczne w pancierzu wielkiego pieca urządzenia pracującego na zewnątrz (rys. 2) i urządzenia pracującego wewnątrz wielkiego pieca (rys. 1). Ciężkie roboty zamontowane na tych urządzeniach przeznaczone są również do montażu na pancierzu automatów do spawania i innych urządzeń do automatyzacji prac remontowych. Szybki montaż i demontaż automatów przez roboty przemysłowe w dowolnym miejscu pozwala na efektywne zastosowanie tych urządzeń. W pierwszej fazie remontu podczas młotkowania pancierza przez roboty przemysłowe pancierz zostaje dokładnie pomierzony i w pamięci komputera centralnego zostaje zarejestrowany dokładny model kształtu pancierza. Przy okazji wykonywania tej operacji zostają sprecyzowane współrzędne położenia wad materiałowych wykryte metodą emisji akustycznej podczas pracy wielkiego pieca tuż przed remontem. Do badań tego typu stosuje się urządzenia typu AF-33 produkcji radzieckiej, typu 1032 firmy amerykańskiej Donegan Enderko, typu 3000 i 2400 firmy Fizikal Acoustic Corporation, AET-5000 firmy amerykańskiej Acoustic Emission Technology i inne [14]. Informacje te wykorzystuje się do uściślenia zakresu remontu. Matematyczny model wielkiego pieca pozwala na dokładną lokalizację robót podczas wykonywania prac remontowych niezależnie od deformacji pancierza wielkiego pieca i niedokładności wykonania innych elementów. Ponieważ technologia remontu nie zmienia się, natomiast zmienia się tylko jej zakres, przygotowany wcześniej program komputerowy ustala najbardziej optymalną technologię remontu już w trakcie jego trwania w zależności od stanu technicznego wielkiego pieca.

Roboty przemysłowe wyposażone w zestaw urządzeń sensometrycznych są w stanie same naprowadzić się w niewielkich granicach na miejsce pracy [2, 5, 6, 8, 10].

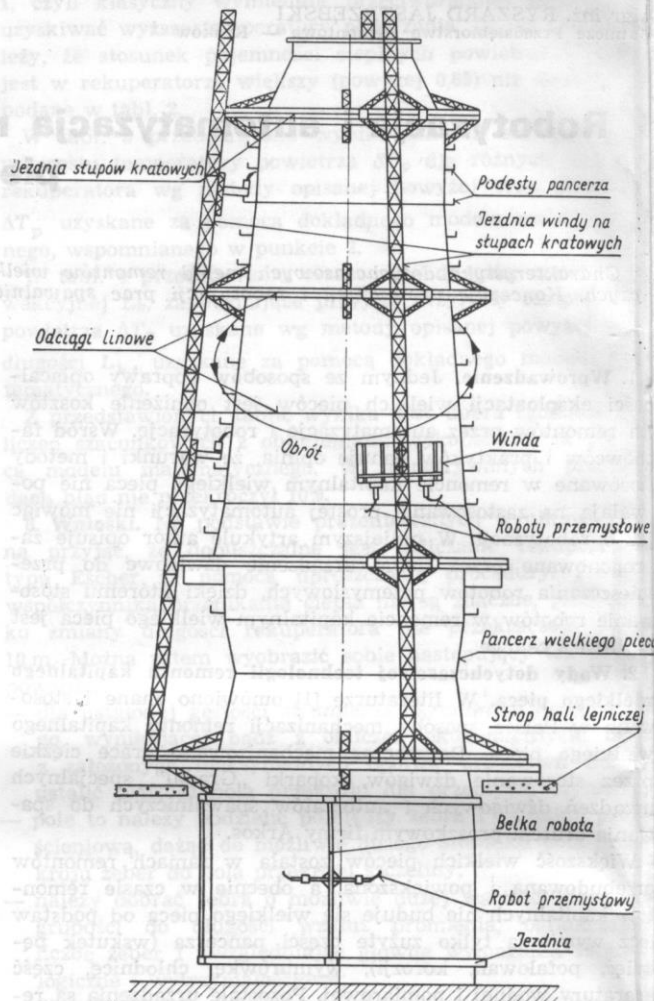
3.1. **Budowa urządzeń do transportu i robotyzacji ciężkich prac wewnątrz wielkiego pieca.** Urządzenie przedstawione na rys. 1 składa się z wysuwanej hydraulicznie kolumny umieszczonej w osi pieca i zawieszonyj podstawy na belce wózka montażowego (ramię dźwigu „Coles” odwrócone do góry pod-

* Od Redakcji. Przedstawiając koncepcję mgr. inż. R. Jastrzębskiego prosimy Czytelników o zabranie głosu w dyskusji nad robotyzacją remontów.

stawą). Przy końcu każdego członu rozsuwanej kolumny umieszczone są trzy wysuwane hydraulicznie łapy mocujące, zakończone parą chowanych kół pokrytych pełną gumą. Jedno służy do jazdy w pionie, drugie do przemieszczania łap mocujących po obwodzie pancera. Gdy kółka są wysunięte i kolumna się rozsuwa, kółka łap jeżdżąc po pancerzu przenoszą obciążenia poprzeczne. Gdy kolumna jest unieruchomiona kółka łap są schowane. Wtedy następuje centrowanie urządzenia względem promienia lasera poprowadzonego w osi kolumny. W dolnej części kolumny zamocowane jest obrotowo wysuwne ramię (koparka „Gradal” bez urządzenia jezdnego), na końcu którego zamocowane są ciężkie roboty o udźwigu kilku ton. Roboty zaopatrzone są w chwytaki hydrauliczne. Belka wysuwna (ramię) robotów zaopatrzona jest w urządzenie do pomiaru położenia i pomiaru kąta obrotu. W dolnej części kolumny ma zderzak o dużej powierzchni oparcia. Montaż urządzenia jest następujący: Zsunięte urządzenie podjeżdża na wagonie w pozycji stojącej pod wózek montażowy, następnie za pomocą wózka montażowego transportowane jest do osi wielkiego pieca. Po podłączeniu hydrauliki do pompy na podeście gardzielowym, oraz po podłączeniu mocy i sterowania operator z podestu gardzielowego kieruje rozsuwaniem kolumny do jej oparcia zderzakiem na dnie wielkiego pieca. Następnie wysuwa się łapy mocujące i po odłączeniu od wózka montażowego kolumna zostaje wysunięta do zamocowania na belce wózka montażowego. Wtedy sterowanie zostaje przełączone na komputer lub do kabiny na końcu kolumny. Wymijanie kolum-



Rys. 1. Urządzenia do zamocowania i szybkiego przemieszczania robotów przemysłowych wewnątrz wielkiego pieca podczas remontu kapitalnego



Rys. 2. Urządzenie do mocowania i szybkiego przemieszczania się robotów przemysłowych na zewnątrz wielkiego pieca podczas remontu kapitalnego

ny z pierścieniem mocującym roboty spawalnicze następuje za pomocą jezdni ruchomych.

3.2. Budowa pierścienia dla mocowania robotów spawalniczych. Pierścień mocujący roboty spawalnicze przedstawiono na rys. 1. Pierścień ma budowę kratową i jest mocowany do pancera za pomocą wysuwanych hydraulicznie łap mocujących. Na zewnętrznej części pierścienia umieszczone są prowadnice do przemieszczania się robotów spawalniczych w pionie i po obwodzie pancera. Roboty te po przebrojeniu mogą być wykorzystane do wykonywania wymurówki. Pierścień robotów spawalniczych (i do wykonywania wymurówki) podwieszony jest na linach podobnie jak urządzenie Grant GBE-200 [1].

3.3. Urządzenie do transportu i przemieszczania robotów na zewnątrz wielkiego pieca. Jak widać na rys. 2 karuzelowa konstrukcja tego urządzenia zbudowana jest z kratowych słupów (podobnych do wind budowlanych) jeżdżących dookoła wielkiego pieca po obiegających piec w kilku miejscach jezdniach. Słupy te są usztywnione cięgnami przechodzącymi przez zespół kół linowych i napinaczy tak, aby mogły poruszać się po obwodzie w pewnych granicach niezależnie od siebie. Po ruchomych kratowych słupach poruszają się windy z zamocowanymi na nich jezdniami i robotami przemysłowymi. Całość konstrukcji obiega wielki piec na zewnątrz konstrukcji nośnej wielkiego pieca i pomostów. W miarę jak wodna instalacja chłodząca jest odcinana zwiększa się swoboda ruchu tego urządzenia.

4. Szkic technologii zrobotyzowanego remontu kapitalnego wielkiego pieca. W czasie pracy wielkiego pieca montuje się urządzenie z robotami na zewnątrz wielkiego pieca. Po zatrzymaniu pracy wielkiego pieca i spuszczeniu metalu znajdującego się poniżej otworu spustowego (wilka) w czasie chłodzenia pieca przystępuje się do odcinania wodnej aparatury chłodzącej. Następnie roboty odpalają chłodnice i za pomocą specjalnych siłowników wypychają chłodnice z wymurówką do wnętrza wielkiego pieca. Po zdemontowaniu aparatu zasypowego, zamontowaniu urządzenia dźwigowego z robotami wewnątrz pieca i wycięciu otworów technologicznych roboty przemysłowe przystępują do usuwania wymurówki i chłodnic z pieca oraz do czyszczenia pancerza przez młotkowanie. Następnie montuje się płytę udarową i usuwa wilka. Możliwe jest też pocięcie wilka przez roboty po zastosowaniu cięcia strumieniem wody w połączeniu z metodą cięcia łukowego podawaną elektrodą topliwą z wypłukującym strumieniem wody jak w pracy [15]. Po usunięciu wilka roboty umocowane na kolumnie wycinają zużyty fragment dna, montują nowe blachy i spawają za pomocą automatów CO₂ i do cięcia termicznego. W tym samym czasie roboty zamontowane na pierścieniu wraz z robotami kolumny przystępują do wycinania zużytego pancerza, montowania i spawania. W spawaniu biorą również udział roboty przemysłowe umieszczone po zewnętrznej stronie pancerza wielkiego pieca. Następnie roboty przemysłowe kolumny przystępują do układania wymurówki i do układania na dnie bloków węglowych. W tym samym czasie wprowadza się do pieca drugi pierścień z robotami do układania wymurówki. Po wypawaniu pancerza i zamontowaniu chłodnic przez roboty przemysłowe kolumny, roboty spawalnicze przeobrażają się do układania wymurówki. Roboty kolumny pełnią funkcje transportowe. Przewiduje się zużycie jezdni, które zostaną przetopione (pozostają) w wielkim piecu. Roboty przemysłowe na zewnątrz pieca spawają łatki (lub kołpaki) oraz montują wodną aparaturę chłodzącą. Przewiduje się współpracę robotników kolumny z wózkiem montażowym oraz z robotami pierścienia i robotami pracującymi na zewnątrz pancerza poprzez otwory technologiczne w pancerzu. Zakładając, że przy remoncie kapitalnym pracuje 500 osób można tę samą pracę wykonać w czasie dwa razy krótszym pozostawiając 90 osób obsługi i serwisu, stosując 30 robotów. Robotyzację remontu kapitalnego należy wprowadzić w następujących etapach:

- na urządzeniu dźwigowym kolumny zamontować koparkę „Gradal” z chwytakiem hydraulicznym i operatorem oraz zastosować roboty przemysłowe do spawania wewnątrz pieca;
- zastąpić metodę „uczenia” robót spawalniczych przez układy automatycznego naprowadzania uchwytu (sensometryczne);
- zastosować roboty do układania wymurówki a koparkę zastąpić robotami ciężkimi, zastosować roboty pracujące na zewnątrz wielkiego pieca.

Do budowy systemu należy wykorzystać układ do analizy obrazu z kamery telewizyjnej [11, 12], urządzenia sensometryczne do naprowadzania uchwytu spawalniczego [3, 2, 6, 8] oraz inne czujniki stosowane w robotach przemysłowych [10]. Przy wykonywaniu aparatury należy wykorzystać modułowy system budowy mikrokomputerów opracowany w przemysłowym Instytucie Elektroniki w Warszawie [13]. Wskazane jest zlecenie zaprojektowania urządzeń specjalistom, którzy wykonywali podobne urządzenia nie koniecznie

do robotyzacji spawarki. Powinni to być specjaliści od tyristorowych napędów, specjaliści zajmujący się budową urządzeń dźwigowych, systemów komputerowych, koparek, mikrokomputerów do sterowania procesami technologicznymi.

5. Wnioski:

- prosty obrotowy kształt wielkiego pieca umożliwił zrobotyzowanie remontu kapitalnego wielkiego pieca.
- Po zrobotyzowaniu remont zostanie wykonany w czasie dwa razy krótszym przez 90 ludzi i mniej niż 30 robotów.
- Jeden robot przemysłowy dzięki zmianie technologii zastąpi dziesięciu pracowników.
- W Polsce dysponujemy specjalistami niezbędnymi do opracowania potrzebnej aparatury oraz będziemy produkować w najbliższym czasie odpowiednie urządzenia peryferyjne robotów przemysłowych. Jeden system robotów mógłby wykonać wszystkie remonty wielkich pieców w Polsce i część remontów w krajach sąsiednich.

Literatura

- Stokłosa J., Kowalski L.: Wiadomości Hutnicze 1978, nr 4, s. 125
- Szendzielorz N.: Przegląd Spawalnictwa 1986, nr 10, s. 5
- Szendzielorz N.: Przegląd Spawalnictwa 1986, nr 10—12, s. 14 i 21
- Strojewski Z.: Przegląd Spawalnictwa 1986, nr 10—12, s. 1
- Dokumentacja techniczno ruchowa robotów IRb-6 i IRb-60. Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów MERA PIAP, Warszawa 1983
- Przegląd Spawalnictwa 1986, nr 8, s. 1
- Wysoko rozwinięte systemy spawania. Konferencja Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa, Londyn 19—21 listopad 1985 r., organizator: The Welding Institute, Abington Hall, Cambridge United Kingdom (streszczenie). Przegląd Spawalnictwa 1986, nr 6
- Drews P.: The current state of development of sensors for gas-schielded welding. Schweissen und Schneiden 1984, nr 4, s. E57—E60
- Židenko G. L., Ponomarenko V. G.: Avtomatičeskaja Svarka 1984, nr 3, s. 29
- Niederliński A.: Roboty przemysłowe. Warszawa Wyd. Szkolne i Pedagog. 1981
- Kulpa Z., Dernałowicz J., Nowicki H. T., Bielik A.: CPO-2/K-202 a universal digital image analysis system. Zamieszczono w zbiorze Digital Image Processing Systems. Springer-verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1981
- Kulpa Z., Dernałowicz J.: System cyfrowej analizy obrazów CPO-2, Raport Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN, Warszawa 1978, tom 1 (publikacje wewn. Instytutu)
- Pieczera J., Rakowski M., Rosiński A. T.: Układ 8-bitowego mikroprocesora MCY 788 ON architektura i parametry. Elementy półprzewodnikowe i układy scalone — zastosowania układy cyfrowe 1984, nr 1, 5—16 (Przemysłowy Instytut Elektroniki Warszawa)
- Paton E. E., Nedoseka A. J.: Avtomatičeskaja svarka, 1982, nr 9, s. 1
- Jastrzębski R.: Przegląd Spawalnictwa 1987, nr 2, s. 15

Sprostowanie

W artykule Dra J. Mazurkiewicza zamieszczony w Hutniku nr 9/87 wkraśli się błędy, które niniejszym korygujemy: na str. 244 w 8 wierszu od góry powinno być NW, a nie NM; w drugim wierszu od dołu powinno być statystycznej a nie statycznej; w szóstym wierszu od dołu powinno być dla próbek P15 a nie dla próbek P10. Na rysunku 3 napis „naciąg powinien znaleźć się w miejscu napisu „przeciwniag” i odwrotnie.

Za wynikię błędy przepraszamy Autora i Czytelników

Redakcja