

Jan Wójcikowski, Ryszard Zdanowicz
Politechnika Śląska

BADANIA EKSPLOATACYJNE DOŚWIADCZALNEGO ZROBOTYZOWANEGO GNIAZDA SPAWALNICZEGO

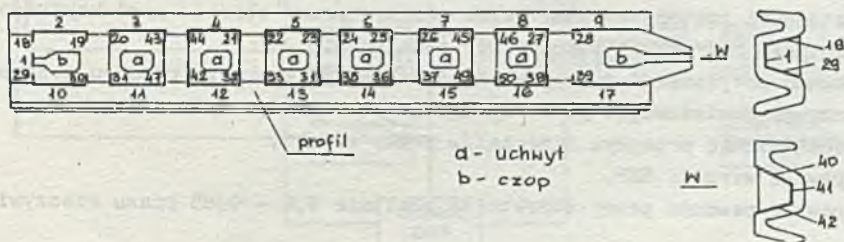
Streszczenie. Opisano projekt obiektu produkcyjnego w postaci zrobotyzowanego gniazda spawalniczego, identyfikację jego parametrów funkcjonalnych oraz postać modelu tego obiektu przyjętego dla badań laboratoryjnych mających na celu sprawdzenie wartości użytkowych obiektu. Podano ocenę wyników badań i wynikające z tego zalecenia dla projektantów obiektów produkcyjnych tej klasy.

1. Wstęp

W Rybnickiej Fabryce Maszyn w roku 1987 wykonywano rocznie około 50 tys belek bocznych rynien przenośników zgrzebłowych za pomocą bardzo pracochłonnego ręcznego spawania. Potrzeby górnictwa do roku 1990 wymagały zwiększenia tej produkcji o 100 %. Zdecydowano więc podjąć próbę zautomatyzowania produkcji przez zastosowanie robotów przemysłowych do prac spawalniczych [1].

2. Identyfikacja stanu obiektu produkcyjnego w roku 1987

Przedmiotem produkcji były belki boczne pokazane na rys. 1, tworzone z profilu E225 i przyspawanych do niego 6 uchwytów i 2 czopów.



Rys. 1. Przedmiot produkcji - belka boczna rynny

Fig. 1. The productive part - side beam garter

Masa belki wynosiła ok. 125 kg. Identyfikacja procesu produkcyjnego wykazała, że:

- spawanie elektryczne na dwóch samotokowych liniach wykonywało ręcznie 20 spawaczy wspomaganym przez 8 ślusarzy,
- produkcja prowadzona była na dwóch zmianach, okresowo także w soboty,
- roczna wydajność produkcji wynosiła ok. 51 tysięcy sztuk belek przy wyrobieniu normy 150 %,
- przepływ materiałów produkcyjnych na obu liniach wynosił ponad 5000 ton stali na rok,
- warunki BHP były ciężkie, co powodowało liczne zwolnienia chorobowe przede wszystkim spawaczy,
- obserwowano spadkową tendencję wyrobienia normy, jak również ubywanie kadry spawaczy.

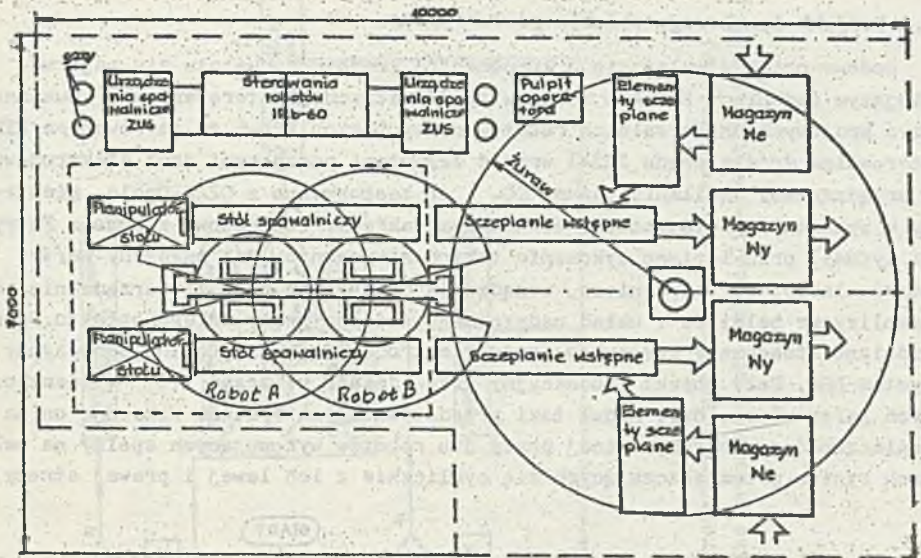
Identyfikacja procesu technologicznego spawania wykazała zaś, że na belce (patrz rys. 1) w ciągu 15 minut wykonywano ręcznie 42 spoiny w osłonie CO_2 przy trzech ustawieniach belki. Spawano z reguły prądem 200 A [2].

5. Założenia i projekt obiektu produkcyjnego docelowego

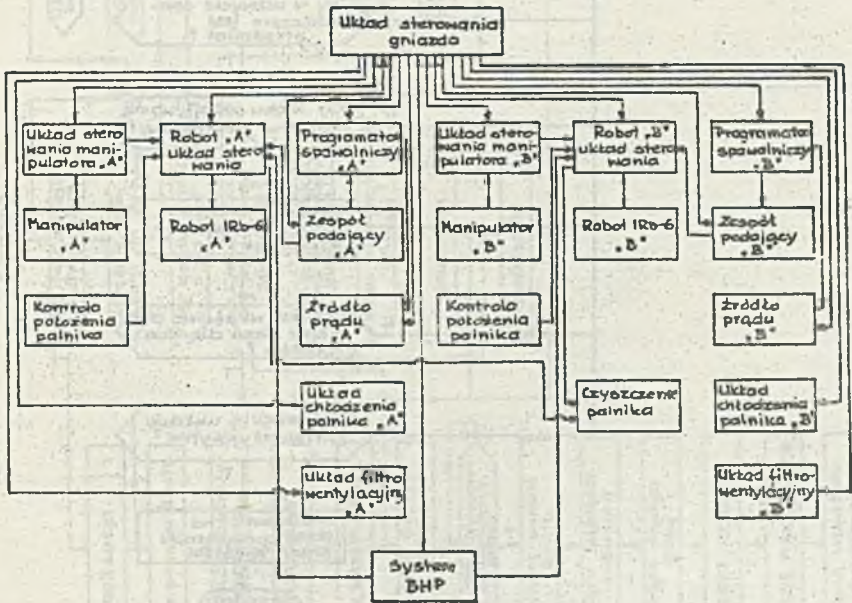
3.1. Założenia

Uzgodnione z fabryką główne punkty założeń wyglądały następująco:

- produkcja docelowa belek bocznych winna osiągnąć 100 tys. szt/rok w roku 1990,
- zautomatyzować operacje spawania za pomocą wyłącznie krajowych robotów przemysłowych,
- zastosować wyłącznie krajowe sterowalne źródła prądu i podajniki drutu,
- zastosować zautomatyzowany układ nadzoru pracy obiektu produkcyjnego dla fazy jego rozruchu i stanu pracy ustalonej,
- dokonać modyfikacji i optymalizacji zidentyfikowanego procesu technologicznego dostosowując go do wymogów automatyzacji wytwarzania,
- zmechanizować przepływ materiałów przez obiekt,
- zapewnić warunki BHP,
- zapewnić pewność pracy obiektu na poziomie 0,8 - 0,85 czasu rzeczywistego.



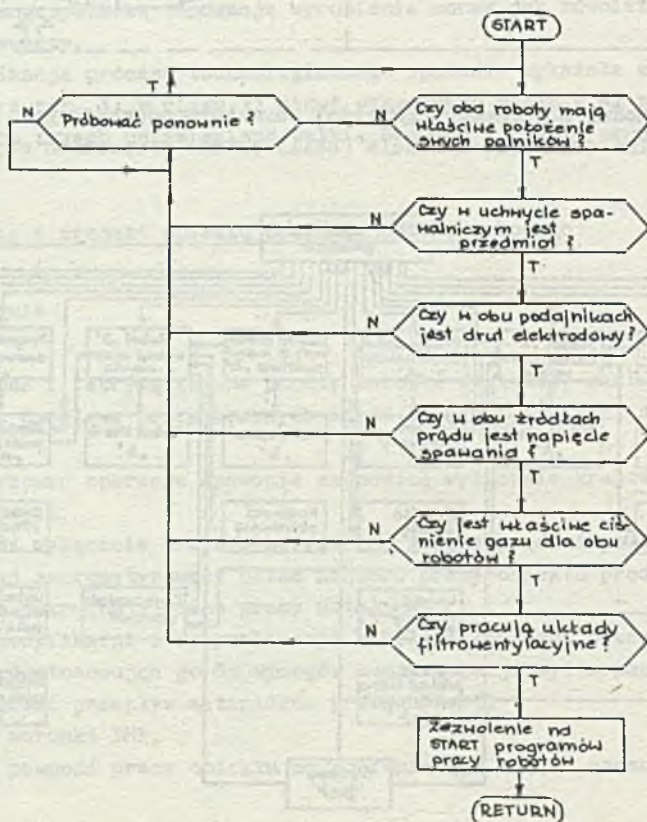
Rys. 2. Moduł podstawowy (gniazdo) obiektu produkcyjnego.
 Fig. 2. The fundamental module (cell) of the production object.



Rys. 3. Struktura powiązań komponentów gniazda.
 Fig. 3. The structure of connection of cell elements

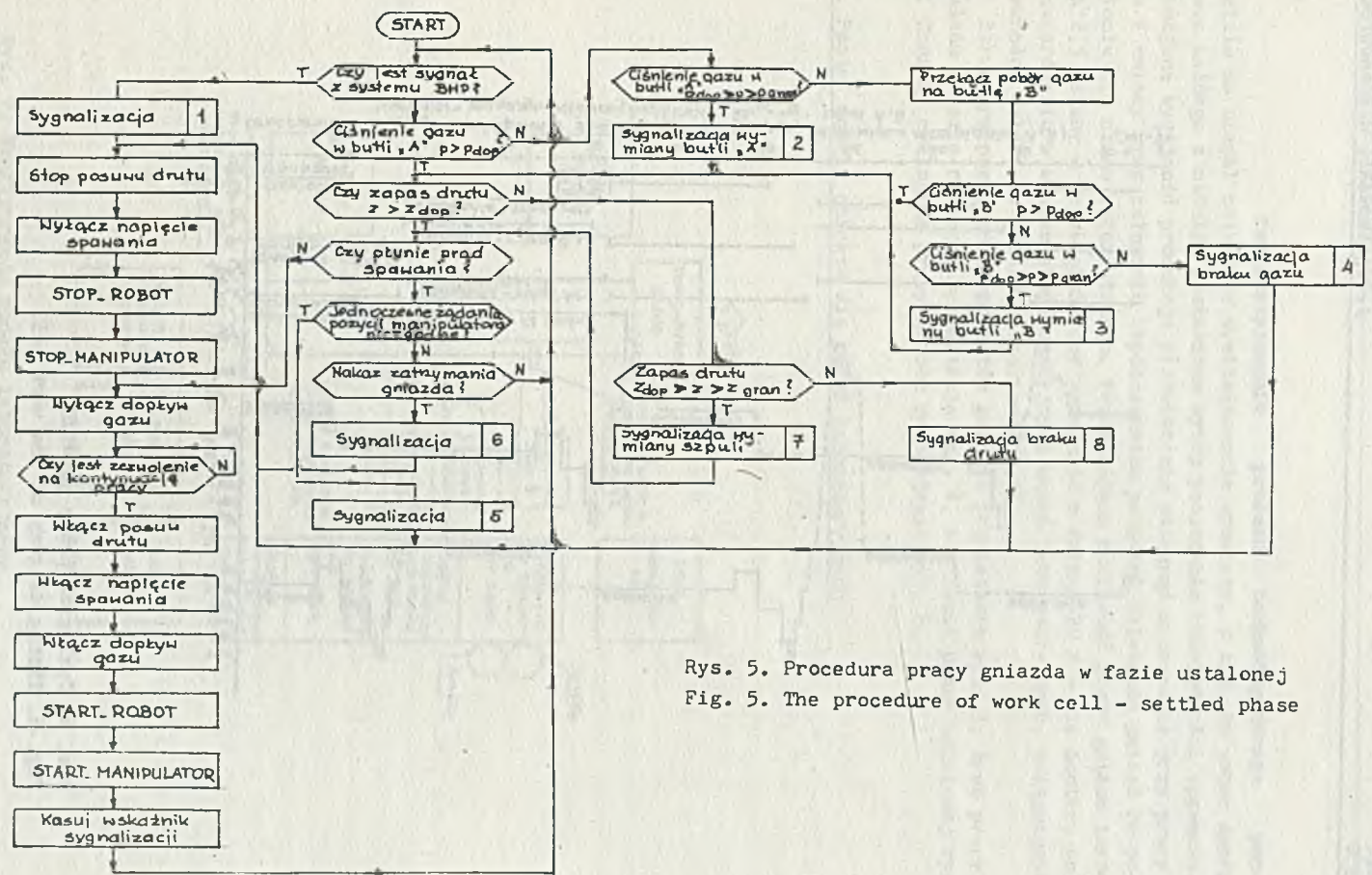
3.2 Projekt docelowego obiektu produkcyjnego

Budowa obiektu wyłącznie z komponentów krajowych okazała się najtrudniejszym zadaniem. Z braku robotów spawalniczych ze sterowaniem CP musiano użyć krajowych uniwersalnych robotów przegubowych IRb-6 ze sterowaniem PTP. Sterowalne źródła prądu ZUS-1 wraz z zespołami podającymi drut elektrodowy i urządzeniami zasilania gazami CO_2 i Ar zastosowano z OZAS-Opole, niestety, w wykonaniu prototypowym. We własnym zakresie (częściowo z pomocą Fabryki Ryfama) przewidziano wykonanie takich komponentów, jak magazyny We/Wy, sterowalne stoły spawalnicze, urządzenia czyszczące palniki, urządzenia antykolizyjne palników i układ nadrzędnego nadzoru pracy całego obiektu. Przewidziano stosowanie krajowego drutu elektrodowego. Zastosowano samoczynny system BHP. Cały obiekt produkcyjny przewidziano utworzyć z 6 identycznych gniazd (modułów). Moduł taki przedstawiono na rys. 2. Wskazuje on na konieczność zsynchronizowanej pracy dwu robotów wykonujących spoiny na belkach rylnych przemieszczających się cyklicznie z ich lewej i prawej strony.

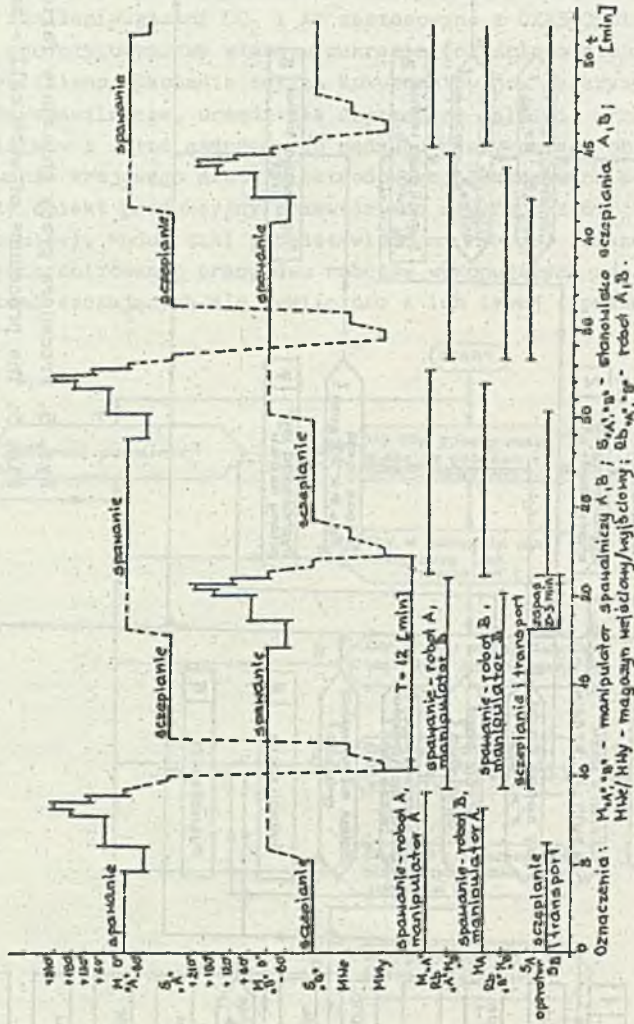


Rys. 4. Procedura pracy gniazda w fazie rozruchu

Fig. 4. The procedure work cell - phase of setting in motion



Rys. 5. Procedura pracy gniazda w fazie ustalonej
 Fig. 5. The procedure of work cell - settled phase

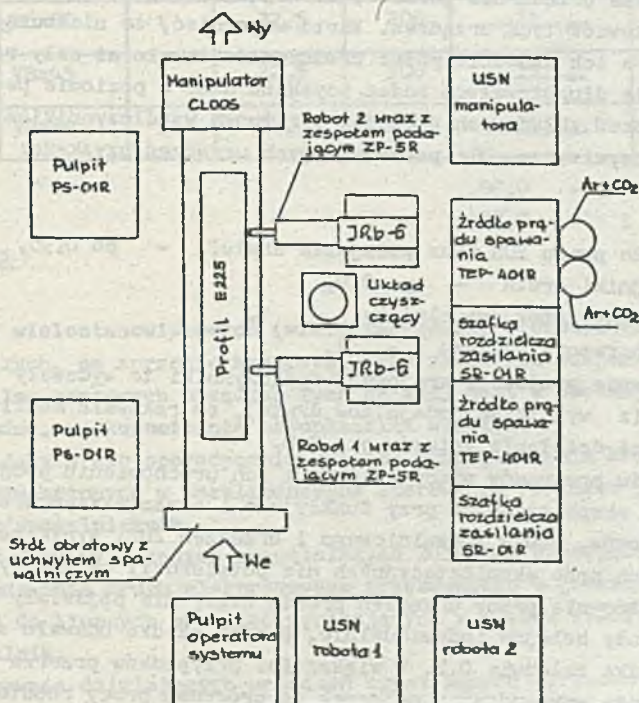


Rys. 6. Cyklogram pracy gniazda
 Fig. 6. Timing diagram of the work cell

Zautomatyzowanie procesu technologicznego pozwoliło na niemal całkowite wyeliminowanie spawaczy, z tym, że wobec operatora każdego z modułów postawiono wymóg posiadania umiejętności spawacza. Wymaganą wydajność produkcji przewidziano osiągnąć w zasadzie przy pracy na 2 zmiany przy założeniu współczynnika pewności działania gniazd na poziomie 0,8 czasu rzeczywistego. Przewidziano możliwość pracy gniazd także na 2,5 zmiany - co zwiększyłoby wydajność o dalsze 20% - ale dopiero po stwierdzeniu w wyniku eksploatacyjnych badań laboratoryjnych, osiągnięcia pewności działania gniazd na poziomie 0,85.

Strukturę powiązań komponentów gniazda przedstawia rys. 3, tryb pracy układu w fazie rozruchu przedstawia rys. 4, a w fazie pracy ustalonej rys. 5. Czasowy cyklogram pracy modułu przedstawia rys. 6.

4. Postać modelu obiektu dla badań laboratoryjnych



Rys. 7. Konfiguracja modelu laboratoryjnego.

Fig. 7. Configuration of the experimental object.

Model obiektu produkcyjnego zmodyfikowano w taki sposób, aby zapewniał realizację wszystkich zautomatyzowanych funkcji obsługi i realizację pełnego zautomatyzowanego procesu spawania belki przy możliwie minimalnej sprzętowej konfiguracji modułu gniazda ze względu na koszty.

Analiza zakresu automatyzacji wykazała możliwość budowy modelu laboratoryjnego ograniczonego do jednego tylko ciągu przepływu belek.

Konfigurację laboratoryjną przedstawia rys. 7.

5. Badania laboratoryjne modelu obiektu

Po skonfigurowaniu modelu w LOOS-IBM w pierwszym rzędzie podjęto prace nad zoptymalizowaniem procesu automatycznego spawania. Zoptymalizowane parametry przedstawiono w tablicy 1. Poddano następnie próbom indywidualnego działania główne urządzenia gniazda, usuwając zauważone niedociągnięcia wykonawstwa dostawców tych urządzeń. Warto wspomnieć, że niedociągnięć tych było niemało, a ich usuwanie przez producentów trwało aż cały rok.

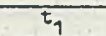
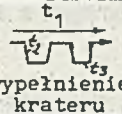
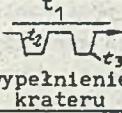
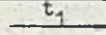
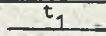
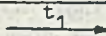
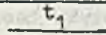
W rezultacie długotrwałych badań uzyskano dane o poziomie pewności pracy głównych urządzeń składowych gniazda, wyrażonym współczynnikiem wykorzystania czasu rzeczywistego. Dla poszczególnych urządzeń uzyskano:

- robot nr 1 - 0,98,
- robot nr 2 - 0,95,
- dwa źródła prądu ZUS (bez podajnika drutu) - po 0,95,
- dwa podajniki drutu - po 0,9,
- pozycjonowany stół spawalniczy - 1,
- pulpit operatora systemu - 1.

Jak na urządzenia produkcji krajowej, współczynniki te wydawały się zupełnie dobre (z wyjątkiem podajników drutu), co rokowało możliwość osiągnięcia pewności działania gniazda ok. 0,8.

Po wykonaniu programów pracy gniazda i ich uruchomieniu podjęto laboratoryjne próby eksploatacyjne przy funkcyjnie i czasowo zsynchronizowanej pracy obu robotów, stołu spawalniczego i urządzeń ZUS. Wynik półrocznych laboratoryjnych prób eksploatacyjnych nie potwierdził optymistycznych oczekiwań. Zakłócenia pracy urządzeń prawie nigdy nie pojawiały się grupowo, lecz występowały kolejno indywidualnie. Bardzo rzadko udawało się zbliżyć do współczynnika zaledwie 0,7. W większości przypadków przerwa w pracy gniazda wymagała wprowadzania poprawek do programu pracy robota (szczególnie nr 2) i w tym czasie całe, oczywiście, gniazdo musiało mieć dodatkowy przestój. Pomimo staranności, jaką umożliwiają badania laboratoryjne, nie udało się osiągnąć przeciętnej pewności pracy modelu gniazda wyższej od 0,5. Oznaczało to nieopłacalność budowy docelowego obiektu produkcyjnego.

Tablica 1. Parametry spawania w gnieździe

Nr spoiny	Wymiary	Nr warstwy	Parametry łuku		Trajektorja końca elektrody			
			napięcie V	prąd A	Schemat	czasy /sek/		
						t ₁	t ₂	t ₃
1	V6x45	1	22,5	200		4	-	-
2,9, 10,17	V10x140	1	34,5	300		13	-	-
		2	34,5	300		24	0,5	0,5
		-	21	160		4	-	-
3-8, 11-16	V10x90	1	34,5	300		8	-	-
		2	34,5	300		15	0,5	0,5
		-	21	160		4	-	-
19-28, 30-39	7x30	1	34,5	300		4	-	-
18,29	V6x60	1	22,5	200		5	-	-
41	V8x45	1	22,5	200		4	-	-
40-21	V8x60	1	22,5	200		5	-	-

6. Wnioski

Budowa wielostanowiskowych (wielostacyjnych) zrobotyzowanych gniazd spawalniczych, na sprzęcie krajowym, przy założeniu wzajemnych powiązań funkcjonalno-czasowych urządzeń tych gniazd, jest w obecnej chwili technicznie trudna, a ekonomicznie nieopłacalna wskutek:

- pojawiających się sporadycznie uchybów pozycjonowania krajowych robotów IRB-6 wyposażonych w pozalicencyjne sterowania PTP mało przydatne dla robotów spawalniczych,
- usterek w pracy urządzeń spawalniczych ZUS-1, a szczególnie niedoskonałego podawania drutu elektrodowego przesuwanego w przewodniku nie przystosowanym do licznych przebiegów wynikających z ruchów końcówki robota prowadzącego palnik,
- braku pewnie działających urządzeń czyszczących okresowo palniki,
- rozrzutu wymiarowego elementów napływających do spawania, będącego wynikiem technologii poprzedzających proces zrobotyzowanego spawania,
- niemożności osiągnięcia zadowalającego współczynnika wykorzystania czasu rzeczywistego na pracę produkcyjną.

Możliwe jest natomiast już obecnie stosowanie sprzętu krajowego do indywidualnych zrobotyzowanych stanowisk spawalniczych do wykonywania krótkich nieskomplikowanych spoin i to przy zastrzeżeniu dyscypliny technologii wykonania elementów napływających do spawania. Uzyskanie wymaganej pewności pracy 0,8 - 0,85 czasu rzeczywistego wydaje się wtedy możliwe.

LITERATURA

- [1] Wójcikowski J., Madejski J., Zdanowicz R.: Ocena aktualnego stanu techniki oraz opracowanie programu w zakresie zastosowania robotów w przemyśle maszyn górnictw. IBM Pol.Śl., 1985 - praca niepublikowana.
- [2] Madejski J. i inni: Wykonanie zrobotyzowanego gniazda dla RYFAMY. Etap 1,2,3. CPT Rydzyna 1989 - praca niepublikowana.
- [3] Borgosz W., Siennicki A.: Zrobotyzowane stanowisko spawania zespołów wagonowych w Fabryce Wagonów - Świdnica. Materiały I Krajowej Konferencji Robotyki, Wrocław 1985.
- [4] Kowalowski H. i inni: Automatyzacja dyskretnych procesów przemysłowych. WNT, Warszawa 1984.
- [5] Morecki A.: Robotyka teoretyczna i przemysłowa. II Krajowa Konferencja Robotyki, tom I, Wrocław 1988.
- [6] Tomaszewski K.: Techniczno-ekonomiczne problemy automatyzacji i robotyzacji. II Krajowa Konferencja Robotyki, tom I, Wrocław 1988.

Recenzent: Prof.dr h.inż.W.Niewczas

Wpłynęło do Redakcji do 1990-04-30.

TESTING OF THE EXPERIMENTAL WELDING ROBOT CELL

S u m m a r y

The paper presents a production object in form of a welding robot cell structure, an identification of its parameters and the model which was used for experimental testing of the features of the object. The verification of the experimental data were given for the design engineers of this class of production objects.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО СВАРОЧНОГО
ГНЕЗДА

Резюме

В статье представлен проект производственного объекта в виде роботизированного сварочного гнезда, определены его функциональные параметры, а также вид модели объекта принятого для лабораторных исследований. Дано описание процесса, квалификационные критерии, а также оценку результатов исследований и советы для проектантов производственных объектов такого типа.