

mgr inż. MAREK PETZ

mgr inż. ZBIGNIEW RUDNICKI

Przemysłowy Instytut Automatyki  
i Pomiarów MERA-PIAP

Warszawa

## ZASTOSOWANIE DWÓCH ROBOTÓW IRb 60 W LINII PRODUKCJI PODKŁADEK KOLEJOWYCH W HUCIE

*Przedstawiono opis zrobotyzowanej linii produkcji podkładek kolejowych w hucie, miejsce robotów w tej linii i ich funkcje. Pierwszy robot IRb 60 obsługuje gniazdo frezarek wykonujących podcięcia w podkładkach, przenosząc podkładki między stanowiskami i sterując pracą całego gniazda. Drugi robot IRb 60 obsługuje transporter podkładek, odkładając nadmiar podkładek surowych do pojemnika buforowego i zapełniając transporter z tego pojemnika w określonych warunkach. Przedstawiono również dalsze zamierzenie huty w tej dziedzinie.*

### 1. Wstęp

Niedobór pracowników do pełnego obsadzenia stanowisk roboczych oraz dążenie do eliminowania miejsc pracy szczególnie uciążliwej, skłoniły kierownictwo huty do zainteresowania się automatyzacją, a w tym robotyzacją produkcji.

Po przeanalizowaniu potrzeb różnych wydziałów huty, jak również możliwości automatyzacji poszczególnych procesów, jako najodpowiedniejszy, dla pilotowego wdrożenia robotów przemysłowych na swoim terenie, wytypowano proces produkcji akcesoriów kolejowych. W związku z tym, w połowie 1985 r. huta zwróciła się do Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów o opracowanie warunków i dokumentacji przystosowania oraz zainstalowania dwóch robotów IRb do obsługi dwóch obrabiarek zespołowych do frezowania na wydziale produkującym akcesoria kolejowe. Początkowo skoncentrowano się nad robotyzacją gniazda dwóch obrabiarek do frezowania, by z czasem rozszerzyć zagadnienie o problemy transportu półfabrykatów do tego gniazda.

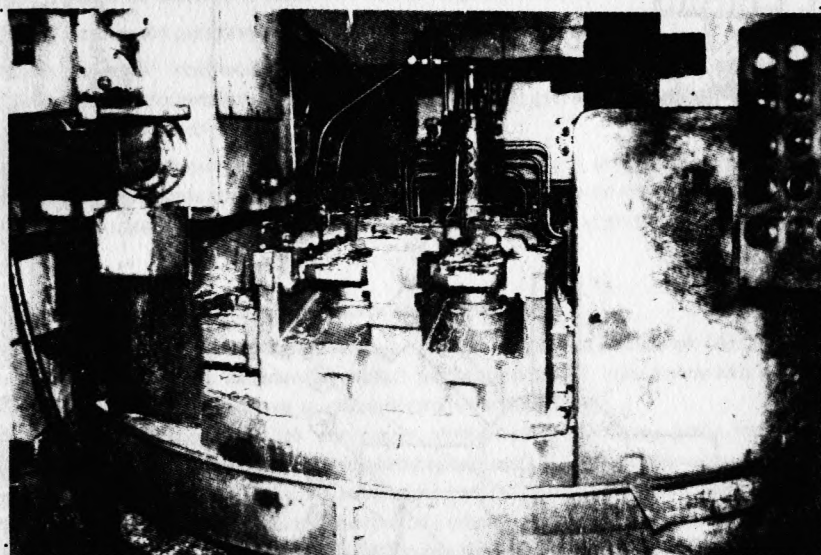
Jednym z podstawowych wyrobów w zakresie produkowanych przez hutę akcesoriów kolejowych są podkładki żebrowe dla nawierzchni kolejowej, wykonywane w kilku typach i różnej liczebności, przy czym podkładki żebrowe typów ZM i ZZ (rys. 1) stanowią większość tej produkcji prowadzonej na trzy zmiany w ruchu ciągłym. Materiałem wyjściowym do produkcji podkładek są kształtowniki walcowane w innym wydziale huty. We wstępnym etapie produkcji kształtowniki te są cięte, z równoczesnym otworowaniem, na prasie znajdującej się w końcu hali produkcyjnej.



Dotychczas przygotowane na prasie półfabrykaty były selekcjonowane i odkładane ręcznie do palet, które suwnicą dostarczano na przeciwny koniec hali do dalszej obróbki podkładek na jednej z dwóch obrabiarek zespołowych do frezowania wybrań. Do takich samych palet odkładano wyroby gotowe.

Prasa pracuje z częstotliwością kilkunastu uderzeń na minutę i wydajnością swoją kilkakrotnie przewyższa możliwości przerobcze obrabiarek. Gromadzący się nadmiar produkcji z prasy przechowywany jest w spiętrzanych paletach, skąd czerpie się w miarę potrzeby wówczas, gdy prasa wykorzystywana jest do innej produkcji lub nie pracuje.

Podkładki frezowane są w półautomatycznych i ładowanych ręcznie obrabiarkach typu LKP 198 produkcji Wiepofama – Poznań. Każda obrabiarka składa się z trzech stanowisk obróbkowych i jednego załadowczo–wyładowczego, między którymi obrabiane detale przenoszone są na czteropozycyjnym stole obrotowym, z czterema przyrządami mocującymi (fot. 1).

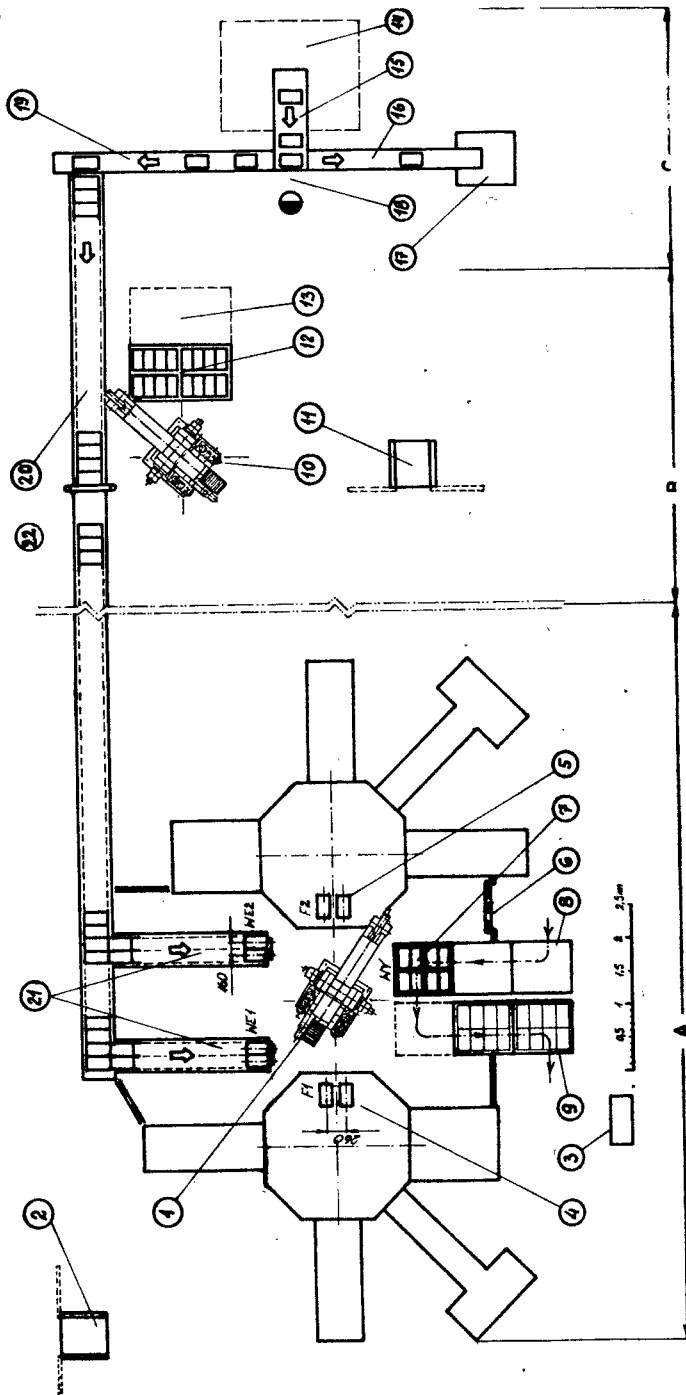


*Fot. 1. Przyrząd mocujący podkładki żebrowe na stole obrabiarki zespołowej LKP 198*

W półautomatycznym cyklu pracy obrabiarki zadaniem pracownika jest wyjmowanie gotowych wyrobów z przyrządu i wkładanie tam nowych półfabrykatów, kontrola produkcji oraz okresowe usuwanie gromadzących się gdzieś wiórów.

## 2. Przesłanki robotyzacji

Prace przy produkcji akcesoriów kolejowych wymagają dużego wysiłku fizycznego ze strony pracownika, są monotonne i wykonywane w warunkach dużego zapylenia i natężenia hałasu. Z tego powodu ten proces produkcyjny cierpi na stały niedobór pracowników. Problem ten szczególnie ostro występuje przy produkcji podkładek żebrowych wobec braku odpowiedniej liczby frezerów do obsługi obu obrabiarek zespołowych, gdyż przy pracy tej konieczne jest przetrzucie ponad tony podkładek w ciągu godziny, w czterobrygadowym systemie pracy. Z drugiej strony stosowany w hucie proces



Rys. 2. Zrobotyzowana linia produkcji podkładek kolejowych. 1 – Robot IRb 60 I, 2 – Szała sterująca robota (1), 3 – Pulpit sterowania gniazdem frezowania podkładek, 4 – obrabiarka zespołowa FI do frezowania podkładek, 5 – obrabiarka zespołowa FI do frezowania podkładek, 6 – barierka ochronna z bramką, 7 – pojemnik – paleta na wyroby gotowe, 8 – stanowisko ustawiania palety pustej, 9 – stanowisko odbierania palety zapętnionej, 10 – robot IRb 60 II, 11 – szafa sterująca robota (10), 12 – paleta, 13 – stanowisko odstawczo-odbiorcze palet, 14 – prasa tnąca, 15 – transporter odbiorczy, 16 – transporter braków, 17 – pojemnik na odpady, 18 – stanowisko kontroli i selekcji, 19 – transporter poprzeczny, 20 – przenośnik rolkowy, 21 – przenośnik dostawczy, 22 – zapora.

produkcyjny podkładek żebrowych oraz wielkość i zmienność tej długoseryjnej produkcji, predysponują go do robotyzacji.

Podstawowe wymagania techniczne dla zrobotyzowanej produkcji podkładek sformułowano następująco:

1. Obie obrabiarki zespołowe do frezowania podkładek żebrowych mają pracować w zrobotyzowanym, automatycznym gnieździe, obsługiwanym przez jeden robot IRb 60.
2. Początkowo w gnieździe tym obrabiane będą jedynie podkładki żebrowe typów ZM i ZZ – podobne do siebie i stanowiące większość produkcji.
3. Produkt opuszczający zrobotyzowane gniazdo musi być wyrobem finalnym, m. in. z usuniętym gratem.
4. Należy dążyć do utrzymania czasu trwania obecnego cyklu pracy obrabiarek.
5. Należy pozostawić paletowy sposób składowania gotowych podkładek.
6. Należy zapewnić możliwość automatycznego paletyzowania i składowania w paletach nadmiaru półfabrykatów dostarczanych ze stanowiska prasy tnącej oraz automatyczne depaletyzowanie tego zapasu w razie potrzeby.

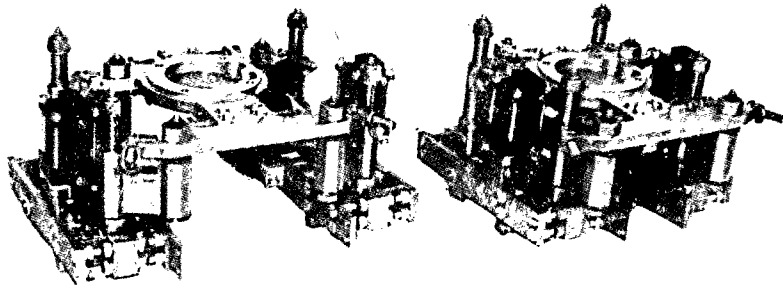
W oparciu o te wymagania oraz istniejące urządzenia opracowano koncepcję i wykonano zrobotyzowane gniazdo frezowania podkładek żebrowych, a następnie linię do produkcji tych podkładek wraz z niezbędnymi urządzeniami peryferyjnymi i transportowymi oraz chwytakami.

### 3. Zrobotyzowana linia produkcji podkładek kolejowych

Linia (rys. 2) składa się ze zrobotyzowanego gniazda frezowania podkładek (A), zrobotyzowanego stanowiska paletyzowania nadmiaru produkcji półfabrykatów (B) oraz stanowiska prasy tnącej (C). Gniazdo i stanowiska połączone są ze sobą systemem transporterów.

Do prasy (14), pracującej tak jak dotychczas, dobudowano wyłożony gumą transporter odbiorczy (15). Odcięte i odziurowane na prasie półfabrykaty spadają na ten transporter, który wynosi je do stanowiska kontroli i selekcji (18). Na stanowisku tym pracownik eliminuje z dalszej obróbki elementy wadliwe, zsuwając je na krótki transporter (16) odsyłający je do pojemnika na odpady (17). Dobre półfabrykaty zabierane są ze stanowiska (18) transporterem poprzecznym (19), z którego są spychane na przenośnik rolkowy (20), biegnący wzdłuż hali, przy ścianie. Przenośnik rolkowy wraz z dwoma przenośnikami dostawczymi (21) zasilają w półfabrykaty zrobotyzowane gniazdo frezowania (A).

Robot (1) pobiera surowe podkładki przemiennie ze stanowisk WE1 lub WE2 na przenośnikach (21) i załadunku je odpowiednio do przyrządów mocujących F1 lub F2 obrabiarek (4) i (5). Gotowe wyroby robot wyjmuje z przyrządów i odkłada kolejno do pojemnika—palety (7) na stanowisku WY. Przyrządy mocujące F1 i F2 obrabiarek przystosowane są do załadunku jednorazowo jednej podkładki typu ZZ lub pary podkładek typu ZM (rys. 1). W tym drugim przypadku podkładki w przyrządzie mocującym są rozsunięte tak, że ich osie są oddalone od siebie o 260 mm. Aby utrzymać jednonumitowy czas trwania cyklu pracy obrabiarek postanowiono, że robot będzie jednocześnie chwycił i manipulował parą podkładek ZM (lub jedną podkładką ZZ). W związku z tym, w konstrukcji chwytaka dla robota (1) uwzględniono konieczność zbliżania i oddalania od siebie znajdujących się w nim podkładek. Zbliżanie podkładek do siebie jest konieczne zwłaszcza ze względu na odkładanie do palety WY (7), gdzie wymagane jest ciasne upakowanie podkładek obok siebie. Zarazem ułatwia to pobieranie podkładek ze stanowisk WE, na które są one dosyłane przenośnikami (21) i parami pozycjonowane obok siebie.



Fot. 2. Chwytnak robota obsługującego gniazdo frezowania podkładek żebrowych

Chwytnak robota (1) (fot. 2) jest niewymienny i służy przy produkcji obu typów podkładek oraz na sygnal z robota może:

- chwycić (odkładać) parę podkładek ZM położonych obok siebie lub oddalonych o 260 mm,
- rozstawiać lub zbliżać do siebie trzymane podkładki.

Ponadto elastyczność zawieszenia chwytnaka na robocie upraszcza i umożliwia szybkie paletyzowanie połączone z szukaniem.

Z chwytnaka do robota sygnalizowane są:

- obecność detali w chwytnaku,
- stan rozstawienia trzymany podkładek,
- znalezienie obiektu podczas automatycznego szukania.

W przypadku obróbki w gnieździe dużych podkładek typu ZZ, chwytnak pracuje cały czas w pozycji jak przy rozstawionych podkładkach ZM.

Dla stworzenia zrobotyzowanego gniazda frezowania podkładek m. in.:

- zmieniono wzajemne ustawienie obrabiarek zespołowych (4) i (5), przy czym obrabiarkę (5) obrócono o 180° i zbliżono do obrabiarki (4),
- część manipulacyjną standardowego robota IRb 60 (1) posadowiono centralnie między obrabiarkami,
- szafę sterującą robota (2) ustawiono w dogodnym miejscu, zabezpieczając ją przed wstrząsami podłoża,
- wykonano stanowisko automatycznej wymiany palet (7) – (9),
- wykonano stanowiska pobierania półfabrykatów WE1 i WE2 na podajnikach (21),
- wykonano i umieszczono w dogodnym miejscu pulpit sterowania (3) ułatwiający bieżące kierowanie pracą gniazda,
- przekonstruowano jedno ze stanowisk obróbczych każdej z obrabiarek, dzięki czemu wyeliminowano powstawanie dużego gratu na krawędziach,
- poprawiono system sprzężki wiórów z przyrządów mocujących obrabiarek,
- wykonano niezbędne przełączenia i uzupełnienia w układach sterujących obrabiarek, podporządkowując je robotowi w pracy automatycznej gniazda,
- wykonano niezbędne połączenia informacyjno–sterujące pomiędzy robotem a chwytnakiem i urządzeniami gniazda,

- wykonano zabezpieczenia i barierki ochronne wraz z bramką (6) ograniczające przypadkowe wtargnięcie człowieka w strefę niebezpieczną wokoło pracującego robota.

#### 4. Cykl pracy gniazda zrobotyzowanego na przykładzie produkcji podkładek ZM

Robot (1), po sprawdzeniu czujnikiem zbliżeniowym, że w przyrządzie F1 obrabiarki (4) znajduje się para podkładek gotowych do pobrania, rozstawia swój chwytak i wyjmuje podkładowki z F1. Następnie, w czasie obrotu robota ku paletce WY (7), znajdujące się w chwytaku podkładowki zostają zbliżone do siebie. Po odłożeniu gotowych detali do palety, robot obraca się do stanowiska pobierania WE1, gdzie chwytka dwie surowe podkładowki, po czym, po rozsunięciu ich w chwytaku, wstawia je do opróżnionego uprzednio przyrządu F1. Po zamocowaniu, na polecenie robota, podkładowek w tym przyrządzie, robot wysyła do układu sterowania obrabiarki sygnał gotowości przyrządu F1 do dalszej obróbki. Gdy zakończy się obróbka na pozostałych trzech stanowiskach roboczych obrabiarki, nastąpi wówczas obrót stołu i na miejscu F1 pojawi się nowa para podkładowek gotowych do pobrania. Zanim to jednak nastąpi, robot będzie już obsługiwał w identyczny sposób drugą obrabiarkę (5), pobierając przy tym surowe podkładowki ze stanowiska WE2.

W jednej warstwie w paletce WY (7) robot układa parami osiem podkładowek ZM. Podkładowki w sąsiednich warstwach są obrócone względem siebie o 180° dzięki czemu minimalizowany jest niekorzystny wpływ ich klinowości na warunki paletyzowania. Z punktu widzenia programu robota, pary podkładowek w paletce ułożone są w jednej z ośmiu różnych pozycji odkładania, po cztery w dwóch warstwach. Każdą z tych pozycji odtwarzana jest w kolejnych, coraz mniej zagłębionych w paletce warstwach. Głębokość odkładania podkładowek w paletce ustalana jest samodzielnie przez robot, z wykorzystaniem funkcji szukania. W ciągu około pół godziny w paletce układane jest dwanaście warstw podkładowek, po czym robot wysyła sygnał żądający wymiany palety. Na ten sygnał zapełniona paleta (7) przesuwa się w lewo i dalej aż do pozycji (9), zaś na opróżnione przez nią miejsce przed robotem podsuwa się, przygotowana uprzednio na miejscu (8), paleta pusta. Cykl wymiany palet trwa kilka sekund, praktycznie nie zakłócając pracy gniazda. Dzięki temu, że stanowiska odbioru suwnic pełnych palet (9) i ustawiania palet pustych (8) znajdują się daleko poza strefą pracy robota, zminimalizowano możliwość jego kolizji z ładunkiem unoszonym przez suwnicę.

W przypadku awarii jednej z obrabiarek możliwa jest automatyczna praca gniazda z jedną tylko obrabiarką. W związku z tym, dla ułatwienia pracy obsługi, przygotowano odpowiednio po trzy programy robocze dla obu typów podkładowek:

- praca całego gniazda (pełny program roboczy),
- praca tylko z obrabiarką F1,
- praca tylko z obrabiarką F2.

Pełny program roboczy zawiera 78 instrukcji pozycjonowania i 130 innych instrukcji.

W pracy automatycznej robot (1), poza obsługą swojego chwytaka, sprawdza następujące sygnały informacyjne przychodzące do niego ze współpracujących urządzeń gniazda:

- gotowość do pobrania (odmocowanie) podkładowek w F1 (lub F2),
- obecność półfabrykatów na stanowisku WE1 (lub WE2),
- potwierdzenie zamocowania podkładowek w F1 (w F2),
- właściwe ustawienie palety WY,
- koniec pracy jednostek obróbczych w F1 (lub w F2).

W pracy automatycznej robot wysyła następujące sygnały sterujące:

- zamocować podkładki w F1 (F2),
- start cyklu roboczego obrabiarki (4) lub (5),
- wymienić zapełnioną paletę na próżną,
- alarm (zatrzymanie robota z przywołaniem obsługi w przypadku gdy zdarzy się jedna z awarii sygnalizowanych do robota),
- sygnał do licznika zliczającego produkcję.

Przenośnik rolkowy (20) wraz z dwoma przenośnikami dostawczymi (21) traktowane są jako wejściowy magazyn buforowy zrobotyzowanego gniazda frezowania podkładek. Pojemność tego magazynu, ograniczona niewielką przestrzenią jaka jest jeszcze w dyspozycji w hali, umożliwiała około półgodzinną pracę gniazda bez dosyłania nowych półfabrykatów ze stanowiska prasy (C). Pojemność ta jest jednak zbyt mała by przejąć całą produkcję pracującej bez przerw prasy tnącej (14). Z tego powodu, dla wyeliminowania konieczności częstego, niepożądanego i nieefektywnego zatrzymywania prasy tnącej, postanowiono przy przenośniku rolkowym (20) stworzyć zrobotyzowane stanowisko paletyzowania nadmiaru produkcji półfabrykatów.

#### 5. Stanowisko paletyzowania nadmiaru produkcji półfabrykatów (B)

Stanowisko (rys. 2) składa się z robota IRb 60 (10) i (11) wraz z chwytakiem, zapory (22) na przenośniku (20) oraz palety (12) z mechanizmem jej przesuwania. Chwytnak robota (10) jest przystosowany do jednoczesnego pobierania czterech podkładek typu ZM. W jego konstrukcji wykorzystano wiele elementów i rozwiązań chwytaka robota (1).

Z chwytaka do robota sygnalizowane są:

- obecność detali w chwytaku,
- znalezienie obiektu podczas automatycznego szukania.

Dla stworzenia tego stanowiska:

- część manipulacyjną standardowego robota IRb 60 (10) posadowiono obok przenośnika rolkowego (20),
- szafę sterującą robota (11) ustawiono w łatwo dostępnym miejscu, zabezpieczając ją przed wstrząsami podłoża,
- wykonano stanowisko mechanicznego przesuwania palet (13),
- na przenośniku rolkowym (20) zbudowano zaporę (22), która na sygnał może zatrzymać przenoszone na nim półfabrykaty,
- na przenośniku rolkowym (2) wykonano układ sygnalizacji i blokad sterujący przepływem półfabrykatów przez zaporę (22) i współpracujący z robotem (10),
- wykonano połączenia informacyjno-sterujące pomiędzy robotem a chwytakiem i urządzeniami stanowiska,
- wykonano niezbędne urządzenia BHP zabezpieczające obsługę przed kolizją z pracującym robotem.

#### 6. Cykl pracy stanowiska na przykładzie produkcji podkładek ZM

Przenośnik (20), stanowiący magazyn buforowy gniazda frezarek, zapełniany jest surowymi podkładkami dosyłanymi ze stanowiska prasy tnącej (C). Gdy magazyn ten zostanie zapełniony, zamykana jest zapora (22) i na niej zatrzymuje się kolejka dosyłanych nadal podkładek. Zebranie się przed



zaporą (22) czterech podkładek uaktywnia oczekujący na ten sygnał robot (10). Od tej chwili robot ten będzie czwórkami pobierał podkładki z przenośnika, sprządkniętą zapory i odkładał je kolejno do palety (12), podobnie jak to przedstawiono w opisie gniazda frezowania.

Paletyzowanie nadmiaru produkcji przez robot (10) trwa aż do chwili, gdy zapas w magazynie buforowym gniazda frezowania spadnie poniżej nastawionego minimum. Spowoduje to bowiem otworzenie się zapory (22) a tym samym przejście robota (10) w stan biernego oczekiwania na ponowne pojawienie się czterech podkładek gotowych do pobrania przed zamkniętą zaporą (22). Robot sygnalizuje obsłudze zapełnienie palety (12). Zapełniona paleta wysuwana jest poza strefę działania robota przez zmechanizowane urządzenie ze sterowaniem ręcznym i jest stamtąd zabierana suwnicą, a nowa pusta paleta jest ustawiana przed robotem, po czym może on wznowić swoją działalność.

W przypadku przepełnienia się przenośnika przed zamkniętą zaporą (22), sygnalizowane jest żądanie zatrzymania prasy (14). Zgromadzony na paletach nadmiar produkcji surowych podkładek jest przechowywany do wykorzystania w czasie, gdy prasa (14) nie pracuje.

Przewiduje się, że na stanowisku (B) możliwe będzie również automatyczne rozładowywanie zapełnionych uprzednio palet. W tym przypadku robot będzie zbierał detale z palety w odwrotnej kolejności niż je poprzednio układał i będzie odkładał je przed zamkniętą zaporą (22), otwieraną każdorazowo na polecenie robota dla dostania do gniazda frezowania kolejnej porcji podkładek.

Obecnie kończy się montaż stanowiska paletyzowania. Przy opracowywaniu jego koncepcji niepewność, ze względu na szerokie tolerancje wykonawcze podkładek oraz na nieuniknione niewielkie przesunięcia się detali w paletce podczas jej przenoszenia suwnicą, budzi propozycja automatycznej depaletyzacji surowych podkładek, a zwłaszcza pobieranie podkładek z palety. Dopiero uruchomienie tego stanowiska potwierdzi i zweryfikuje słuszność przyjętych założeń.

W pracy automatycznej robot (10) sprawdza następujące sygnały informacyjne przychodzące do niego ze współpracujących urządzeń stanowiska:

- czwórka płytek gotowa do pobrania z przenośnika,
- otwarcie zapory (22),
- przepełnienie magazynu gniazda frezowania,
- stanowisko odkładcze na przenośniku (22) jest puste,
- paleta na swoim miejscu.

W pracy automatycznej robot wysyła następujące sygnały sterujące:

- uchwycić podkładki w chwytaku,
- otworzyć zaporę (22),
- żądanie wymiany zapełnionej palety na próżną,
- alarm.

## 7. Zakończenie

Opisana wyżej linia produkcji podkładek kolejowych została stworzona w sytuacji istniejącego już rozmieszczenia maszyn w niewielkiej hali, z możliwością ograniczonej korekcji tego rozmieszczenia.

W wyniku robotyzacji zwolniono dwóch pracowników zatrudnionych uprzednio bezpośrednio przy obsłudze obrabiarek do frezowania oraz dwóch przy paletyzowaniu półfabrykatów. Znacząco przy tym ulżono w pracy pozostałym pracownikom pracującym przy selekcji świeżo odciętych surowych podkładek oraz przy obsłudze suwnicy.

Huta przygotowuje się już do uruchomienia kolejnej, podobnej linii. Zostanie ona wyposażona w nowy typ obrabiarek z własnym mechanizmem załadowczo-wyładowczym przyrządów mocujących.

W linii tej przewiduje się skonstruowanie odpowiedniego systemu transporterów z prostymi manipulatorami do zasilania w surowe podkładowki z jednej prasy tnącej trzech takich obrabiarek.

Gotowe wyroby będą odbierane przez inne transportery dosyłające je do paletyzującego robota IRb 60, pracującego tak jak opisano.

Dzięki zastosowaniu w tej linii trzech obrabiarek i pojemniejszego magazynu buforowego, stworzenie stanowiska paletyzowania nadmiaru produkcji podkładek surowych nie stanowi już tak palącego problemu i będzie rozważone na podstawie doświadczeń z obecnie uruchamianą linią.