

mgr inż. Marek Kęciek
Tomasz Kleniewski
mgr inż. Wiesław Kopacz
mgr inż. Zbigniew Pilat
mgr inż. Andrzej Szawłowski
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP

AUTOMATYZACJA MONTAŻU Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII NITOWANIA OBWIEDNIOWEGO¹

W artykule przedstawiono urządzenie do automatycznego montażu listwy bolców uziemiających, z wykorzystaniem technologii nitowania do łączenia części metalowych. Urządzenie ma budowę modułową. Opracowane i zastosowane moduły funkcjonalno-konstrukcyjne mogą służyć po odpowiedniej ich adaptacji do realizacji technologicznie podobnych zadań montażowych.

ASSEMBLY AUTOMATION WITH USE OF CIRCUMFERENTIAL RIVETING

In the paper the device for automatic assembly of the strip with earth clamps, with use riveting technology for the metal parts connection. The device is modular. The designed and used modules can be applied to the realisation of the other assembly tasks.

1. WSTĘP

W przemyśle precyzyjnym i elektromaszynowym montaż wyrobów i podzespołów stanowi istotną część każdego procesu technologicznego produkcji wyrobu finalnego. Na podstawie danych w literaturze udział pracochłonności montażu w ogólnym czasie wytwarzania, w zależności od rodzaju wyrobu, waha się w granicach 25-35% [3]. Udział ten jest mniejszy dla prostych czynności montażowych, np. wkładanie elementu w gniazdo. Rośnie wraz ze wzrostem poziomu skomplikowania zadania. Największą wartość osiąga, jeśli czynności montażowe są związane z wykonaniem operacji technologicznej. Automatyzacja tego typu montażu jest więc najbardziej opłacalna. Jednocześnie są to aplikacje najtrudniejsze technicznie, a więc i najbardziej kosztowne. Z tego powodu wiele technologii stosowanych w montażu uznaje się za mało podatne na automatyzację. Złożoność tego typu procesów montażu [3, 7] stanowi trudność w ich automatyzacji i powoduje, że procesy te w porównaniu z innymi technikami wytwarzania są w stosunkowo niewielkim stopniu zautomatyzowane. Do niedawna do tej grupy technologii należało również nitowanie.

¹ Referat prezentuje wyniki prac realizowanych w ramach projektu celowego FSNT-NOT nr ROW-87-2002

2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PROCESÓW MONTAŻU

W przemyśle elektromaszynowym przy produkcji seryjnej a szczególnie masowej, w której występują drobne elementy, montaż podzespołów w sposób istotny wpływa na koszty i jakość wyrobu finalnego. Od efektywności montażu zależy wydajność całego procesu produkcji, a jego powtarzalna i wysoka jakość gwarantuje wysoką niezawodność i trwałość produktu końcowego. Sposób organizacji i technicznej realizacji procesu montażu decyduje również o warunkach pracy, jej uciążliwości i szkodliwości dla zdrowia zatrudnionych pracowników.

W krajach wysoko uprzemysłowionych operacje montażu powszechnie wykonywane są na zautomatyzowanych stanowiskach montażowych lub liniach montażowych o dużej wydajności. Linie i stanowiska te w wielu przypadkach są instalacjami elastycznymi obsługiwanymi przez wyspecjalizowane manipulatory lub nawet roboty. Elastyczność linii pozwala na stosunkowo łatwe i szybkie przystosowanie ich do montażu nowego podobnego asortymentu wyrobu. Automatyczna kontrola stanowiąca integralną część stanowiska lub linii dotyczy nie tylko wyrobu finalnego, lecz także detali przeznaczonych do montażu. Zapewnia to stabilność procesu montażu, minimalizuje jego awaryjność, obniża ilość braków.

Efektem takiego podejścia do rozwiązywania problemów montażu jest uzyskanie w zautomatyzowanych liniach montażowych wyrobów o wysokiej jakości, przy równoczesnym minimalnym poziomie ilości braków. Ponadto systemy sterowania linii wykorzystujące w większości przypadków sterowniki PLC, umożliwiają zmianę programów i parametrów procesu montażu, dają możliwość dokumentowania przebiegu produkcji, umożliwiają współpracę z zewnętrznym systemem informatycznym.

W Polsce poziom automatyzacji procesów montażu jest niski, odnosi się to szczególnie do firm małych i średnich, gdzie procesy te w głównej mierze są wykonywane ręcznie, często przez chałupników. Wydajność przy takiej organizacji pracy jest mała. Montaż wykonywany ręcznie niesie ze sobą takie problemy, jak duża uciążliwość i monotonia wykonywanych operacji powodująca zmęczenie, często stanowiące źródło stresu, a w konsekwencji pomyłek. Duży udział pracy ręcznej w montażu utrudnia uzyskanie stabilnego i wysokiego poziomu jakości wyrobu.

Reasumując brak automatyzacji powoduje, że proces montażu jest kosztowny. W efekcie firmy krajowe nie mogą oferować konkurencyjnych cen na swoje wyroby na rynkach międzynarodowych a coraz częściej także na rynku krajowym. Powszechne jest przekonanie, że jedyną drogą dla skutecznej konkurencji szczególnie w branży artykułów elektrotechnicznych jest automatyzacja procesów ich wytwarzania w tym operacji montażu.

Główną barierą wprowadzania automatyzacji montażu są koszty. Dla firm krajowych instalacje zautomatyzowane są po prostu zbyt kosztowne. W ostatnich latach w Polsce praktycznie tylko firmy z kapitałem zagranicznym wprowadzają stanowiska i linie montażowe zautomatyzowane. Jedną z dróg prowadzących do zmniejszenia kosztów budowy urządzeń dla automatycznego montażu jest budowa ich w oparciu o moduły. Ten aspekt budowy urządzeń oraz związane z nim problemy szczegółowo przedstawiono i omówiono w [4, 5]

3. ZAŁOŻENIA AUTOMATYZACJI MONTAŻU LISTWY BOLCÓW UZIEMIAJĄCYCH

Firma LESTAR od lat należy do czołowych krajowych producentów przedłużaczy i filtrów przeciwzakłóceńowych wykorzystywanych do zasilania sprzętu komputerowego. Jednym z podstawowych zespołów tych urządzeń, jest listwa bolców uziemiających. Składa się ona z listwy zerowej i bolców uziomowych. Do ich łączenia wykorzystuje się technologię nitowania, zapewniającą uzyskanie wysokich parametrów bezpieczeństwa, niezawodności i trwałości. Listwa bolców uziemiających wykonywana jest w trzech odmianach z czterema, pięcioma i sześcioma bolcami uziomowymi. Zmontowana listwa bolców uziemiających powinna zapewniać pewność mechanicznego i elektrycznego połączenia listwa-bolec przy zachowaniu wysokości zanitowanego bolca $17^{+0,0}_{-0,1}$ oraz średnicy zanitowania $\varnothing 2,9^{+0,2}_{-0,0}$, przy maksymalnej wysokości nitowania nie przekraczającej 0,8 mm.

Celem wspólnego projektu LESTAR i PIAP było opracowanie urządzenia do automatycznego montażu listwy bolców uziemiających, zapewniającego uzyskanie wysokich parametrów wydajności i jakości wytwarzania oraz niezawodności i trwałości wyrobu finalnego. Szczególna uwaga była zwrócona na zapewnienie ergonomicznych i bezpiecznych warunków pracy osób obsługujących proces produkcyjny.

Zgodnie z założeniami urządzenie miało mieć budowę modułową. Opracowanie zestawu prostych i niezawodnych modułów technologii montażowej i odpowiadających im modułów systemów montażowych umożliwi w przyszłości łatwe i tańsze niż obecnie tworzenie elastycznych systemów montażowych, również wykorzystujących inne technologie.

W projekcie zakładano wykorzystanie w miarę możliwości urządzeń i podzespołów krajowych. Dzięki temu opracowane aplikacje technologiczne będą bardziej przyjazne dla polskiego użytkownika (dokumentacja, podręczniki, komunikacja człowiek-maszyna oraz wsparcie techniczne - w języku polskim), a także istotnie tańsze od podobnych rozwiązań importowanych.

Urządzenie montażowe powinno działać automatycznie – bolce zasypane do magazynu wejściowego, po właściwym zorientowaniu mają być podawane do montażu. Listwy odpowiednio zorientowane i włożone wcześniej przez operatora do magazynka pomocniczego są okresowo w miarę potrzeb z niego ładowane do magazynka urządzenia, a każda pojedyncza listwa jest podawana automatycznie do montażu.

Opracowana technologia musiała zapewniać uzyskanie wydajności nie gorszej niż 300 kompletnych listew z pięcioma bolcami uziomowymi, zmontowanych w ciągu godziny.

4. OPRACOWANIE TECHNOLOGII I BUDOWA WYKORZYSTUJĄCEGO JĄ URZĄDZENIA

Po przeprowadzeniu analizy wymagań wobec wyrobu finalnego i dostępnych, znanych rozwiązań, zaproponowano zastosowanie do montażu bolców w listwie uziemiającej technologii automatycznego nitowania z wykorzystaniem nitownicy pneumatycznej. Technologia ta zapewnia uzyskanie wysokich parametrów trwałości, niezawodności i

bezpieczeństwa montowanego wyrobu. Automatykacja operacji zapewni stabilizację jakości na bardzo wysokim poziomie.

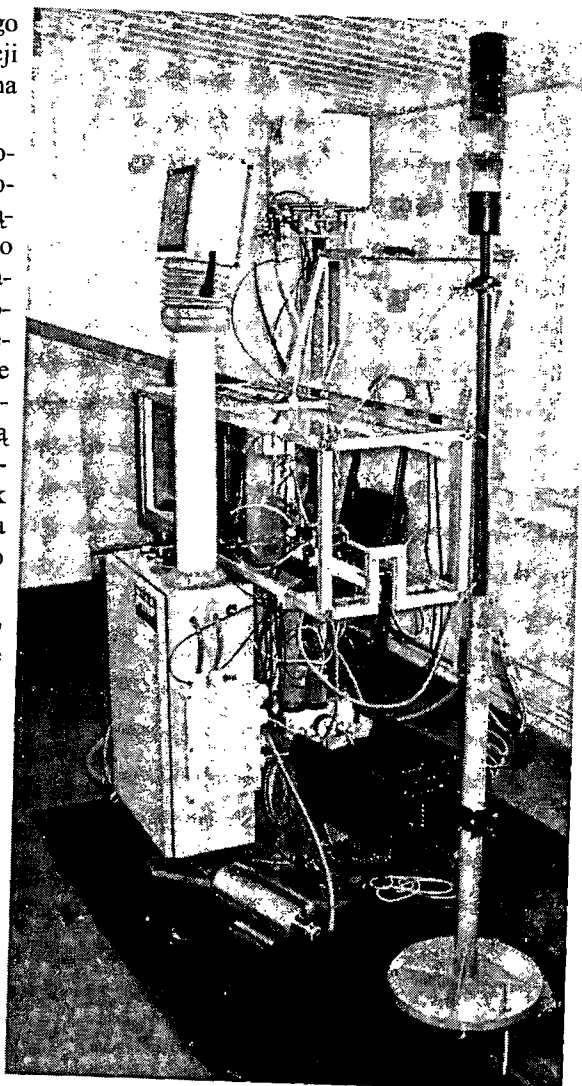
Na podstawie przygotowanej dokumentacji konstrukcyjnej wykonano i zestawiono prototyp urządzenia - linii zautomatyzowanego montażu listwy bolców uziemiających filtru przeciwzakłóceniewego. Urządzenie w części zawierającej elementy ruchome mogące stanowić zagrożenie bezpieczeństwa dla operatora osłonięte są ruchomymi osłonami z przezroczystego tworzywa. Wyłącznik STOP AWARYJNY pozwala na bezpieczne wyłączenie całego urządzenia.

W skład urządzenia, pokazanego na Fot. 1, wchodzi następujące główne moduły:

- moduł podstawy,
- moduł nitowania,
- moduł transportera listwy,
- moduł szafy sterującej,
- moduł podawania listwy,
- moduł podawania bolca,
- moduł panelu sterującego,

Ponadto w skład urządzenia wchodzi:

- zespół przygotowania powietrza i próżni,
- zespół „wyspy zaworowej”,
- lampa sygnalizacyjna,
- pojemnik zmontowanych listew.



Fot. 1. Urządzenie na stanowisku produkcyjnym w firmie LESTAR.

Moduł podstawy

Moduł podstawy stanowi bazę urządzenia, do której mocowane są pozostałe moduły i zespoły wchodzące w skład urządzenia. Wewnątrz modułu zamocowana jest nitownica obwiedniowa, na zewnątrz mocowane są: zespół przygotowania powietrza, „wyspa zaworowa”, wzmacniacze czujników, szafa sterująca, sterownik transporterów taśmo-

wych. Na module podstawy również mocowana jest płyta główna stanowiąca bazę dla pozostałych modułów i zespołów.

Moduł nitowania

Podstawowym elementem modułu nitowania jest wykorzystująca sposób powierzchniowego deformowania przenośna nitownica obwiedniowa [1] zamocowana wewnątrz modułu podstawy. Nitownica ta współpracuje z zespołem wkładania bolca, modulem transportera listwy oraz modulem podawania bolca. Po podaniu i pozycjonowaniu pilotem listwy, boliec podawany jest nad otwór w listwie, zespół wkładania bolca umieszcza go w otworze listwy i następuje proces nitowania obwiedniowego bolca w listwie.

Zanitowanie bolca kończy proces nitowania, po którym następuje przeniesienie listwy i po pozycjonowaniu jej kolejny boliec jest nitowany.

Możliwe jest ustawianie parametrów nitowania. Czas nitowania może być zmieniany poprzez zmianę w programie PLC. Siła (nacisk) nitowania może być ustalana za pomocą reduktora podającego zasilanie pneumatyczne do nitownicy.

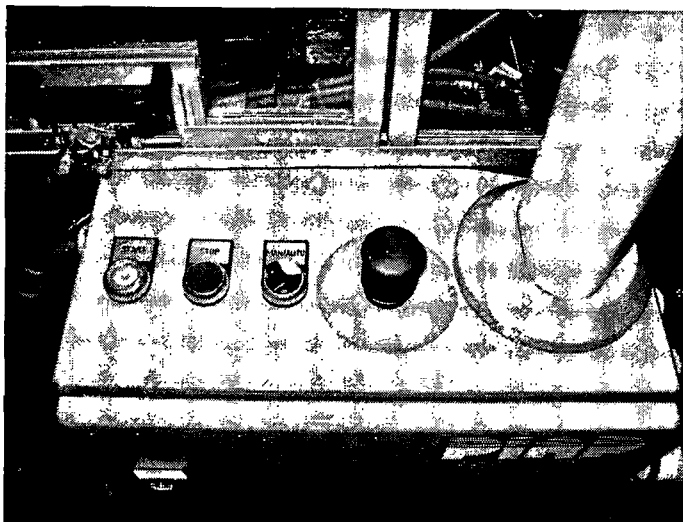
Moduł transportera listwy

Moduł transportera listwy składa się z dwóch transporterów taśmowych napędzanych silnikami elektrycznymi. Transporter listwy przed zanitowaniem przemieszcza listwę podaną przez moduł podawania listwy na pozycję nitowania. Transporter listwy po zanitowaniu przemieszcza listwę do magazynka zanitowanych listew. Transportery współpracują ze stoperami listwy zespołem pilota oraz pomocniczymi elementami pozwalającymi na zwiększenie prędkości przemieszczania listwy.

Moduł szafy sterującej

Moduł szafy sterującej zawiera zasilacze oraz sterownik PLC z układem WE/WY. Na górnej ścianie szafy (Fot. 2) znajduje się pulpit operatora. Umieszczono w nim przyciski START, STOP, przełącznik Auto/Manual oraz przycisk STOP AWARYJNY. Na ścianie bocznej znajduje się wyłącznik główny.

Moduł szafy sterującej współpracuje m.in. z modulem transportera, modulem panelu ope-

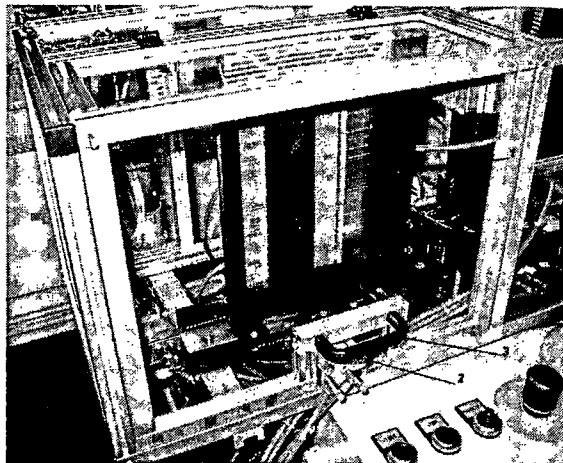


Fot. 2 Pulpit operatora

racyjnego, „wyspą zaworową”, zespołem czujników położenia zamontowanych w siłownikach pneumatycznych, zespołem czujników optycznych obecności i czujnikiem podciśnienia.

Moduł podawania listwy

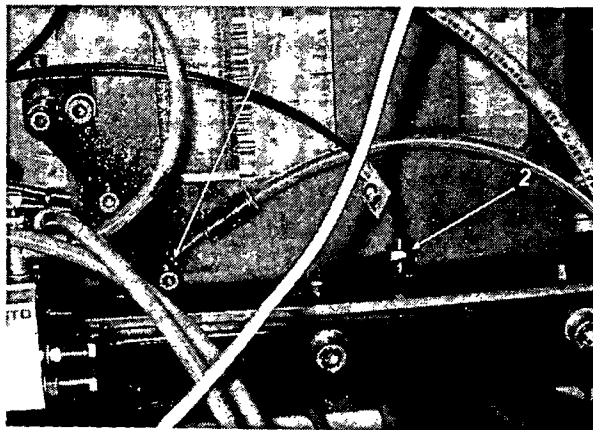
Listwy są wydawane z magazynu wejściowego – poz. 1 na Fot. 3. Siłownik 2 wypycha dolną listwę na taśmowy transporter wejściowy, który jest cały czas w ruchu. Obszar magazynu wejściowego jest przykryty osłoną z przezroczystego tworzywa, którą operator może podnieść (poz. 3 na Fot. 3), uzyskując dostęp na czas doładowania. Transport listwy od magazynu na pozycję nitowania wspomaga dysza pneumatyczna – poz. 1 na Fot. 4. Czujnik C1 (poz. 2 na Fot. 4) wykrywa obecność listwy na transporterze wejściowym. Podanie kolejnej listwy nie jest możliwe, jeśli na transporterze wejściowym znajduje się poprzednia listwa. Dysza pneumatyczna jest również wykorzystywana przy transporcie listwy po zanitowaniu, do pozycji nitowania kolejnego bolca.



Fot. 3 Magazyn wejściowy listew.

Moduł podawania bolca

Moduł podawania bolca jest jednym z bardziej skomplikowanych modułów urządzenia wypełniającym wiele zabiegów technologicznych (podawanie, orientowanie, wydawanie po jednej sztuce). Bolec zasypany do pojemnika podajnika wibracyjnego jest podawany pojedynczo do zespołu orientacji, z którego właściwie zorientowany (zatoczeniem do przodu) jest grawitacyjnie przesyłany do zespołu dystrybucji pojedynczego bolca.



Fot. 4 Wydawanie listew na transporter wejściowy.

Z zespołu dystrybucji po jednej sztuce bolec wydawany jest do chwytaka podciśnieniowego umieszczonego w widelkach bazujących i podających.

Siłownik napędzający widełki bazująco-podające przemieszcza je tak, aby z jednej strony bolec zatoczeniem trafił w otwór w listwie z drugiej ustawiał listwę na taśmie transportera zgodnie z wcześniej zanitowanym bolcem.

Moduł panelu operacyjnego

Moduł ten umieszczony jest nad stanowiskiem, zawiera terminal z klawiaturą. Klawiatura umożliwia wprowadzania danych odnośnie trybu pracy urządzenia, ilości listew do wykonania a wyświetlacz alfanumeryczny informuje o aktualnym stanie pracy urządzenia.

5. AUTOMATYCZNA KONTROLA PROCESU TECHNOLOGICZNEGO PODCZAS PRODUKCJI

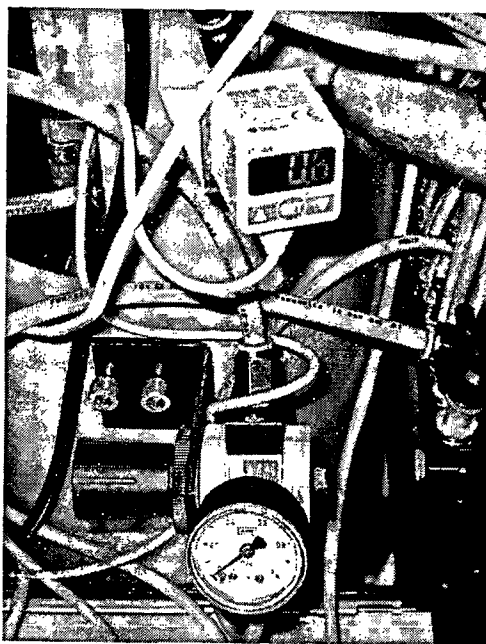
W urządzeniu wprowadzono automatyczną kontrolę procesu w trakcie jego realizacji oraz kontrolę po zanitowaniu każdego bolca.

Podczas procesu w sposób automatyczny kontrolowane jest podciśnienie w gnieździe widełek, podających bolce na stanowisko nitowania. Służy do tego czujnik podciśnienia zainstalowany na podstawie urządzenia, z tyłu, na wysokości nitownicy – Fot. 5. Wykrywa on czy podciśnienie mieści się pomiędzy zaprogramowanymi wartościami progowymi. Jeśli nie, bolec nie jest dosuwany i proces zostaje wstrzymany. Zły poziom podciśnienia może mieć następujące przyczyny:

- Zanieczyszczone gniazdo bolca w widełkach,
- Wadliwy bolec,
- Zanieczyszczony układ pneumatyczny podciśnienia.

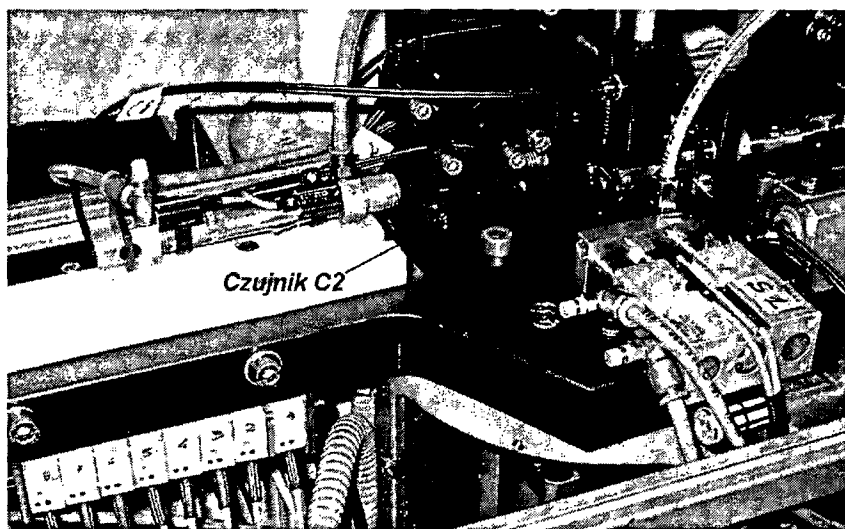
W każdym z tych przypadków konieczna jest interwencja operatora i usunięcie niesprawności.

W urządzeniu wprowadzono również możliwość regulacji ciśnienia pracy nitownicy. Jest ona zasilana poprzez dodatkowy reduktor z manometrem – Fot. 5. Konieczność zmiany ciśnienia roboczego nitownicy może wynikać np. ze zmiany parametrów materiału, z którego wykonane są listwy i bolce. Operator stale kontroluje jakość listew odbieranych na wyjściu urządzenia. Jeśli zaobserwuje efekty zbyt słabego lub zbyt mocnego nitowania musi skorygować nastawę ciśnienia roboczego nitownicy.



Fot. 5 Kontrola podciśnienia w gnieździe bolca i regulacja ciśnienia podczas nitowania.

Kolejnym mechanizmem kontroli zastosowanym w urządzeniu jest sprawdzanie wysokości bolca po zanitowaniu. Funkcja ta jest realizowana przy pomocy czujnika C2 (Fot. 6), zainstalowanego nad gniazdem bolca w lewym ramieniu widełek dociskowych. Po zakończeniu nitowania bolca jest on wraz z całą listwą przesuwany w stronę wyjścia tak, że otwór w listwie na kolejny boliec znajduje się na stanowisku nitowania, a boliec zanitowany znajduje się pod czujnikiem C2. Przed dosunięciem kolejnego bolca do nitowania system sterowania sprawdza, czy poprzedni boliec jest widziany przez czujnik optyczny C2.



Fot. 6 Kontrola wysokości bolca po zanitowaniu

6. PODSUMOWANIE

Wstępne badania urządzenia przeprowadzono w laboratorium PIAP. Wykazały one szereg nieprawidłowości funkcjonowania poszczególnych podzespołów. Dalsze prace zmierzały do zidentyfikowania przyczyn i opracowania rozwiązań eliminujących te usterki. Po uzyskaniu zadowalającego poziomu funkcjonowania urządzenia, zostało ono zainstalowane w docelowej hali przemysłowej i włączone do eksploatacji produkcyjnej. W jej początkowym okresie prowadzono jeszcze prace zmierzające do uzyskania planowanej wydajności. Ostatecznie osiągnięto zakładane poziomy:

- listwa z czterema bolcami uziemiającymi – 365 na godz.
- listwa z pięcioma bolcami uziemiającymi – 304 na godz.
- listwa z sześcioma bolcami uziemiającymi – 260 na godz.

Urządzenie w trakcie półrocznej eksploatacji wykazało, że podstawowe wymagania stawiane w założeniach znalazły potwierdzenie w praktyce. Bardzo istotną zaletą okazało się rozwiązanie umożliwiające zmianę modelu produkowanych listew (liczba bolców) bez konieczności przezbrajania urządzenia. Ta cecha elastyczności pozwoliła ograniczyć w firmie do minimum zapasy magazynowe gotowych listew.

LITERATURA

- [1] Dokumentacja Techniczno-Ruchowa pneumatycznej przenośnej nitownicy obwiedniowej typu PPNO-4. TEKOMA, Warszawa 2002
- [2] Lenczewski I., Łunarski I. – „Przenośna nitownica obwiedniowa”, Technologia i Automatykacja Montażu nr (38), październik-grudzień 2002
- [3] Lotter B.: Manufacturing Assembly Handbook,
- [4] Łunarski J., Szabajkiewicz W.: Automatykacja procesów technologicznych montażu maszyn. WNT, Warszawa 1993
- [5] Łunarski J.: Problemy modularyzacji w technologiach wytwarzania, Technologia i Automatykacja Montażu nr (38), październik-grudzień 2002
- [6] Podajniki wibracyjne cylindryczne. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa. TEKOMA, Warszawa 2003
- [7] Whitney D. E.: Quasi-static assembly of compliantly supported parts. MIT Press, 1984, str. 429-463