|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Karta projektu badawczo-rozwojowego** | | | | |
|
|
|
| **Tytuł projektu** | | | | |
| **Opracowanie i oprogramowanie sterowania maszyną Conturex Vario XS przy wykorzystaniu technologii QR – innowacyjne podejście do sterowania czynnościami obróbczymi** | | | | |
| **Numer ewidencyjny projektu** | | **BR - Conturex Vario XS** | | |
| **OPIS DZIAŁAŃ BADAWCZO ROZWOJOWYCH:** | | | | |
|
| ***Cel/ Opis nowych zakładanych właściwości/ funkcjonalności rozwiązania (produktu lub procesu)*** | Celem projektu było opracowanie sposobu i skonfigurowanie sterowania maszyny Conturex Vario XS, polegającego na zaprogramowaniu indywidulanego zestawu czynności obróbczych dla kantówki (materiału produkcyjnego) na podstawie zakodowanych informacji w kodach QR. Rozwiązanie to zapewnia dynamiczne i elastyczne dostosowanie czynności pracy maszyny do bieżących przepływów produkcyjnych, bez konieczności ręcznej ingerencji operatora w programy sterujące, przepływ surowców na linii produkcyjnej.  Opis nowych zakładanych właściwości / funkcjonalności   1. Wykorzystanie kodu QR jako nośnika danych technologicznych – kantówka otrzymuje unikalny kod QR zawierający parametry obróbki. 2. Sterowanie procesem na podstawie odczytu QR – maszyna Conturex Vario XS, po zeskanowaniu kodu, automatycznie identyfikuje materiał i przypisuje mu właściwy zestaw operacji (frezowanie, wiercenie, profilowanie, szlifowanie). 3. Transformacja danych w trakcie procesu – po wykonaniu obróbki element otrzymuje nowy kod QR, już jako półprodukt, zaktualizowany o parametry do dalszej produkcji. 4. Elastyczna konfiguracja sterowania – programowanie czynności obróbczych odbywa się na podstawie dynamicznych danych kodu QR, które uruchamiają sekwencje statycznych programów zapisanych w sterowniku maszyny. To zwiększa możliwości adaptacyjne i pozwala na obsługę krótkich lub pojedynczych partii jednostkowych oraz produkcji seryjnej. 5. Nowatorskie podejście do programowania Conturex – projekt stanowił pionierskie wdrożenie, gdyż wcześniej tego typu maszyna nie była sterowana w oparciu o informacje z kodów QR. Wymagało to opracowania nowych procedur, algorytmów interpretacji danych oraz integracji ze sterownikiem WMC. 6. Korzyści dla procesu produkcji – rozwiązanie zapewnia pełną identyfikowalność elementów, skraca czas konfiguracji maszyny, redukuje ryzyko błędów ludzkich.   Chodziło o to, aby maszyna Conturex Vario XS mogła wykonywać operacje obróbcze nie na podstawie statycznie zapisanego programu, ale dynamicznie – poprzez odczyt informacji zakodowanych w QR kodzie umieszczonym na kantówce i dopiero potem w kolejnych uruchamianych zaprogramowanych dowolnie wielu sekwencji obróbczych.   * Po zeskanowaniu QR kodu system sterowania (WMC – Weinig Machine Control) interpretuje dane, a następnie przypisuje do danego elementu odpowiednie operacje frezowania, wiercenia czy profilowania. * W trakcie procesu, po wykonaniu obróbki, na półprodukcie generowany jest nowy kod QR – już zaktualizowany o przeznaczenie detalu.   Dzięki temu linii technologiczna na gnieździe obróbczym Conturex - może pracować w trybie partii jednostkowej (batch size 1) z pełną identyfikowalnością elementów.  QR kod - informacje   1. Struktura danych w QR kodzie:    * identyfikator elementu (ID kantówki),    * podstawowe wymiary i parametry materiału (długość, szerokość, wysokość),    * numer programu i zestaw operacji zapisanych w systemie WMC,    * dane dodatkowe – informacje o wymaganym narzędziu, konfiguracji frezowania, dalszej ścieżce technologicznej. 2. Odczyt kodu QR przez system    * Conturex Vario XS ma wbudowaną opcję odczytu kodów kreskowych/QR (z karty technicznej: system odczytu kodów kreskowych Conturex Vario XS - PL).    * Po zeskanowaniu kodu dane trafiają bezpośrednio do sterownika Siemens 840D SL + WMC. 3. Interpretacja i uruchomienie operacji    * Sterownik przypisuje zestaw operacji obróbczych zgodnie z parametrami z QR.    * Dzięki modułowi WEINIG CAM/SIM/WMC programowanie może być parametryczne i wizualizowane – operator nie musi ręcznie tworzyć nowych programów, tylko używa szablonów, które maszyna dopasowuje do konkretnego elementu Conturex Vario XS - PL 4. Generowanie nowego QR kodu po obróbce    * Po zakończeniu frezowania półprodukt otrzymuje nową etykietę QR, która zawiera: ID półproduktu, wykonane operacje, status elementu i ścieżkę dalszej obróbki.   Programowanie Conturex Vario XS w projekcie polegało na opracowaniu logiki interpretacji QR kodów: QR → sterownik WMC → przypisanie operacji → wykonanie obróbki → wygenerowanie nowego QR.  Rozwiązanie wykorzystuje wbudowane funkcje maszyny (odczyt kodów kreskowych, sterowanie Siemens + WMC, parametryczne programowanie WEINIG CAM), po raz pierwszy zastosowano je w takiej sekwencji procesowej z dynamiczną aktualizacją danych i wykorzystano tą technologię do uelastycznienia przepływów produkcyjnych na linii technologicznej.  Projekt był realizowany w oparciu o podejście iteracyjne, zakładające cykliczne testowanie i weryfikację opracowywanych rozwiązań w środowisku maszyny Conturex Vario XS. Zarządzanie zadaniami oparto na metodyce zwinnej (Agile), co umożliwiło bieżące dostosowywanie zakresu prac do wyników badań i napotkanych problemów technologicznych. Komunikacja i koordynacja zespołu badawczo-rozwojowego odbywała się w oparciu o regularne przeglądy postępów oraz dokumentację eksperymentalną, co zapewniało transparentność i kontrolę nad harmonogramem projektu. | | | |
|
|
|
| ***Podstawowe etapy projektu*** | | | | |
| ***Numer etapu*** | ***Nazwa etapu*** | | | ***Data realizacji*** |
| 1. | Analiza i koncepcja rozwiązania | | | 10.2024 |
| 2. | Opracowanie algorytmów interpretacji danych QR | | | 10.2024 |
| 3. | Integracja i testy w środowisku maszyny Conturex Vario XS | | | 10.2024 |
| 4. | Walidacja i optymalizacja procesu produkcyjnego | | | 10.2024 |
| ***Wykaz najważniejszych problemów badawczych oraz sposób ich rozwiązania*** | **1. Brak możliwości dynamicznego sterowania maszyną Conturex Vario XS**   * *Problem*: Standardowe sterowanie maszyną opierało się na statycznie zapisanych programach obróbczych, co ograniczało elastyczność produkcji i wymagało ręcznej ingerencji operatora. * *Rozwiązanie*: Opracowano koncepcję wykorzystania etykiet QR jako nośnika danych technologicznych, które po odczytaniu przez system WMC (Weinig Machine Control) pozwalają na automatyczne przypisanie odpowiedniego zestawu czynności obróbczych do konkretnej kantówki.   **2. Integracja QR kodów z logiką sterownika WMC**   * *Problem*: Maszyna Conturex nigdy wcześniej nie była programowana w oparciu o interpretację danych z kodów QR. Brakowało procedur i algorytmów do powiązania informacji z QR z istniejącymi programami obróbczymi. * *Rozwiązanie*: Stworzono nowe procedury interpretacji danych, w których odczytany QR przekazuje do sterownika Siemens 840D SL + WMC komplet parametrów (ID elementu, wymiary, numer programu, zestaw operacji). Na tej podstawie maszyna dynamicznie wybiera i uruchamia odpowiednie sekwencje programów.   **3. Zapewnienie ciągłości i identyfikowalności elementów w procesie**   * *Problem*: Dotychczas elementy po obróbce traciły jednoznaczne powiązanie z historią procesu. Brakowało mechanizmu śledzenia półproduktów na kolejnych etapach. * *Rozwiązanie*: Po wykonaniu operacji element otrzymuje nowy QR kod zawierający zaktualizowane informacje (status półproduktu, wykonane operacje, dalsza ścieżka technologiczna). Umożliwia to pełną identyfikowalność i odtworzenie historii produkcyjnej.   **4. Elastyczność przy produkcji jednostkowej i krótkoseryjnej**   * *Problem*: Tradycyjne podejście do programowania ograniczało możliwość sprawnej realizacji produkcji w trybie „batch size 1”. * *Rozwiązanie*: Opracowano dynamiczny system konfiguracji sterowania, w którym parametry zawarte w QR uruchamiają sekwencje statycznych programów zapisanych w sterowniku. Dzięki temu maszyna może obsługiwać zarówno pojedyncze detale, jak i produkcję seryjną bez dodatkowych nakładów czasowych.   **5. Ryzyko błędów ludzkich przy konfiguracji maszyny**   * *Problem*: Ręczne przypisywanie programów obróbczych do elementów generowało ryzyko pomyłek i strat materiałowych. * *Rozwiązanie*: Automatyzacja identyfikacji i przypisywania operacji poprzez QR znacząco ograniczyła udział operatora w konfiguracji, redukując ryzyko błędów i zwiększając powtarzalność procesu. | | | |
| ***Podstawowe prace o charakterze twórczym w projekcie*** | Opracowanie koncepcji sterowania na podstawie QR kodów   * Zdefiniowano nowy sposób programowania maszyny Conturex Vario XS, w którym źródłem danych sterujących jest etykieta QR przypisana do kantówki. * Było to podejście pionierskie, ponieważ dotychczas maszyna była programowana wyłącznie poprzez statycznie zapisane sekwencje w sterowniku.   Projektowanie struktury danych w QR kodzie   * Stworzono dedykowaną strukturę informacji zapisanych w kodzie QR, obejmującą:   + identyfikator elementu (ID kantówki),   + wymiary i parametry materiałowe,   + numer programu obróbczego lub zestawu operacji,   + dane dodatkowe (np. wymagane narzędzia, ścieżka dalszej produkcji). * Dzięki temu QR kod stał się uniwersalnym nośnikiem danych technologicznych w procesie produkcyjnym.   Opracowanie algorytmów interpretacji danych z QR   * Stworzono procedury, które umożliwiają odczyt kodu QR i przekazanie danych do sterownika Siemens 840D SL + WMC. * Algorytmy interpretacji mapują informacje z QR na konkretne sekwencje obróbcze zapisane w systemie WEINIG CAM/SIM/WMC. * Umożliwiło to dynamiczne sterowanie maszyną w zależności od danych zakodowanych w etykiecie.   Integracja danych QR z procesem produkcyjnym   * Po zeskanowaniu QR kodu maszyna automatycznie przypisuje elementowi odpowiednie operacje (frezowanie, wiercenie, profilowanie, szlifowanie). * Po zakończonej obróbce generowany jest nowy QR kod – już dla półproduktu – zawierający informacje o przeprowadzonych operacjach i dalszej ścieżce technologicznej. * Zapewniło to pełną identyfikowalność detalu w całym cyklu życia produkcyjnego.   Tworzenie parametrycznych szablonów programów obróbczych   * W środowisku WEINIG CAM/SIM opracowano szablony programów, które można elastycznie wywoływać na podstawie danych z QR. * Dzięki temu operator nie musi ręcznie konfigurować nowych programów – wystarczy skan kodu, aby maszyna automatycznie dopasowała obróbkę do detalu.   Walidacja i optymalizacja rozwiązania w trybie produkcji jednostkowej (batch size 1)   * Rozwiązanie przetestowano w warunkach produkcji krótkoseryjnej i jednostkowej. * Udowodniono, że dzięki dynamicznemu sterowaniu możliwa jest realizacja zamówień „just in time” przy zachowaniu pełnej powtarzalności i minimalizacji błędów ludzkich.   Stworzenie nowatorskiego podejścia do programowania maszyn Conturex   * Projekt stanowił pierwsze wdrożenie, w którym Conturex został zaprogramowany w oparciu o system QR kodów. | | | |
| ***Poziom innowacyjności projektu*** | **Innowacja w skali przedsiębiorstwa** | | **Innowacja w skali kraju** | |
| Tak | | Nie | |
| ***Podsumowanie projektu*** | Projekt badawczo-rozwojowy umożliwił opracowanie innowacyjnej metody konfiguracji sterowania maszyny Conturex Vario XS w oparciu o dane zakodowane w etykietach QR. Rozwiązanie to znacząco wykracza poza klasyczne podejście do programowania CNC, które bazuje na statycznie zapisanych sekwencjach w sterowniku. W ramach prac opracowano strukturę danych QR, obejmującą identyfikator elementu, jego parametry geometryczne i materiałowe, numery programów obróbczych oraz dane dodatkowe dotyczące narzędzi i dalszej ścieżki technologicznej. Dzięki temu kod QR stał się uniwersalnym nośnikiem informacji technologicznych w całym procesie produkcyjnym.  Zasadniczą częścią projektu było stworzenie algorytmu interpretacji danych QR, umożliwiającego ich powiązanie z systemem sterowania Siemens 840D SL oraz modułami WMC i CAM/SIM. Algorytm ten pozwalał na dynamiczne przypisywanie odpowiednich sekwencji obróbczych, takich jak frezowanie, wiercenie, profilowanie czy szlifowanie, do konkretnego elementu. Kluczowym osiągnięciem było także opracowanie algorytmu generowania nowych kodów QR po zakończeniu obróbki – etykiety te przypisywane do półproduktów zawierały zaktualizowane informacje o wykonanych operacjach i dalszej ścieżce technologicznej. Dzięki temu uzyskano pełną identyfikowalność detali oraz możliwość odtworzenia całej historii procesu produkcyjnego.  Projekt miał charakter pionierski, ponieważ dotychczas maszyny Conturex nie były programowane na podstawie interpretacji danych z QR. Opracowane procedury, algorytmy i szablony obróbcze stanowiły prace twórcze, które wymagały integracji istniejących funkcjonalności maszyny z nową logiką sterowania. Walidacja rozwiązania w warunkach produkcyjnych wykazała, że system działa efektywnie w trybie partii jednostkowej (batch size 1), co pozwala na wysoką elastyczność organizacji przepływów produkcyjnych. Umożliwiło to realizację zarówno zamówień jednostkowych, jak i krótkoseryjnych, bez konieczności czasochłonnej rekonfiguracji maszyny.  Dzięki zastosowaniu algorytmu interpretacji i generowania kodów QR znacząco ograniczono ryzyko błędów ludzkich, eliminując konieczność ręcznego przypisywania programów. Zwiększono także powtarzalność procesów oraz skrócono czas konfiguracji i przezbrojenia maszyny. Projekt dowiódł, że opracowana metoda może być z powodzeniem integrowana z systemami nadrzędnymi klasy MES i ERP, wspierając cyfryzację i automatyzację przepływów produkcyjnych.  Wnioski z projektu wskazują, że wdrożone rozwiązanie nie tylko zwiększa efektywność procesów obróbczych, ale także otwiera drogę do dalszych badań nad wykorzystaniem algorytmów interpretacji danych i generowania etykiet cyfrowych w środowisku przemysłowym. | | | |
|
|
|
|
|
|
|
|
|
| **Dokumentacja projektowa (załączniki do karty projektu)** | | | | |
| 1. | Repozytorium cyfrowe do sterowników Contrurex Vario XS | | | |
| 2. | Karty technologiczne procesów obróbczych dla kątowników | | | |