|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Karta projektu badawczo-rozwojowego** | | | | |
|
|
|
| **Tytuł projektu** | | | | |
| **Opracowanie, implementacja i wdrożenie technologii wytwórczych na Centrum Obróbczym**  **Conturex Vario XS na Wydziale Drewna** | | | | |
| **Numer ewidencyjny projektu** | | **BR - Conturex** | | |
| **OPIS DZIAŁAŃ BADAWCZO ROZWOJOWYCH:** | | | | |
|
| ***Cel/ Opis nowych zakładanych właściwości/ funkcjonalności rozwiązania (produktu lub procesu)*** | Celem projektu było opracowanie sterowania i konfiguracji procesów obróbczych na centrum obróbczym Conturex Vario XS w zakresie produkcji stolarki okiennej i drzwiowej.  Prace koncentrowały się na zbadaniu możliwości technologicznych maszyny, przygotowaniu parametrów sterowania, a następnie na implementacji obróbek frezarskich, wiercących i profilujących dedykowanych dla elementów z drewna litego oraz klejonego. Projekt miał charakter badawczo-rozwojowy, ponieważ wymagał opanowania nowej technologii, wcześniej niewykorzystywanej w przedsiębiorstwie, oraz opracowania własnych procedur jej stosowania w produkcji seryjnej i jednostkowej.  Opis nowych zakładanych właściwości / funkcjonalności   * Sterowanie procesem obróbczym poprzez system WMC (Weinig Machine Control) Opracowano logikę sterowania maszyną opartą na parametrycznym programowaniu elementów. Możliwe było definiowanie cykli technologicznych obejmujących frezowanie, wiercenie, profilowanie i cięcie w jednej sekwencji. * Programowanie parametryczne w środowisku WEINIG CAM i SIM Zbadano możliwości generowania obróbek parametrycznych oraz ich wizualizacji w module SIM. Pozwoliło to na tworzenie szablonów programowych, które można było dynamicznie dopasowywać do wymiarów i typu obrabianego elementu. * Optymalizacja sekwencji obróbczych Przeanalizowano różne warianty kolejności wykonywania operacji i dobrano parametry pracy narzędzi tak, aby zapewnić dokładność i powtarzalność wymiarową. Opracowane rozwiązania umożliwiały obróbkę skomplikowanych profili okiennych i drzwiowych w jednym cyklu. * Automatyzacja i minimalizacja ingerencji operatora Dzięki opracowaniu procedur sterowania udało się ograniczyć konieczność ręcznej edycji programów. Maszyna mogła samodzielnie rozpoznać zestawy parametrów i przypisać odpowiednie cykle obróbcze, co zwiększało bezpieczeństwo procesu i stabilność jakości. * Elastyczność produkcji – batch size 1 Opracowane sterowanie umożliwiło realizację zarówno krótkich serii, jak i produkcji jednostkowej, co ma kluczowe znaczenie w produkcji stolarki renowacyjnej i indywidualnej. * Badanie granicznych możliwości technologii Projekt obejmował testy technologiczne, których celem było określenie zakresu możliwości Conturex Vario XS w odniesieniu do tolerancji wymiarowych, stabilności mocowania (PowerGrip Motion 2D/3D) oraz czasu cykli obróbczych.   Proces opracowania polegał na przejściu kilku etapów, z których każdy wymagał indywidualnego podejścia i testów technologicznych:   1. Analiza wymagań stolarki okiennej i drzwiowej  * Zidentyfikowano typowe operacje występujące przy produkcji ram, skrzydeł i profili (frezowanie wrębów, gniazd pod okucia, otworów montażowych, profilowanie listew i krawędzi). * Określono wymagane tolerancje wymiarowe i chropowatości powierzchni, aby dostosować parametry obróbki.  1. Tworzenie modeli cyfrowych i szablonów programowych  * Na podstawie dokumentacji konstrukcyjnej przygotowano modele parametryczne w środowisku WEINIG CAM. * Utworzono szablony cykli obróbczych dla elementów powtarzalnych, które mogły być dynamicznie dopasowywane do wymiarów kantówek.  1. Generowanie ścieżek narzędziowych i symulacja  * Opracowano ścieżki narzędziowe z uwzględnieniem kolejności operacji i warunków mocowania elementów w systemie PowerGrip Motion 2D/3D. * W module SIM przeprowadzono symulacje procesów, eliminując ryzyko kolizji narzędzi i błędów w kolejności obróbek.  1. Dobór narzędzi i parametrów skrawania  * Wytypowano zestawy narzędzi do frezowania, wiercenia i profilowania, korzystając z magazynu wewnętrznego i zewnętrznego maszyny. * Dobierano parametry (obroty, posuw, głębokość skrawania) w oparciu o testy na różnych gatunkach drewna (lite, klejone).  1. Implementacja obróbek na maszynie  * Programy były przenoszone do sterownika Siemens 840D SL + WMC, gdzie przypisywano je do konkretnych elementów produkcyjnych. * Uruchamiano procesy testowe, monitorując powtarzalność, czas cyklu i jakość powierzchni.  1. Walidacja technologii  * Na podstawie prototypowych obróbek dokonano analizy jakości wykonanych detali, stabilności mocowania oraz powtarzalności wymiarowej. * Wprowadzono korekty do ścieżek narzędziowych i sekwencji programów, co pozwoliło zoptymalizować proces.   W efekcie opracowano technologię obróbki drewna dla stolarki okiennej i drzwiowej na Conturex Vario XS, obejmującą komplet procedur: od przygotowania danych w CAD/CAM, poprzez symulację i programowanie, aż po praktyczne wdrożenie procesów frezowania, wiercenia i profilowania w warunkach produkcyjnych.  Proces opracowania technologii   1. Analiza dokumentacji technicznej i instrukcji producenta  * Proces rozpoczęto od szczegółowego zapoznania się z instrukcjami obsługi Conturex Vario XS oraz dokumentacją dotyczącą sterowania Siemens 840D SL i systemu WMC (Weinig Machine Control). * Celem było zrozumienie struktury sterowania, zakresu funkcji maszyny oraz jej ograniczeń technologicznych.  1. Weryfikacja funkcjonalności maszyny w trybie podstawowym  * Uruchomiono maszyny w cyklach testowych, korzystając z fabrycznych programów demonstracyjnych dostarczonych przez producenta. * Pozwoliło to ocenić dokładność pozycjonowania, stabilność mocowania (PowerGrip Motion 2D/3D) oraz płynność ruchów portalu.  1. Pierwsze próby programowania parametrycznego  * W środowisku WEINIG CAM i WMC przygotowano proste cykle obróbcze (np. wiercenie otworów, podstawowe frezowanie), które następnie implementowano w sterowniku. * Etap ten służył opanowaniu sposobu generowania kodów, przypisywania parametrów do zmiennych oraz ich testowania na materiale próbnym.  1. Stopniowe rozszerzanie zakresu obróbek  * Po wstępnych próbach przeprowadzono testy bardziej złożonych operacji: frezowania wrębów pod okucia, profilowania listew, kształtowania wręgów i gniazd. * Testy obejmowały dobór narzędzi z magazynu, ustalenie sekwencji operacji i optymalizację czasów cyklu.  1. Symulacja i weryfikacja w module SIM  * Przed wdrożeniem pełnych programów wykonywano symulacje obróbek w środowisku WEINIG SIM, aby wykluczyć kolizje narzędzi i błędy w ścieżkach. * Analiza symulacyjna pozwoliła skrócić czas prób i ograniczyć ryzyko uszkodzenia materiału.  1. Integracja procesów z praktyką stolarki okiennej i drzwiowej  * Programy obróbcze dostosowano do rzeczywistych elementów produkcyjnych: ram, skrzydeł i profili. * Na tym etapie konieczne było opracowanie nowych procedur ustawienia mocowań i parametrów narzędzi, aby maszyna mogła obsługiwać zarówno serie, jak i produkcję jednostkową.  1. Optymalizacja i walidacja  * Po wykonaniu serii próbnych elementów analizowano ich jakość wymiarową, dokładność otworów i powierzchni oraz czas cyklu. * Wyniki służyły do wprowadzania korekt w programach, aż do uzyskania stabilnych, powtarzalnych procesów.   Proces przyswajania Conturex Vario XS miał więc charakter iteracyjny i badawczy – od studiowania dokumentacji, przez testy podstawowe, próby programowania, aż po rozwój własnych cykli obróbczych i ich optymalizację pod kątem stolarki. W efekcie opracowano i wdrożono zestaw technologii obróbczych umożliwiających wytwarzanie elementów okiennych i drzwiowych w trybie zautomatyzowanym i parametrycznym | | | |
|
|
|
| ***Podstawowe etapy projektu*** | | | | |
| ***Numer etapu*** | ***Nazwa etapu***  ***(prace wg. schematu: koncepcja - wyposażenie i przygotowanie infrastruktury – programowanie i konfiguracja maszyn – szkolenia - wdrożenie)*** | | | ***Data realizacji*** |
| 1. | Analiza technologii zrobotyzowanych centr obróbczych, badania możliwości technologicznych i automatyzacji procesów wytwórczych; analiza ofert | | | 05.2023 – 12.2023 |
| 2. | Analiza techniczna możliwości wytwórczych centrum obróbczego | | | 01.2024 - 03.2024 |
| 3. | Weryfikacja funkcjonalności centrum w trybie podstawowym i badanie możliwości dostosowania funkcji wytwórczych do procesu technologicznego | | | 01.2024 - 03.2024 |
| 4. | Pierwsze próby programowania parametrycznego | | | 01.2024 - 03.2024 |
| 5. | Stopniowe rozszerzanie zakresu obróbek | | | 03.2024 – 04.2024 |
| 6. | Symulacja i weryfikacja w module SIM | | | 05.2024 – 06.2024 |
| 7. | Integracja procesów z praktyką stolarki okiennej i drzwiowej | | | 07.2024 – 10.2024 |
| 8. | Optymalizacja i walidacja | | | 11.2024 – 12.2024 |
| ***Wykaz najważniejszych problemów badawczych oraz sposób ich rozwiązania*** | 1. Brak wcześniejszych doświadczeń w programowaniu Conturex Vario XS   * *Problem*: Maszyna nie była wcześniej stosowana w przedsiębiorstwie, a dokumentacja producenta opisywała jedynie ogólne funkcje. Brakowało gotowych procedur sterowania dostosowanych do stolarki okiennej i drzwiowej. * *Rozwiązanie*: Przeprowadzono szczegółową analizę instrukcji producenta, systemu sterowania Siemens 840D SL oraz modułu WMC (Weinig Machine Control). Na tej podstawie opracowano własne schematy programowania parametrycznego i konfiguracji obróbek.   2. Integracja cykli technologicznych w jednym procesie   * *Problem: Wymagane było połączenie frezowania, wiercenia, profilowania i cięcia w jednym cyklu, przy zachowaniu stabilności wymiarowej i powtarzalności.* * *Rozwiązanie: Opracowano szablony programowe w środowisku WEINIG CAM, które umożliwiały parametryczne dopasowanie programów do różnych wymiarów kantówek. Procesy zweryfikowano symulacyjnie w module SIM.*   3. Optymalizacja sekwencji obróbczych i parametrów skrawania   * *Problem: Kolejność operacji i parametry narzędzi musiały być dostosowane do drewna litego i klejonego, a także do zróżnicowanych kształtów profili.* * *Rozwiązanie: Wykonano serię prób technologicznych na materiałach produkcyjnych, dobierając parametry (obroty, posuw, głębokość skrawania). Na podstawie testów opracowano procedury referencyjne dla poszczególnych typów* obróbek.   4. Stabilność mocowania elementów w systemie PowerGrip Motion 2D/3D   * *Problem: Wąskie i długie elementy stolarki miały tendencję do wibracji i przesunięć podczas obróbki.* * *Rozwiązanie: Przeanalizowano konfigurację mocowań i opracowano zasady ich rozmieszczania w zależności od wymiarów elementu. Dzięki temu uzyskano stabilność i precyzję obróbki nawet przy dużych gabarytach.*   5. Minimalizacja ingerencji operatora w proces   * *Problem: Dotychczasowe procedury wymagały ręcznej edycji programów, co zwiększało ryzyko błędów i przestojów.* * *Rozwiązanie: Opracowano logikę sterowania, w której dane parametryczne były przypisywane automatycznie. Operator ograniczał się do uruchomienia* programu i kontroli jakości, a nie do edycji kodu.   6. Walidacja i dostosowanie do produkcji jednostkowej i seryjnej   * *Problem: Maszyna miała być wykorzystywana zarówno do produkcji krótkoseryjnej, jak i jednostkowej (batch size 1), co wymagało elastycznego sterowania.* * *Rozwiązanie: Stworzono procedury umożliwiające dynamiczne dopasowanie programów obróbczych do pojedynczych elementów oraz krótkich serii. Testy wykazały pełną powtarzalność wymiarową i jakość detali*.   W rezultacie rozwiązano kluczowe problemy związane z integracją sterowania, programowaniem parametrycznym, doborem narzędzi i stabilnością mocowania. Opracowana technologia umożliwiła pełne wykorzystanie możliwości Conturex Vario XS w produkcji stolarki okiennej i drzwiowej, zarówno w trybie seryjnym, jak i jednostkowym. | | | |
| ***Podstawowe prace o charakterze twórczym w projekcie*** | 1. Opracowanie logiki sterowania w systemie WMC    * Stworzono własne procedury konfiguracji sterowania oparte na parametrycznym programowaniu elementów stolarki.    * Twórczym wkładem było zdefiniowanie algorytmów przypisywania operacji technologicznych do konkretnych typów profili i kantówek. 2. Tworzenie szablonów programowych w WEINIG CAM    * Na podstawie dokumentacji konstrukcyjnej zaprojektowano zestaw szablonów obróbczych, które mogły być dynamicznie dopasowywane do zmiennych wymiarów elementów.    * Było to działanie innowacyjne, ponieważ pozwoliło na pełną parametryzację procesów, wcześniej dostępnych jedynie w formie statycznych programów. 3. Integracja wielu operacji w jednym cyklu    * Opracowano sekwencje technologiczne łączące frezowanie, wiercenie, profilowanie i cięcie w ramach jednej ścieżki obróbczej.    * Twórczość polegała na optymalnym doborze kolejności operacji i parametrów narzędzi w taki sposób, aby zapewnić powtarzalność i jakość obróbki przy minimalnym czasie cyklu. 4. Rozwój procedur mocowania w systemie PowerGrip Motion 2D/3D    * Opracowano reguły rozmieszczania i konfiguracji chwytaków w zależności od geometrii elementu.    * Dzięki temu możliwe stało się bezpieczne i stabilne mocowanie elementów o nietypowych proporcjach, co dotychczas nie miało opracowanego wzorca. 5. Optymalizacja i walidacja obróbek    * Stworzono procedury testowania i korygowania ścieżek narzędziowych na podstawie prototypowych detali.    * Efektem było opracowanie stabilnych procesów referencyjnych, które mogą być stosowane w produkcji seryjnej i jednostkowej. 6. Adaptacja Conturex Vario XS do specyfiki stolarki okiennej i drzwiowej    * Najważniejszym wkładem twórczym było dostosowanie maszyny ogólnego przeznaczenia do realiów produkcji stolarki: odwzorowanie wręgów, gniazd pod okucia, profili przylgowych i listew.    * Powstała baza obróbek specyficznych dla okien i drzwi, które wcześniej nie były dostępne w standardowych bibliotekach maszyny.   Wkład twórczy projektu polegał na przeniesieniu ogólnych funkcjonalności maszyny CNC do kontekstu stolarki, poprzez opracowanie własnych procedur sterowania, parametryzacji programów i integracji operacji. Dzięki temu Conturex Vario XS został przystosowany do wydajnej i elastycznej produkcji elementów okiennych i drzwiowych. | | | |
| ***Poziom innowacyjności projektu*** | **Innowacja**  **w skali przedsiębiorstwa** | | **Innowacja**  **w skali kraju** | |
| Tak | | Nie | |
| ***Podsumowanie projektu*** | Projekt miał na celu opracowanie sterowania oraz konfiguracji procesów obróbczych na centrum Conturex Vario XS w kontekście produkcji stolarki okiennej i drzwiowej. Prace badawczo-rozwojowe obejmowały analizę dokumentacji technicznej i instrukcji producenta, weryfikację funkcjonalności maszyny oraz badania jej granicznych możliwości technologicznych. W toku projektu opracowano logikę sterowania w systemie WMC (Weinig Machine Control), która pozwoliła na parametryczne programowanie elementów i tworzenie cykli technologicznych łączących frezowanie, wiercenie, profilowanie i cięcie w jednej sekwencji.  Kluczowym osiągnięciem było stworzenie własnych szablonów programowych w środowisku WEINIG CAM, które można dynamicznie dopasowywać do różnych wymiarów kantówek i typów profili. Dzięki zastosowaniu modułu SIM możliwe było przeprowadzanie symulacji, które eliminowały ryzyko kolizji narzędzi i skracały czas prób technologicznych. Ważnym elementem prac było również opracowanie procedur mocowania w systemie PowerGrip Motion 2D/3D, co pozwoliło stabilnie i bezpiecznie obrabiać elementy o zróżnicowanych gabarytach.  Projekt miał charakter pionierski, ponieważ wcześniej w przedsiębiorstwie nie stosowano technologii tego typu. Proces przyswajania maszyny i tworzenia obróbek miał charakter iteracyjny – od testów podstawowych, przez rozwój cykli parametrycznych, aż po optymalizację i walidację procesów na prototypowych elementach. W efekcie wdrożono zestaw procedur sterowania i technologii obróbczych, które umożliwiają realizację produkcji zarówno seryjnej, jak i jednostkowej (batch size 1), przy zachowaniu wysokiej jakości i powtarzalności wymiarowej.  Rezultatem projektu było pełne opanowanie technologii programowania i sterowania Conturex Vario XS oraz stworzenie własnej bazy procesów technologicznych dostosowanych do potrzeb stolarki okiennej i drzwiowej. Dzięki temu przedsiębiorstwo zyskało możliwość elastycznej produkcji, skrócenia czasów cyklu oraz uniezależnienia procesów obróbczych od ingerencji operatora. Projekt stanowi istotny krok w kierunku automatyzacji i cyfryzacji procesów wytwórczych w branży stolarki budowlanej. | | | |
|
|
|
|
|
|
|
|
|
| **Dokumentacja projektowa (załączniki do karty projektu)** | | | | |
| 1. | Programy zadaniowe do Conturex Vario XS | | | |