|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Karta projektu badawczo-rozwojowego** | | | | |
|
|
|
| **Tytuł projektu** | | | | |
| **Opracowanie i wdrożenie wydajnej technologii produkcji okien z PCV typu PSK na linii STD** | | | | |
| **Numer ewidencyjny projektu** | | **BR – PSK na linii STD** | | |
| **OPIS DZIAŁAŃ BADAWCZO ROZWOJOWYCH:** | | | | |
|
| ***Cel/ Opis nowych zakładanych właściwości/ funkcjonalności rozwiązania (produktu lub procesu)*** | Celem projektu było opracowanie i wdrożenie wydajnej technologii seryjnej produkcji okien PSK z PVC na linii produkcyjnej STD, w wyniku transferu produkcji konstrukcji z linii NSTD do zautomatyzowanego ciągu bez pogorszenia przepustowości pozostałych asortymentów.  Okna PSK – okna o konstrukcji, w których skrzydło najpierw się uchyla (do wentylacji), a potem przesuwa równolegle do ramy po specjalnych prowadnicach. Mechanizm PSK wykorzystuje wózki jezdne i nożyce/okucia sterujące pracą skrzydła. Różni się od systemów HST/HS (podnoszono-przesuwnych) mniejszą nośnością i inną kinematyką, ale pozwala budować ekonomiczne okna przesuwne na bazie tradycyjnych profili okiennych PVC.  Aby zautomatyzować montaż, przy zachowaniu wysokiej końcowej przed projektantami technologii stał szereg wyzwań do rozwiązania:   * Układ linii i schemat przepływu produkcyjnego (intralogistyka) * Ułożenie operacji cięcia i obróbek * Tolerancje równoległości torów i geometrii PSK * Oprogramowanie centrów CNC pod mechanizmy PSK * Dedukcje i kompensacje wymiarowe * Okuwanie PSK * Oczyszczanie naroży i wykańczanie po zgrzewie * Utrzymanie ciągłości ruchu i SMED   Osiągnięto to przez przygotowanie linii STD pod gabaryty konstrukcji okien PSK, rozdzielono operacje cięcia i obróbek na dedykowane gniazda (m.in. centra SBZ 609/615 dla profili oraz ukośnica do cięcia prowadnic aluminiowych), a w systemie Cantor zdefiniowano dedukcje oraz komplet reguł generujących pliki produkcyjne bez ręcznych korekt. Przeprowadzono szkolenia z okuwania PSK (kolejność montażu, momenty dokręcania, regulacje), co ustabilizowało czas cyklu i zapewniło powtarzalność. Efektem projektu było uzyskanie możliwości zaimplementowania montażu okien PSK na linii STD z niewielką utratą zdolności montażowych dla innych typów okien PCV nowych właściwości i funkcjonalności procesu oraz wyrobu:   * wzrost produkcji PSK z około 6 do około 20 konstrukcji dziennie, * standaryzacja i automatyzacja kluczowych operacji: rozkrój, obróbki CNC, dedykowane cięcie prowadnic aluminiowych na ukośnicy, okuwanie z prowadnicami i wózkami, * poprawa jakości i powtarzalności dzięki dedukcjom w Cantorze, rozdzieleniu gniazd obróbczych, kontrolowanym momentom dokręcania i zdefiniowanym procedurom regulacji, * lepsza ergonomia i bezpieczeństwo pracy dzięki doposażeniu stanowisk oraz skróceniu i ujednoliceniu przezbrojeń.   Opracowanie sterowania dedykowanych centr obróbczych: Elumatec SBZ 609 oraz centrach tnących Stürtz i Federhenn dla produkcji okien PSK (przesuwnych). Elumatec SBZ 609 – to nowoczesne centrum obróbcze przystosowane do wiercenia, frezowania i montażu wzmocnień w profilach PVC. Posiada automatyczny magazynek na profile, chwytak z obrotem 0–180°, system pomiaru długości oraz opcjonalne grzebieńki montażowe. Dzięki zaawansowanemu sterowaniu CNC i obsłudze wielu narzędzi (routing, wkręcanie, wiercenie), centrum zostało zaprogramowane do obsługi wielo-etapowo operacji z wyeliminowaniem manualnych operacji przeładowania i przezbrajania.  *Rys. 1. Centrum obróbcze Elumatec SBZ 609*  W centrach tnących Stürtz i Federhenn skonfigurowano linie cięcia i obróbki umożliwiające cięcie profili pod kątem, rotację materiału i precyzyjne podawanie do dalszych operacji. Systemy te wspomagają pełną automatyzację produkcji PSK, redukując ręczne operacje i przyspieszając przepływ materiału.  Wdrażając te rozwiązania, opracowano odpowiednie oprogramowania sterowników i układy automatycznego podawania, jak również gabarytowe ustawienia linii produkcyjnych, zapewniające płynność operacji cięcia, obróbki i montażu. Efektem jest znaczne usprawnienie procesu — bez konieczności wydłużania cyklu pracy i przy zachowaniu wysokiej powtarzalności oraz jakości produkowanych okien.  Programowanie obróbek i wprowadzenie profili obróbczych do nowych maszyn - kompleksowe dostosowanie parametrów technologicznych do wymagań produkcji PCV i mechanizmów z aluminium. W ramach działań automatyzujących wdrożono do procesu produkcyjnego ukośnicę – specjalistyczną maszynę tnącą, umożliwiającą precyzyjne przycinanie profili aluminiowych, z zachowaniem wysokiej dokładności wymiarowej i czystości krawędzi. Jej zastosowanie pozwala na skrócenie czasu okuwania.  Wprowadzono dedykowane szablony do okuwania okien do precyzyjnego pozycjonowania i wykonywania odwiertów pod montaż okuć, takich jak zawiasy, klamki czy elementy ryglujące. Szablony dopasowane do konkretnych profili, eliminują ryzyko błędów montażowych, zapewniając powtarzalność i zgodność z dokumentacją techniczną. W efekcie proces okuwania stał się szybszy, bardziej ergonomiczny oraz gwarantuje utrzymanie wysokiej jakości na każdym etapie produkcji.  Integracja produkcji okien PSK z dotychczasową linią okien standardowych obejmowała kompleksowe dostosowanie procesów oraz infrastruktury technicznej w celu włączenia wytwarzania konstrukcji przesuwnych do głównego ciągu produkcyjnego, bez obniżania wydajności pozostałych operacji.  W ramach prac przeprowadzono szczegółową analizę istniejącej linii, po czym dokonano zmian, uwzględniając ustawienie automatycznych podajników i przenośników rolkowych, które umożliwiają płynny transport ram i skrzydeł do poszczególnych stanowisk obróbczych. Wdrożenie nowego układu pozwoliło poprawić przepływ pół produktów konstrukcji.  Prace realizowane w ramach projektu były prowadzone zgodnie z określoną metodyką, w sposób sekwencyjny i uporządkowany, co pozwalało na zachowanie pełnej kontroli nad przebiegiem działań. Każdy etap był domykany i weryfikowany przed rozpoczęciem kolejnego, co minimalizowało ryzyko przenoszenia błędów na dalsze fazy oraz zapewniało wysoką jakość opracowywanych rozwiązań. Dzięki temu możliwe było nie tylko sprawne wdrażanie nowych technologii i urządzeń, ale także bieżące dostosowywanie dokumentacji oraz standardów pracy do realnych potrzeb produkcji. Przyjęte podejście miało charakter waterfallowy – obejmowało kolejne, jasno zdefiniowane fazy, które krok po kroku prowadziły do osiągnięcia założonego celu projektu:  Faza 1 – Analiza i planowanie  Przeprowadzono diagnozę obecnych procesów, identyfikację ograniczeń i określenie wymagań technicznych dla wdrożenia produkcji PSK na linii STD.  Faza 2 – Opracowanie technologii i dobór sprzętu  Zaprojektowano procesy cięcia i obróbki w centrach Elumatec SBZ 609, Stürtz i Federhenn oraz wybrano dodatkowe maszyny (ukośnica, szablony do okuwania).  Faza 3 – Integracja z linią STD  Przeorganizowano układ produkcyjny, zapewniając płynne przejście półproduktów między stanowiskami.  Faza 4 – Wdrożenie nowych okuć i szablonów  Zakupiono i zaimplementowano szablony do okuwania, co umożliwiło standaryzację i uproszczenie montażu.  Faza 5 – Walidacja prototypów i testy jakościowe  Nowe rozwiązania zostały przetestowane w warunkach produkcji seryjnej. Zespół jakości przeprowadził szczegółowe kontrole powtarzalności i szczelności konstrukcji.  Faza 6 – Szkolenia i uruchomienie pełnoskalowe  Pracownicy zostali przeszkoleni z obsługi nowych maszyn i standardów montażu.  Projekt zakończył się pełnym wdrożeniem technologii i uruchomieniem produkcji PSK na linii STD. Zwiększono liczbę produkowanych systemów na linii STD z 6 do 20 dziennie, bez obniżenia wydajności w pozostałych obszarach produkcji. | | | |
|
|
|
| ***Podstawowe etapy projektu*** | | | | |
| ***Numer etapu*** | ***Nazwa etapu*** | | | ***Data realizacji*** |
| 1. | Analiza i planowanie | | | 01 - 2023 |
| 2. | Opracowanie technologii i dobór sprzętu | | | 01 - 2023 –  02 - 2023 |
| 3. | Integracja z linią STD | | | 01 - 2023 –  02 - 2023 |
| 4. | Wdrożenie nowych okuć i szablonów | | | 01 - 2023 –  02 - 2023 |
| 5. | Walidacja prototypów i testy jakościowe | | | 02 - 2023 |
| 6. | Szkolenia i uruchomienie pełno-skalowe | | | 01 - 2023 –  02 - 2023 |
| ***Wykaz najważniejszych problemów badawczych oraz sposób ich rozwiązania*** | 1. Układ linii i przepływ materiału (intralogistyka) Problem: większe gabaryty i masa konstrukcji PSK zakłócały takt linii STD, powodując zatory i ugięcia profili na istniejących stołach/rolkach. Sposób rozwiązania: przeprojektowano intralogistykę, stabilizując przepływ półproduktów. 2. Rozdzielenie operacji cięcia i obróbek Problem: wspólne gniazda dla profili PVC i prowadnic aluminiowych generowały kolizje narzędziowe i przestoje. Sposób rozwiązania: rozdzielono operacje na dedykowane stanowiska: centra Elumatec SBZ 609/615 dla PVC oraz ukośnicę i linie tnące Stürtz/Federhenn dla prowadnic AL (cięcia pod kątem i 90°). 3. Tolerancje geometrii PSK (równoległość torów, prostopadłość baz) Problem: nawet niewielkie odchyłki skutkowały wysokimi oporami przesuwu i niedomknięciami. Sposób rozwiązania: opracowano wzorce kontrolne i szablony montażowe, zdefiniowano pomiary równoległości/wysokości toru oraz kontrolę pośrednią po kluczowych operacjach. 4. Oprogramowanie CNC pod mechanizmy PSK Problem: brak kompletnych cykli obróbczych powodował ręczne poprawki i błędy. Sposób rozwiązania: przygotowano biblioteki obróbek i postprocesy do SBZ 609/615 oraz Stürtz/Federhenn; zmapowano cechy z Cantora na operacje CNC (wiercenia, frezy, odwodnienia) z pełną automatyzacją sekwencji. 5. Dedukcje i kompensacje wymiarowe Problem: różne schematy złączy, zgrzewów i okuć wymagały innych odjęć długości; błędne dedukcje psuły dopasowanie. Sposób rozwiązania: zdefiniowano tablice dedukcji w Cantorze (per profil/wariant) i spięto je z eksportem na maszyny, eliminując ręczne korekty. 6. Oczyszczanie naroży po zgrzewie Problem: nadlewki i geometria naroży kolidowały z prowadnicami i okuciami PSK. Sposób rozwiązania: dostosowano programy oczyszczarek do profili PSK oraz wprowadzono strefy zakazane dla nadlewów; wdrożono kontrolę wizualno-wymiarową po oczyszczaniu. 7. Okuwanie PSK (prowadnice, wózki, nożyce, zaczepy) Problem: złożoność zestawu okuć i brak standaryzacji kolejności montażu podnosiły zmienność jakości. Sposób rozwiązania: opracowano SOP, karty momentów dokręcania, szablony odwiertów i listwy wzorcowe; zastosowano wkrętarki z kontrolą momentu oraz checklisty regulacyjne. 8. Siły operacyjne i regulacje funkcjonalne Problem: nieprawidłowe ustawienia wózków/torów generowały duże opory i hałas. Sposób rozwiązania: uruchomiono stanowisko regulacyjne z pomiarem siły przesuwu/ryglowania, zdefiniowano punkty regulacji (dociski, luz łożysk rolek) i kryteria akceptacji QC-F1. 9. Integracja danych (Cantor → produkcja) Problem: ręczne przenoszenie danych BOM/operacji zwiększało ryzyko pomyłek i wydłużało cykl. Sposób rozwiązania: w Cantorze zbudowano komplet reguł i makr (BOM, marszruty, obróbki, dedukcje) generujących pliki produkcyjne bez ręcznych ingerencji; wprowadzono walidację danych przed wysyłką na halę. 10. Utrzymanie ciągłości ruchu i SMED Problem: częste przezbrojenia wariantów PSK powodowały spadek OEE. Sposób rozwiązania: zastosowano SMED (zestawy szybkiej wymiany narzędzi, pre-sety), harmonogramy wymian pił/frezów AL oraz karty prewencji i kalibracji gniazd PSK. 11. Ergonomia i BHP przy dużych gabarytach Problem: ręczna manipulacja długimi elementami zwiększała ryzyko urazów i uszkodzeń. Sposób rozwiązania: doposażono stanowiska w podpory/manipulatory, zdefiniowano bezpieczne strefy odkładcze i transportowe oraz zastosowano środki ochrony (rękawice antyprzecięciowe, maty). 12. Jakość i identyfikowalność (traceability) Problem: trudność w szybkim powiązaniu odchyleń z partią/stanowiskiem. Sposób rozwiązania: wprowadzono trzy poziomy kontroli (QC-D1 wymiarowa, QC-F1 funkcjonalna, okresowe testy szczelności), etykiety/QR partii oraz zapis momentów i sił operacyjnych w karcie wyrobu.   Efekt rozwiązań: linia STD została przygotowana gabarytowo i procesowo pod PSK; rozdzielono cięcie/obróbki (SBZ 609/615 dla PVC, Stürtz/Federhenn i ukośnica dla AL); ustandaryzowano okuwanie i regulacje; zintegrowano dane z Cantora i postprocesami CNC. Umożliwiło to pełną integrację produkcji PSK w strumieniu STD bez obniżenia wydajności innych asortymentów oraz wzrost dziennej produkcji PSK z ~6 do ~20 konstrukcji przy zachowaniu jakości, powtarzalności i ergonomii pracy. | | | |
| ***Podstawowe prace o charakterze twórczym w projekcie*** | * Zaprojektowano i wykonano zestaw dedykowanych szablonów do okuwania PSK (prowadnice, wózki, nożyce), z bazami referencyjnymi i wkładkami pod różne przekroje, co zapewniło powtarzalne pozycjonowanie odwiertów i zgranie z mechanizmami. * Opracowano biblioteki PSK w systemie Cantor (BOM, marszruty, reguły wariantowe, dedukcje długości), a także postprocesy CAM do centrów Elumatec SBZ 609/615 oraz linii tnących Stürtz i Federhenn; zmapowano cechy konstrukcyjne na operacje CNC i zautomatyzowano generowanie plików produkcyjnych. * Zdefiniowano algorytmy dedukcji i kompensacji wymiarowych dla profili PVC i prowadnic aluminiowych (mitry/90°), wraz z tabelami wariantów i kontrolą spójności danych, co usunęło ręczne korekty. * Przeprojektowano intralogistykę linii STD pod gabaryty PSK: zbalansowano gniazda i dodano bufory międzyoperacyjne, stabilizując takt. * Przygotowano programy oczyszczarek naroży pod profile PSK (strefy zakazane dla nadlewów, korekty ścieżek), aby zapewnić kompatybilność geometrii z prowadnicami i okuciami. * Stworzono standard pracy stanowisk (SOP) dla montażu PSK: kolejności operacji, momenty dokręcania, punkty regulacji sił operacyjnych i domknięcia; wdrożono listy kontrolne Poka-Yoke oraz wzorce kontrolne do szybkich pomiarów równoległości torów. * Zaprojektowano stanowisko regulacyjno-pomiarowe do walidacji siły przesuwu/ryglowania i docisków, a wyniki pomiarów włączono do karty wyrobu (traceability). * Opracowano plan walidacji i badania prototypów (FPY, testy funkcjonalne, okresowe próby szczelności), a wnioski posłużyły do iteracyjnych korekt szablonów, dedukcji i programów CNC. * Przygotowano szkolenia oraz materiały wizualne dla operatorów i utrzymania ruchu (obsługa szablonów, regulacje PSK, SMED dla szybkich przezbrojeń), co ujednoliciło praktykę montażu i skróciło czas cyklu. * Zbudowano system jakości i identyfikowalności: poziomy kontroli QC-D1/QC-F1, etykiety/QR partii, zapis momentów i sił operacyjnych, harmonogramy kalibracji szablonów i narzędzi.   Dzięki tym pracom powstał kompletny, własny know-how procesu produkcji okien PSK na linii STD – od danych inżynierskich i sterowania maszynami, przez narzędzia i layout, po standardy montażu i kontroli – co umożliwiło stabilny wzrost przepustowości, wysoką powtarzalność i jakość wyrobów. | | | |
| ***Poziom innowacyjności projektu*** | **Innowacja w skali przedsiębiorstwa** | | **Innowacja w skali kraju** | |
|  | Tak | | Nie | |
| ***Podsumowanie projektu*** | Projekt zakończył się pełnym opracowaniem i wdrożeniem wysokowydajnej technologii seryjnej produkcji okien PSK z PVC w strumieniu linii STD. Produkcję przeniesiono z trybu NSTD do zautomatyzowanego ciągu bez obniżenia przepustowości innych asortymentów, a dzienną wydajność PSK zwiększono z około 6 do około 20 konstrukcji przy zachowaniu jakości i powtarzalności.  Zrealizowano kompleks pakietów technicznych: biblioteki i reguły w Cantorze (BOM, marszruty, dedukcje), postprocesy CAM dla centrów Elumatec SBZ 609/615 oraz linii tnących Stürtz/Federhenn, dedykowane gniazda obróbcze i ukośnicę do prowadnic AL, szablony do okuwania oraz SOP-y montażu i regulacji (momenty dokręcania, punkty kontroli funkcjonalnej). Przeprojektowano intralogistykę, ustabilizowano oczyszczanie naroży po zgrzewie oraz wdrożono SMED dla szybkich przezbrojeń. Uruchomiono wielopoziomową kontrolę jakości i identyfikowalność (QC-D1, QC-F1, etykiety/QR), a personel przeszkolono w nowych standardach pracy.  Efektem było uzyskanie stabilnego, ergonomicznego i skalowalnego procesu produkcji okien PSK na linii STD: w pełni zintegrowanego z istniejącą linią, zautomatyzowanego w kluczowych operacjach (rozkrój, CNC, cięcie prowadnic, okuwanie) i gotowego do dalszej rozbudowy o kolejne warianty konstrukcyjne oraz stopnie automatyzacji. Dzięki temu firma zwiększyła konkurencyjność, skróciła cykl wytwarzania i rozszerzyła portfolio o ekonomiczne okna przesuwno-uchylne realizowane w trybie seryjnym. | | | |
|
|
|
|
|
|
|
|
|
| **Dokumentacja projektowa (załączniki do karty projektu)** | | | | |
| 1. | Dokumentacja techniczna | | | |
| 2. | Dokumentacja produkcyjna | | | |
| 3. |  | | | |
| 4. |  | | | |