|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Karta projektu badawczo-rozwojowego** | | | | |
|
|
|
| **Tytuł projektu** | | | | |
| **Automatyzacja linii Okna Drewniane - Opracowanie i wdrożenie technicznego procesu automatycznego szlifowania drewnianych profili** | | | | |
| **Numer ewidencyjny projektu** | | **BR – szlifowanie profili** | | |
| **OPIS DZIAŁAŃ BADAWCZO ROZWOJOWYCH:** | | | | |
|
| ***Cel/ Opis nowych zakładanych właściwości/ funkcjonalności rozwiązania (produktu lub procesu)*** | Celem projektu było opracowanie i wdrożenie technicznego procesu automatycznego szlifowania profili drewnianych w strumieniu produkcji okien, poprzez instalację i integrację na linii montażowej automatycznej szlifierki do profili oraz pełną standaryzację narzędzi, parametrów i kontroli jakości.  Rozwiązanie zostało zaprojektowane tak, aby podnieść powtarzalność obróbki, ograniczyć pracochłonność ręczną i zapewnić stabilne przygotowanie powierzchni pod dalsze powłoki (międzywarstwa/wykończenie) w takcie linii. Nowe właściwości i funkcjonalności procesu:   * zautomatyzowane gniazdo szlifowania profili (listwy, ramy, przylgi) z programowalnymi agregatami szczotkowymi/ściernymi, oscylacją i regulacją docisku; receptury technologiczne dobierane do gatunku drewna, geometrii i etapu (surowe / międzywarstwa / finisz), * integracja sterowania (PLC/HMI) z przepływem produkcyjnym: wczytywanie recept z ERP/CAM, identyfikacja partii (skan), blokady Poka-Yoke, sygnały Andon, monitorowanie parametrów (posuw, obroty, docisk, czas kontaktu), * standaryzacja mediów ściernych we współpracy z TB Abrasives: dobór gradacji i wiązów do etapów procesu, konfiguracja szczotek/lamel, kasety szybkowymienne (SMED), karty narzędziowe i liczniki zużycia, * kontrola jakości powierzchni: docelowe parametry chropowatości i „denibbing” (zrywanie włókna) z weryfikacją próbek referencyjnych, dokumentowanie wyników (SPC) i śladowanie partii, * automatyka odciągu i bezpieczeństwo: interlocki z instalacją odpylania, strefy ochronne i procedury serwisowe; przystosowanie do pracy ciągłej w takcie linii lakierniczej, * ergonomia i BHP: eliminacja powtarzalnych czynności ręcznych, stabilne prowadzenie detalu, redukcja ryzyka uszkodzeń krawędzi i „przepaleń”, * skrócenie przezbrojeń: parametryzacja recept, wzorce ustawień agregatów i szybka wymiana mediów; przygotowane checklisty przezbrojeniowe, * rozwój kompetencji: szkolenie operatorów i UR z obsługi maszyny, doboru mediów i diagnostyki; instrukcje stanowiskowe (SOP) oraz matryca kwalifikacji.   Efektem wdrożenia jest automatyzacja stanowiska szlifowania profili z zapewnieniem stałej jakości powierzchni, zwiększeniem powtarzalności i taktowania procesu oraz pełną integracją z istniejącą linią „Okna Drewniane”.  Przeprowadzono diagnozę procesu dotychczasowego szlifowania, co pozwoliło zdefiniować wymagania funkcjonalno-techniczne gniazda (docelowe Ra/Rz, ochrona krawędzi i promieni, interfejsy z odciągiem i linią lakierniczą). Następnie opracowano koncepcję technologiczną i dobrano wyposażenie: automatyczną szlifierkę profilową z programowalnymi agregatami szczotkowymi/ściernymi, oscylacją i regulacją docisku, układ podawania/odbioru oraz integrację z odpylaniem; równolegle, we współpracy z TB Abrasives, przygotowano matrycę gradacji i wiązów ściernych dla etapów pre-sand, denibbing i finish oraz zestawy kaset szybkowymiennych (SMED).  W fazie prototypowania zbudowano receptury parametrów dla poszczególnych profili i gatunków (posuw, obroty, docisk, amplituda oscylacji, czasy kontaktu), zweryfikowano stateczność prowadzenia elementów długich i smukłych oraz wyznaczono limity ubytku materiału chroniące geometrię.  Równolegle zrealizowano integrację sterowania: rozszerzono program PLC o sekwencje pracy, blokady Poka-Yoke i logikę bezpieczeństwa, przygotowano HMI z zarządzaniem receptami, alarmami i wizualizacją stanu, a także interlocki z instalacją odpylania. Po testach FAT na surowcu referencyjnym przeprowadzono SAT w warunkach produkcji seryjnej, korygując progi gabarytów, czasy i dociski tak, by zbilansować takt gniazda względem linii lakierniczej i ograniczyć przezbrojenia.  Ostatnim krokiem była walidacja jakościowa i standaryzacja: uruchomiono SPC chropowatości i ocenę wizualną na próbkach wzorcowych, wdrożono SOP do przezbrojeń, doboru mediów i trybów serwisowych, przygotowano plan prewencyjnego utrzymania ruchu, przeszkolono operatorów i UR oraz włączono gniazdo do strumienia wartości z pełną śladowalnością parametrów i wyników kontroli.  Projekt zrealizowano w pięciu uporządkowanych etapach, z określonymi kryteriami przejścia (gate) i wskaźnikami KPI (FPY, czas cyklu, odsetek poprawek, zgodność).   1. Przygotowanie Zdefiniowano cel, zakres, harmonogram i budżet; ustalono KPI; opracowano matrycę odpowiedzialności (RACI) oraz plan jakości i BHP. 2. Prototypowanie i walidacja rozwiązania Wykonano rozwiązanie od strony technicznej i informatycznej na poziomie prototypu: konfiguracja stanowiska i programów PLC, przegląd wyników, korekty mechanizmów, walidacja funkcjonalna. 3. Dostosowanie i organizacja linii Ustalono docelowy przepływ: przepływ → sortowanie → obróbka → montaż wg. kolejności przepływu na linii montażowej. 4. Standaryzacja procesu Opracowano i zatwierdzono SOP/IO, plan kontroli (punkty QC przy ładowaniu do bufora i wydawaniu na linię montażu), karty narzędzi i przeszkolono operatorów. 5. Wdrożenie seryjne i stabilizacja Przeprowadzono serię 0, monitoring KPI w czasie rzeczywistym, przegląd powdrożeniowy i zamrożenie konfiguracji po osiągnięciu celów jakościowych i wydajnościowych. | | | |
|
|
|
| ***Podstawowe etapy projektu*** | | | | |
| ***Numer etapu*** | ***Nazwa etapu*** | | | ***Data realizacji*** |
| 1. | Przygotowanie | | | 01.2023 |
| 2. | Prototypowanie i walidacja rozwiązania | | | 02.2023 –  03.2023 |
| 3. | Dostosowanie bufora i organizacja linii montażowej | | | 04.2023 –  05.2023 |
| 4. | Standaryzacja procesu | | | 05.2023 –  06.2023 |
| 5. | Wdrożenie seryjne i stabilizacja | | | 06.2023 |
| ***Wykaz najważniejszych problemów badawczych oraz sposób ich rozwiązania*** | 1. Zmienność geometrii profili i gatunków drewna – Problem: różne promienie, przylgi, wąskie listwy; zróżnicowana twardość i włóknistość gatunków. – Rozwiązanie: wprowadzenie receptur technologicznych per profil/gatunek (posuw, obroty, docisk, oscylacja), szybkie przezbrojenia SMED i kasety narzędziowe przygotowane offline. 2. Utrzymanie krawędzi i promieni (bez „zjechania” geometrii) – Problem: nadmierne zaokrąglanie krawędzi i utrata tolerancji wymiarowych. – Rozwiązanie: ograniczniki prowadzące, kalibracja docisku agregatów, sekwencja „lekki docisk + większa oscylacja”; kontrolne sprawdziany (jigi) dla krytycznych przekrojów. 3. Ślady oscylacji, „przepalenia”, nierównomierna chropowatość – Problem: artefakty powierzchni przy niewłaściwym doborze gradacji/parametrów. – Rozwiązanie: matryca doboru gradacji (pre-sand/denibbing/finish), korekta posuwu/oscylacji, wymiana wiązów ściernych; docelowe Ra/Rz potwierdzane próbkami wzorcowymi. 4. Denibbing międzywarstwowy (po podkładzie/lakierze) – Problem: włókno podniesione po lakierowaniu i miejscowe „przebłyski”. – Rozwiązanie: moduły szczotkowe z włókniną (A/O, SiC) i kontrola czasu kontaktu; dedykowane receptury „intercoat”. 5. Stabilne prowadzenie długich i smukłych elementów – Problem: wibracje, „pływanie” i podszlifowania przy wąskich listwach. – Rozwiązanie: rolki dociskowe i listwy podporowe o regulowanej sile, tłumienie drgań (izolacja wibro), rygorystyczne ustawienie prostoliniowości toru. 6. Spójność taktu z linią lakierniczą – Problem: wąskie gardła i kolejki między gniazdami. – Rozwiązanie: bilans linii (line balancing), bufor wejściowy/wyjściowy, sygnały Andon i logika „pull” do sterowania podawaniem. 7. Odciąg pyłu, bezpieczeństwo pożarowe i ergonomia – Problem: gromadzenie pyłu (ryzyko BHP/ATEX) i obciążenie operatorów. – Rozwiązanie: interlock z centralą odpylania, czujniki przepływu, harmonogram czyszczeń, osłony stref niebezpiecznych; podajniki rolkowe ograniczające przenoszenie ręczne. 8. Zużycie i stabilność mediów ściernych – Problem: szybsze zużycie przy żywicznych gatunkach i w wąskich promieniach. – Rozwiązanie: współpraca z TB Abrasives – dobór nośników i wiązów, liczniki życia narzędzia w HMI, procedury kondycjonowania szczotek; magazyn minimalny mediów krytycznych. 9. Integracja sterowania (PLC/HMI) i błędy użytkownika – Problem: pomyłki w doborze recept, niekontrolowane zmiany parametrów. – Rozwiązanie: listy recept powiązane z kodem profilu, Poka-Yoke (blokady recept), uprawnienia operatorów i dziennik zmian; szybkie ekrany diagnostyczne. 10. Tolerancje wymiarowe po szlifie – Problem: „zejście” poniżej minimum przy cienkościennych profilach. – Rozwiązanie: ograniczenie ubytku materiału na etapach wstępnych, kontrola SPC grubości/masy elementu po gnieździe, alarmy trendów. 11. Standaryzacja pracy i szkolenia – Problem: rozbieżności między zmianami. – Rozwiązanie: SOP ze zdjęciami/parametrami, matryca kompetencji, szkolenie operatorów i UR (obsługa, diagnostyka, dobór mediów). 12. Traceability jakości powierzchni – Problem: brak dowodu spełnienia kryteriów wykończeniowych. – Rozwiązanie: karty kontroli z Ra/Rz i oceną wizualną per partia, próbki referencyjne „golden sample”, archiwum zdjęć/mikroskopii wybranych profili.   Takie podejście pozwoliło ustabilizować jakość powierzchni, zredukować zmienność między partiami i włączyć gniazdo szlifierskie w rytm produkcji seryjnej bez ryzyka degradacji geometrii profili. | | | |
| ***Podstawowe prace o charakterze twórczym w projekcie*** | * zaprojektowanie i wdrożenie receptur technologicznych szlifowania dla profili o zróżnicowanej geometrii i z różnych gatunków drewna (posuw, obroty, docisk, amplituda i częstotliwość oscylacji, czas kontaktu), zdefiniowanych jako wzorce maszynowe do szybkiego przywołania na HMI * współopracowanie z TB Abrasives matrycy mediów ściernych (gradacje, wiązania, typy szczotek i lameli) dla etapów pre-sand, denibbing i finish, wraz z parametrami kondycjonowania i limitami zużycia narzędzi * konstrukcję i wykonanie zestawu kaset oraz uchwytów szybkowymiennych (SMED) do agregatów szlifierskich, skracających przezbrojenie i stabilizujących pozycjonowanie narzędzi względem profilu * opracowanie algorytmów ochrony geometrii krawędzi i promieni (limity ubytku materiału, sekwencje „lekki docisk + wysoka oscylacja”, prowadniki i ograniczniki), minimalizujących ryzyko zajechania przylg i podszlifowań * adaptację oprogramowania PLC do pracy recepturowej z Poka-Yoke (blokady niewłaściwej recepty, kontrola stanu odciągu, interlocki bezpieczeństwa), a także zaprojektowanie ekranów HMI z diagnostyką, Andon i dziennikiem zmian * przygotowanie layoutu gniazda i logiki przepływu materiału (bufory we/wy, balans taktu względem lakierni), w tym dobór i strojenie rolek dociskowych oraz podpór dla elementów smukłych * opracowanie procedur walidacyjnych FAT/SAT z zestawem detali referencyjnych i scenariuszami gabarytów granicznych, połączonych z iteracyjną optymalizacją parametrów i ścieżek przezbrojeń * wdrożenie kontroli SPC chropowatości powierzchni (Ra/Rz) i oceny wizualnej z użyciem próbek wzorcowych „golden sample”, wraz z kartami kontroli partii i śladowaniem parametrów procesu * zaprojektowanie i wprowadzenie standardów obsługi i utrzymania (SOP dla przezbrojeń, doboru mediów, trybów serwisowych; plan prewencyjny PM, wzorce kalibracyjne docisków i osi) * opracowanie programu szkoleniowego dla operatorów i UR (matryca kompetencji, scenariusze awaryjne, identyfikacja objawów zużycia narzędzi i przyczyn defektów powierzchni) * integrację gniazda z instalacją odpylania oraz procedurami bezpieczeństwa (monitorowanie przepływu, harmonogramy czyszczeń, osłony i blokady stref niebezpiecznych, wymagania ATEX dla pyłów) * przygotowanie dokumentacji technicznej procesu: karty narzędziowe, listy recept, limity jakości, instrukcje odbioru pierwszej sztuki oraz raporty z walidacji i przekazania do produkcji seryjnej   Efektem tych prac było powstanie kompletnego, parametryzowalnego procesu automatycznego szlifowania profili. | | | |
| ***Poziom innowacyjności projektu*** | **Innowacja w skali przedsiębiorstwa** | | **Innowacja w skali kraju** | |
| Tak | | Nie | |
| ***Podsumowanie projektu*** | Podsumowując, projekt „Automatyzacja linii Okna Drewniane – automatyczne szlifowanie profili” zrealizował cel podniesienia powtarzalności i jakości obróbki przy jednoczesnym odciążeniu pracy ręcznej. Zainstalowano i zintegrano w strumieniu produkcji szlifierkę profilową z programowalnymi agregatami, sprzężono ją z instalacją odpylania oraz systemem sterowania (PLC/HMI), a proces oparto na recepturach technologicznych dobranych do geometrii profili i gatunków drewna.  We współpracy z TB Abrasives opracowano matrycę mediów ściernych (pre-sand/denibbing/finish) i standard szybkich przezbrojeń (SMED), co ustabilizowało takt gniazda i ograniczyło przestoje. Wdrożono kontrolę SPC chropowatości i ocenę wizualną na próbkach wzorcowych, mechanizmy Poka-Yoke w HMI oraz pełne SOP dla obsługi, przezbrojeń i utrzymania ruchu, a personel przeszkolono z doboru mediów, diagnostyki i BHP/ATEX.  Uzyskano stabilne utrzymanie krawędzi i promieni, eliminację „przepaleń” i równomierną chropowatość powierzchni, przy spójnym taktowaniu z linią lakierniczą. Projekt zakończył się przekazaniem kompletnej dokumentacji procesu (recepty, karty narzędziowe, plan PM, karty kontroli) oraz wdrożeniem monitorowanych KPI (OEE, scrap/rework, czasy przezbrojeń), co umożliwiło dalszą optymalizację. Efektem końcowym była trwała poprawa jakości i ergonomii, wzrost odporności procesu na zmienność surowca oraz gotowość do skalowania rozwiązania na kolejne przekroje i warianty wyrobów. | | | |
|
|
|
|
|
|
|
|
|
| **Dokumentacja projektowa (załączniki do karty projektu)** | | | | |
| 1. | Stanowisko szlifowania – koncepcja, projekt techniczny, dokumentacja zdjęciowa | | | |
| 2. | Kody sterowników | | | |
| 3. | Procedury operacyjne | | | |