

Karta projektu badawczo-rozwojowego	
Tytuł projektu	Opracowanie i wdrożenie automatycznej technologii obróbki do drewnianych profili własnej konstrukcji okien skrzynkowych
Numer ewidencyjny projektu	BR – DREWNO - okna skrzynkowe
OPIS DZIAŁAŃ BADAWCZO ROZWOJOWYCH:	
<p>Cel/ Opis nowych zakładanych właściwości/funkcjonalności rozwiązania (produktu lub procesu)</p>	<p>Celem projektu było opracowanie i wdrożenie zautomatyzowanej technologii wytwarzania okien skrzynkowych (z przeznaczeniem od zabytkowej zabudowy), co wymagało opracowania nowych elementów procesu technologicznego:</p> <ul style="list-style-type: none"> o procesu impregnacji profili drewnianych, o procesu zintegrowanej obróbki frezowej na dedykowanym centrum CNC Conturex (tak aby odtworzyć historyczne elementy dekoracyjne przy spełnieniu współczesnych wymagań jakości i powtarzalności produkcji). <p>Konstrukcja okien skrzynkowych składa się ze „skrzyni” i dwóch niezależnych ram (zewnętrznej i wewnętrznej), a ich wykonanie wymaga precyzyjnego spasowania wielu warstw i okuć; tu w projekcie okna połączono dodatkowo dwie różne rodziny profili (inny system dla skrzynki zewnętrznej i inny dla wewnętrznej). W warstwie konstrukcyjnej odtworzono okna skrzynkowe wielowarstwowe (dwie warstwy: skrzynka + skrzydła z szybą pojedynczą oraz zestaw z szybą podwójną) oraz opracowano własne sprzęgło, które przy uchyleniu/otwieraniu jednego skrzydła przenosi ruch na drugie (rozwiązanie typowe dla układów zespolonych, tu dostosowane do specyfiki stolarki zabytkowej).</p> <p>Wdrożone gniazdo produkcyjne CNC WEINIG Conturex, które zapewniło pełną obróbkę elementów okien drewnianych (złożone połączenia naroży, frezowanie kształtowe, wiercenia i operacje pod okucia) w jednym przejściu, z automatyzacją załadunku/rozładunku i programowalnymi chwytakami, co podniosło dokładność i ograniczyło ręczną obróbkę uzupełniającą charakterystyczną dla pierwszych serii wyrobów.</p> <p>Opracowano i wdrożono stanowisko impregnacji profili zaprojektowano jako etap wstępnego zabezpieczenia profili (impregnat/podkład) metodą przepływową (flow-coating), z automatycznym odprowadzeniem nadmiaru i kontrolą parametrów procesu i zapewnia równomierne, powtarzalne pokrycie elementów przed dalszym lakierowaniem.</p> <p>Efektem projektu było uzyskanie nowych właściwości i funkcjonalności procesu oraz wyrobu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • możliwość seryjnego wytwarzania odtworzeniowych okien skrzynkowych (w tym nietypowych zestawów i złączy skrzynek) z powtarzalną geometrią i estetyką dzięki programom Conturex oraz dedykowanym przyrządom montażowym, • stabilny etap impregnacji profili zapewniający równomierne nasycenie i przygotowanie do dalszych powłok, co poprawiło trwałość i odporność eksploatacyjną, • integracja dwóch różnych systemów profili (zewnętrznego i wewnętrznego) w jednej konstrukcji, z opracowanymi regułami pasowania, kompensacjami wymiarowymi i kontrolą długości elementów,

- zastosowanie autorskiego sprzęgła do współpracy skrzydeł (otwieranie z jednego punktu), co ułatwiło obsługę i pozwoliło zachować historyczny charakter przy współczesnej funkcjonalności,
- redukcja ręcznych uzupełnień dzięki parametryzacji obróbek, szablonom kontrolnym i sekwencji ustawień CNC; w przypadku detali nieobsługiwanych automatycznie zdefiniowano standardy obróbki ręcznej, by utrzymać jakość partii.

Łącznie rozwiązanie połączyło wymogi konserwatorskie z przemysłową powtarzalnością: od zabezpieczenia materiału (impregnacja), przez obróbkę wieloosiową na Conturex, po montaż wielowarstwowych zespołów skrzynkowych z własnym sprzęgłem – gotowych do wytwarzania w trybie seryjnym, z kontrolowaną jakością na każdym etapie.

Projekt zrealizowano w pięciu uporządkowanych etapach, z określonymi kryteriami przejścia (gate) i wskaźnikami KPI (FPY, czas cyklu, odsetek poprawek, zgodność wymiarowa).

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 krótkie serie prototypowe: konfiguracja stanowiska impregnacji (flow-coating) i programów CNC Conturex, przegląd wyników, korekty makr/uchwytów, walidacja funkcjonalna (szczeliny, dociski, praca sprzęgła).

3. Dostosowanie i organizacja linii

Ustalono docelowy przepływ: impregnacja → kondycjonowanie → Conturex → montaż; przygotowano przyrządy i szablony, wdrożono procedury przebrożeń i kontroli pośrednich.

4. Standaryzacja procesu

Opracowano i zatwierdzono SOP/IO, plan kontroli (punkty QC po impregnacji, po CNC, po montażu), karty narzędzi i parametryzację makr; przeszkolono operatorów i UR.

5. Wdrożenie seryjne i stabilizacja

Przeprowadzono serię 0, monitoring KPI w czasie rzeczywistym, przegląd powdrożeniowy i zamrożenie konfiguracji (baseline) po osiągnięciu celów jakościowych i wydajnościowych.

Wyodrębnione i zorganizowane zasoby

- Zespół projektowy (wydzielony): kierownik projektu, technolog CNC (Conturex), inżynier procesu impregnacji, inżynier jakości, przedstawiciel UR, BHP, lider zmiany montażu.
- Infrastruktura techniczna: stanowisko impregnacji flow-coating z kontrolą parametrów, centrum CNC WEINIG Conturex z oprzyrządowaniem i magazynem narzędzi, dedykowane przyrządy/uchwyty i szablony kontrolne, stanowiska montażowe.
- Oprogramowanie i dane: biblioteki makr/obróbek dla Conturex, karty nastaw procesu, rejestry QC i traceability, harmonogram kalibracji narzędzi i przyrządów.
- Zasoby operacyjne: zaplanowane moce maszynowe (okna czasowe na prototypy i serię 0), budżet na narzędzia/środki chemiczne, bufor materiałowy na testy.

Rezultatem wybranej metodyki było kontrolowane, etapowe uruchomienie procesu z pełnym zabezpieczeniem jakości i bezpieczeństwa pracy oraz trwałe osiągnięcie założonych parametrów wydajności i powtarzalności produkcji.

Podstawowe etapy projektu		
Numer etapu	Nazwa etapu	Data realizacji
1.	Przygotowanie	02 - 2024
2.	Prototypowanie i walidacja rozwiązania	02 – 2024 – 04 - 2024
3.	Dostosowanie i organizacja linii	04 – 2024 – 05 – 2024
4.	Standaryzacja procesu	06 – 2024 – 08 – 2024
5.	Wdrożenie seryjne i stabilizacja	09 – 2024 – 10 - 2024
Wykaz najważniejszych problemów badawczych oraz sposób ich rozwiązania	<p>1. Integracja dwóch systemów profili w jednej konstrukcji skrzynkowej Problem: zewnętrzna skrzynka i wewnętrzna rama pochodziły z różnych rodzin profili (różne bazy, wręgi, promienie narzędzi, grubości). Skutkowało to trudnościami w spasowaniu i ryzykiem kumulacji tolerancji. Rozwiązanie: zmapowano bazy odniesienia i zdefiniowano „reguły pasowania” (offsety, kompensacje długości/głębokości wręgów). Przygotowano parametryczne makra obróbek w Conturex oraz zestaw przyrządów montażowych, które stabilizowały pozycjonowanie podczas klejenia i skręcania.</p>	
	<p>2. Wielowarstwowa konstrukcja (skrzydło + skrzynka) w dwóch wariantach szklenia Problem: asymetria masy i sztywności (warstwa z szybą podwójną vs pojedynczą) powodowała różnice w kinematyce, opadanie i rozjeżdżanie docisków/uszczelek. Rozwiązanie: zróżnicowano okucia i wzmocnienia dla warstw, wprowadzono korekty docisków i dystansów, a w kartach technologicznych zapisano odrębne tolerancje dla obu wariantów szklenia. Zweryfikowano nośności i ugięcia w testach funkcjonalnych.</p>	
	<p>3. Autorskie sprzęgło do współpracy skrzydeł Problem: opracowanie sprzęgła, które przenosiło ruch uchylania/otwierania z jednego skrzydła na drugie, przy minimalnym luzie, niskich oporach i bez kolizji z profilami i detalami zabytkowymi. Rozwiązanie: wykonano serię prototypów, zbadano kinematykę i trwałość (cykle), dobrano materiały ślizgowe i punkty smarowania. Zdefiniowano zakres regulacji (skok, pre-load), a geometrię mocowań wprowadzono do makr CNC.</p>	
	<p>4. Nietypowe łączenia i zestawy skrzynek (w tym naroża) Problem: zachowanie ciągłości uszczelnień/odwodnień i estetyki profili przy nietypowych połączeniach. Rozwiązanie: zaprojektowano dedykowane łączniki i gniazda, dodano specjalne frezy/narzędzia w bibliotece Conturex, a w przyrządach montażowych przewidziano wkładki wymienne dla różnych wariantów naroży.</p>	
	<p>5. Stabilność wymiarowa drewna a impregnacja (flow-coating) Problem: zmiana wilgotności po impregnacji powodowała pęcznienie, skręcanie i odchyłki wymiarów, co utrudniało późniejsze spasowanie. Rozwiązanie: wprowadzono kondycjonowanie elementów (czas schnięcia, kontrola RH/°C), monitoring lepkości i naddatki obróbkowe „po impregnacji”. Zastosowano stojaki ociekowe i kontrolę strugi, aby uniknąć zacieków i przepętnień na krawędziach funkcyjnych.</p>	
	<p>6. Parametryzacja obróbek kształtowych (dekor) w Conturex Problem: pierwsze serie miały wiele detali nieobsługiwanych automatycznie, co generowało ręczne uzupełnienia i zmienność jakości.</p>	

	<p>Rozwiązanie: utworzono bibliotekę profili i dekorów jako makra parametryczne (R, głębokość, skok), wdrożono kompensację promienia narzędzia i korekcję zużycia. W miejscach nieosiągalnych dla CNC opracowano standardy ręcznych operacji (SOP) i wzorce kontrolne.</p> <p>7. Utrzymanie długości profili i jakości złączy (pierwsze okna na centrum) Problem: długie, smukłe elementy wpadały w drgania i „schodki” przejść narzędzi, co degradowało złącza i krawędzie widoczne. Rozwiązanie: zoptymalizowano strategię mocowania (chwytyki programowalne, podpory), podzielono ścieżki na przejścia wykańczające, dobrano posuwy/obroty i kolejność operacji, aby ograniczyć wibracje i wyrwania włókien.</p> <p>8. Jednoznaczne bazowanie i tolerancje montażowe w układzie wielowarstwowym Problem: kumulacja tolerancji na kolejnych warstwach prowadziła do rozjechania szczelin i docisków. Rozwiązanie: wprowadzono system baz referencyjnych (A/B/C) dla każdej warstwy oraz kontrolę pośrednią po kluczowych operacjach (QC-D1). Opracowano listy kontrolne szczelin i docisków (grubości podkładek, nastawy okuć).</p> <p>9. Kompatybilność okuć z warstwami o różnej masie i grubości Problem: jeden zestaw okuć nie zapewniał równoważnej pracy obu skrzydeł. Rozwiązanie: zastosowano wariantowanie okuć (zawiasy, zaczepy, ograniczniki) i oddzielne karty regulacyjne dla warstw, uwzględniające różnice mas i momentów. Zdefiniowano momenty dokręcania i punkty serwisowe.</p> <p>10. Ciągłość izolacyjno-odwodnieniowa przy detalach zabytkowych Problem: dekoracyjne wręgi i listwy zakłócały ścieżki spływu wody i strefy uszczelnień. Rozwiązanie: przeprojektowano kanały odwodnień, dodano dyskretne przeloty i wkładki uszczelniające, a krytyczne krawędzie zabezpieczono technologicznie (maskowanie przed impregnacją/lakierem, doszczelnienia po montażu).</p> <p>11. Redukcja ręcznej obróbki i standaryzacja uzupełnień Problem: duży udział prac ręcznych w pierwszych seriach obniżał powtarzalność. Rozwiązanie: każdą ręczną operację zastąpiono makrem CNC tam, gdzie to możliwe; dla pozostałych czynności powstały SOP-y, wzorce i mierniki kontrolne (go/no-go), co ujednoliciło jakość.</p> <p>12. Jakość powierzchni po impregnacji i obróbce Problem: włókna podniesione po impregnacji, ślady narzędzi na profilach widocznych. Rozwiązanie: wprowadzono cykl mikroszlifów między etapami, dobrano gradacje i tory pyłowe, aby utrzymać klasę powierzchni pod lakier.</p> <p>13. Traceability i kontrola procesu Problem: trudność w identyfikacji przyczyn odchyień w złożonej, wieloetapowej technologii. Rozwiązanie: wdrożono karty procesowe z punktami kontrolnymi (po impregnacji, po CNC, po montażu okuć/sprzęgła), etykiety partii i rejestr ustawień maszyn oraz wyników pomiarów (siły operacyjne, szczeliny, dociski).</p> <p>14. BHP i środowisko przy impregnacji (VOC) Problem: emisja oparów, ryzyko poślizgów i kontaktu skóry z impregnatem. Rozwiązanie: zapewniono wentylację, odzysk nadmiaru środka i organizację stref ocieku; wdrożono środki OZO, procedury rozlewu awaryjnego i szkolenia stanowiskowe.</p> <p>Powyższe działania umożliwiły seryjne wytwarzanie okien skrzynkowych odtworzeniowych z zachowaniem wymogów konserwatorskich i przemysłowej powtarzalności. Zestaw rozwiązań (parametryzacja makr w Conturex, reguły pasowania systemów profili, kontrola impregnacji, autorskie sprzęgło, przyrządy i</p>
--	--

	<p>SOP-y) zredukował prace ręczne, ustabilizował jakość i skrócił czas cyklu, przy jednoczesnym zapewnieniu trwałości, szczelności i estetyki wyrobu.</p>
<p>Podstawowe prace o charakterze twórczym w projekcie</p>	<p>W projekcie opracowano i wdrożono komplet autorskich rozwiązań konstrukcyjno-procesowych, które umożliwiły seryjne wytwarzanie odtworzeniowych okien skrzynkowych z zachowaniem detali dekoracyjnych oraz przemysłowej powtarzalności.</p> <ul style="list-style-type: none"> • zaprojektowano i uruchomiono stanowisko impregnacji profili metodą flow-coating: dobrano receptury impregnatów/podkładów, zdefiniowano parametry procesu (lepkość, wydajność, czas ocieku/schnięcia), geometrię ocieku i system odzysku nadmiaru; opracowano procedury kondycjonowania wilgotności drewna przed/po impregnacji, • opracowano parametryczną technologię obróbki na centrum CNC WEINIG Conturex: przygotowano biblioteki narzędzi i makra obróbkowe (frezowania kształtowe, wręgi, otwory pod okucia, gniazda łączników), strategie mocowania smukłych elementów i sekwencje przejść wykańczających ograniczające drgania i wyrwania włókien, • zaprojektowano autorskie sprzęgło współpracy skrzydeł (uchył/otwarcie jednego przenoszone na drugie): wykonano serię prototypów, przeprowadzono badania kinematyki i trwałości, dobrano materiały ślizgowe i okno regulacji (skok, pre-load) oraz zintegrowano geometrię mocowań z programami CNC, • zintegrowano w jednej konstrukcji dwie różne rodziny profili (zewnętrzną i wewnętrzną): zmapowano bazy odniesienia, opracowano reguły pasowania i kompensacje długości/głębokości wręgów, przygotowano przyrządy montażowe i wzorce pozycjonujące do klejenia/skręcania warstw, • zaprojektowano nietypowe łączniki i połączenia skrzynek (w tym naroża): przygotowano dedykowane frezy/narzędzia oraz wymienne wkładki w przyrządach, aby utrzymać ciągłość uszczelnień i ścieżek odwodnienia przy zachowaniu historycznych przekrojów i dekorów, • opracowano standardy obróbek ręcznych dla detali nieosiągalnych na CNC (profilowania, podcięcia, maskowania krawędzi): przygotowano SOP-y, wzorce „go/no-go”, sekwencje mikroszlifów i gradacje papierów dla jednolitej jakości powierzchni pod lakier, • przygotowano kompletną dokumentację technologiczną: karty nastaw impregnacji, karty narzędzi i programów Conturex, instrukcje montażu i regulacji okuć/sprzęgła, listy kontrolne szczelin i docisków oraz plan kalibracji przyrządów, • wdrożono system jakości i śledzenia partii (traceability): punkty kontroli po impregnacji, po CNC i po montażu, pomiary szczelin/docisków i sił operacyjnych, etykiety partii z zapisem ustawień maszyn,

	<ul style="list-style-type: none">przeprowadzono szkolenia operatorów i utrzymania ruchu: obsługa linii impregnacji, programowanie/obsługa Conturex, montaż i regulacja sprzęgła, standardy BHP i ochrony środowiska (VOC). <p>Efektem tych prac była gotowa do seryjnego użycia, spójna technologia – od zabezpieczenia materiału, przez wieloosiową obróbkę CNC, po montaż wielowarstwowych zespołów skrzynkowych ze sprzęgłem – zapewniająca powtarzalność wymiarową, trwałość, szczelność i estetykę wymagane dla stolarki zabytkowej.</p>		
Poziom innowacyjności projektu	Innowacja w skali przedsiębiorstwa	Innowacja w skali kraju	
	Tak	Nie	
Podsumowanie projektu	<p>Projekt zakończył się pełnym opracowaniem i wdrożeniem zautomatyzowanej technologii wytwarzania okien skrzynkowych przeznaczonych do zabudowy zabytkowej. Uruchomiono stanowisko impregnacji profili metodą flow-coating oraz gniazdo obróbcze na centrum CNC WEINIG Conturex, które zapewniało zintegrowane frezowanie kształtowe, wiercenia i przygotowanie gniazd pod okucia w jednym przejściu z automatycznym załadunkiem i rozładunkiem.</p> <p>Dzięki parametryzacji obróbek i standaryzacji operacji ograniczono prace ręczne typowe dla pierwszych serii i uzyskano powtarzalną jakość przemysłową.</p> <p>W warstwie konstrukcyjnej odtworzono okna skrzynkowe wielowarstwowe, łącząc dwie rodziny profili (zewnątrzną i wewnętrzną) oraz dwa warianty szklenia (szyba pojedyncza i podwójna). Opracowano i wdrożono autorskie sprzęgło współpracy skrzydeł, które przenosiło ruch uchylania/otwierania między warstwami, zachowując historyczny charakter wyrobu przy współczesnej funkcjonalności. Zdefiniowano reguły pasowania i kompensacje wymiarowe, przygotowano przyrządy montażowe oraz listy kontrolne szczelin i docisków, co zapewniło stabilną geometrię i szczelność.</p> <p>Efektem prac było:</p> <ul style="list-style-type: none">seryjne wytwarzanie odtworzeniowych okien skrzynkowych o powtarzalnej geometrii i estetyce,stabilny, kontrolowany etap impregnacji poprawiający trwałość i odporność eksploatacyjną,redukcja udziału obróbek ręcznych dzięki bibliotekom makr CNC i szablonom kontrolnym,pełna dokumentacja procesowa, SOP i system traceability z punktami kontroli po impregnacji, po CNC i po montażu,przygotowanie zespołu i zaplecza technicznego do dalszej skalowalności produkcji oraz realizacji nietypowych zestawów i połączeń skrzynek wymaganych przez nadzór konserwatorski. <p>Projekt dostarczył spójnej technologii łączącej wymogi konserwatorskie z efektywnością produkcji seryjnej: od zabezpieczenia materiału, przez wieloosiową obróbkę na Conturex, po montaż wielowarstwowych zespołów ze sprzęgłem, z zapewnieniem trwałości, szczelności i wysokiej estetyki wyrobu.</p>		
	Dokumentacja projektowa (załączniki do karty projektu)		
	1.	Dokumentacja techniczna	
	2.	Dokumentacja produkcyjna	
3.			
4.			