

# Raport\_ETAP\_I\_podsumowanie

## SZCZEGÓŁOWY OPIS ZREALIZOWANYCH PRAC ORAZ UZYSKANYCH WYNIKÓW W RAMACH ETAPU

### 1. Cele badawcze etapu

Celem etapu było opracowanie dualnego systemu grzewczego (gazowego i infrared) innowacyjnego pieca do laminacji szkła w systemie próżniowym oraz sposobu izolacji termicznej pieca.

Celami szczegółowymi były badania przemysłowe w zakresie dwóch powyższych zagadnień badawczych i opracowanie:

- A. materiałów izolacyjnych w zakresie izolacji termicznej komory laminowania z uwzględnieniem wpływu karbonowych mat grzewczych infrared na zmiany współczynnika przenikania ciepła w zależności od fazy procesu laminowania i włączenia lub wyłączenia ogrzewania infrared , w tym badania w zakresie:
  - 01 konstrukcji ścian komory laminacyjnej z zastosowaniem różnych materiałów izolacyjnych,
  - 02 technologii łączenia elementów konstrukcji wewnętrznej komory pieca metodą napawania laserowego,
  - 03 zastąpienia standardowych materiałów izolacyjnych (odporna na wysokie temperatury wełna mineralna) materiałami alternatywnymi o tej samej lub wyższej izolacyjności termicznej przy jednoczesnej redukcji grubości tejże izolacji''
- B. procesów ogrzewania infrared w fazie laminowania szkła i jej wpływu na stosowane na rynku filmy laminacyjne i proces laminowania,
- C. procesów ogrzewania infrared w fazie schładzania szkła i jej wpływu na stosowane na rynku filmy laminacyjne i proces laminowania,
- D. procesów dualnego ogrzewania, gazowego i infrared w fazie nagrzewania szkła i jej wpływu na stosowane na rynku filmy laminacyjne i proces laminowania,
- E. rezultatów zastosowania ogrzewania infrared w zakresie laminowania materiałów z komponentami elektronicznymi (PDLC, szkła elektrochromowe, panele ogrzewane),

- F. rezultatów zastosowania ogrzewania do laminowania szkła z materiałami o wysokiej zawartości wody (np. poliwęglanów),
- G. analizy kosztów dualnego systemu ogrzewania w każdej z faz procesu laminowania
- H. analiza czynnikowa procesów nagrzewania komory laminacyjnej pieca próżniowego oraz laminowania szkła i określenie poziomu istotności wpływu wybranych parametrów procesów jednostkowych na stabilność i własności wyrobu gotowego.
- I. istotnych zjawisk ograniczających dobór parametrów technologii w poszczególnych obszarach.

Jednocześnie wynikami tego etapu badawczego były raporty badawcze:

1. Raport nt. możliwości zastosowania dualnego systemu nagrzewania pieca laminacyjnego i optymalizacji jednego ze źródeł ogrzewania dla danej fazy procesu laminacyjnego (***R01\_Raport nr 1\_Dualny system grzania***)
2. Raport nt. materiałów izolacyjnych w zakresie izolacji termicznej komory laminowania z uwzględnieniem wpływu karbonowych mat grzewczych infrared na zmiany współczynnika przenikania ciepła w zależności od fazy procesu laminowania i w włączenia lub wyłączenia ogrzewania infrared (***R02\_Raport nr 2\_Materiały izolacyjne***).

## **2. Metodologia badania**

W zakresie zadania szczegółowego A (W tym A01, A02, A03)

W celu realizacji zadania wykonano następujące badania:

1. Badania porównawcze dostępnych na rynku innowacyjnych materiałów izolacyjnych,
2. Zaprojektowanie pieca laminacyjnego z komorą grzewczą (projektowanie graficzne komputerowe),
3. Wykonanie prototypowej konstrukcji pieca laminacyjnego z zastosowaniem spawania laserowego i innowacyjnych materiałów izolacyjnych.

W zakresie zadania szczegółowego od B do I

Realizując zadania Wnioskodawca dokonał wyboru wykonawcy badań w tym zakresie, firmę InfAI Management GmbH. InfAI zrealizował następujące badania:

1. Analizę czynnikową procesów nagrzewania komory laminacyjnej pieca próżniowego oraz laminowania szkła i określenie poziomu istotności wpływu wybranych parametrów procesów jednostkowych na stabilność i własności wyrobu gotowego (H).
2. Analizę istotnych zjawisk ograniczających dobór parametrów technologii w poszczególnych obszarach (I).

3. Badania testowe gazowego systemu grzania pieca laminacyjnego i dualnego systemu grzania pieca laminacyjnego z analizą porównawczą w zakresie procesu laminowania z podziałem na etapy, ich wpływem na jakość szkła laminowanego oraz koszty każdej fazy (etapu) laminowania.

### **3. Podsumowanie uzyskanych wyników badań**

W zakresie zadania szczegółowego od B do I

Realizując badania zleczone InfAI przygotował w porozumieniu i we współpracy z zespołem badawczym Wnioskodawcy koncepcję testów porównawczych systemu grzewczego gazowego i dualnego obejmującą:

1. Analizę czynnikową procesów nagrzewania komory laminacyjnej pieca próżniowego oraz laminowania szkła i określenie poziomu istotności wpływu wybranych parametrów procesów jednostkowych na stabilność i własności wyrobu gotowego (H).

*A01\_Analiza\_R01\_Raport nr 1\_Dualny system grzania.pdf*

2. Analizę istotnych zjawisk ograniczających dobór parametrów technologii w poszczególnych obszarach (I).

*A01\_Analiza\_R01\_Raport nr 1\_Dualny system grzania.pdf*

3. Liczbę testów i ich zakres pod względem obciążeń testowych oraz konstrukcji szkła laminacyjnego.

*A02\_Lista testów\_R01\_Raport nr 1\_Dualny system grzania.pdf*

4. Procedurę załadunku i rozmieszczenie paneli testowych.

*A03\_Zaladunek\_R01\_Raport nr 1\_Dualny system grzania.pdf*

5. Listę paneli testowych, ich wymiary i konstrukcję.

*A04\_Lista paneli\_R01\_Raport nr 1\_Dualny system grzania.pdf*

6. Programy (ustawienia) pieca testowego dla danego poziomu załadunku oraz typu szkła (konstrukcji) szkła laminowanego.

*A05\_Programy\_R01\_Raport nr 1\_Dualny system grzania.pdf*

Na podstawie powyższych założeń InfAI przeprowadził badania oparte o 120 testów laminowania oraz analizę wyników tych badań. Testy podzielono na dwa etapy: testy procesu laminacyjnego z zastosowaniem ogrzewania gazowego (60 testów) oraz testy procesu laminacyjnego z zastosowaniem ogrzewania dualnego (60 testów). Każdy z etapów podzielono na 4 grupy testów z użyciem różnych typów filmów laminacyjnych: EVA, PVB, TPU, Sentryglas. W ramach każdej grupy zaplanowano testy w zakresie 5 różnych konstrukcji szkła (grubości) oraz 3 poziomów ilości szkła testowanego. Dla każdego etapu testów zaplanowano więc łącznie 60 testów, co daje łącznie 120 testów procesu laminacyjnego. Szczegółowe zestawienie wszystkich testów ujęto w *A02\_Lista testów\_R02\_Raport nr 2\_Materiały izolacyjne.pdf*.

Na podstawie powyższych testów przygotowano raport badawczy *R01\_Raport nr 1\_Dualny system grzania.pdf* wraz z załącznikami i szczegółową analizą wyników badawczych z podstawowymi konkluzjami badawczymi:

7. Dualny system ogrzewania przyspiesza czas laminowania oraz ma neutralny wpływ na filmy laminacyjne (zadania szczegółowe **B, C, D**). Czas ogrzewania dla procesu laminacji jest średnio 3 minuty krótszy w systemie dualnym

*R01\_Raport nr 1\_Dualny system grzania.pdf* Rys. 22/Tabela 3

*A06\_Testy jakosciowe\_R01\_Raport nr 1\_Dualny system grzania.pdf*

8. Dualny system ogrzewania wyrównuje różnice temperaturowe w różnych strefach pieca w czasie fazy laminowania oraz ogranicza liczbę skoków temperatury (włączania i wyłączania systemu grzewczego), co umożliwia łatwiejsze i precyzyjniejsze programowanie pieca dla laminowania materiałów z komponentami elektronicznymi (PDLC, szkła elektrochromowe, panele ogrzewane) oraz o wysokiej zawartości wody (np. poliwęglanów) (zadania szczegółowe **E, F**). Ilość załączeń i wyłączeń pieca w czasie całego procesu jest średnio o 16 zdarzeń mniejszy dla ogrzewania dualnego

*R01\_Raport nr 1\_Dualny system grzania.pdf* Rys. 17-20/Tabela 1

9. Skrócenie czasu laminowania oraz mniejsza liczba włączeń/wyłączeń pieca laminacyjnego skutkuje niższym kosztem laminowania (koszty energii) (zadanie szczegółowe **H**)

*A06\_Analiza kosztow\_R01\_Raport nr 1\_Dualny system grzania.pdf*

#### W zakresie zadania szczegółowego A (W tym A01, A02, A03)

**A03** Dla osiągnięcia celów rozwiązano dwa problemy badawcze: dobor izolacji ze względu na materiał izolacyjny i korelacja materiału izolacyjnego z grubością maty. W wyniku prac innowacyjnych i badań laboratoryjnych I etapu opracowano, jaki materiał izolacyjny jest odpowiedni do budowy pieca laminacyjnego.

Dokonałiśmy testów materiałów izolacyjnych 3 producentów o grubości pomiędzy 10-200mm, o różnej klasie odporności, współczynnika przewodzenia 0.015-0.035. Dokonałiśmy ocenę strat ciepła względem grubości izolacji oraz ocenę istniejących produktów izolacyjnych. Efektem realizacji powyższych badań zostały zweryfikowane i zoptymalizowane trzy materiały izolacyjne. Wyniki badań przeglądowych materiałów izolacyjnych wskazują, że przy zastosowaniu w finalnych produktach najbardziej ekonomiczna będzie izolacja z wełny mineralnej oraz alternatywnie dla zastosowań specjalnych, izolacja z płyty SIC Uzyskane dane pokazały istotne statystyczne zależności pomiędzy płytą SIC, a płytą z włókna ceramicznego i ich właściwości izolacji, grubość, energochłonnością i materiałochłonnością procesu produkcji. Efektem badań było dostarczenie wewnętrznego raportu oraz załączniki opisujące badane materiały izolacyjne.

*R02\_Raport nr 2\_Materiały izolacyjne.pdf*

**A01-A02** *R02\_Raport nr 2\_ Materiały izolacyjne* stanowił podstawę do rozpoczęcia prac konstrukcyjnych prototypu pieca laminacyjnego. W ramach tego zadania szczegółowego zespół badawczy przygotował założenia projektowe pieca laminacyjnego. Na podstawie tych założeń wykonano projekt pieca (projektowanie komputerowe) i przystąpiono do wykonania konstrukcji prototypu pieca. Wykonano konstrukcję prototypu używając do łączenia elementów komory grzewczej metody spawania laserowego oraz wykonano ściany komory z zastosowaniem izolacji termicznej określonej w *R02\_Raport nr 2\_ Materiały izolacyjne.pdf*.

*K01\_Projekt konstrukcji pieca\_v.01.pdf*

#### **4. Podsumowanie Etapu**

Początkowe założenia badawcze w etapie I planowane w harmonogramie wniosku zostały w pełni zrealizowane. Wszystkie etapy badania zrealizowane zostały terminowo i z oczekiwanymi rezultatami, a koszty prawidłowo poniesione.