



Rotopol 2026

Rotomoulding w praktyce: droga do stabilnego procesu



Krzysztof NADOLNY Phd Eng.

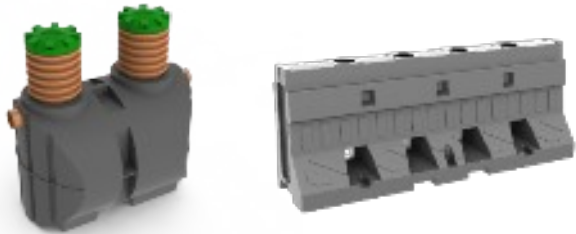
15.05.2026

Rotomoulding w praktyce: droga do stabilnego procesu

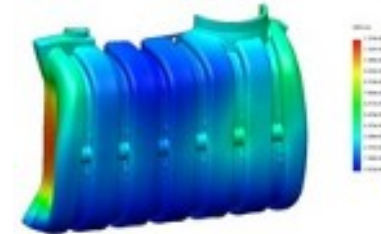
- ▶ Forma i jej znaczenie dla stabilnego procesu
- ▶ Przykłady rzeczywistych problemów technologicznych:
 - ▶ Case study 1: projektowanie kiss-offów
 - ▶ Case study 2: wpływ parametrów rotacji na wyrób
 - ▶ AI i analiza trajektorii ruchu proszku – nowy trend symulacji procesu

Oferta Centino

Design / Projekt



FEM / MES



Know-how



Consulting



Support

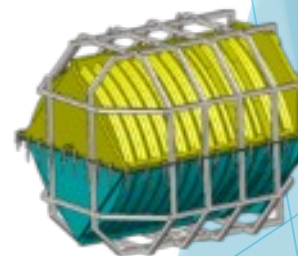
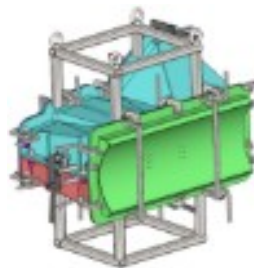
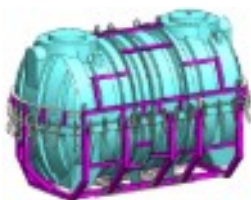
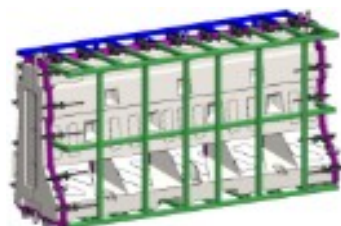
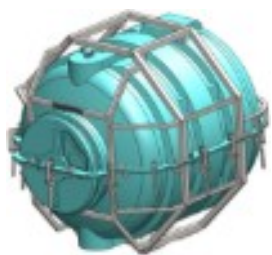


Tool's / Formy



17 lat na rynku

Projektowanie i produkcja form stalowych



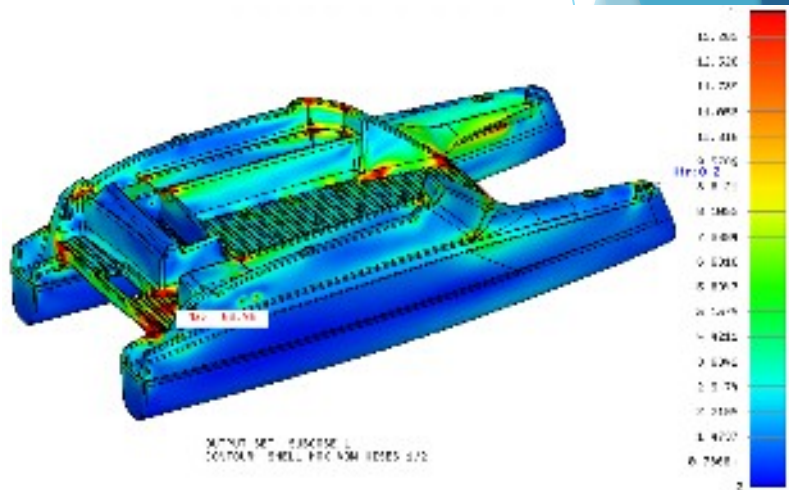
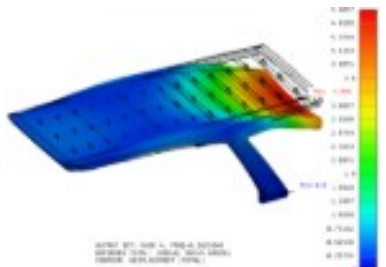
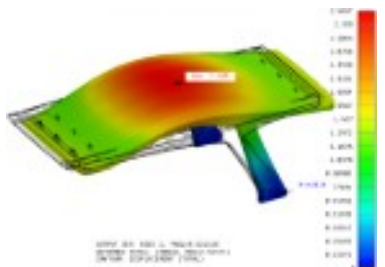
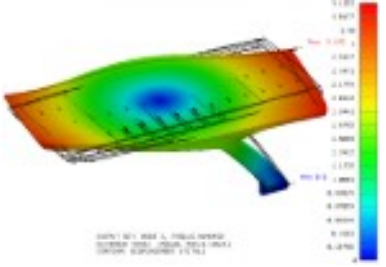
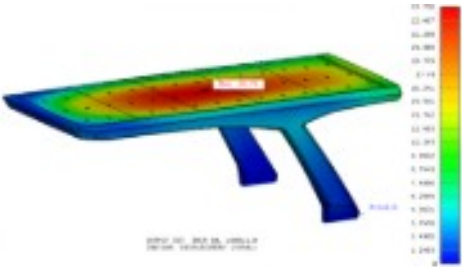
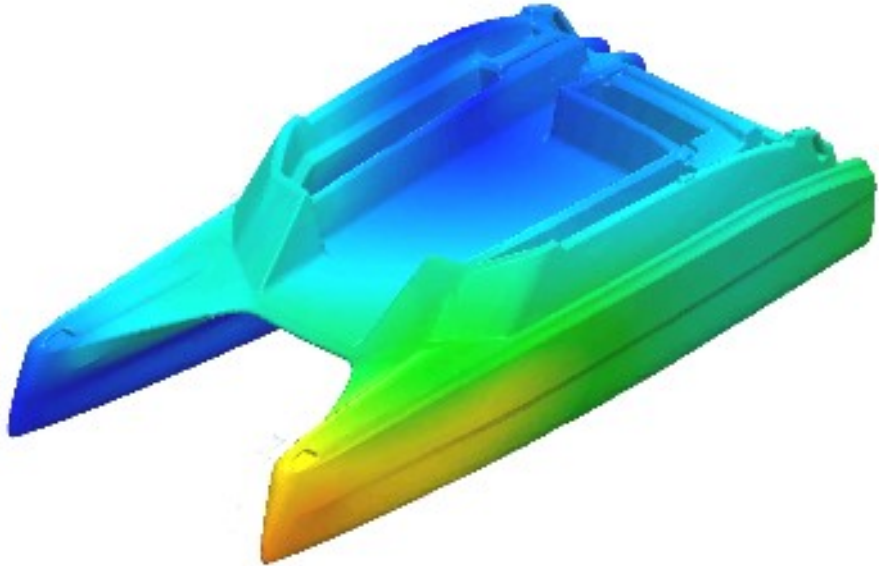
Produkcja form stalowych od
2013 roku

9000 litrów pojemności

Projektowanie i produkcja form aluminiowych

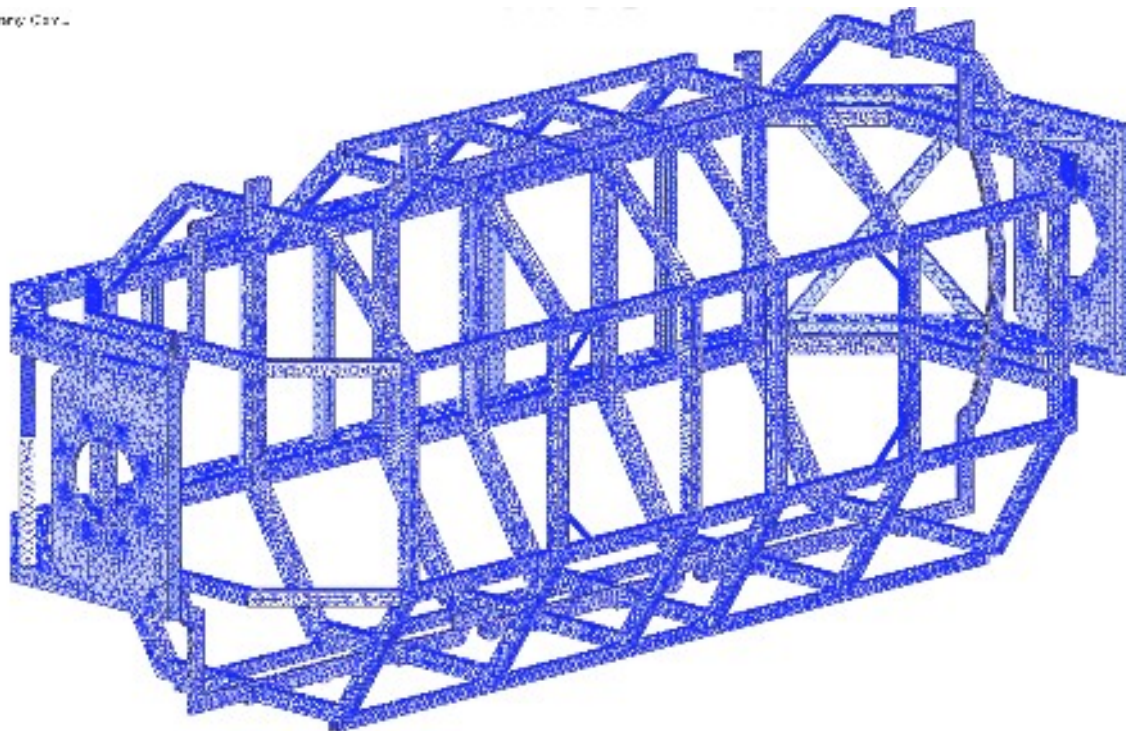


Analizy MES



Analizy MES ramy formy

MESing Cento



Wszystkie ramy dużych form
poddawane są w Centino
analizie MES

Stabilny proces

Efekt

- ▶ Powtarzalna jakość
- ▶ Przewidywalna grubość ścianki
- ▶ Mniej braków
- ▶ Kontrola kosztu produkcji

Źródła problemów

- ▶ Błędy projektu formy
- ▶ Niewłaściwa eksploatacja form
- ▶ Nieprawidłowe parametry procesu (np. rotacja)
- ▶ Brak kontroli i pomiarów procesu

Forma jako fundament powtarzalnej produkcji

- ▶ Forma zmienia się podczas eksploatacji
- ▶ Zabrudzenia narastają stopniowo
- ▶ Problemy pojawiają się „powoli”
- ▶ Operator często przestaje je zauważać



Stabilny proces wymaga stabilnej formy

Podział formy – mały detal, duży wpływ

- ▶ Narastający materiał zmienia geometrię podziału
- ▶ Problemy ze szczelnością
- ▶ Większy grat (wyptywka)
- ▶ Gorsza powtarzalność zamykania
- ▶ Problemy z regulacją klamer



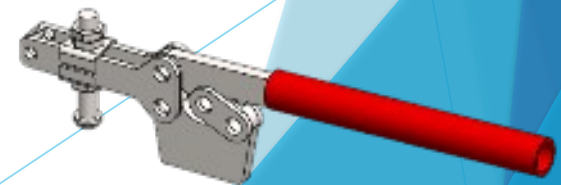
Zanieczyszczony podział destabilizuje cały proces

Obsługa form - odpowietrznik

- ▶ Niedrożny odpowietrznik zmienia warunki procesu
- ▶ Problemy często błędnie przypisywane materiałowi
- ▶ Ryzyko niedolewów i deformacji
- ▶ Pogorszenie jakości powierzchni



Odpowietrznik często „psuje proces” po cichu

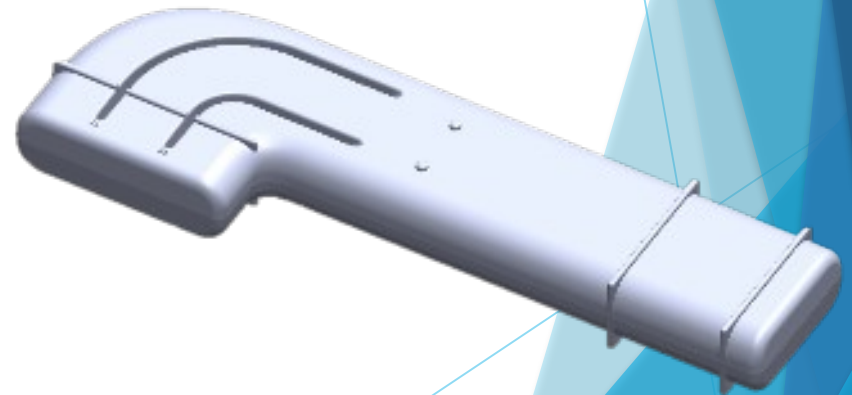
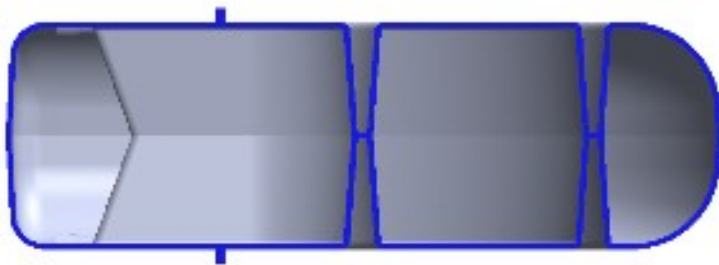


Przykłady rzeczywistych problemów technologicznych

- ▶ CASE STUDY 1:
- ▶ KISS-OFF
- ▶ CASE STUDY 2:
- ▶ Stosunek prędkości obrotowych ramion

Case study 1 - kiss-off

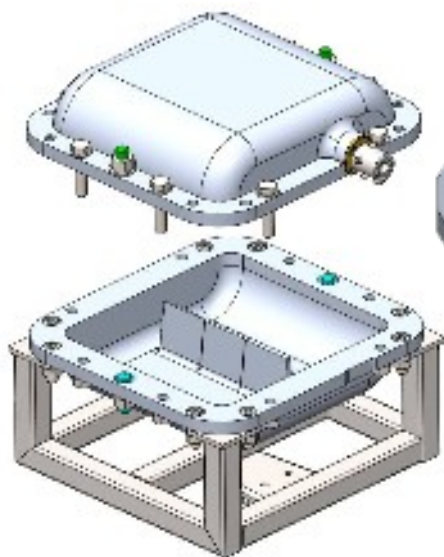
- ▶ Problem: brak zalania kiss-offa
- ▶ Przyczyna: geometria / proces / materiał
- ▶ Efekt: braki / poprawki drogich form aluminiowych
- ▶ Wniosek: co zmienić



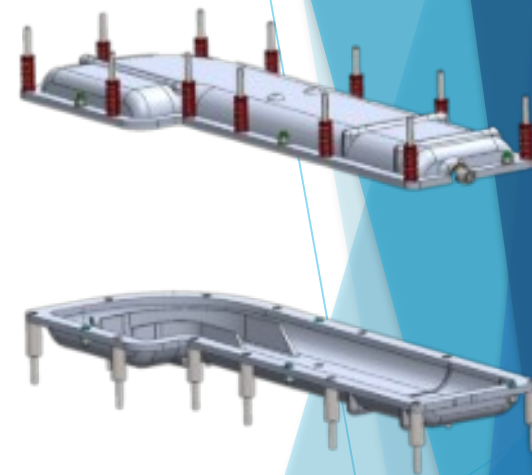
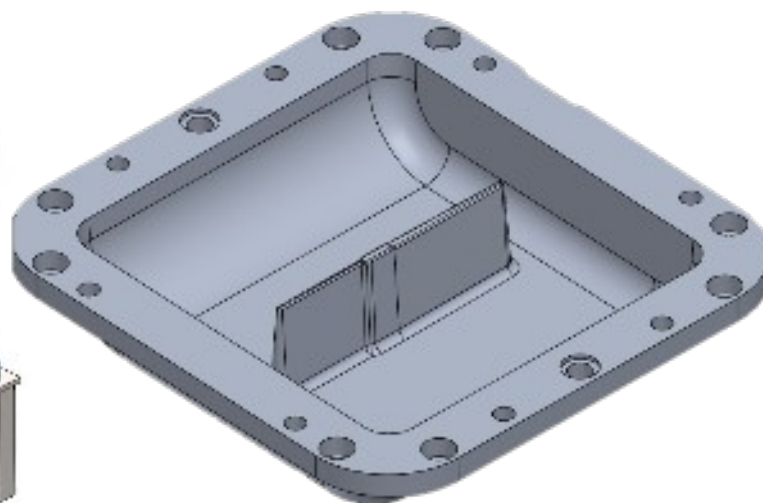
100 mm wysokości

2,5 mm szerokości

Case study 1 - kiss-off



Forma testowa

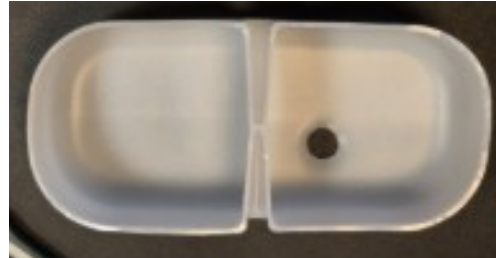


Forma docelowa

Szerokość „płetwy” 2,8 - 5,4 mm

Szczelina: 1 mm / 1,5 mm / 2,5 mm

Case study 1 - kiss-off



Różne materiały
MFI 3, MFI 5, MFI 7, MFI 10



Case study 1 - kiss-off wniosek

- ▶ Materiał: MFI 5 - najmniej pinholi, równy rozkład grubości ścianek
- ▶ Szerokość „płetwy” - zmienna 3,2 - 4,8 mm
- ▶ Szerokość szczeliny - 0 mm

Próbki dostępne na Table top
zapraszamy



Case study 2

- ▶ Problem: nierówna grubość ścianek
- ▶ Przyczyna: rozkład materiału
- ▶ Efekt: słabe punkty
- ▶ Wniosek: zmiana procesu - obrotów
- ▶ Uwaga: nie zawsze równo = lepiej!



Case study 2 - grubości ścianek

▶ Wyniki dla rotacji 4:1

- ▶ Ściany boczne córka: 10,3 - 13
- ▶ Ściany boczne matka: 9,5 - 11,7

- ▶ Dennice: 9,2 - 10,6
- ▶ Góra: 11,3 - 11,5
- ▶ Dół: 11 - 12,2

- ▶ Całość: 9,2 - 13 (11 ± 2)

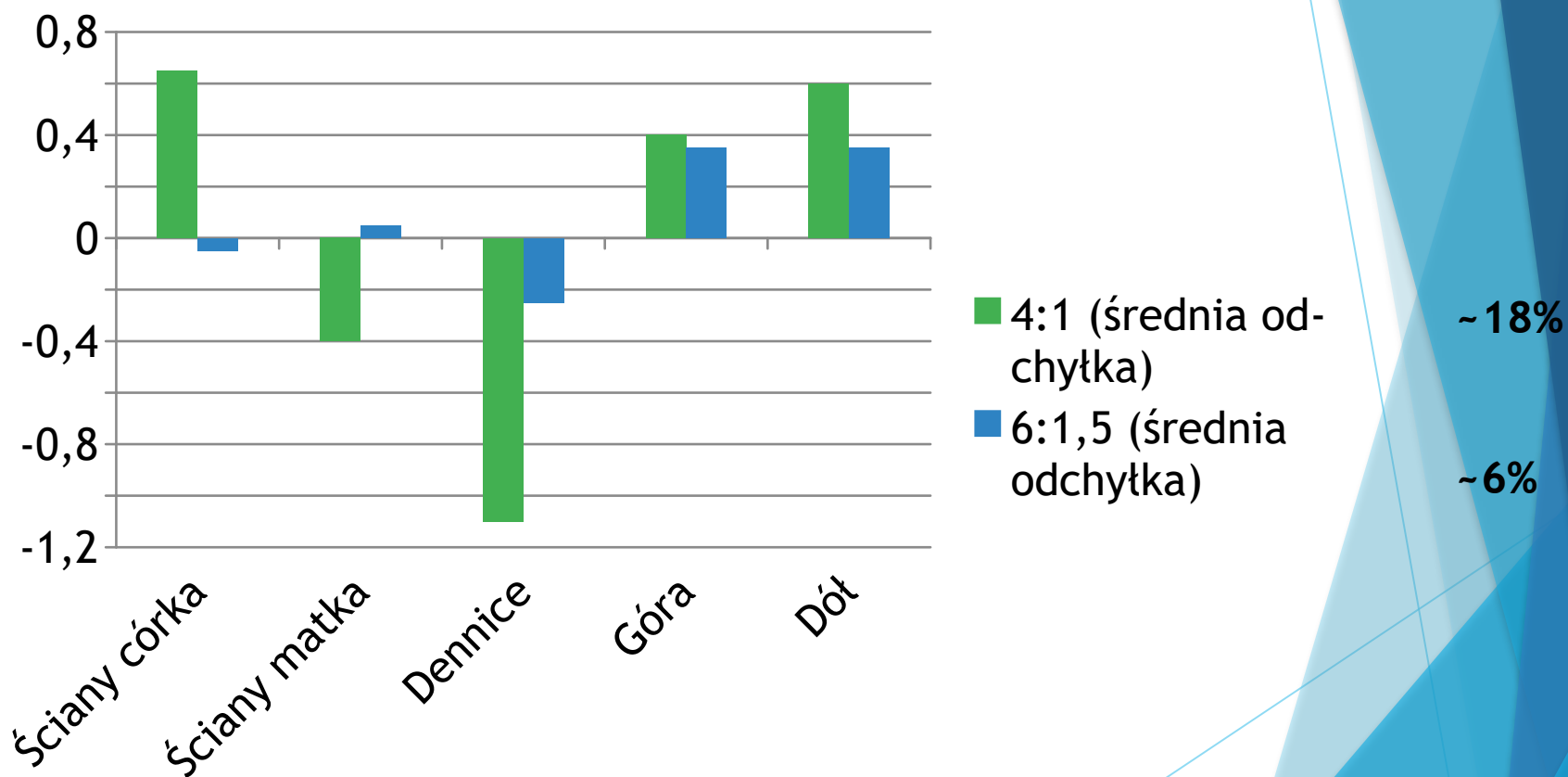
▶ Wyniki dla rotacji 6:1,5

- ▶ Ściany boczne córka: 10,3 - 11,6
- ▶ Ściany boczne matka: 10,4 - 11,7

- ▶ Dennice: 10,3 - 11,2
- ▶ Góra: 11 - 11,7
- ▶ Dół: 11 - 11,7

- ▶ Całość: 10,3 - 11,7 ($11 \pm 0,7$)

Case study 2 - odchylenia od 11 mm (średnia + zakres)

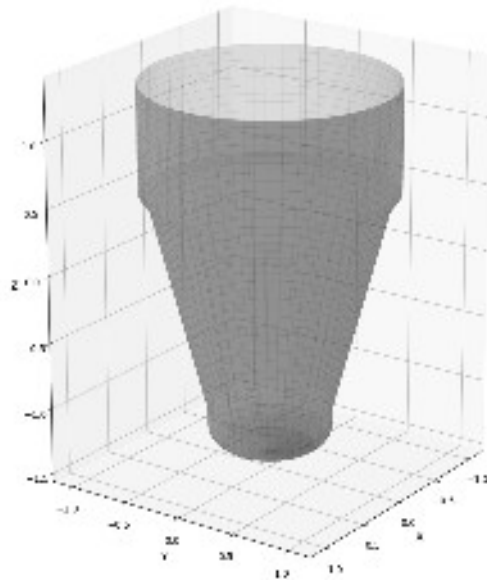


Case study 2 - dalszy problem

- ▶ Nadal nie wiemy dokładnie jak proszek zachowuje się wewnątrz formy przy różnych stosunkach prędkości obrotowych
- ▶ Rozkład materiału jest dynamiczny
- ▶ Wiele decyzji nadal opiera się na doświadczeniu
- ▶ Brakuje narzędzi do szybkiej oceny trajektorii ruchu proszku

Zastosowanie AI do analizy rozkładu proszku

Model osiowa symetrycznego zbiornika



```
def radius_profile(z):  
  
    z = np.asarray(z)  
    r = np.zeros_like(z, dtype=float)  
  
    # Górny cylinder  
    mask = z >= 0.55  
    r[mask] = 1.00  
  
    # Łokab / bobolacz  
    mask = (z >= 0.45) & (z < 0.55)  
    r[mask] = 0.92 + 0.08 * (z[mask] - 0.45) / 0.10  
  
    # Zapłojary są stałe  
    mask = (z >= 1.10) & (z < 0.45)  
    r[mask] = 0.48 + (0.92 - 0.48) * (z[mask] + 1.10) / 1.55  
  
    # Krótki dolny cylinder / pierścień  
    mask = (z >= 1.25) & (z < 1.10)  
    r[mask] = 0.48  
  
    # Dolna kopuła  
    mask = z < -1.25  
    dz = z[mask] - (-1.25)  
    R = 0.48  
    h = 0.32  
  
    # poleć (przez kopuła)  
    value = 1.0 - (dz / h) ** 2  
    value = np.clip(value, 0, 1)  
    r[mask] = R * np.sqrt(value)  
  
    return r
```

ChatGPT + Python + Colab

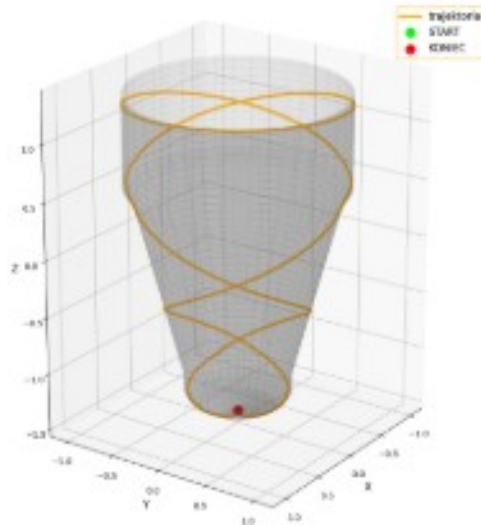
Opracowanie kodu w Python na geometrię przez AI: 5,5 sekundy

Wyniki badania trajektoria 4,05 : 1

```
import numpy as np  
import matplotlib.pyplot as plt
```

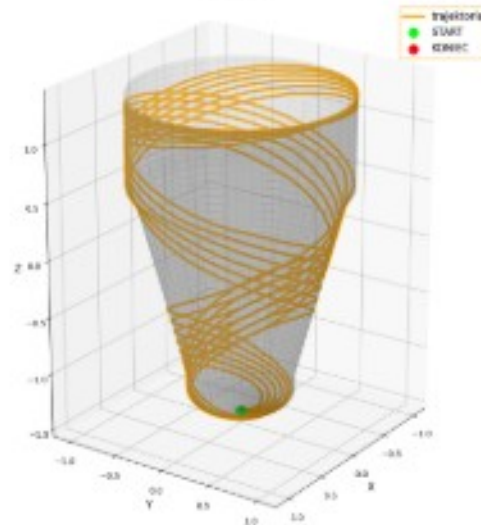
```
ratio_major=4.05  
ratio_minor=1  
turns_major=10
```

Trajektoria punktu na powierzchni zbiornika
stosunek rotacji 4,05:1
obrotów:1



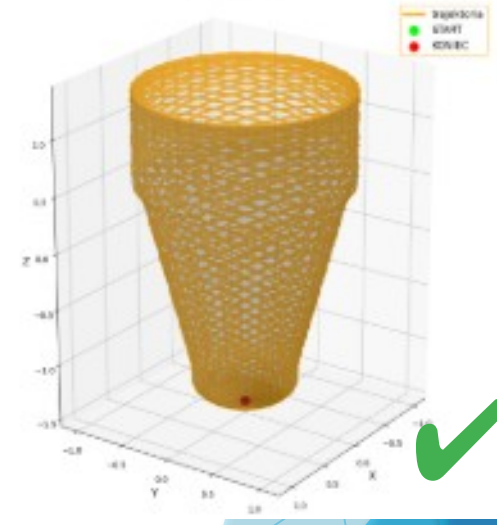
1 obrót płyty
4,05 obrotu ramienia

Trajektoria punktu na powierzchni zbiornika
stosunek rotacji 4,05:1
obrotów:6



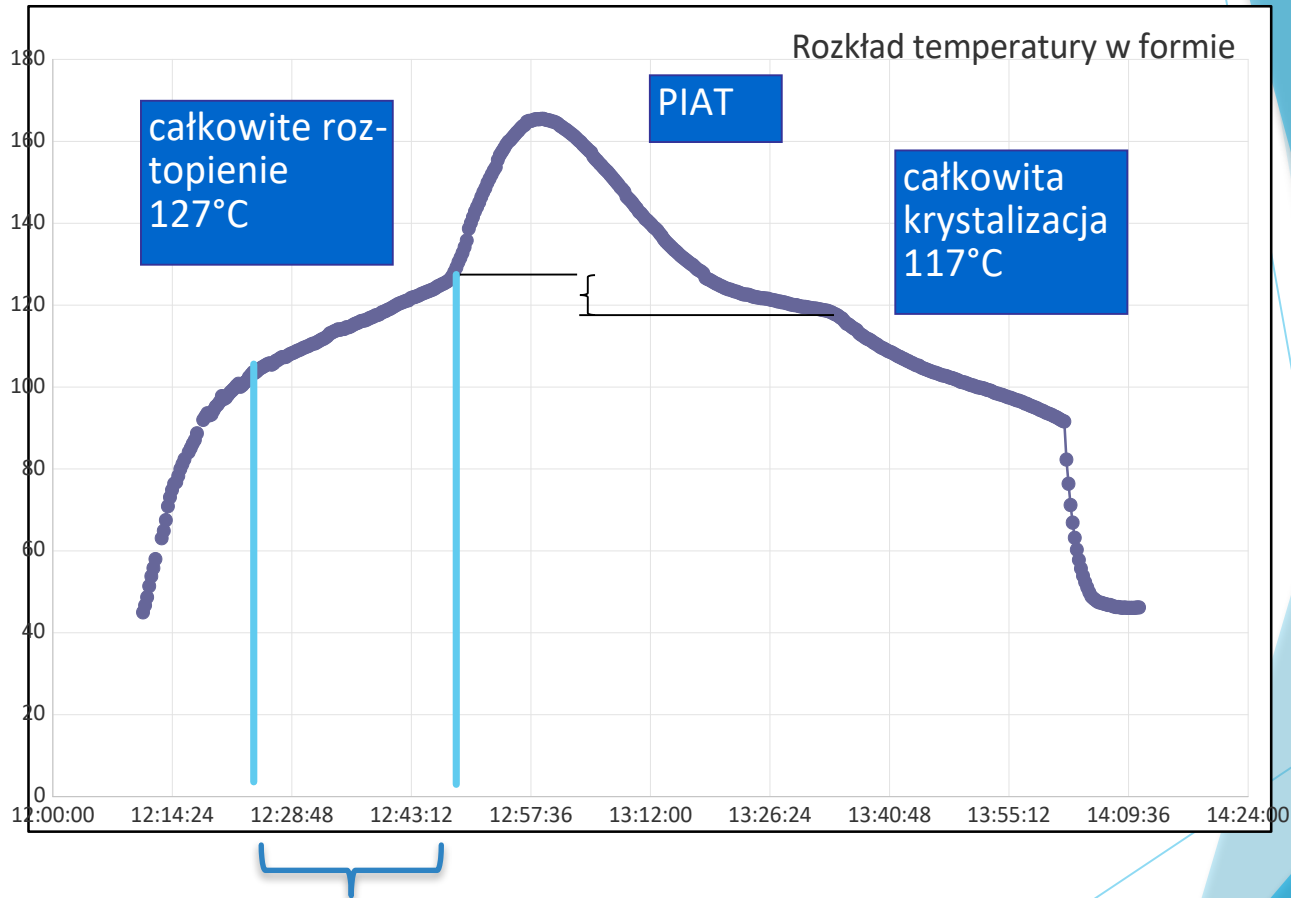
6 obrotów płyty
24,3 obroty ramienia

Trajektoria punktu na powierzchni zbiornika
stosunek rotacji 4,05:1
obrotów:20



20 obrotów płyty
81 obrotów ramienia

Rzeczywisty czas topnienia PE

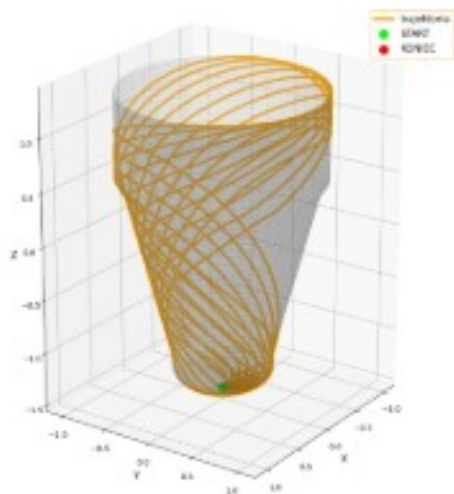


t20 min = 20 obrotów

t10 min = 10 obrotów

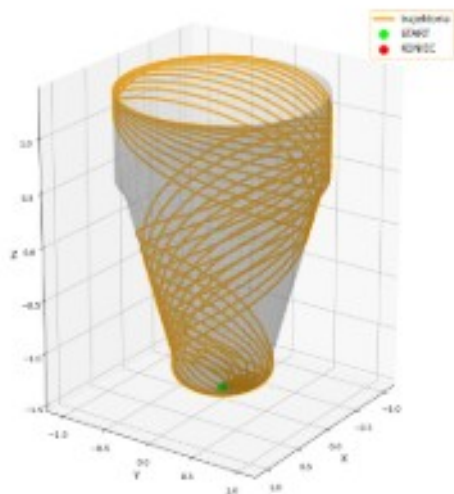
Wyniki badania 10 minut różne stosunki obrotów

Trajektoria punktu na powierzchni zbiornika
stosunek rotacji 2,05:1
obrotów:10



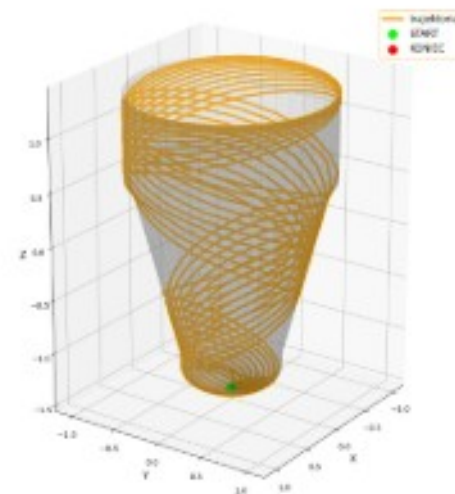
2,05 : 1

Trajektoria punktu na powierzchni zbiornika
stosunek rotacji 3,05:1
obrotów:10



3,05 : 1

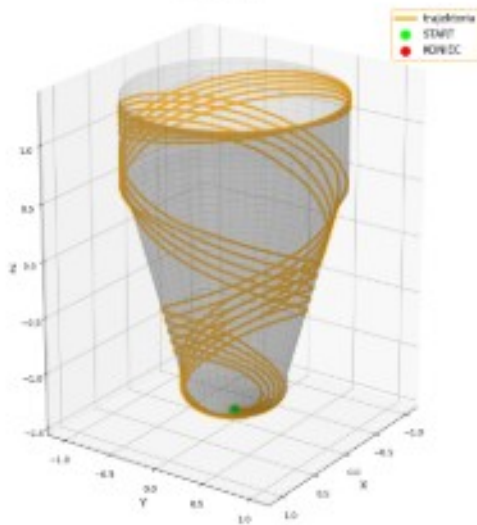
Trajektoria punktu na powierzchni zbiornika
stosunek rotacji 4,05:1
obrotów:10



4,05 : 1

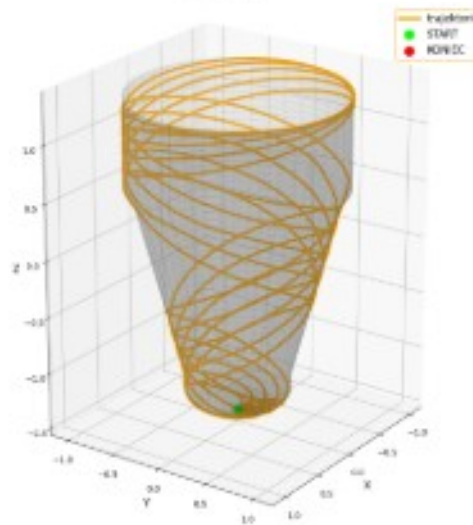
Wyniki badania 5 minut różne stosunki obrotów 4:1

Trajektorie punktu na powierzchni zbiornika
stosunek rotacji 4,05:1
obrotów:5



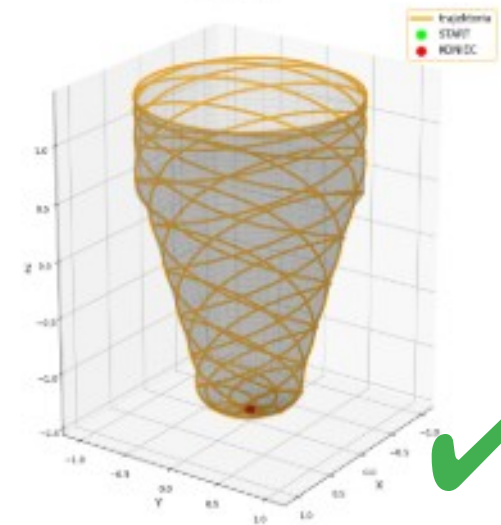
4,05 : 1

Trajektorie punktu na powierzchni zbiornika
stosunek rotacji 4,1:1
obrotów:5



4,1 : 1

Trajektorie punktu na powierzchni zbiornika
stosunek rotacji 4,2:1
obrotów:5



4,2 : 1

Wnioski praktyczne

- ▶ **Stabilny proces nie jest przypadkiem**
- ▶ Projekt formy
- ▶ Stan i eksploatacja narzędzia
- ▶ Parametry procesu
- ▶ Pomiary i analiza danych
- ▶ Doświadczenie technologiczne

**Nawet niewielkie zmiany potrafią
znacząco wpłynąć na jakość wyrobu**

Dziękuję za uwagę

Thank you for your attention



Krzysztof Nadolny

www.centino.pl

biuro@centino.pl

Tel. +48 660 763 769

Przygotowanie formy

- ▶ Schemat procesu:
 - ▶ Wyjęcie z magazynu
 - ▶ Kontrola stanu formy
 - ▶ Oczyszczenie / szlifowanie / regulacja osprzętu
 - ▶ Kontrola stanu ramy i pęknięć
 - ▶ Aplikacja środka rozdzielającego
 - ▶ Montaż na ramieniu

Obsługa form - klamry

- ▶ Klamry należy zamykać i otwierać TYKO RĘCZNIE
- ▶ Systematycznie regulować docisk klamer
- ▶ Szczelina 0.5 mm
- ▶ Regularnie czyścić płaszczyznę podziałową



v21



v18



v21 vs v24

Obsługa form

- ▶ Bezwzględnie NIE STOSUJEMY OSTRYCH NARZĘDZI
- ▶ Używamy łopatek powleczonych tworzywem
- ▶ Do wybijania bolców i tulejek można zastosować jedynie MŁOTEK GUMOWY

