

Jak Zamienić Metal na Tworzywo?

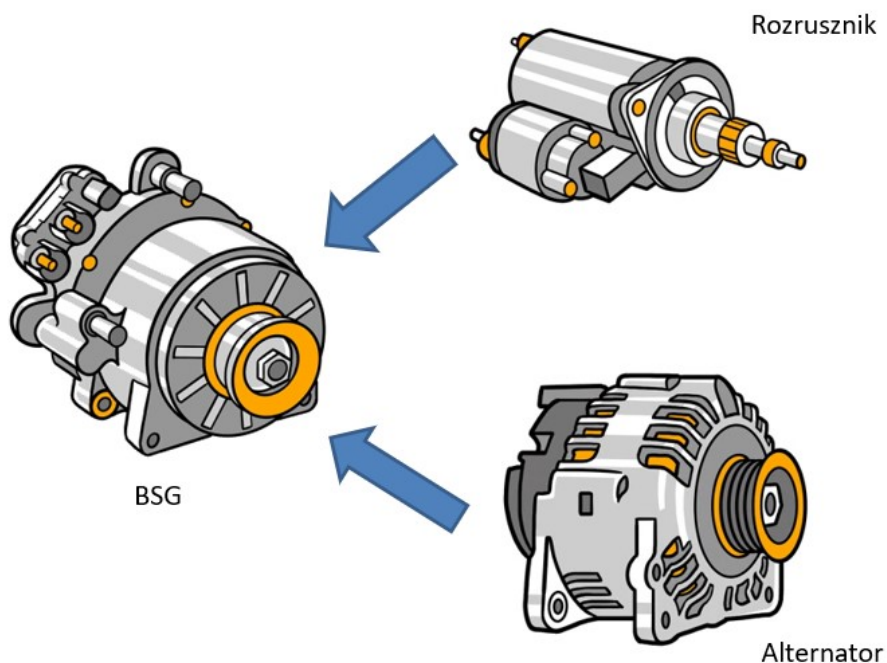
Przemek Narowski :: 10.09.2023



Klient	Produkt	Problem	Rozwiązanie
Vitesco Technologies	Belt Starter Generator	redukcja masy złożenia	zamiana stopu aluminium przez tworzywo termoplastyczne w obudowie
Metryczka Przypadku			

Opis problemu

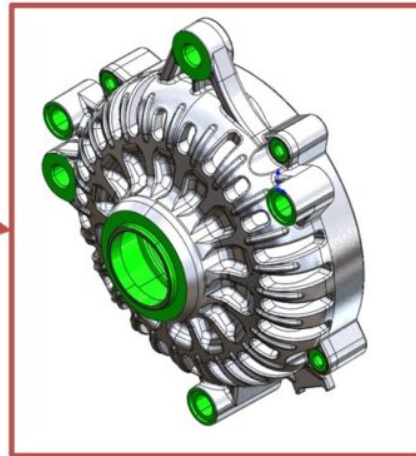
Klient Vitesco Technologies zażądał zmniejszenia masy produkowanego i rozwijanego przez firmę wyrobu BSG.



BSG jako połączenie funkcjonalności rozrusznika z alternatorem

Propozycja rozwiązania

Zamiana materiału części przedniej obudowy – elementu składowego o największej masie, na tworzywo o wyższej wartości właściwego modułu E (zamiana stopu aluminium na tworzywo termoplastyczne wzmocnione krótkim włóknem szklanym).



Umieszczenie modułu BSG i jego przedniej obudowy

Postępowanie

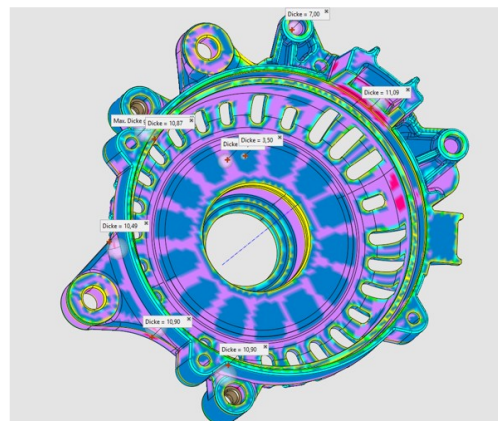
1. Dobór tworzywa

1. Sporządzenie tabeli wymagań dla przedniej części obudowy BSG (wytrzymałość na pełzanie, stopień uniepalnienia itp.)
2. Wstępny dobór tworzyw z [MHC](#) spełniających kryteria z punktu powyżej.
3. Jakościowe i ilościowe rangowanie danych materiałowych.
4. Numeryczne testy produktu (opisane w 4.)

2. Analiza technologiczności konstrukcji

Wyniki analizy rozkładu grubości ścianki dyskwalifikowały model w kontekście wykonalności techniką wtryskiwania.

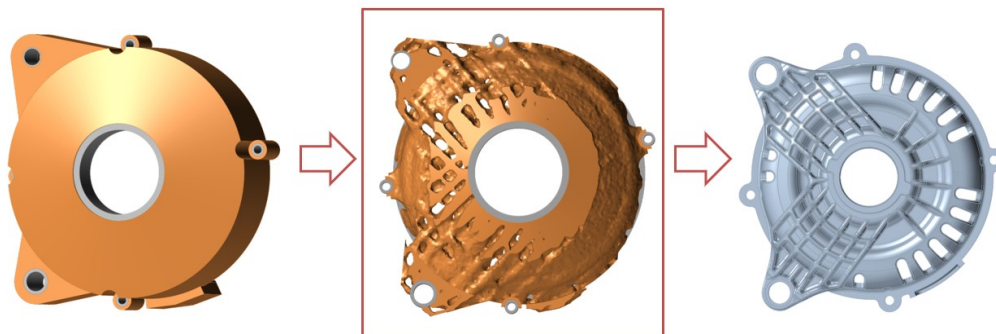
Wall thickness range [mm]	Number of faces [-]	Area [mm ²]	Area Ratio [%]
3.5÷5.13	489	37619.82	34.68
5.13÷6.75	616	23967.88	22.09
6.75÷8.33	344	10713.67	9.88
8.38÷ 12.09	184	2427.62	2.24



Wyniki analizy grubości ścianki w programie [Cimatron](#)

3. Opracowanie nowego modelu

Na podstawie analizy topologicznej opracowano kształt nowej obudowy spełniającej wymogi funkcjonalne i technologiczne.



Wynik analizy topologicznej

4. Testy numeryczne produktu

A. Określenie orientacji włókien w wypraszce

Wszelkie obliczenia strukturalne wyrobów wykonanych z tworzyw wzmocnionych muszą uwzględniać anizotropię właściwości mechanicznych wynikającą z **orientacji włókien po wtrysku**. Na tym etapie nieznane jeszcze są szczegóły procesu wtryskiwania, dlatego podjęto próbę określenia możliwie najbardziej sprzyjającej konkretnemu przypadkowi obciążenia części orientacji włókien.

W tym celu skorzystano z Metody Taguchi zaimplementowanej w programie **Moldex3D**. Kryterium optymalizacji była równomierność szybkości ścinania w objętości wypraski, a parametrami:

- czas wtrysku [s],
- rodzaj i umiejscowienie przewężki,
- temperatura formy wtryskowej [°C].

DOE Information

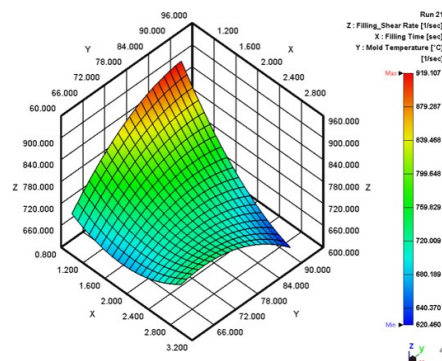
Name: Run12
Base Run: Run 1

DOE Method

Levels: 3 (2-5 or mixed level)
Control Factors: 3 (2-10)
Taguchi Array: L9(3⁴) - 9 Runs, 4 Factors with 3 Levels

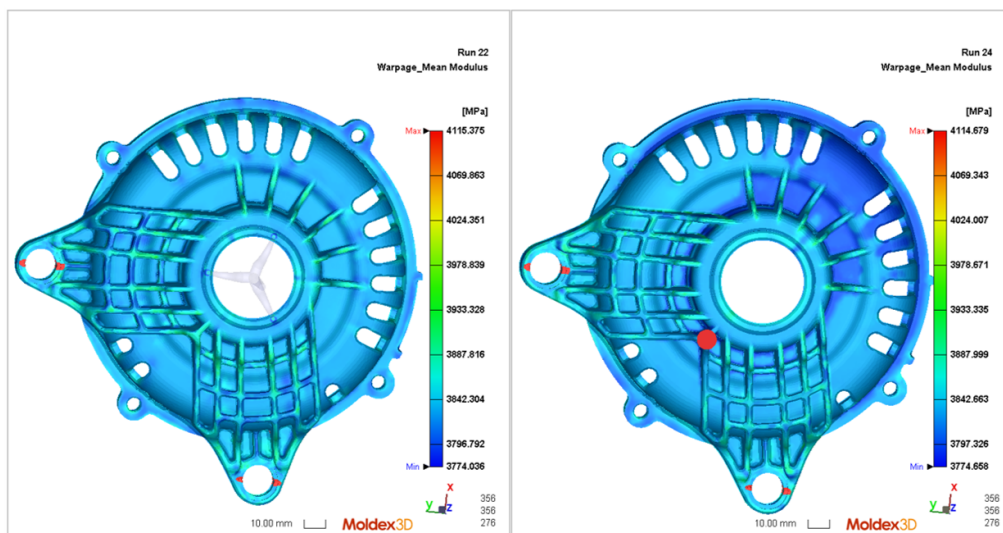
#	Control Factor	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
1	Mesh	Diaphrag...	Hot_Drop...	spider.mfe		
2	Filling Time [sec]	1	2	3		
3	Mold Temperature [°C]	60	75	90		

#	Quality Factor	Goal	Weighting	%	Delete
1	Filling_Shear Rate [1/sec]	Uniform	100	100.0%	



Dane wejściowe i wynik optymalizacji w **Moldex3D**

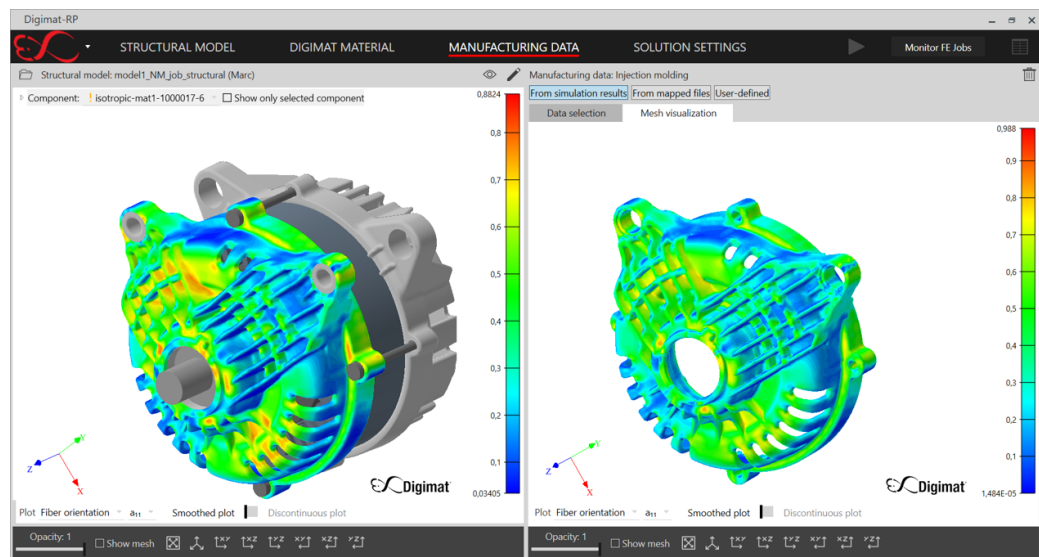
Porównanie rozkładu wartości średniej modułu Younga na grubości ściany wypraski potwierdziło poprawność przyjętej procedury optymalizacyjnej (po lewej stronie wynik dla wskazanego optimum).



Wyniki rozkładu modułu E dla optimum (po lewej) i przypadku najgorszego

B. Mapowanie orientacji włókien

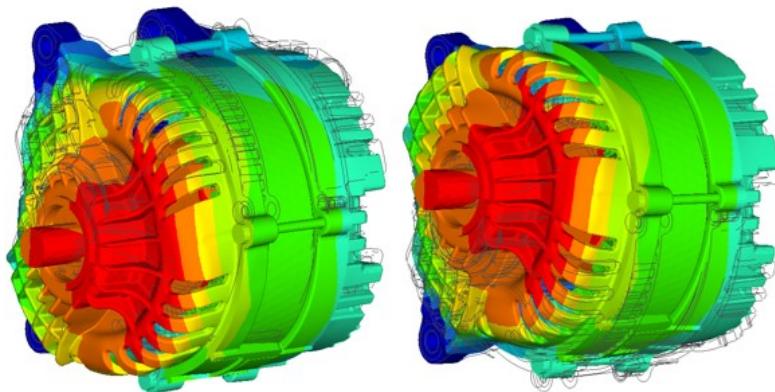
Kolejnym krokiem było przeniesienie optymalnej orientacji włókien szklanych na model złożenia do obliczeń strukturalnych (lewa strona na rysunku poniżej).



Mapowanie orientacji włókien w programie Digimat

C. Analiza strukturalna

Końcowym etapem było przeprowadzenie analizy modalnej w systemie Abaqus. Na rysunku poniżej przedstawiono kształt jednej z otrzymanych postaci modalnych systemu, a w tabeli porównanie częstotliwości naturalnych otrzymanych w symulacji z i bez uwzględnienia orientacji włókien w przedniej części obudowy.



Kształt drugiej postaci modalnej zespołu BSG

Postać modalna	Częstotliwość [Hz] (materiał izotropowy)	Częstotliwość [Hz] (materiał anizotropowy)
1.	255	207
2.	416	326
3.	481	353
4.	551	496

Porównanie wyników analizy modalnej z i bez uwzględnienia orientacji włókien w wypraszce

Wnioski

1. Zamiana metalu na tworzywo polimerowe łączy się nierozzerwalnie ze zmianą cech geometrycznych wyrobu i opracowaniem konstrukcji wypraski od podstaw.
2. Materiały polimerowe zastępujące metale to zazwyczaj tworzywa wzmocnione z anizotropią właściwości mechanicznych. Przeprowadzanie testów numerycznych bez uwzględnienia tej anizotropii jest nieprawidłowe i prowadzi do błędnych wniosków, np. wskazań błędnych częstotliwości postaci modalnych.

Więcej na temat opisanego przypadku można znaleźć [tutaj](#).