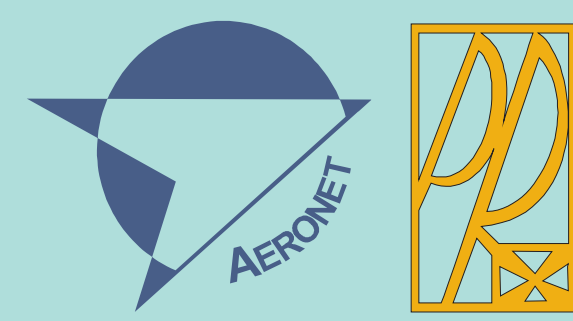


Projekt kluczowy Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



III KONFERENCJA
RADY PARTNERÓW CZT AERONET
I PANELE EKSPERTÓW
13-14 Czerwca 2011

ZB 3

Opracowanie technologii efektywnego projektowania i produkcji przekładni stożkowych z wykorzystaniem systemu Phoenix firmy Gleason

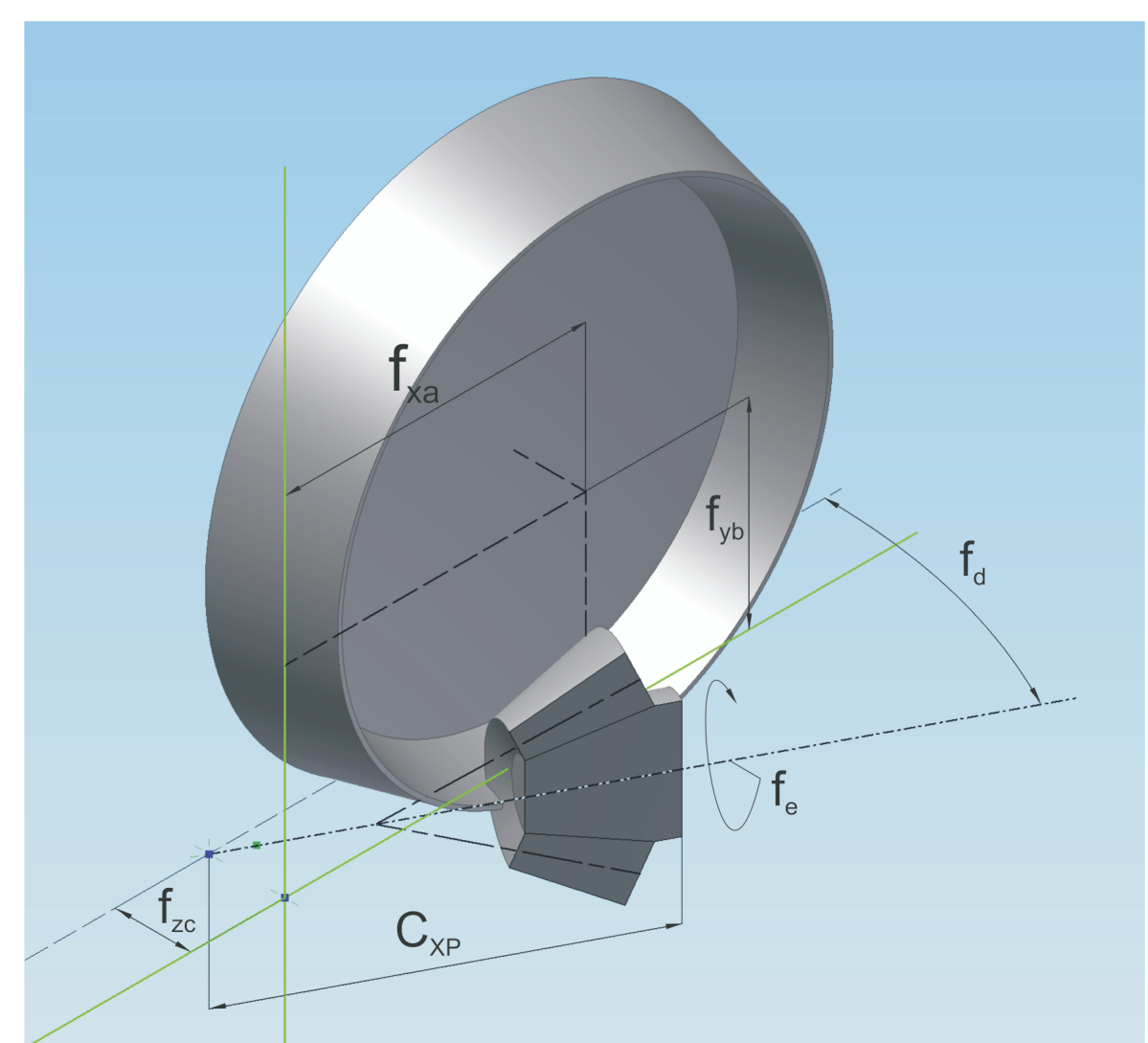
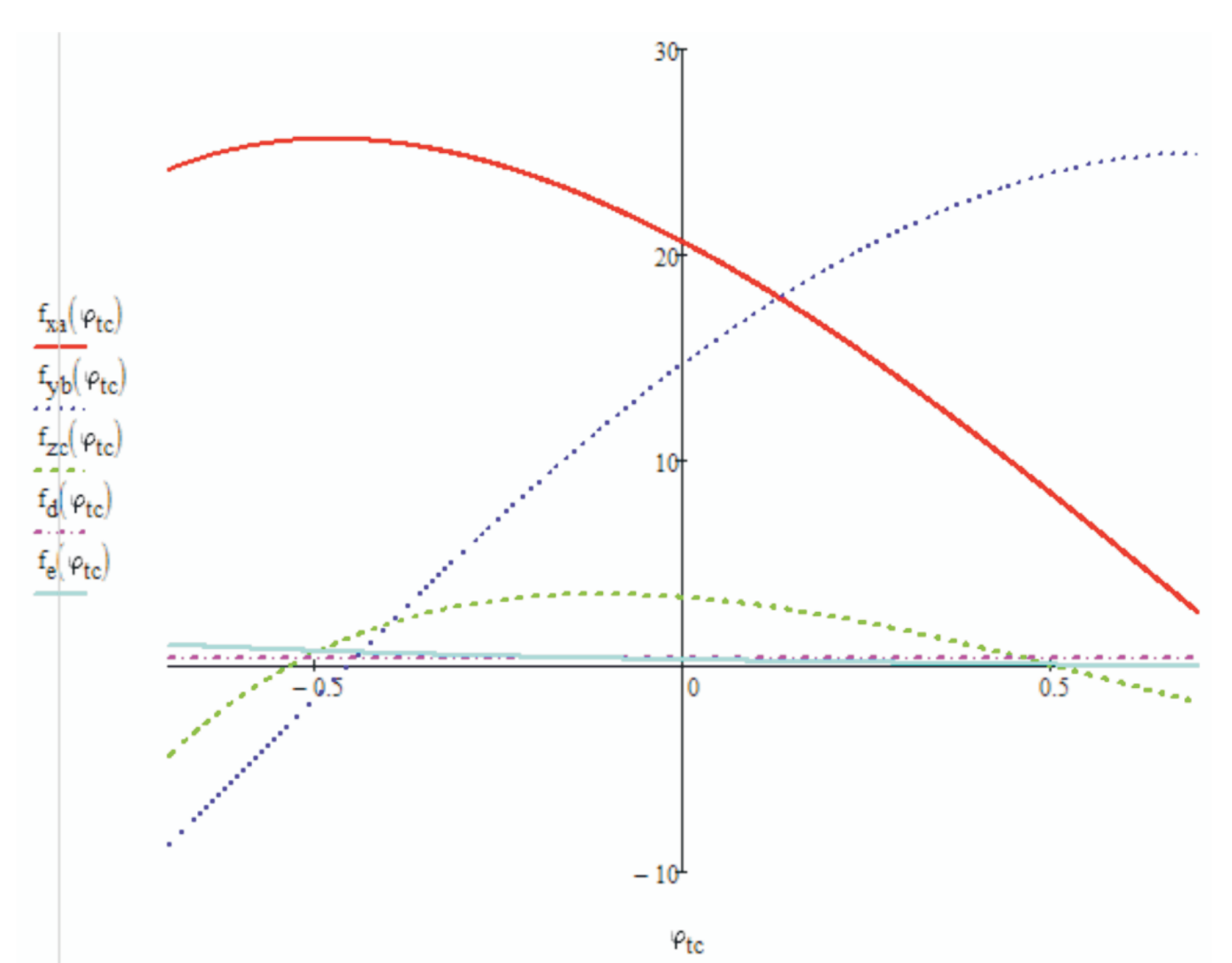
Politechnika Rzeszowska, Politechnika Warszawska

Wyniki badań

Opracowanie metody topologicznej modyfikacji boku zęba zębniaka i wyznaczenia powierzchni wzorcowej zapewniającej pożądany ślad przylegania i wykres nierówności ruchu przekładni.

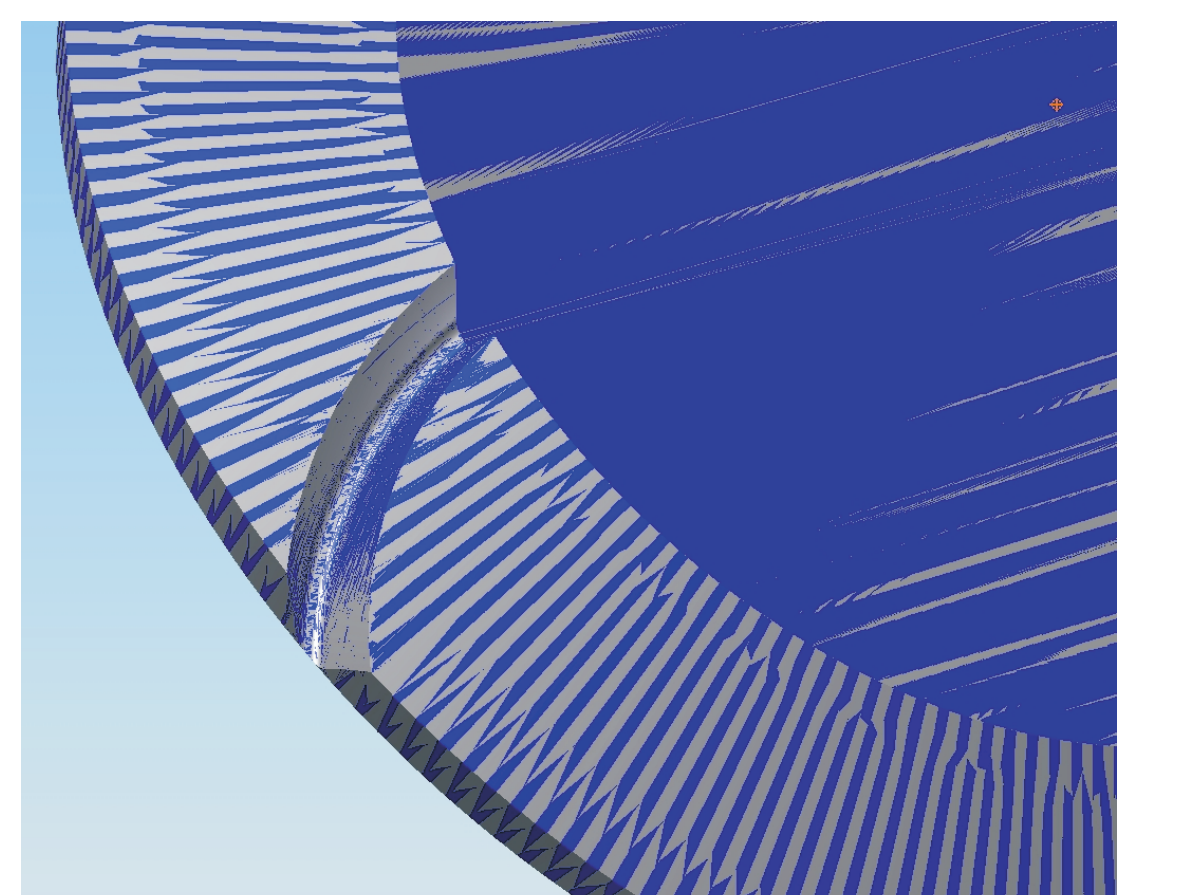
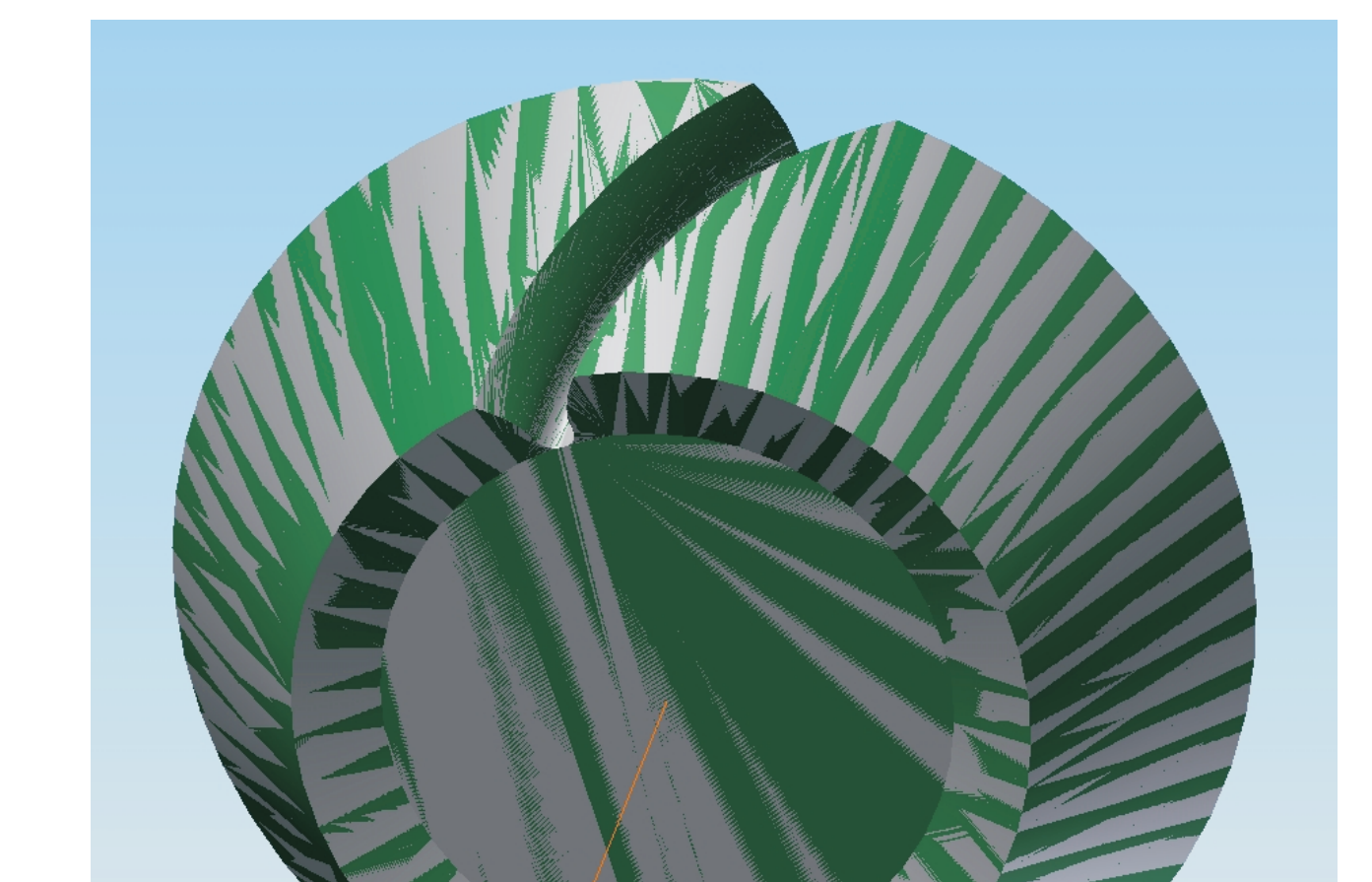
Opracowanie programu do symulacji obróbki uzębienia koła i zębniaka na obrabiarkę typu Phoenix w środowisku CAD - program Inventor

Na rys. 1 przedstawiono wykresy funkcji ruchu w osiach sterowanych na obrabiarkę Phoenix (wykresy zostały wygenerowane w programie Mathcad). Funkcje f_{x_a} , f_{y_b} , f_{z_c} obejmują ustawienie współrzędnych H i V oraz przemieszczenia X_B , A , X_p i ruch odpowiadający obrotowi kołki na obrabiarkę konwencjonalnej. Funkcja f_d to ustawienie otoczki koła obrabianego (machine root angle). Funkcja f_e to dodatkowa funkcja określająca zmianę kąta ϕ_1 (obrót otoczki) na obrabiarkę numerycznej Phoenix, z uwzględnieniem jednostajnego obrotu wrzeciona suportu przedmiotu obrabianego obrabiarki klasycznej (odtworzenie kinematyki obrabiarki klasycznej na obrabiarkę numerycznej). Układ wykonawczy, realizowany na maszynie Phoenix pokazano na rys. 2. Układ ten wraz z algorytmem symulacji obróbki został stworzony w programie Autodesk Inventor. Rys. 3 i 4 to nałożenie powierzchni zęba, naciętej według ustawień bazowych na obrabiarkę klasycznej oraz według funkcji ruchu na obrabiarkę Phoenix. Na rys. 5 a,b pokazano efekt korygowania powierzchni boku zęba przez zmianę przykładowych parametrów ustawczych.



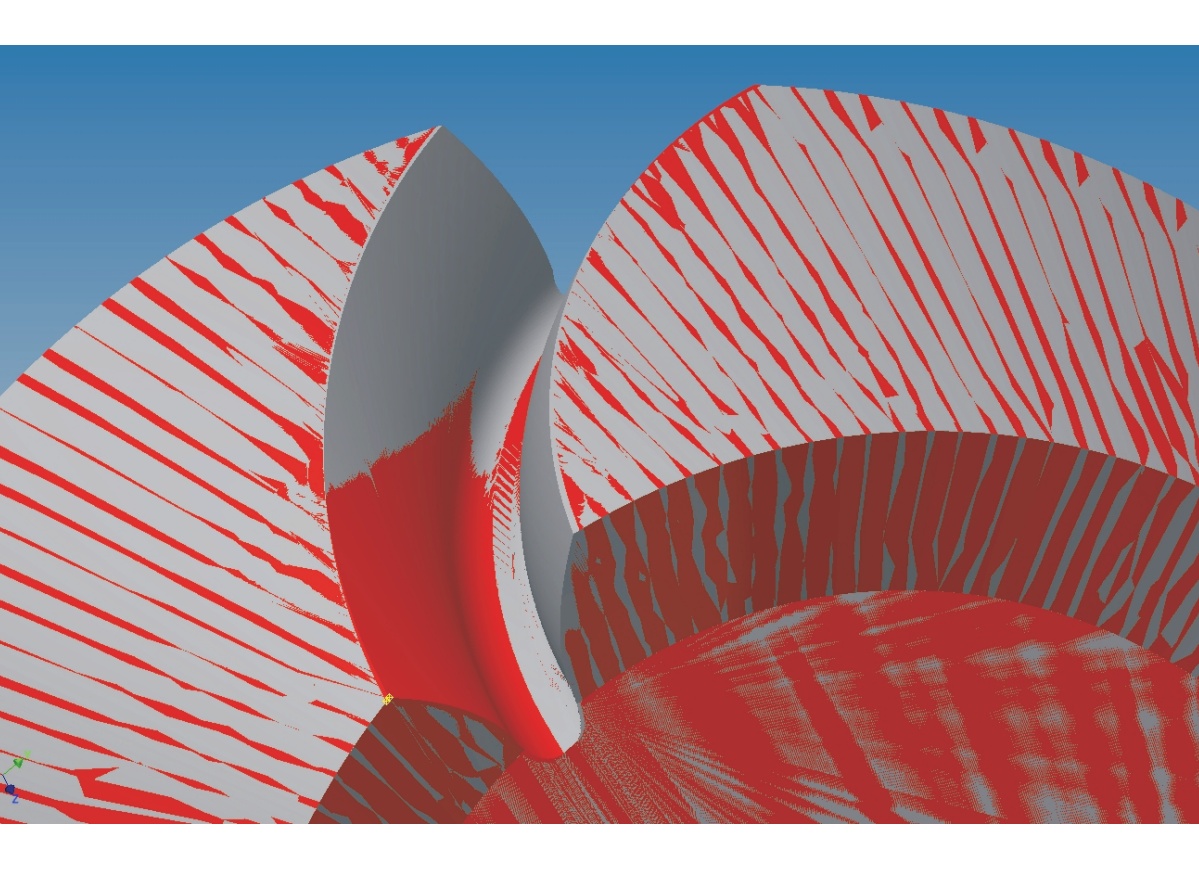
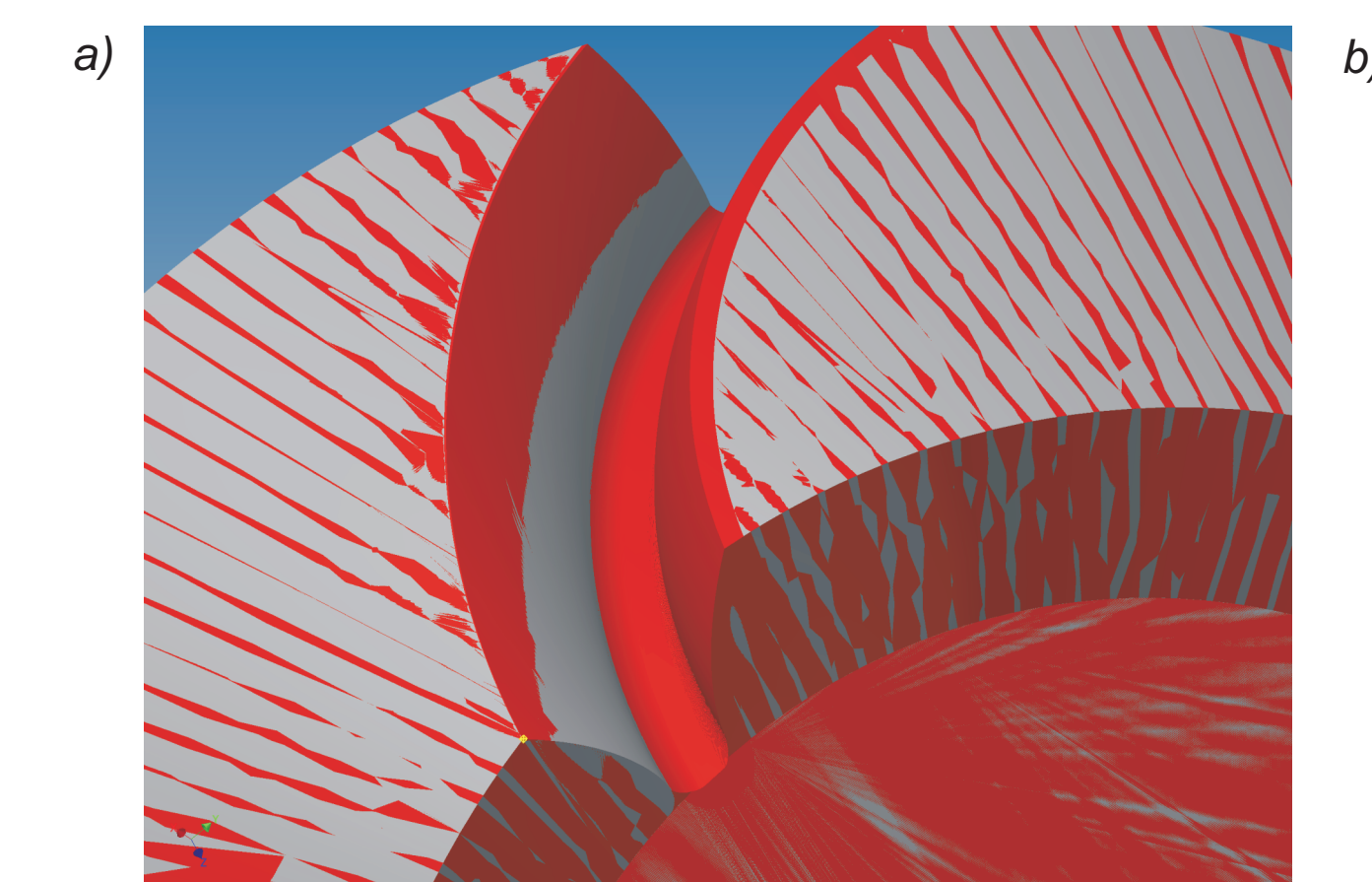
Rys. 1. Wykresy funkcji ruchu osi sterowanych obrabiarki Phoenix

Rys. 2. Układ wykonawczy zębniaka na obrabiarkę Phoenix



Rys. 3. Nałożone powierzchnie boku zęba zębniaka, otrzymane przez symulację obróbki na maszynie klasycznej oraz sterowanej numerycznie Phoenix

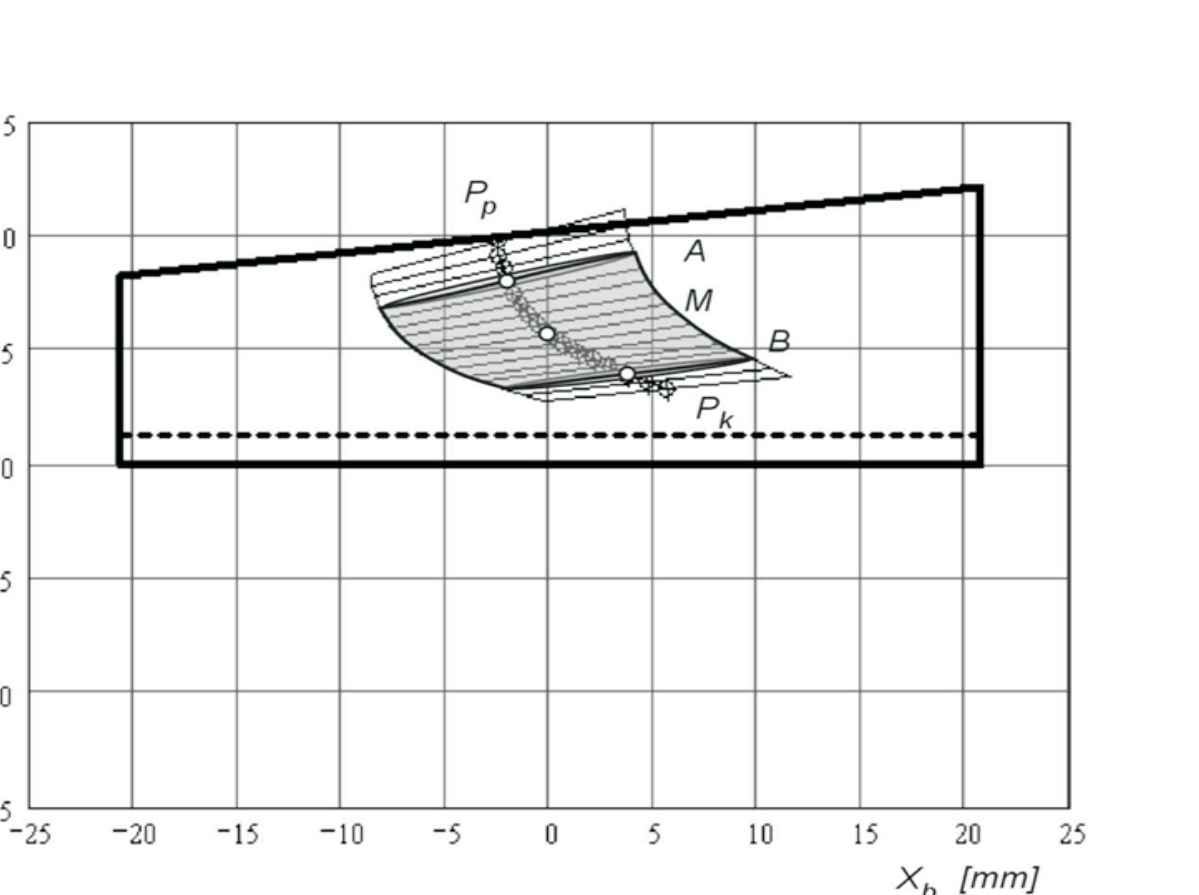
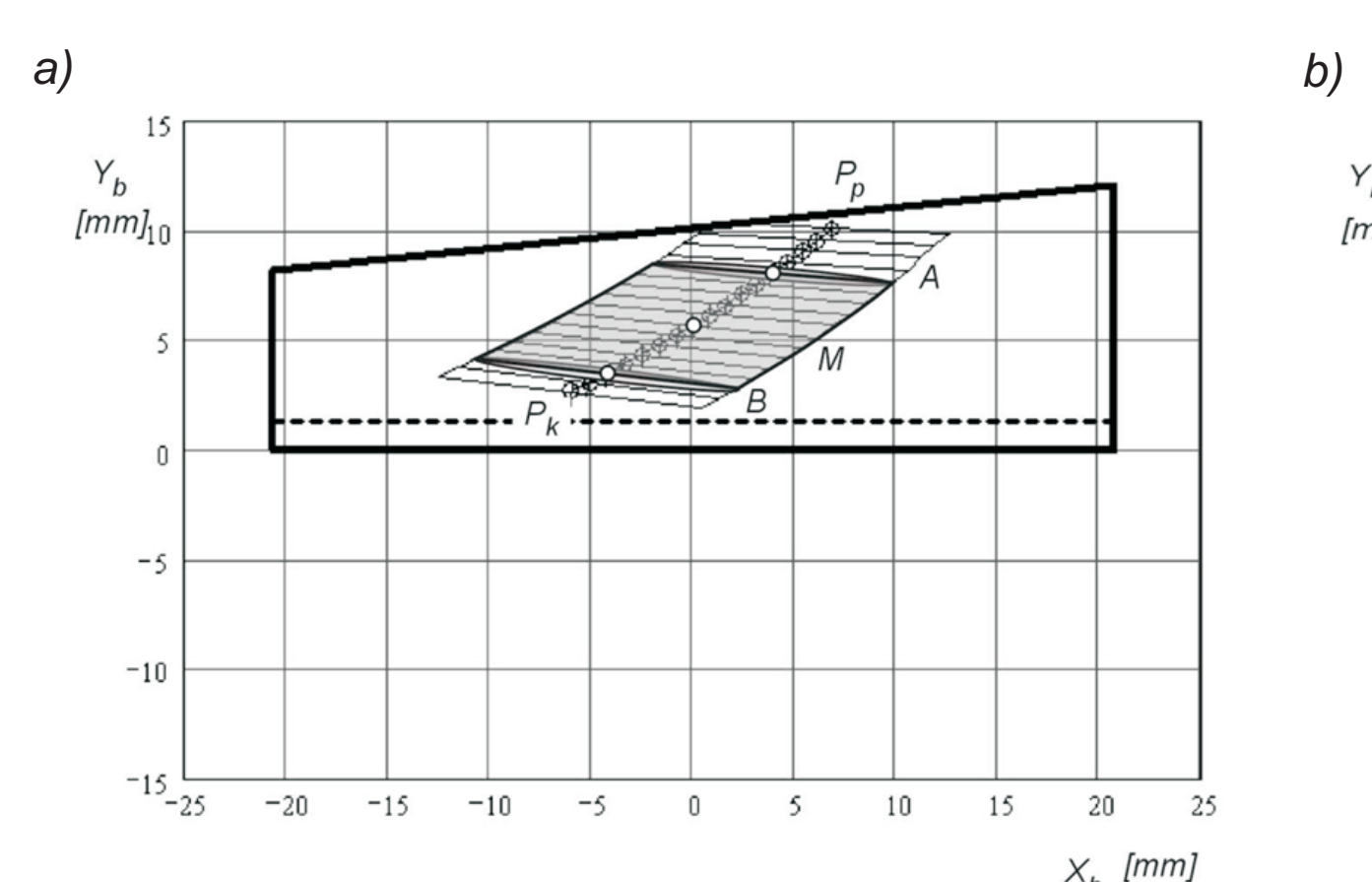
Rys. 4. Nałożone powierzchnie boku zęba koła, otrzymane przez symulację obróbki na maszynie klasycznej oraz sterowanej numerycznie Phoenix



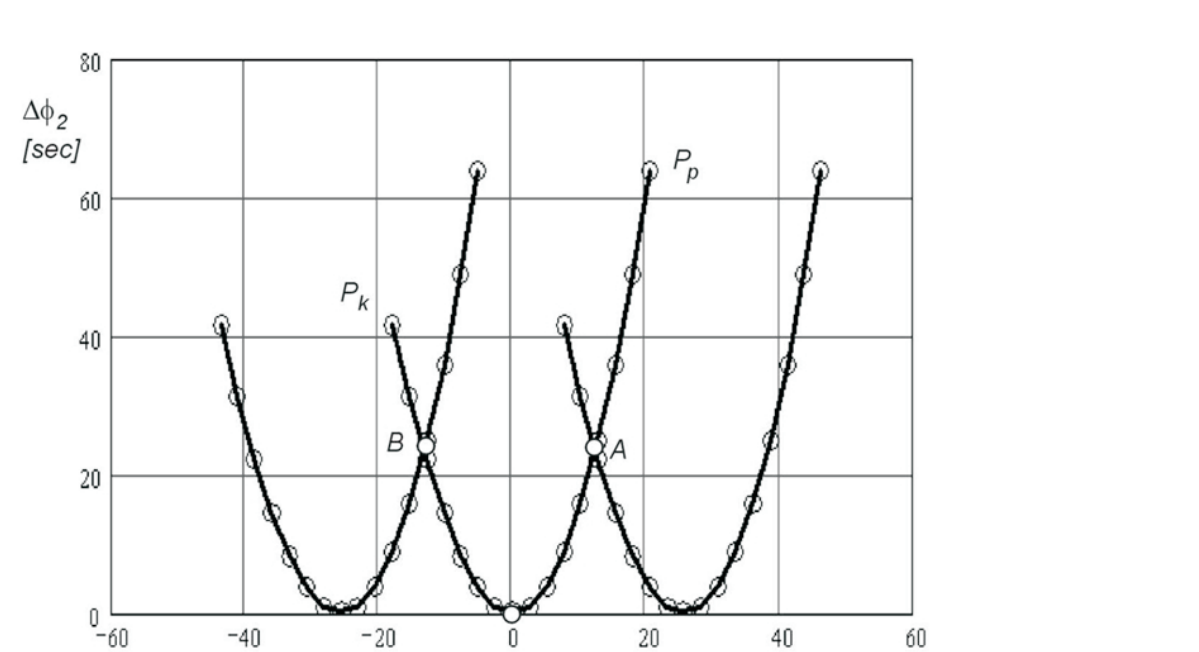
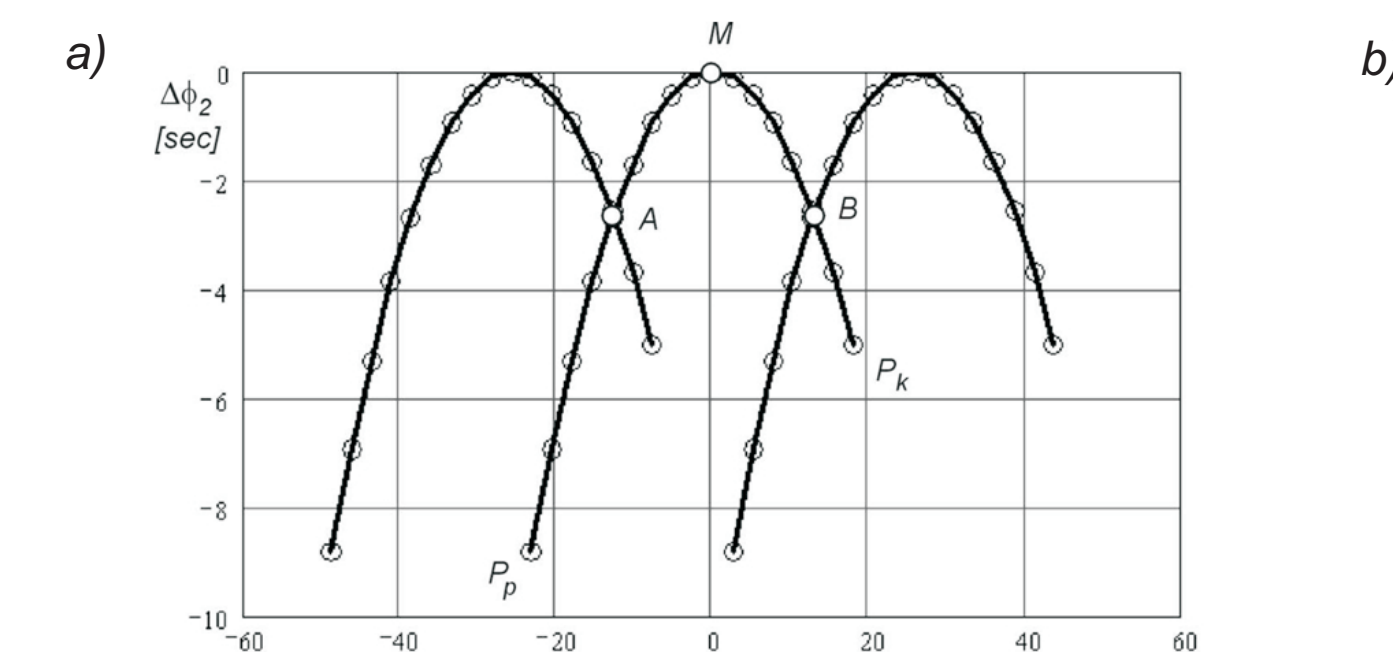
Rys. 5. Wpływ zmiany: a) kąta pochylenia płaszczyzny przechodzącej przez wierzchołki ostrzy narzędzia (till) oraz b) przesunięcia hipoidalnego na kształt powierzchni bocznej zęba zębniaka.

TCA - opracowanie programu

W ramach zadania opracowano program komputerowy stanowiący system wspomagania projektowania przekładni stożkowych typu Gleason o kołowo-lukowej linii zęba. System pozwala na przeprowadzenie wszechstronnej analizy współpracy przekładni konstrukcyjnej dzięki symulacji ząbkowania koła i zębniaka w warunkach lekkiego obciążenia (TCA). Rezultaty takiej symulacji w postaci wykresów śladów współpracy na powierzchni zęba koła po stronie czynnej i biernej oraz odpowiadających im wykresów nierówności ruchu są podstawowymi wskaźnikami jakości przekładni. Wyniki analizy czułości przekładni na odchyłki montażowe (VH-Check) umożliwiają określenie tolerancji błędów montażu i pozwalają na przewidywanie zachowania się przekładni w rzeczywistych warunkach pracy pod pełnym obciążeniem. System umożliwia także identyfikację niebezpieczeństwa podcięcia zęba.



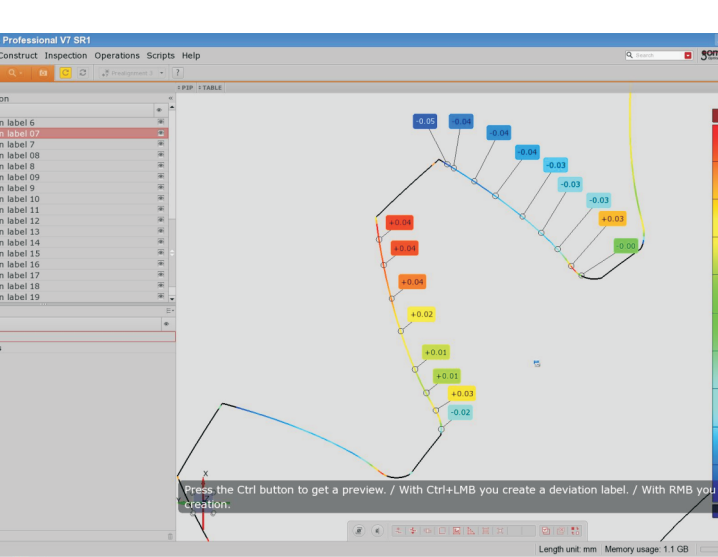
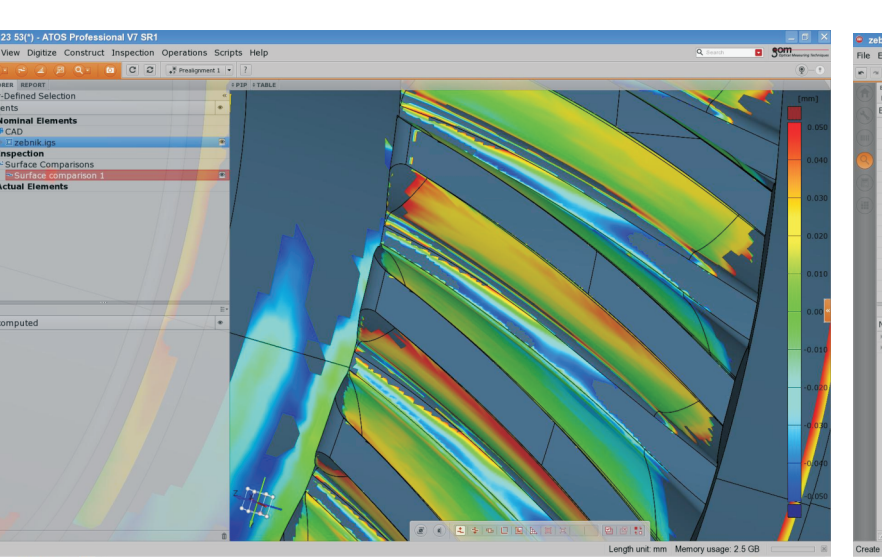
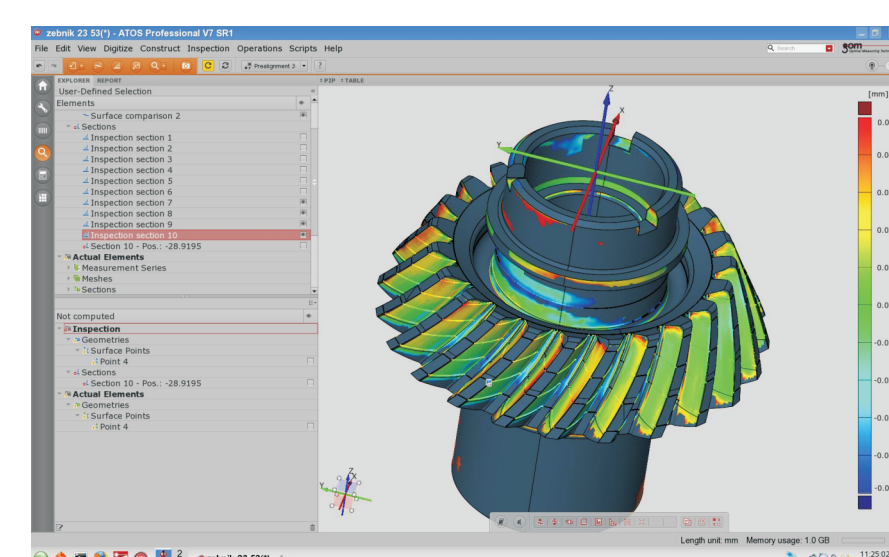
Rys. 6. Przykładowy ślad współpracy na tle uproszczonego zarysu zęba koła. a) strona czynna, b) strona bierna.



Rys. 7. Wykres nierówności ruchu przekładni: a) strona czynna, b) strona bierna

Automatyzacja pomiaru stożkowych kół zębatych z zastosowaniem współrzędnościowych optycznych metod pomiarowych na przykładzie zębniaka

Celem prowadzonych badań było opracowanie automatyzacji procesu pomiarów stożkowych kół zębatych. W badaniach wykorzystano optyczną współrzędnościową metodę pomiarową w oparciu o skaner ATOS (Advanced Topometric Sensor) i oprogramowanie firmy GOM (Geometrical Optical Measurements). Podstawą dokonywanych ocen w systemie skanowania GOM jest analityczny model trójwymiarowy zębniaka. Zastosowanie optycznego skanera a także opracowanie dla potrzeb pomiaru kół zębatych metodyki oraz automatyzacji, pozwoliło na metrologicznie poprawny pomiar charakterystycznych cech geometrycznych, które warunkują dokładność wykonania mierzonego zębniaka.



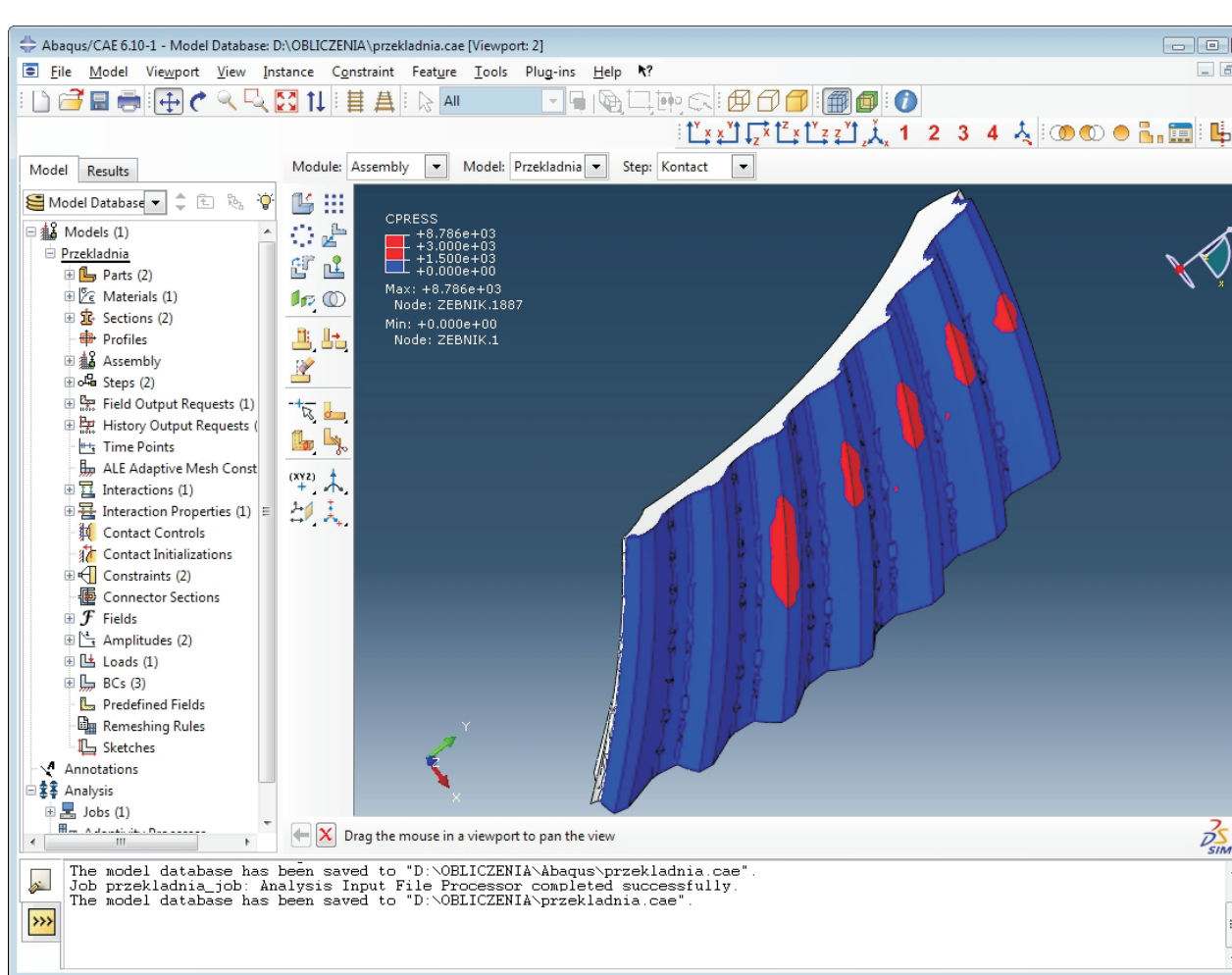
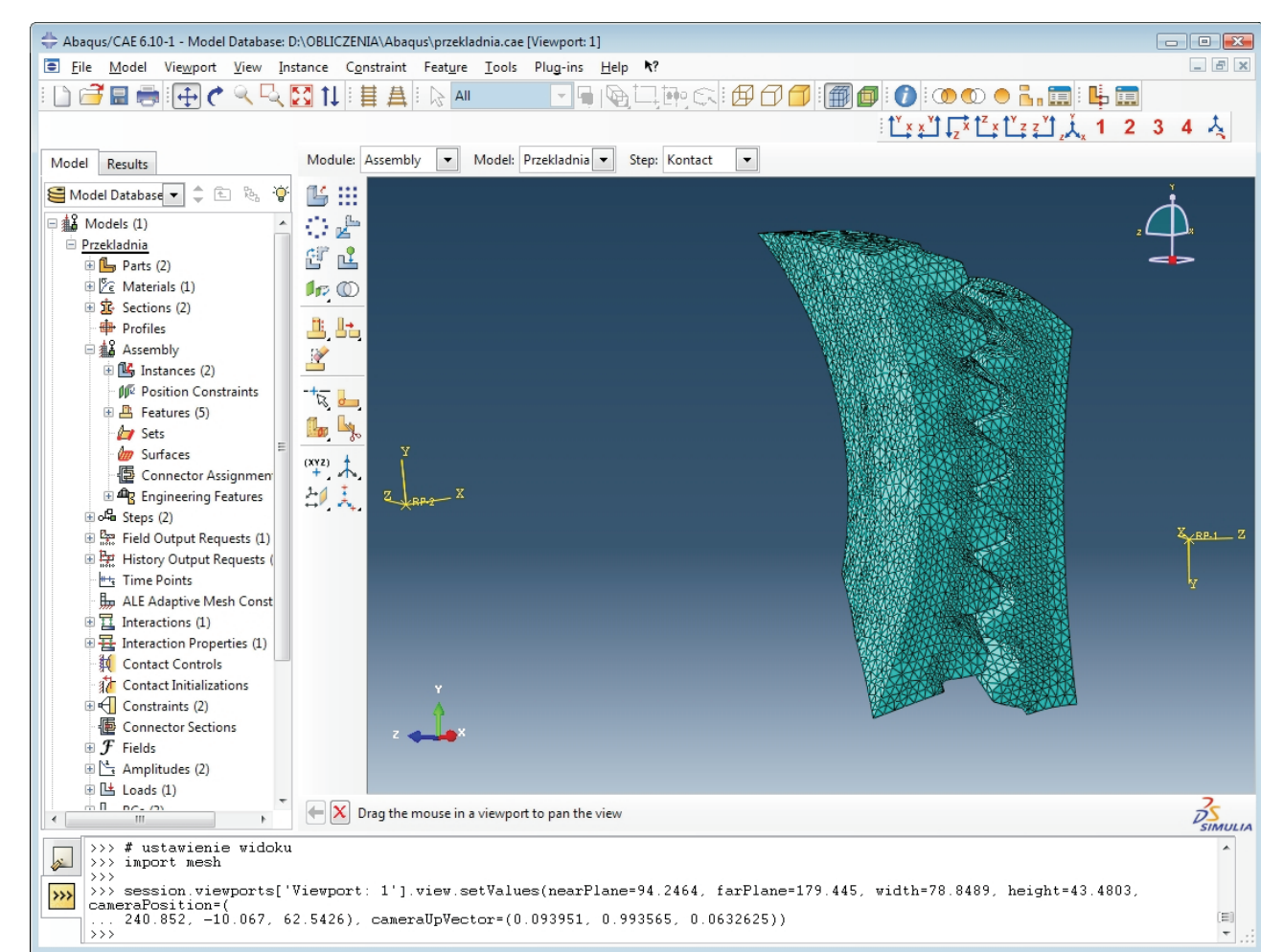
Rys. 8. Globalna analiza odchyłek powierzchni zębniaka w odniesieniu do modelu CAD

Rys. 9. Lokalna analiza odchyłek powierzchni boku zęba zębniaka

Rys. 10. Odchyłki zarysu zęba w jednym z analizowanych przekrojów

Opracowanie procedury automatycznej budowy modelu przekładni stożkowej do analiz MES. Etap IV

Podczas projektowania członów przekładni stożkowych oraz dopracowywania konstrukcji z zastosowaniem analiz wytrzymałościowych, konieczne jest (dla znalezienia optymalnej geometrii kół), wielokrotne powtarzanie tych samych czynności, związanych m.in. z definiowaniem nowych modeli geometrycznych i przeprowadzeniem obliczeń numerycznych MES dla podobnych rozwiązań konstrukcyjnych. W realizowanym zadaniu opracowano metodykę tworzenia skryptu w języku Python (dla programu Abaqus), dotyczącą obliczeń MES kół zębatych przekładni stożkowej, automatyzującego proces projektowania. Działanie opracowanego skryptu obejmuje funkcje pozwalające automatycznie zaimportować modele kół zębatych, zdefiniować parametry materiałowe, utwierdzenia i obciążenie kół, utworzyć złożenie, przeprowadzić dyskretyzację modeli, określić powierzchnie kontaktu oraz przygotować plik wejściowy do obliczeń w solverze. Cały skrypt w języku Python, obejmujący wymienione działania, przygotowano w edytorze Abaqus PDE. Plik wynikowy obliczeń można utworzyć w postprocesorze programu Abaqus, a analizę wyników przeprowadzić w module Visualization. Proces obróbki i interpretacji wyników można usprawnić poprzez jego automatyzację, podobnie jak etap przygotowania modeli obliczeniowych. W tym przypadku także opracowano odpowiedni skrypt w języku Python, który odpowiedzialny jest za otwarcie właściwego pliku wynikowego, właściwe skonfigurowanie okna widoku, wybór pożądanego typu rezultatów, oraz innych możliwych działań pożądanym przez projektanta.



Rys. 11. Widok okna postprocesora programu Abaqus z modelem obliczeniowym

Rys. 12. Widok okna postprocesora programu Abaqus z uzyskanymi automatycznie wynikami dotyczącymi sumarycznego śladu współpracy dla zębniaka

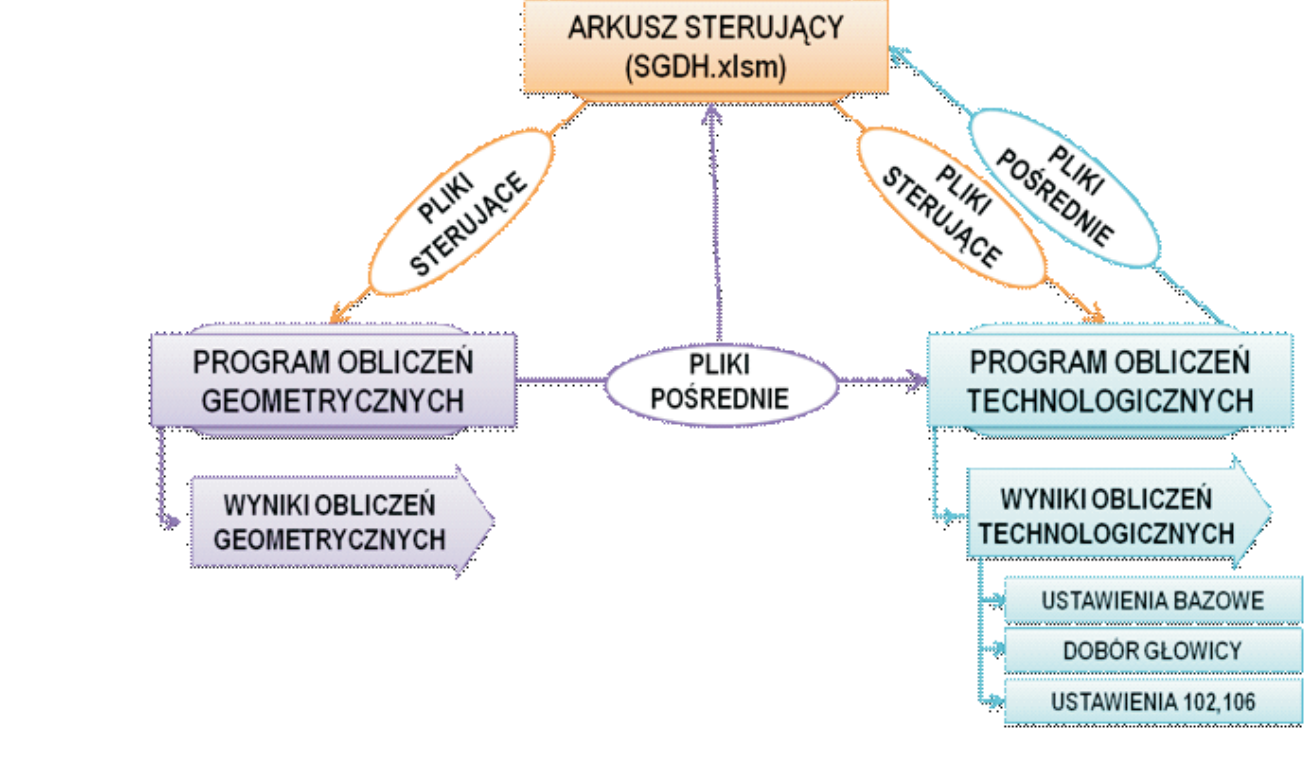
Przykłady zastosowania w lotnictwie

Ocena i modelowanie właściwości lotniczych przekładni stożkowych na etapie projektowania oraz weryfikacja jakości zaprojektowanej przekładni (rys. 6, 7).

Wyniki badań

Program obliczeń technologii metodą Spiral Generated Duplex Helical (SGDH).

Program ten służy do wykonywania obliczeń technologicznych dla dwustronno-dwustronnej metody wykonywania przekładni stożkowych jaką jest metoda SGDH. Program obliczeń technologicznych metody SGDH opisany w tej pracy został wykonany w języku „C” przy użyciu środowiska „Pelles C IDE”. Jest to program typu „waterfall”, który jest wykonywany od początku do końca w jednym przebiegu. Korzystanie z samego tylko programu technologicznego jest niestety mało intuicyjne oraz wręcz uciążliwe (wymaga zapisu parametrów wejściowych do plików o specjalnej strukturze oraz wykonywania dodatkowych obliczeń geometrycznych), dlatego przygotowano został arkusz sterujący (SGDH.xlsm), który ma na celu zarządzanie zarówno programem do obliczeń geometrycznych (Trf.exe), jak i technologicznych (SGDH.exe). Schemat ideowy współdziałania arkusza wraz z programami geometrycznym i technologicznym przedstawia rysunek.1



Rys. 1. Schemat ideowy działania arkusza sterującego wraz z programami do obliczeń geometrycznych i technologicznych.

WYKONANIE		WYKONANIE	
Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost
0	0	0	0
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	88
89	89	89	89
90	90	90	90
91	91	91	91
92	92	92	92
93	93	93	93
94	94	94	94
95	95	95	95
96	96	96	96
97	97	97	97
98	98	98	98
99	99	99	99
100	100	100	100

Rys. 2. Widok arkusza sterującego (część obsługująca obliczenia geometryczne).

WYKONANIE		WYKONANIE	
Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost
0	0	0	0
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12
13	13	13	13
14	14	14	14
15	15	15	15
16	16	16	16
17	17	17	17
18	18	18	18
19	19	19	19
20	20	20	20
21	21	21	21
22	22	22	22
23	23	23	23
24	24	24	24
25	25	25	25
26	26	26	26
27	27	27	27
28	28	28	28
29	29	29	29
30	30	30	30
31	31	31	31
32	32	32	32
33	33	33	33
34	34	34	34
35	35	35	35
36	36	36	36
37	37	37	37
38	38	38	38
39	39	39	39
40	40	40	40
41	41	41	41
42	42	42	42
43	43	43	43
44	44	44	44
45	45	45	45
46	46	46	46
47	47	47	47
48	48	48	48
49	49	49	49
50	50	50	50
51	51	51	51
52	52	52	52
53	53	53	53
54	54	54	54
55	55	55	55
56	56	56	56
57	57	57	57
58	58	58	58
59	59	59	59
60	60	60	60
61	61	61	61
62	62	62	62
63	63	63	63
64	64	64	64
65	65	65	65
66	66	66	66
67	67	67	67
68	68	68	68
69	69	69	69
70	70	70	70
71	71	71	71
72	72	72	72
73	73	73	73
74	74	74	74
75	75	75	75
76	76	76	76
77	77	77	77
78	78	78	78
79	79	79	79
80	80	80	80
81	81	81	81
82	82	82	82
83	83	83	83
84	84	84	84
85	85	85	85
86	86	86	86
87	87	87	87
88	88	88	