

POLSKIE ZAKŁADY LOTNICZE A SIKORSKY COMPANY

Włodzimierz Adamski

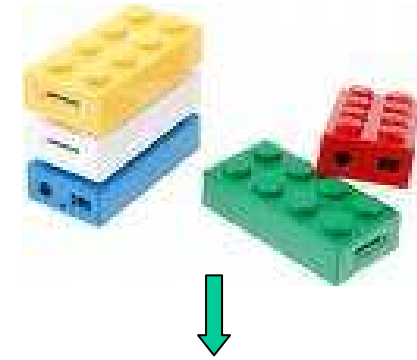
Wybrane Kierunki Zwiększenia Wydajności Procesów Skrawania

VIII Forum Inżynierskie ProCax
II Międzynarodowe Targi Metod i Narzędzi
do Wirtualizacji Procesów
WIRTOTECHNOLOGIA 19-22 XI 2009



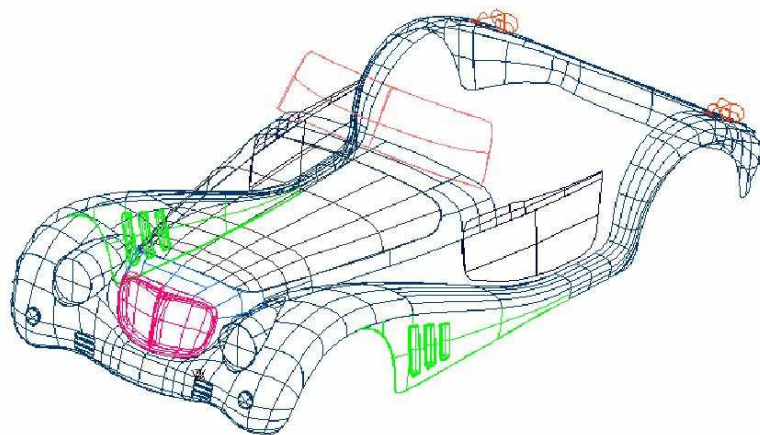
AGENDA

1. Jak będzie wyglądał świat w 2050 r ?
2. Foresight technologiczny dla przemysłu lotniczego i maszynowego
3. Priorytetowe technologie w branży lotniczej
4. 12 najistotniejszych technologii, które zostały oceniane najwyżej
5. Nowoczesne Obrabiarki CNC a czas obróbki
6. Przykłady zastosowania technologii HSM w PZL Mielec
7. Boeing 787 Dreamliner i Black Hawk w PZL Mielec A Sikorsky Company
8. Przykłady z KAI Korea Aerospace Industries
9. Krzywe „workowe”
10. Sposób obiegu i wykorzystania modeli CAD/CAM w teorii i w praktyce
11. Przykład Mapowanie Procesu Technologicznego
12. Systemy Adaptacyjne
13. Sieć DNC przy obróbce HSM
14. Metody optymalizacji obróbki
15. Wirtualna obróbka - unikanie kolizji
16. Przykłady kolizji oprawki z imadłem
17. Przykłady kolizji oprawki z materiałem obrabianym posuwy wyjazdowe w materiale



Naukowcy próbują przewidzieć, jak będzie wyglądał świat w 2050 r. i na podstawie tych prognoz wybrać najkorzystniejsze dla Europy drogi rozwoju

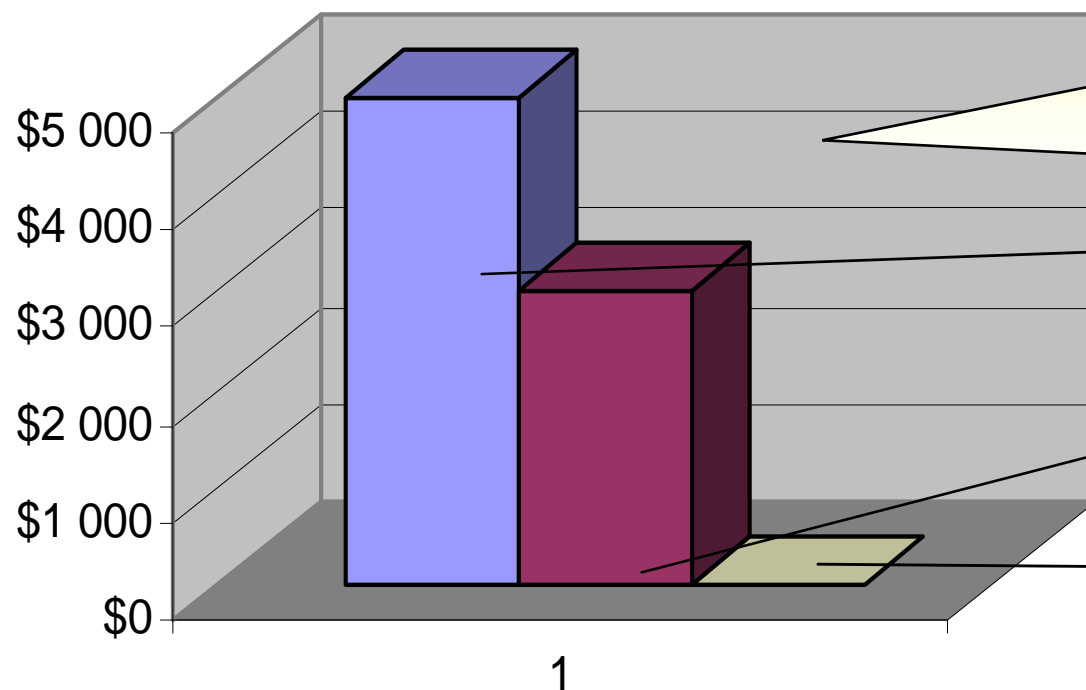
Chociaż prawdopodobnie wielu z żyjących obecnie na świecie ludzi dożyje roku 2050, to o tym, jak świat będzie wtedy wyglądał, decydować będą ludzie, którzy się jeszcze nie urodzili.



Foresight technologiczny dla przemysłu lotniczego

- jeden kg masy silnika odrzutowego produkowanego w WSK PZL Rzeszów kosztuje ~5000 \$
- jeden kg masy samolotu odrzutowego produkowanego w PZL Mielec kosztuje ~3000 \$
- jeden kg masy średniej klasy samochodu osobowego w Polsce kosztuje ~15 \$

Produkcja lotnicza na tle produkcji samochodowej



Na ten jeden kilogram masy wyrobu składa się **praca wielu naukowców, inżynierów, techników i wybitnych specjalistów warsztatowych**. Te wskaźniki wyraźnie pokazują na który przemysł **strategicznie w Polsce należy kłaść nacisk**

- jeden kg masy silnika odrzutowego produkowanego w WSK PZL Rzeszów
- jeden kg masy samolotu odrzutowego produkowanego w PZL Mielec
- jeden kg masy średniej klasy samochodu osobowego w Polsce

Foresight technologiczny dla przemysłu lotniczego i maszynowego

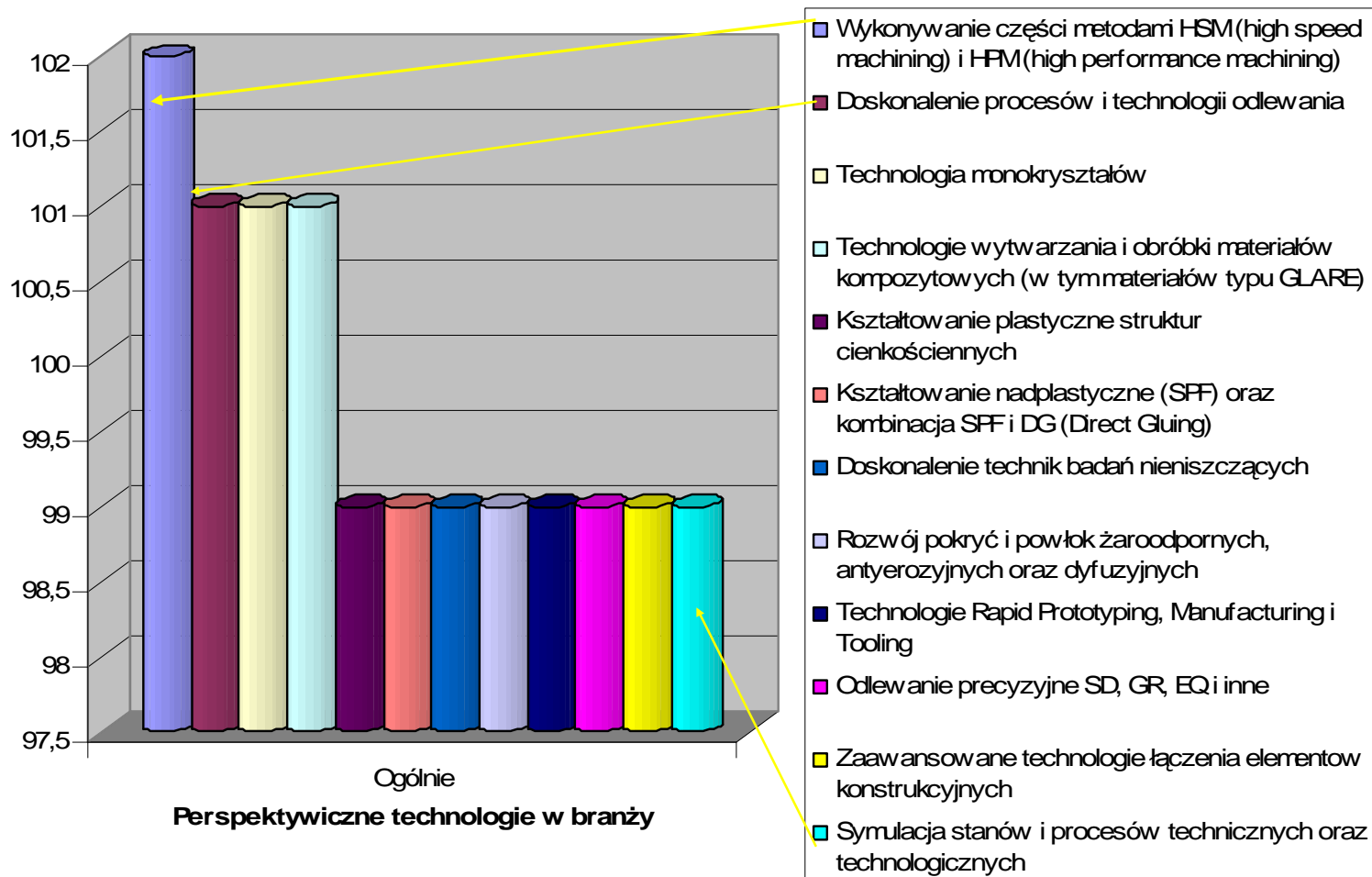
Politechnika Rzeszowska zrealizowała Projekt badawczy: **Priorytetowe technologie dla zrównoważonego rozwoju województwa podkarpackiego**. Celem tego projektu było określenie najważniejszych perspektywicznych technologii, które przyczynią się do zrównoważonego rozwoju województwa podkarpackiego w najbliższych 20-25 latach

Szczególny nacisk położono na te technologie, które są najbardziej nowoczesne lub będą ewoluowały w przyszłości w perspektywie do ok. 25 lat. Wykazano technologie przyszłości zwłaszcza w branży lotniczej w odniesieniu do warunków województwa podkarpackiego.



Lp	Perspektywiczne technologie w branży	Suma punktów			
		Ocena wykonaności	Ocena atrakcyjności	Ocena wpływu technologii na zrównowagony rozwój	Ogólnie
1	Wykonywanie części metodami HSM (high speed machining) i HPM (high performance machining)	23	13	66	102
2	Doskonalenie procesów i technologii odlewania	21	14	66	101
3	Technologia monokryształów	20	14	67	101
4	Technologie wytwarzania i obróbki materiałów kompozytowych (w tym materiałów typu GLARE)	20	14	67	101
5	Kształtowanie plastyczne struktur cienkościennych	21	13	65	99
6	Kształtowanie nadplastyczne (SPF) oraz kombinacja SPF i DG (Direct Gluing)	20	12	67	99
7	Doskonalenie technik badań nieniszczących	21	15	63	99
8	Rozwój powłok i powłok zaroodpornych, antyerozyjnych oraz dyfuzyjnych	22	13	64	99
9	Technologie Rapid Prototyping, Manufacturing i Tooling	23	14	62	99
10	Odlewanie precyzyjne SD, GR, EQ i inne	20	14	65	99
11	Zaawansowane technologie łączenia elementów konstrukcyjnych	20	14	65	99
12	Symulacja stanów i procesów technicznych oraz technologicznych	20	14	65	99

Ocena wpływu technologii

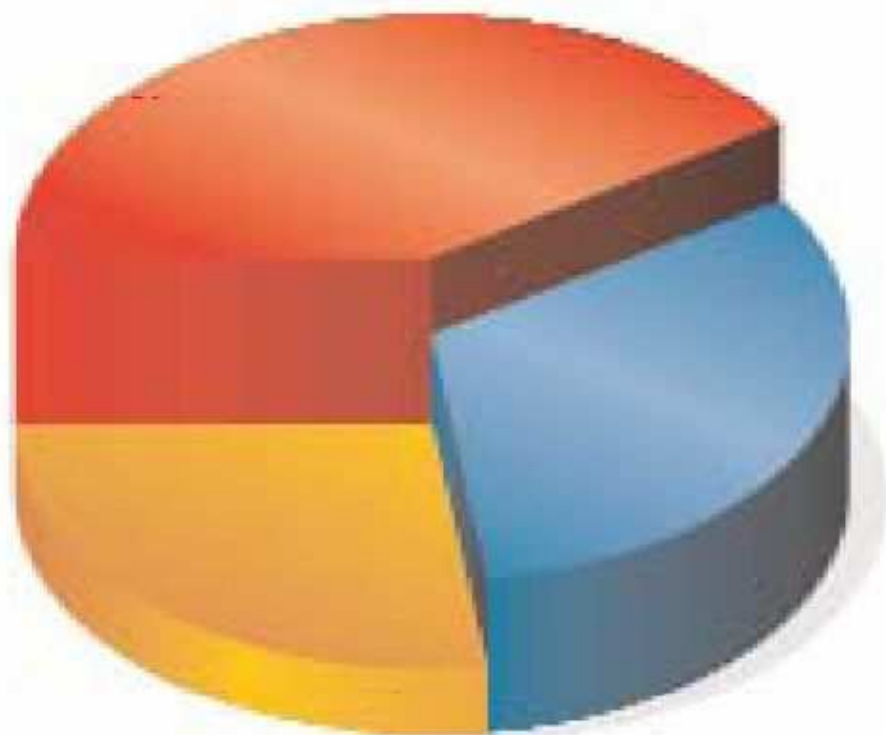


LP	Perspektywiczne technologie w branży	Zastosowanie technologii
1	Wykonywanie części metodami HSM (high speed machining) i HPM (high performance machining)	<i>High Speed Machining umożliwia frezowanie takich złożonych konstrukcji szczególnie ze stopu aluminium jakie nie były możliwe praktycznie przedtem. Wytwórcy integralnych części mogą wykonywać cienkie ścianki co pozwala zmniejszać ich ciężar oraz zmniejszać czas podczas montażu. Wytwórcy części mogą zrezygnować z odlewów, co przyspieszy i uelastyczni ich produkcję. Proces = odlew + obróbka skrawaniem zastąpić tylko jednym procesem obróbką skrawaniem z pełnego materiału. Zastąpienie w zespołach części blaszanych częściami integralnymi z OSN.</i>
2	Doskonalenie procesów i technologii odlewania	<i>Doskonalenie i opracowywanie procesów i technologii: przygotowania ciekłych stopów, mas formierskich i rdzeniowych oraz form o najwyższej jakości. Opracowanie i wdrażanie nowoczesnych metod kontroli jakości ciekłego metalu, mas formierskich i rdzeniowych, form oraz odlewów. Mechanizacja, automatyzacja i robotyzacja w procesie wytwarzania wysokojakościowych odlewów. Opracowywanie i wdrażanie niekonwencjonalnych metod poprawy właściwości komponentów odlewniczych.</i>
3	Technologia monokryształów	<i>Technologie mają na celu kształtowanie materiałów z jednoczesnym nadaniem im odpowiednich właściwości mechanicznych poprzez nadanie wymaganej struktury wewnętrznej wyrobu (wraz z uzyskiwaniem zróżnicowania tej struktury w przypadku skomplikowanych elementów -</i>
4	Technologie wytwarzania i obróbki materiałów kompozytowych (w tym materiałów typu GLARE)	<i>Główne zastosowanie w lotnictwie tam gdzie jest wymagana duża wytrzymałość i mały ciężar. Zastosowanie w przemyśle zbrojeniowym, samochodowym (formuła F-1). Dowolny kształt i łatwy montaż.</i>
5	Kształtowanie plastyczne struktur cienkościennych	<i>Technologia przeróbki plastycznej, umożliwiająca uzyskanie wysokiej dokładności wymiaru i kształtu wyrobów. Obróbka plastyczna pozwala na znaczne oszczędności materiałowe dzięki zmniejszeniu warstwy obrabianej w kolejnych operacjach</i>
6	Kształtowanie nadplastyczne (SPF) oraz kombinacja SPF i DG (Direct Gluing)	<i>Do wykonywania bardzo wytrzymałych lotniczych konstrukcji jak wręgi żebra czasem składających się z kilku warstw różnych materiałów</i>
7	Doskonalenie technik badań nieniszczących	<i>Szczególne znaczenie dla rozwoju nowoczesnego przemysłu lotniczego mają metody badań nieniszczących, gwarantujących osiągnięcie wysokiej dokładności pomiarów, co przyczyni się do poprawy bezpieczeństwa.</i>
8	Rozwój powłok i powłok żaroodpornych, antyerozyjnych oraz dyfuzyjnych	<i>Grupy technologii, które mają na celu nadanie powierzchni wytwarzanych elementów odpowiednich właściwości - odporności na wysoką temperaturę, korozję itp. Szczególnie istotne w branży lotniczej, w przypadku której wyroby eksploatowane są w ekstremalnych warunkach (wysokie temperatury, częste zmiany temperatury elementów).</i>
9	Technologie Rapid Prototyping, Manufacturing i Tooling	<i>Szybkie wykonanie prototypu wyrobu lub narzędzi metodami przyrostowymi. Wykorzystanie w produkcji prototypów, krótkich serii, nie wymaga skomplikowanego i drogiego oprzyrządowania</i>
10	Odlewanie precyzyjne SD, GR, EQ i inne	<i>Technologie z grupy odlewania precyzyjnego umożliwiają dodatkowo na uzyskanie wyrobów gotowych bez konieczności dalszej obróbki ubytkowej</i>
11	Zaawansowane technologie łączenia elementów konstrukcyjnych	<i>Łączenie metali i innych materiałów nitami, metodą klejniczą, spawaniem. Przemysł lotniczy, samochodowy, energetyczny, maszynowy.</i>
12	Symulacja stanów i procesów technicznych oraz technologicznych	<i>Symulacja technika numeryczna służąca do dokonywania eksperymentów na pewnych rodzajach modeli matematycznych, które opisują przy pomocy komputera zachowanie się złożonego systemu w ciągu długiego okresu czasu. Symulatory dla pilotów samolotów, kierowców samochodowych, symulacja trudnych procesów.</i>

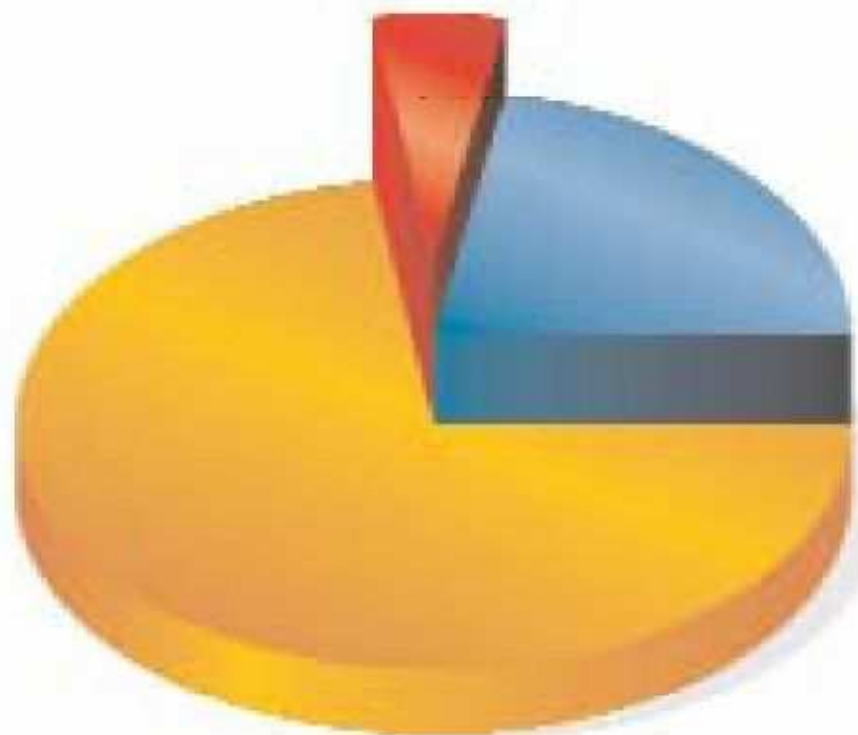
VERICUT



Tradycyjne Obrabiarki CNC
Czas obróbki



Wysokowydajne Obrabiarki CNC
Czas obróbki



Obsługa, Tpz

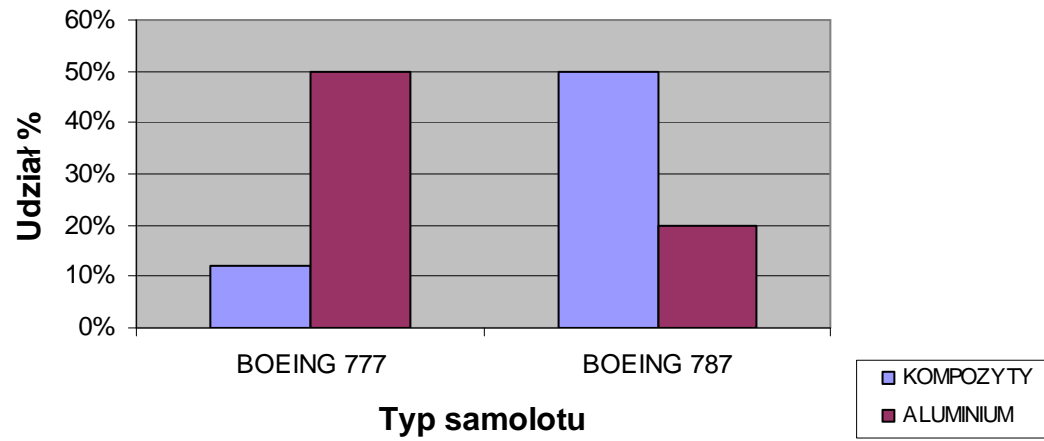


Nie Skrawanie

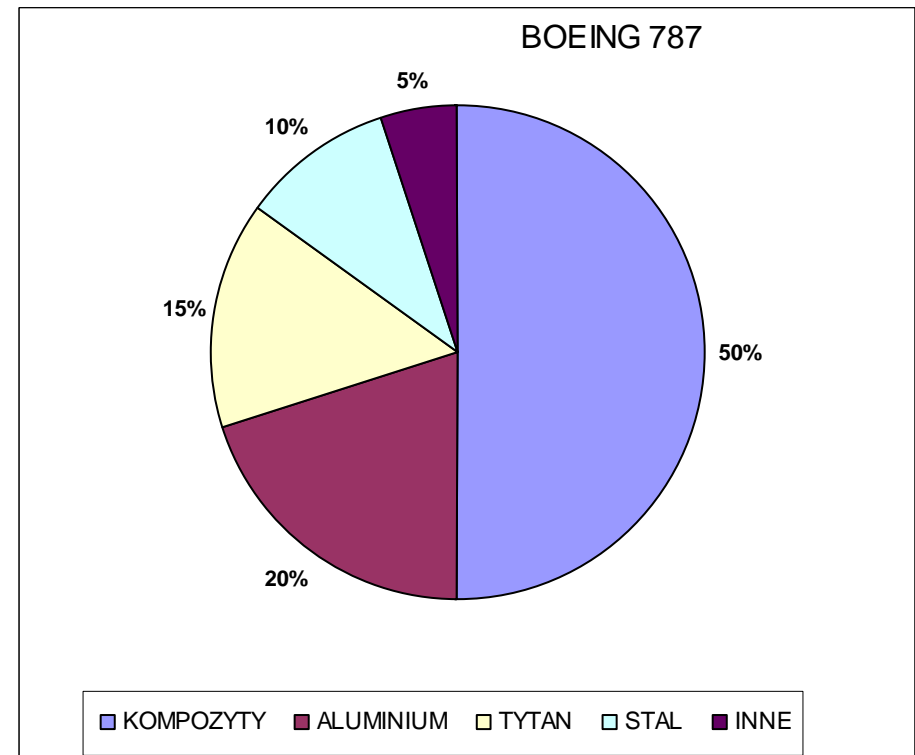


Skrawanie

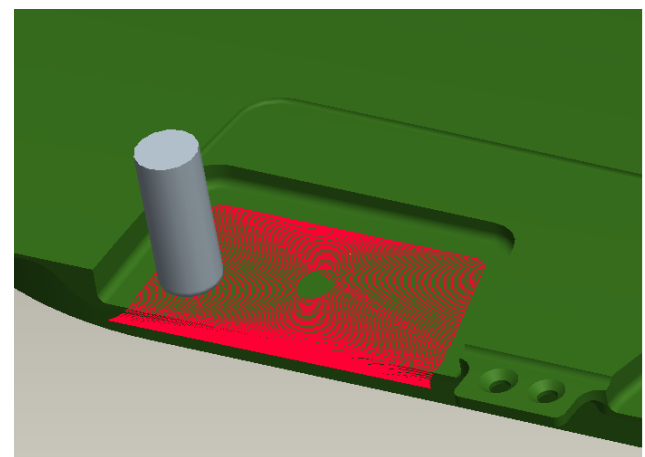
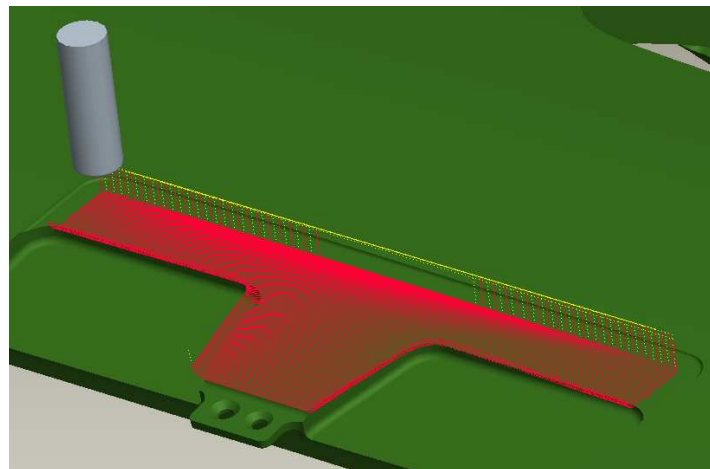
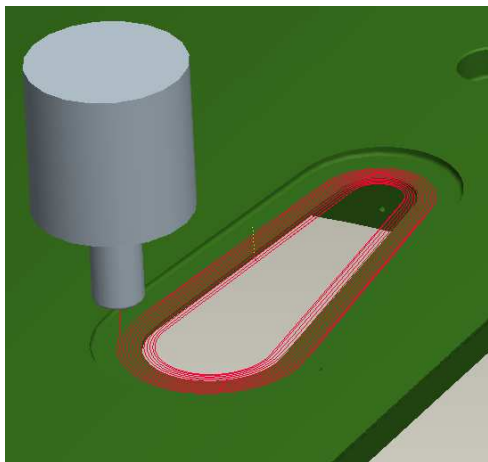
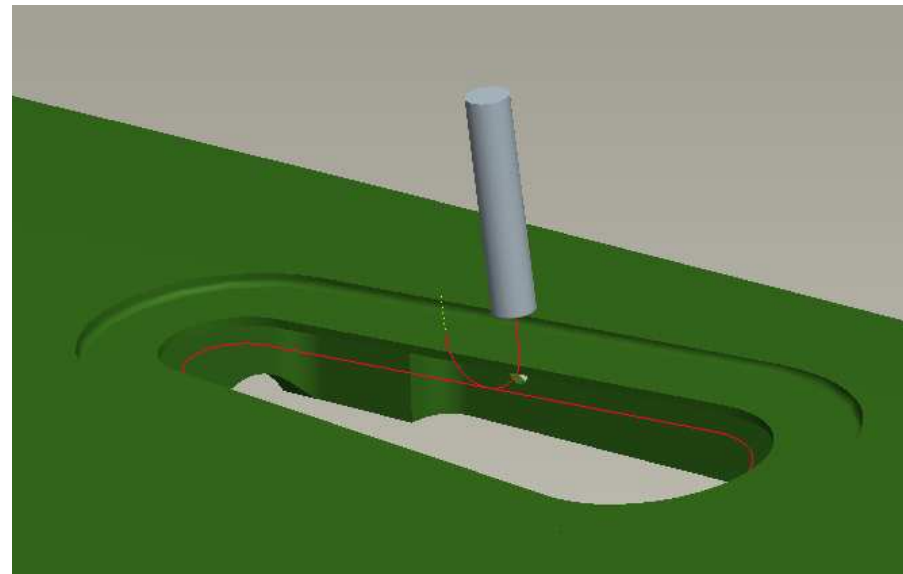
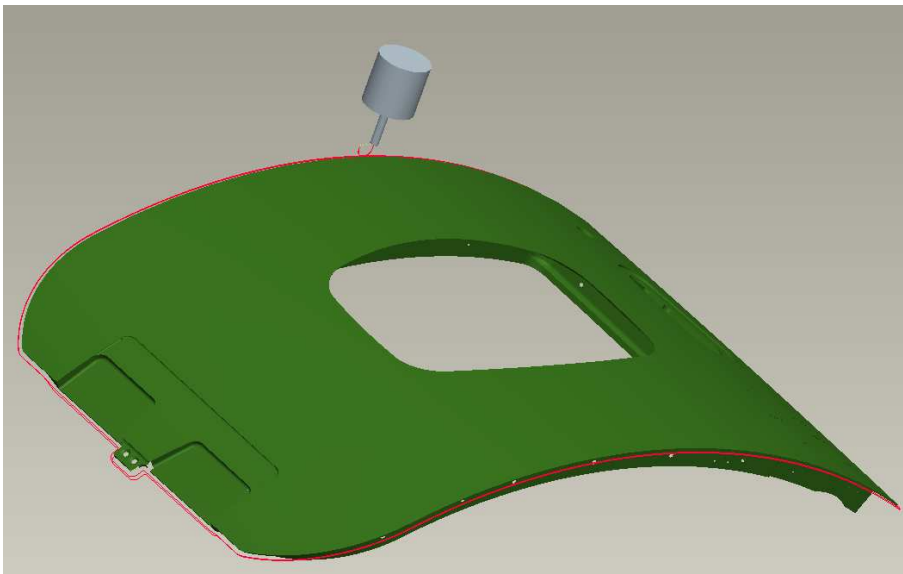
Ewolucja udziału % aluminium i kompozytów, od modelu 777 do 787



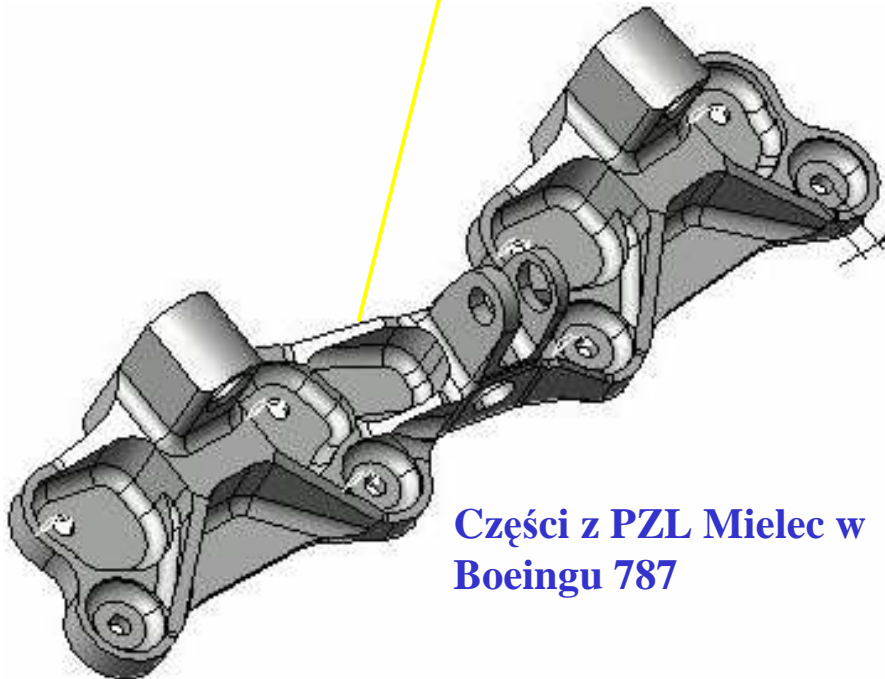
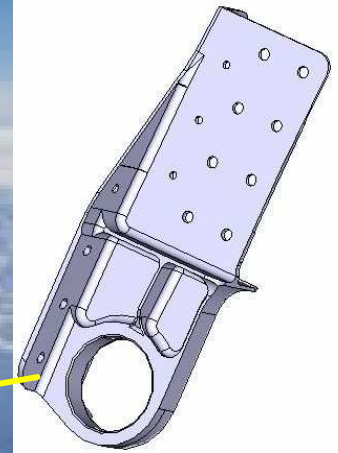
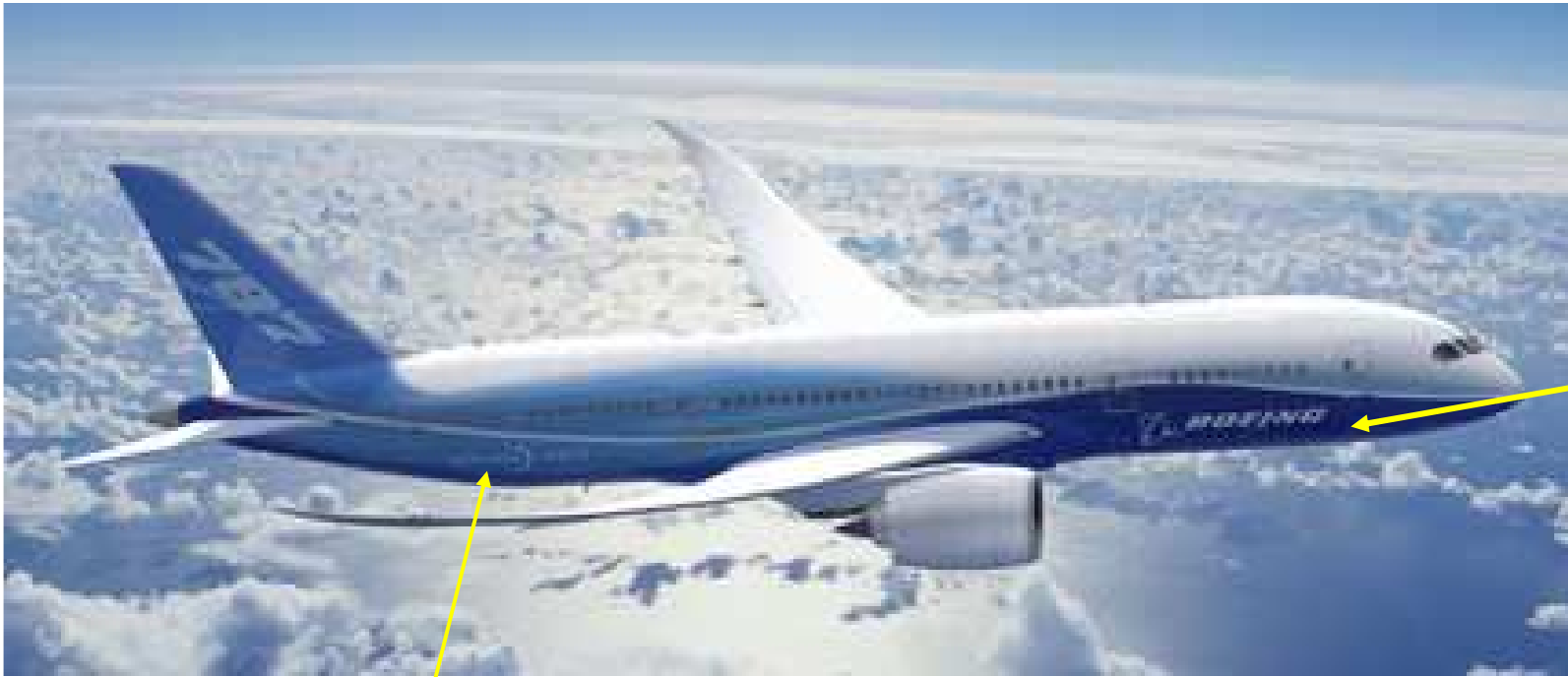
Materiały w lotnictwie wczoraj i dziś



Przykłady zastosowania technologii HSM w PZL Mielec



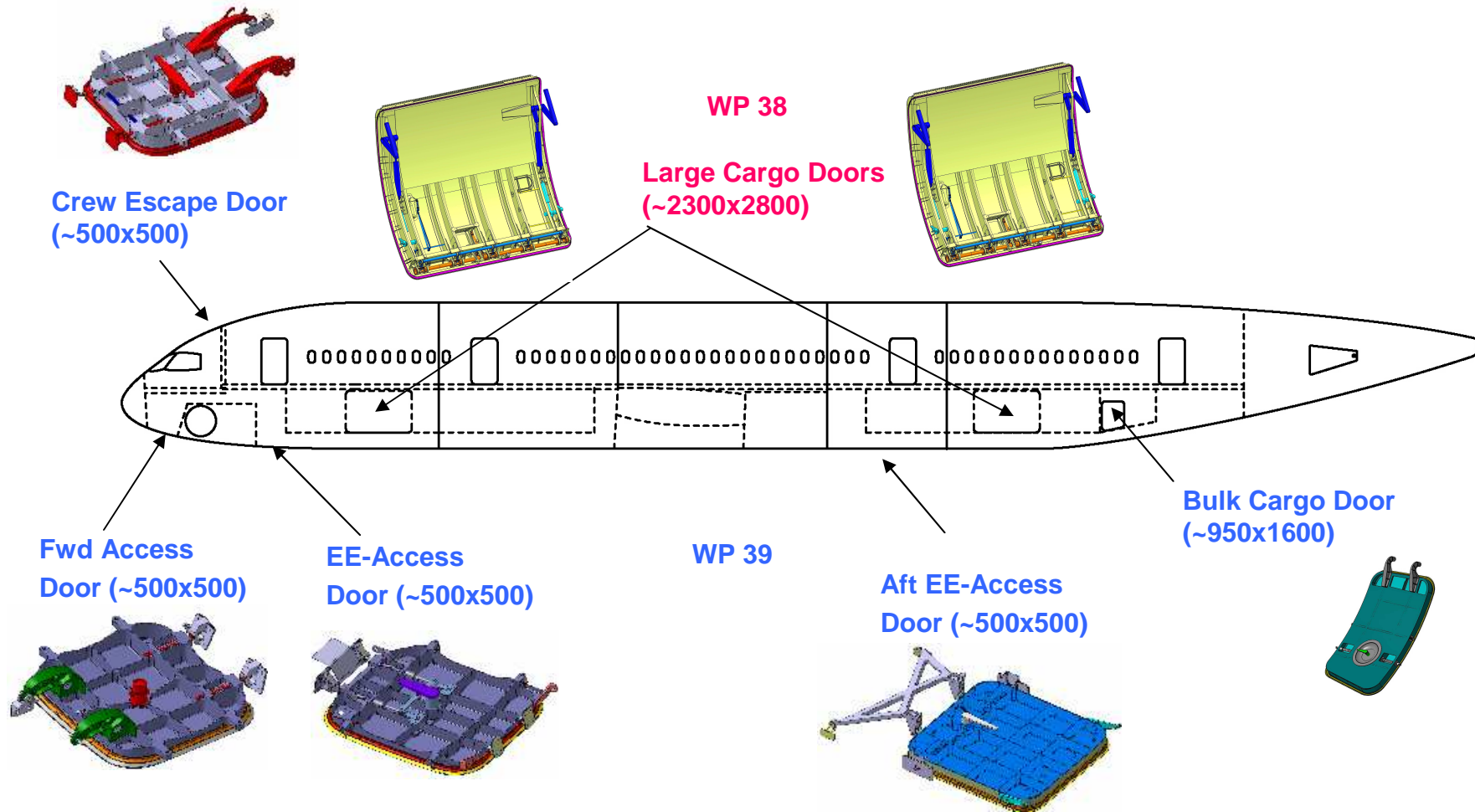
Symulacja obróbki drzwi do samolotu na obrabiarce CNC

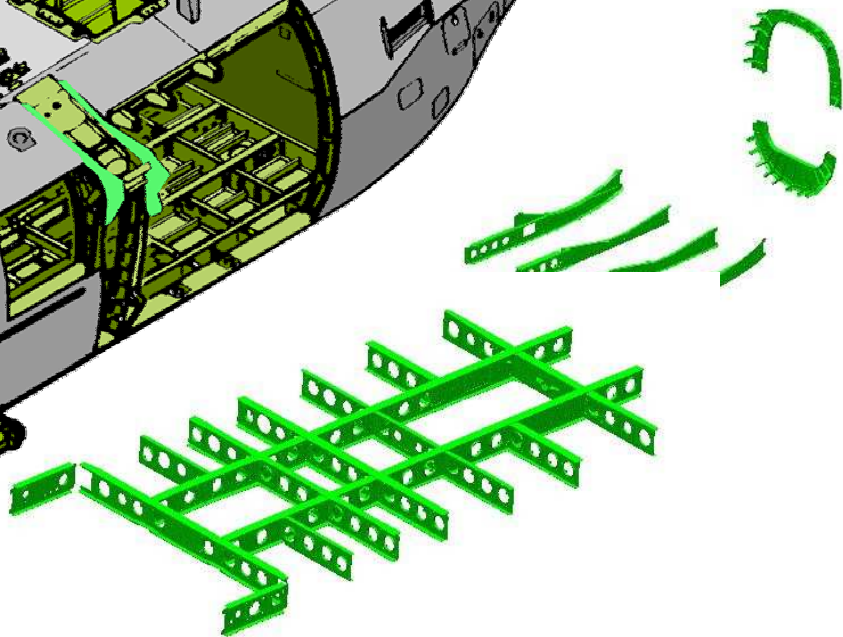
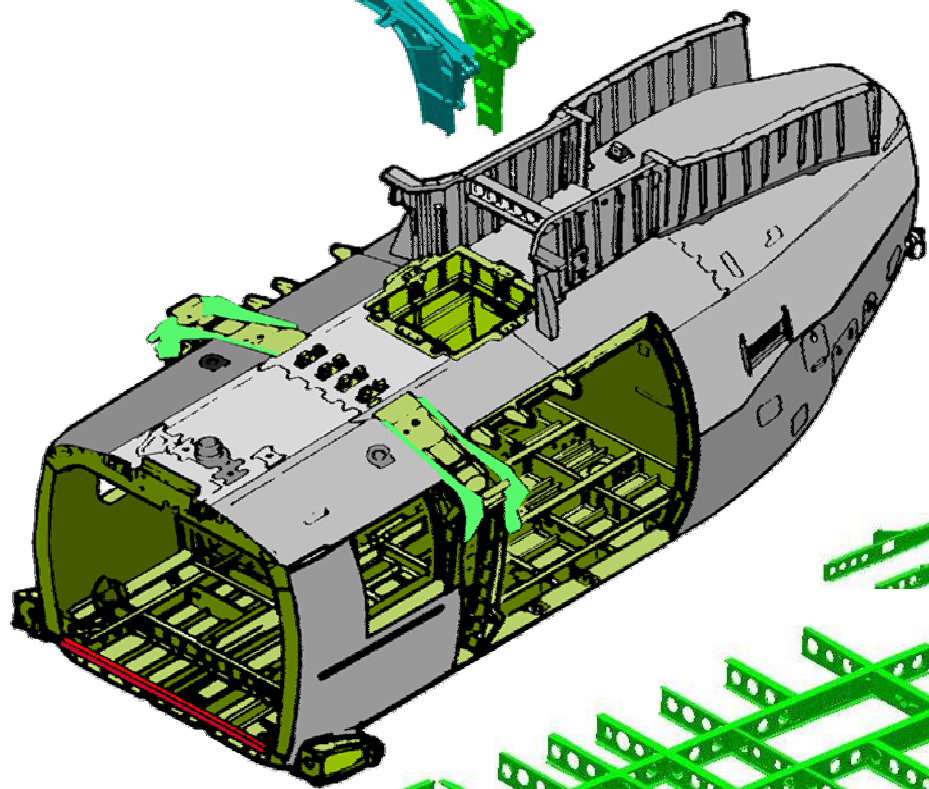
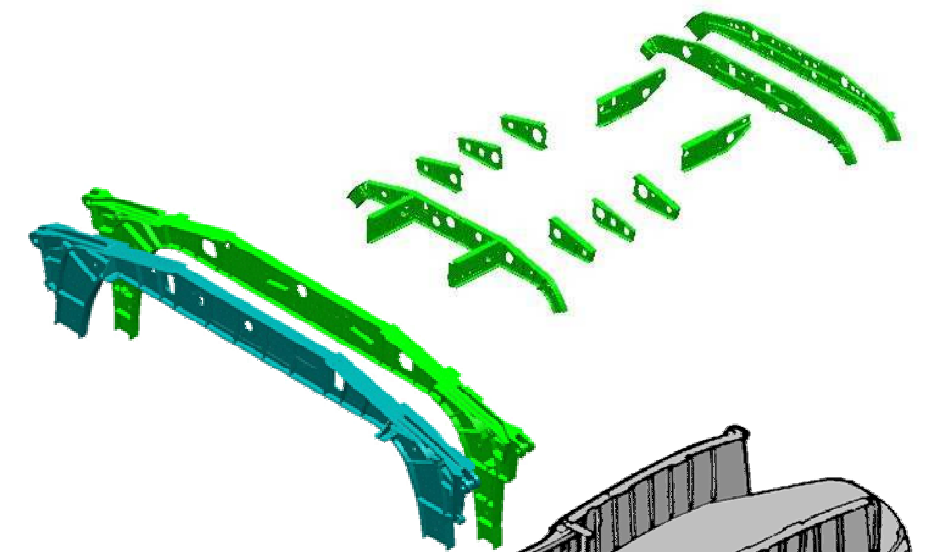


**Części z PZL Mielec w
Boeingu 787**

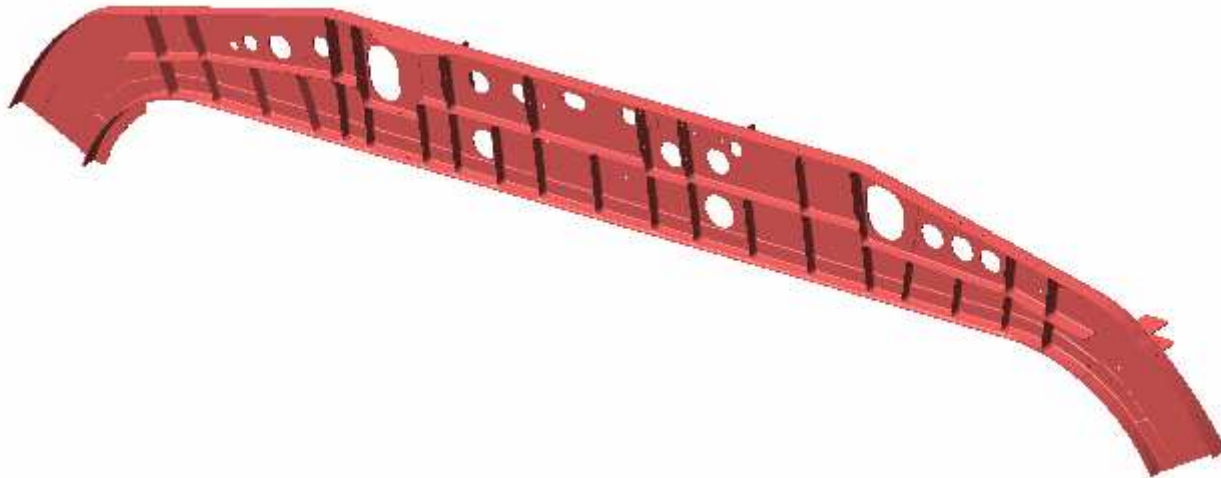
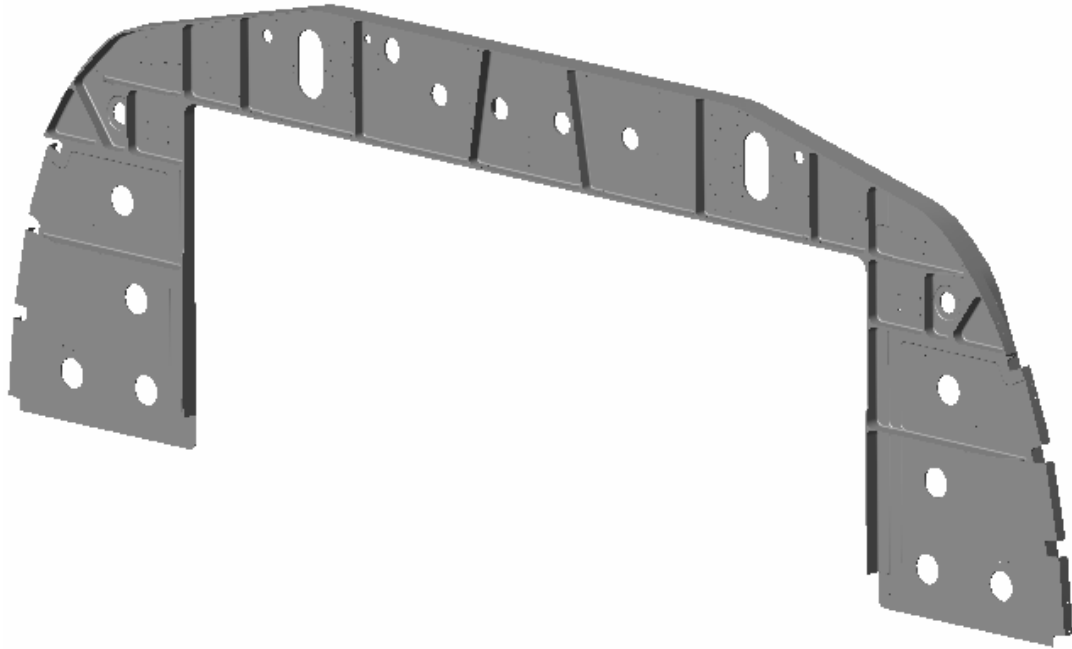


Boeing 787 Dreamliner

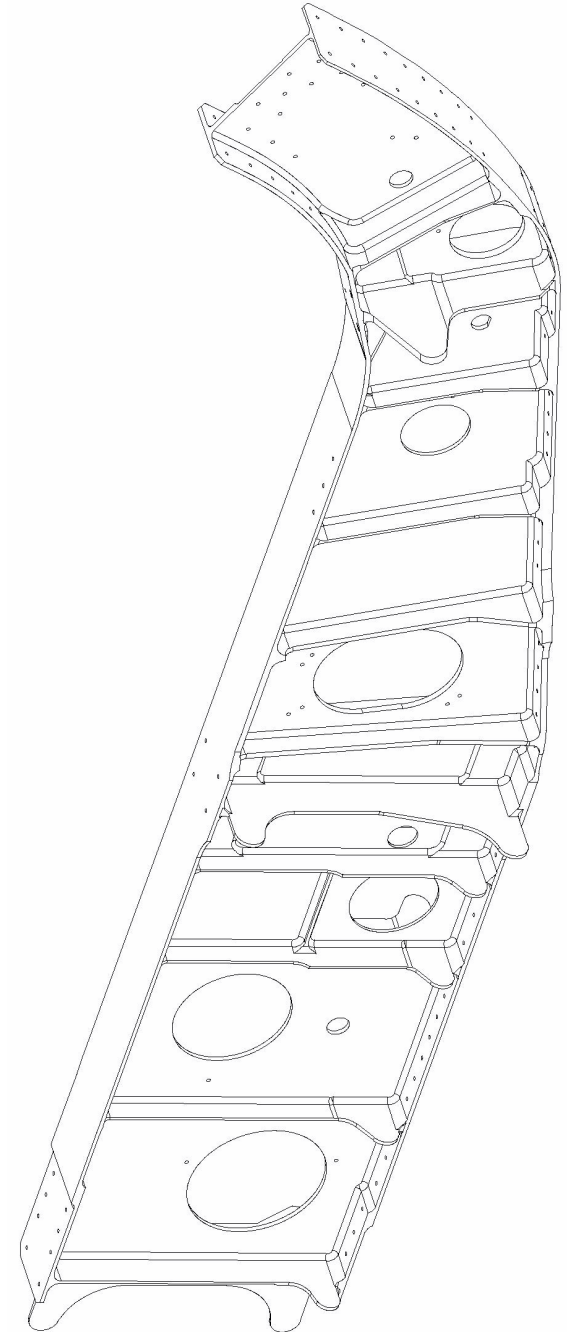




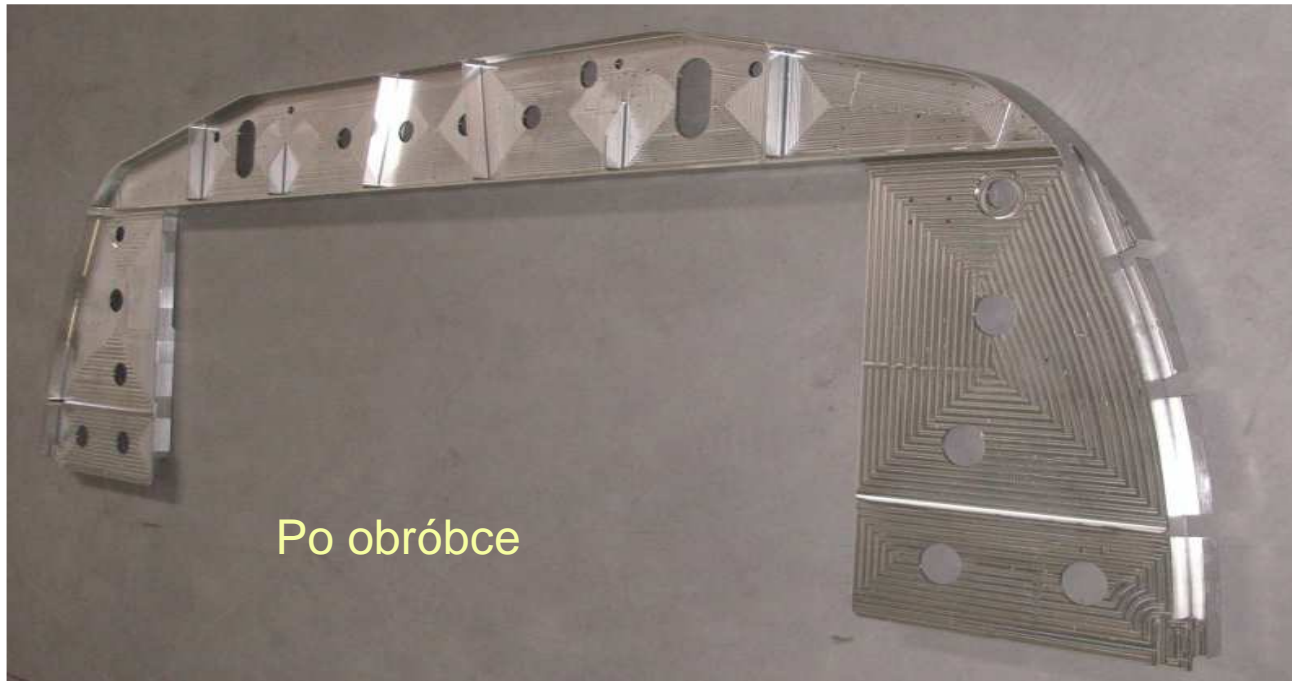
Kabina Śmigłowca
UH60M - Integralna
konstrukcja



**Helikopter Black Hawk *UH-60M* Wielko-gabarytowe
wręgi wykonywane w technologii HSM**



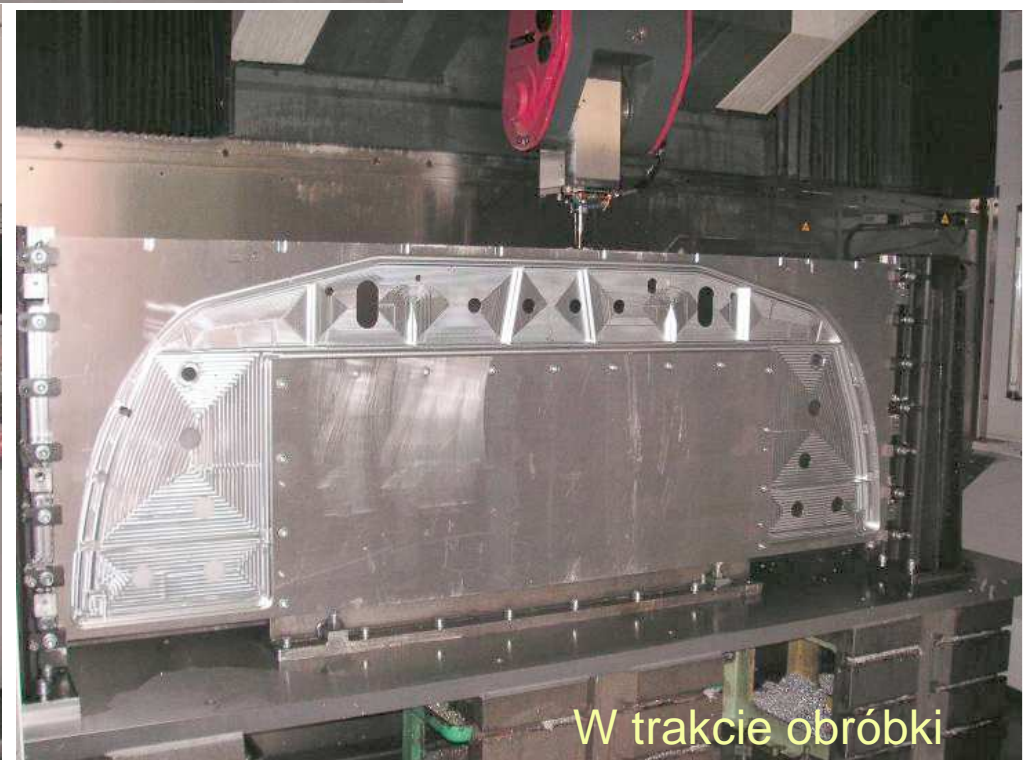
Wręga wielkogabarytowa podczas obróbki na CNC



Po obróbce



W trakcie obróbki



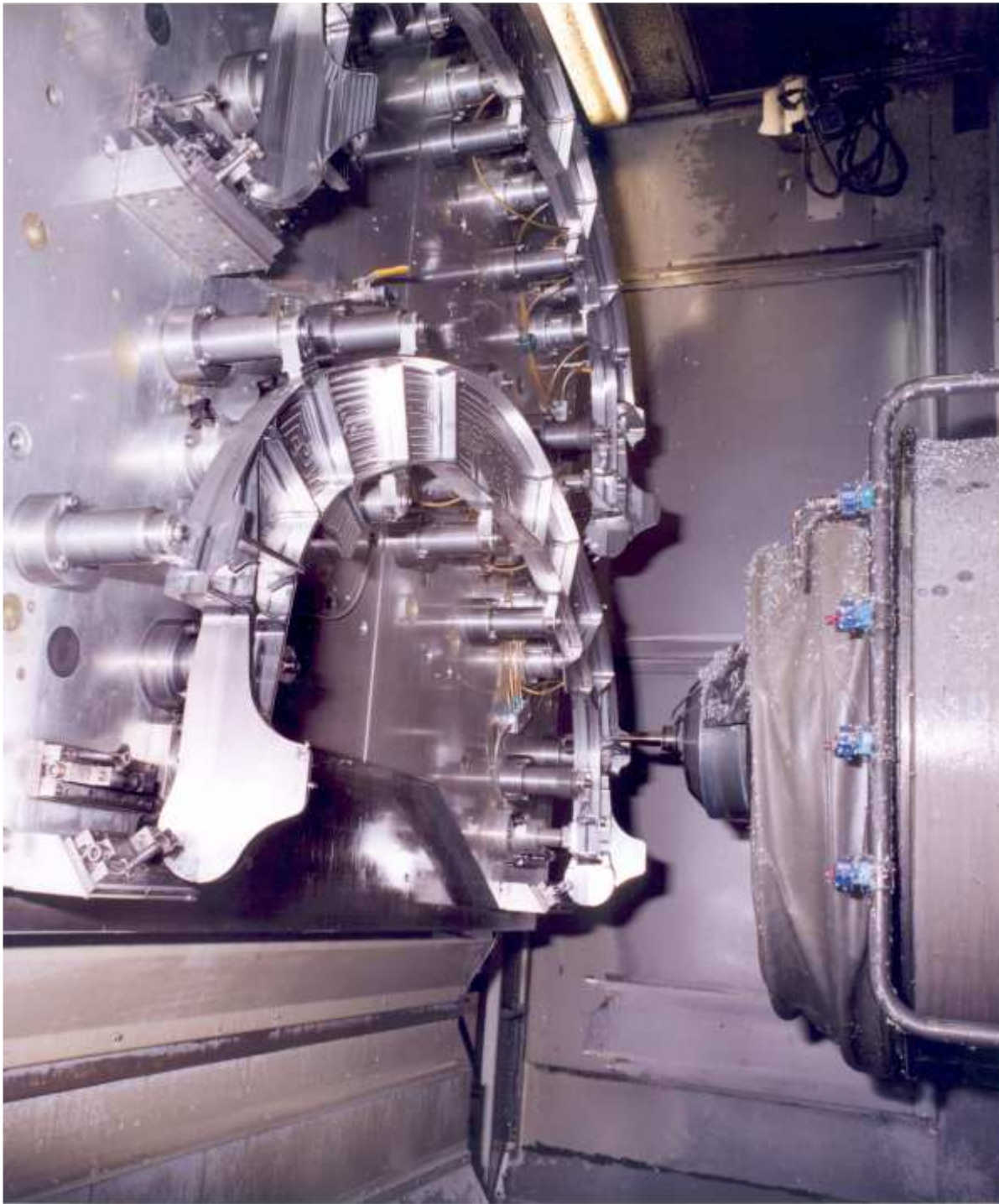
W trakcie obróbki



Pomiar wręgi w PZL Mielec



Przykłady części ze stopu aluminium



Centrum obróbcze 5-osiowe ECOSPEED
Wymienna głowica, moc wrzecziona 120 kW, obroty 30,000 rpm, i moment 83 Nm

[KAI Korea Aerospace Industries](#)

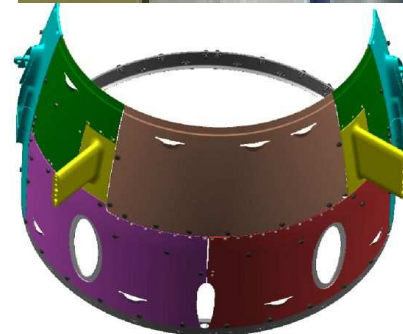
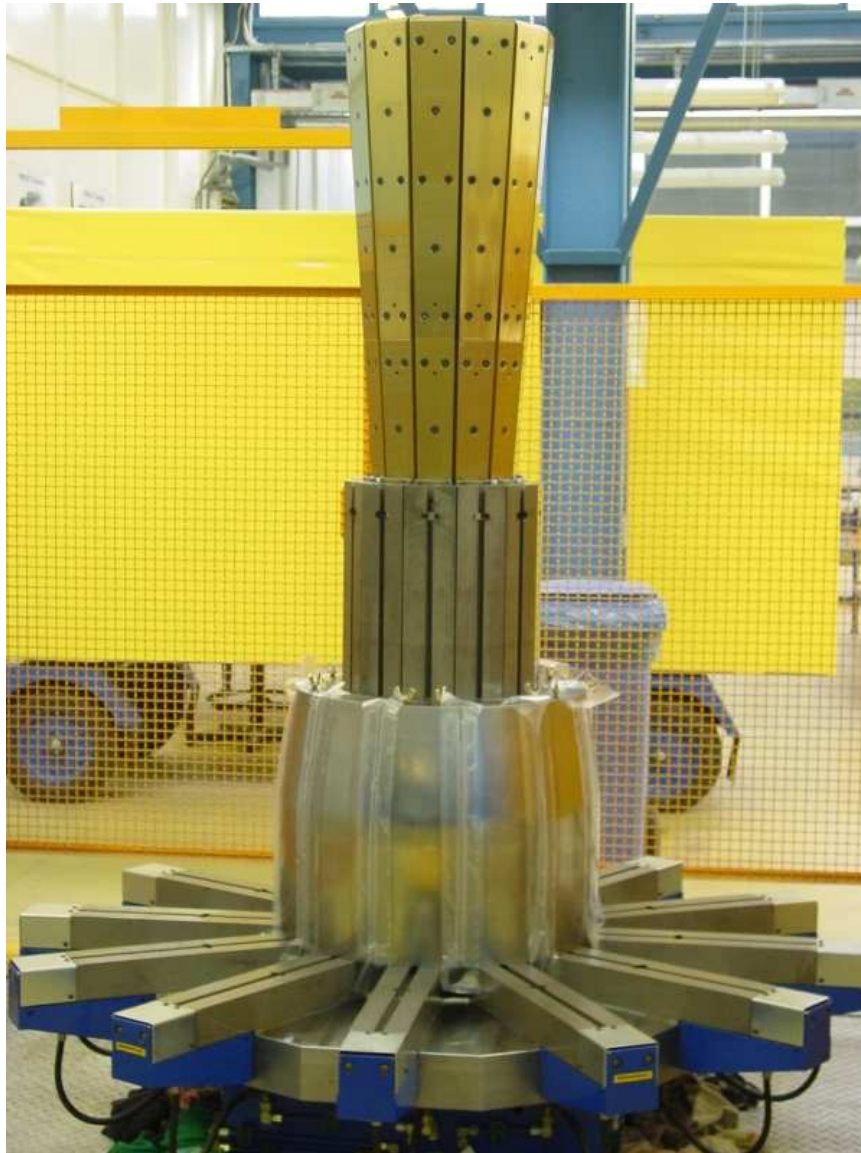
Dzięki HSM możliwe stało się wykonanie hamulca aerodynamicznego myśliwca **F-15** jako **jednej** części zamiast zespołu składającego się z **~ 500 części**. Czas wykonania takiego zespołu hamulca aerodynamicznego wynosił **~ 3 miesiące**. Po zastosowaniu **HSM**, *lead time* był mierzony w **kilku dniach**.

Aluminium, Al 7075 1'200 x 835 x 320 mm
700 punktów pomiarowych w 1.5 godziny
Czas obróbki zredukowano z **800 to 38 h na**
jednej maszynie CNC ZT-800/130
21 razy szybciej



Photo courtesy Boeing.

Ekspander sterowany numerycznie do wykonywania zewnętrznych zimnych części silnika odrzutowego metodą plastyczną



Urządzenia do dynamicznego utwardzania powierzchni detali



Pomiar na elektronicznej maszynie pomiarowej





**Wielkogabarytowe
urządzenie kreślące
Kongsberg o wym.
1.8m*6m**

**Przyrząd montażowy
elementów skrzydła dla
BAE Systems**



Analiza Modalna Wyznacza Optymalne prędkości Wrzeciona

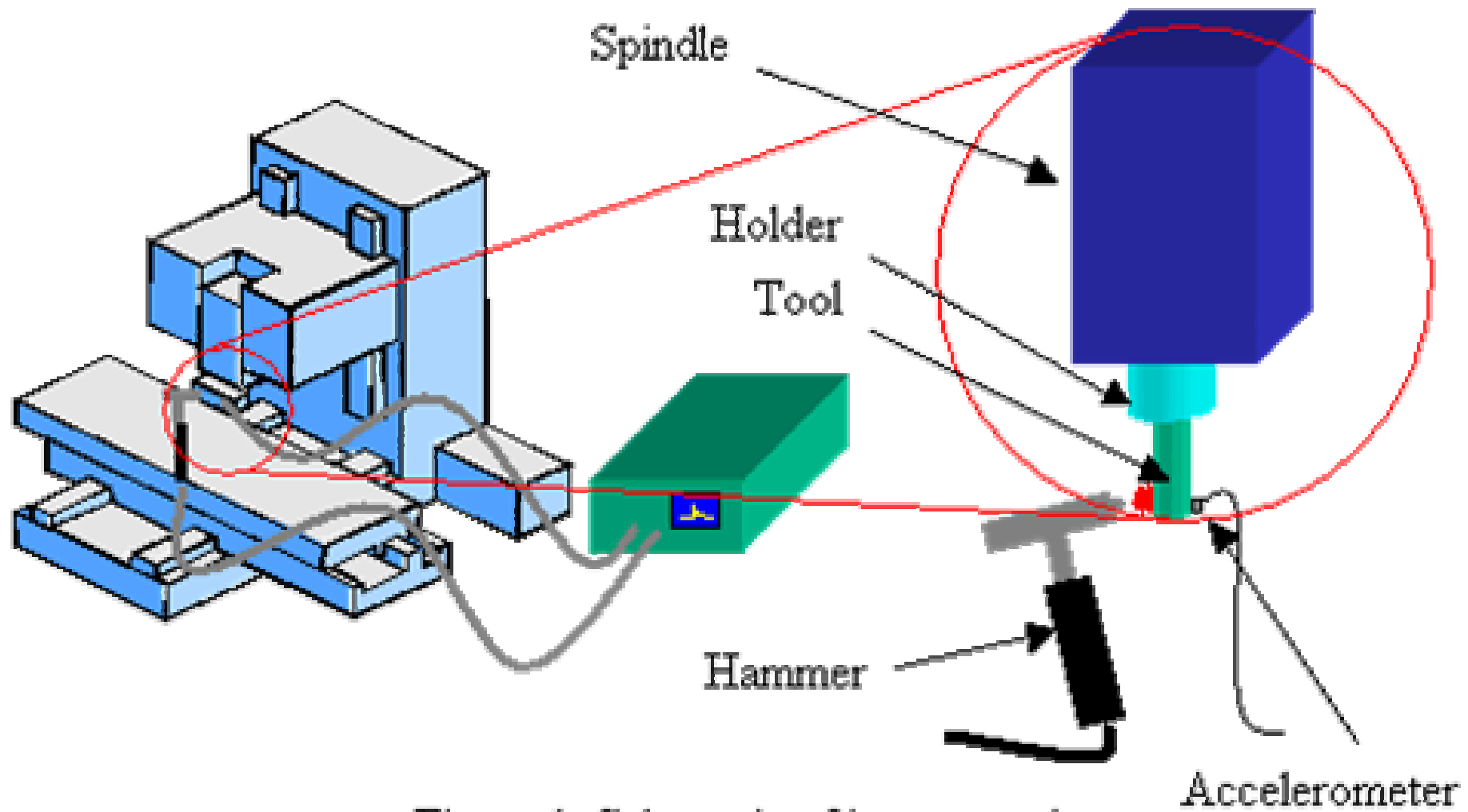
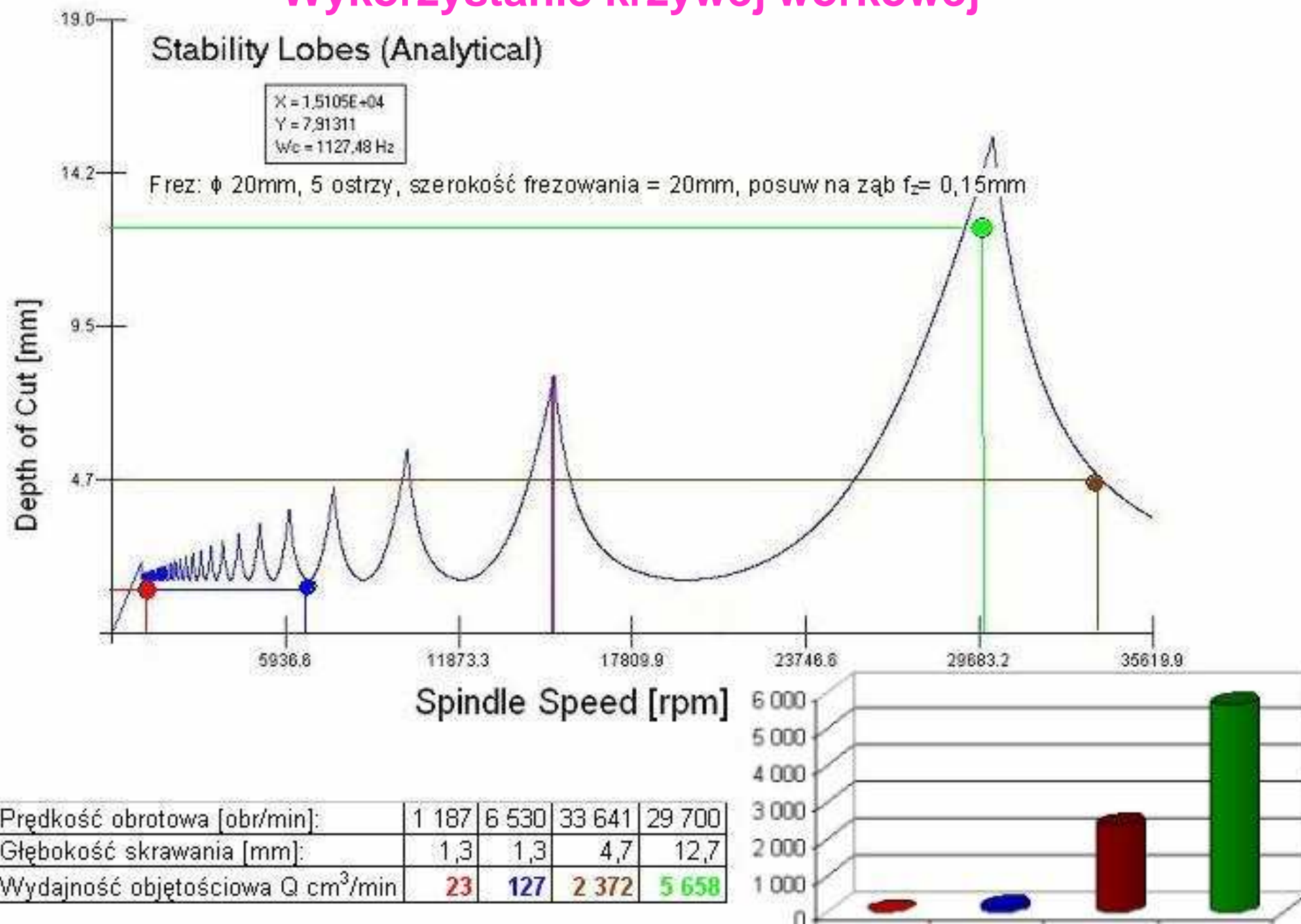


Figure 1: Schematic of impact testing

Wykorzystanie krzywej workowej



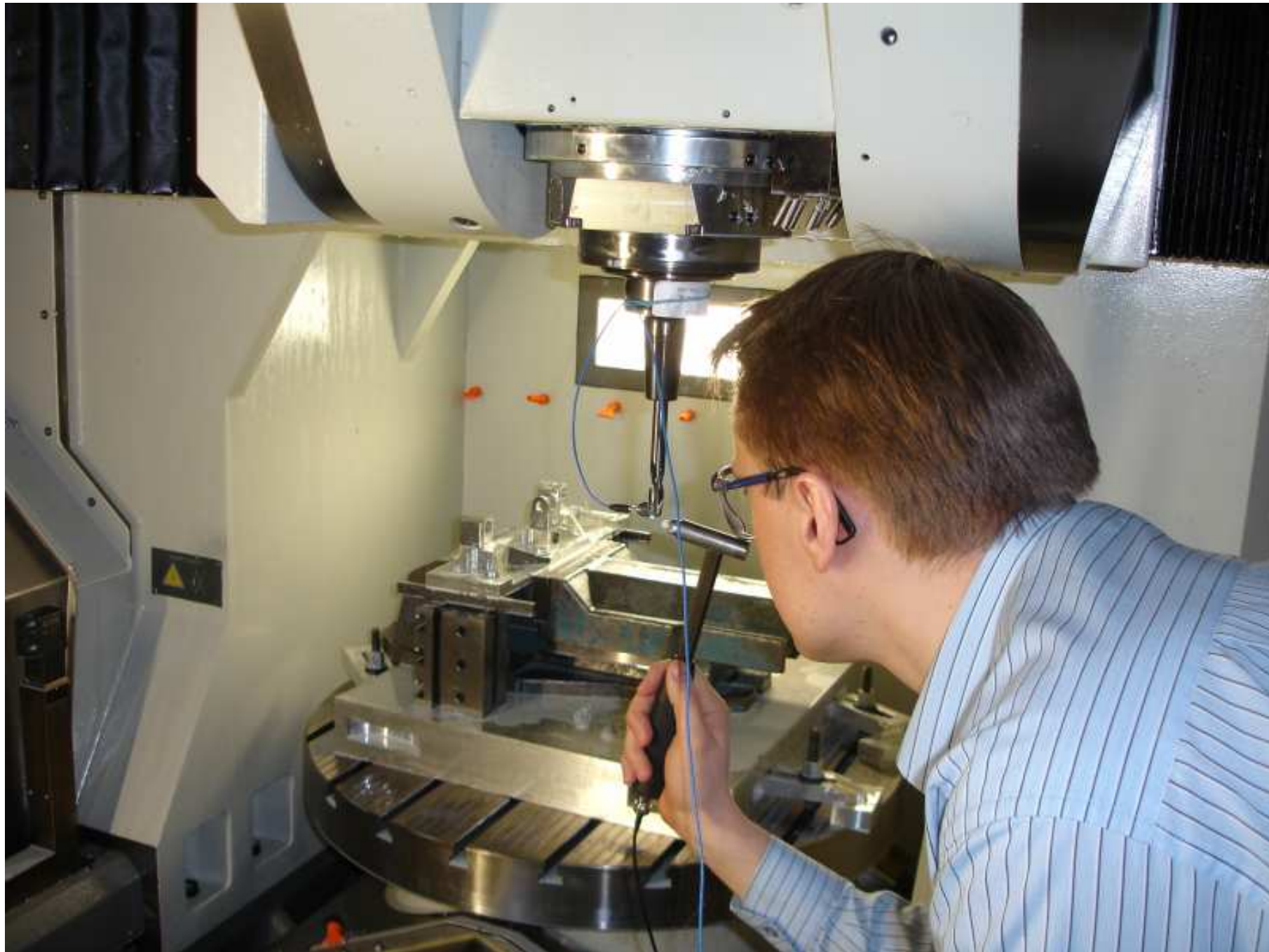
Prędkość obrotowa (obr/min)	Posuw (mm/min)	Posuw na ząb (mm/ząb)	Głębokość skrawania (mm)	Szerokość warstwy skrawanej (mm)							
				0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
6000	840	0.072	4	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red	Red
6500	910	0.072	4	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red
7000	980	0.072	4	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
7500	1050	0.072	4	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange
8000	1120	0.072	4	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
8500	1190	0.072	4	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
9000	1260	0.072	4	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Orange
9500	1330	0.072	4	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
10000	1440	0.072	4	Green	Green	Green	Orange	Orange	Orange	Red	Red
10500	1470	0.072	4	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red
11000	1540	0.072	4	Green	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red
11500	1610	0.072	4	Green	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red

Wyniki testu dla jednej kombinacji narzędzia, oprawki i wrzeciona. Przeprowadzenie testu zajęło pół godziny. Kolor zielony oznacza stabilną obróbkę.

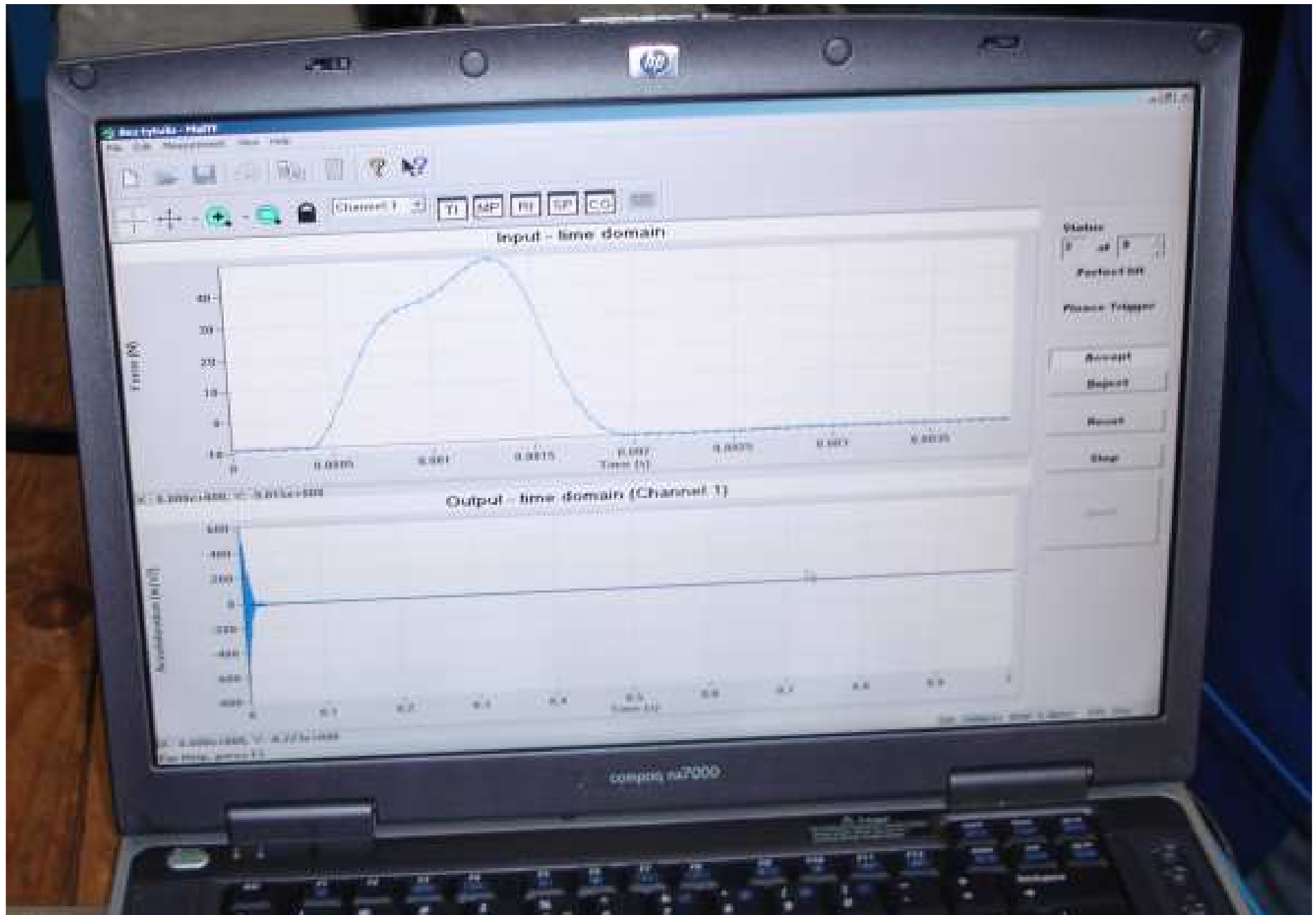
Pomiar w PZL Mielec



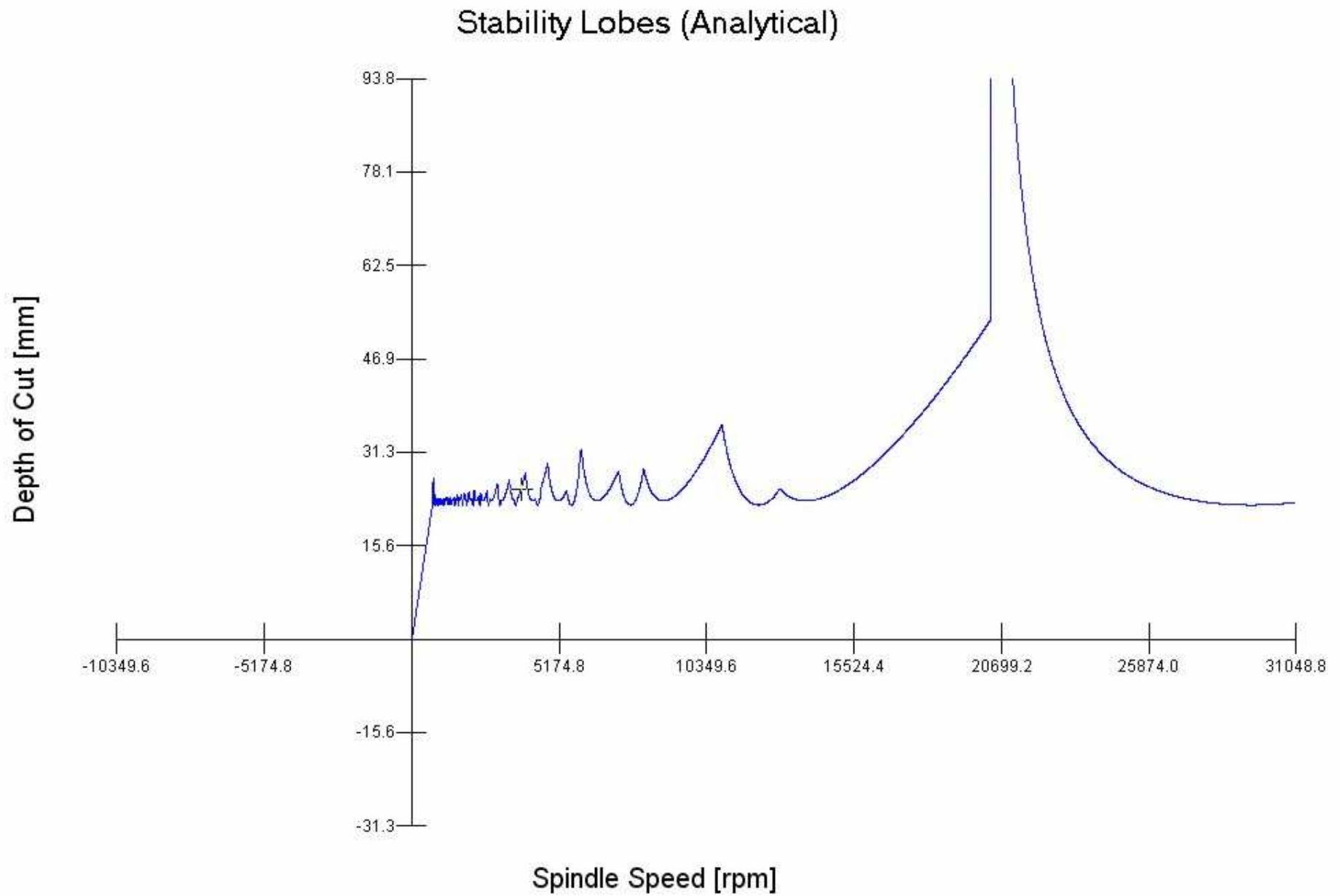
Pomiar w PZL Mielec

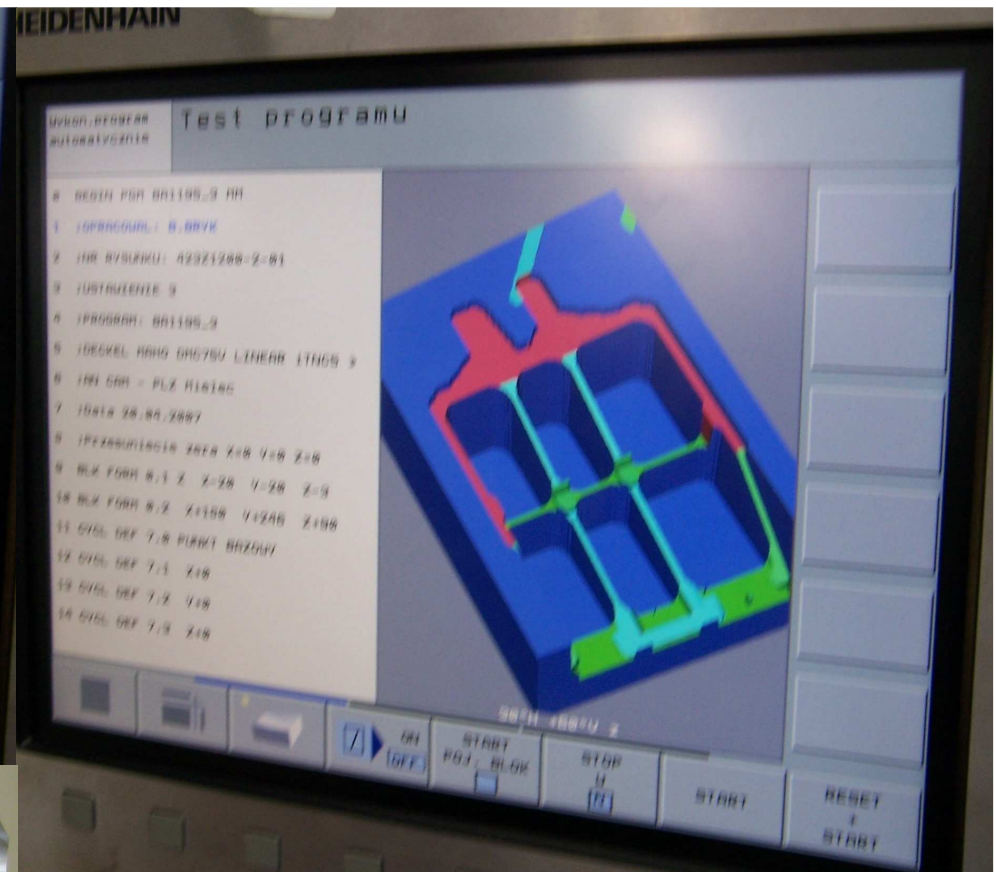
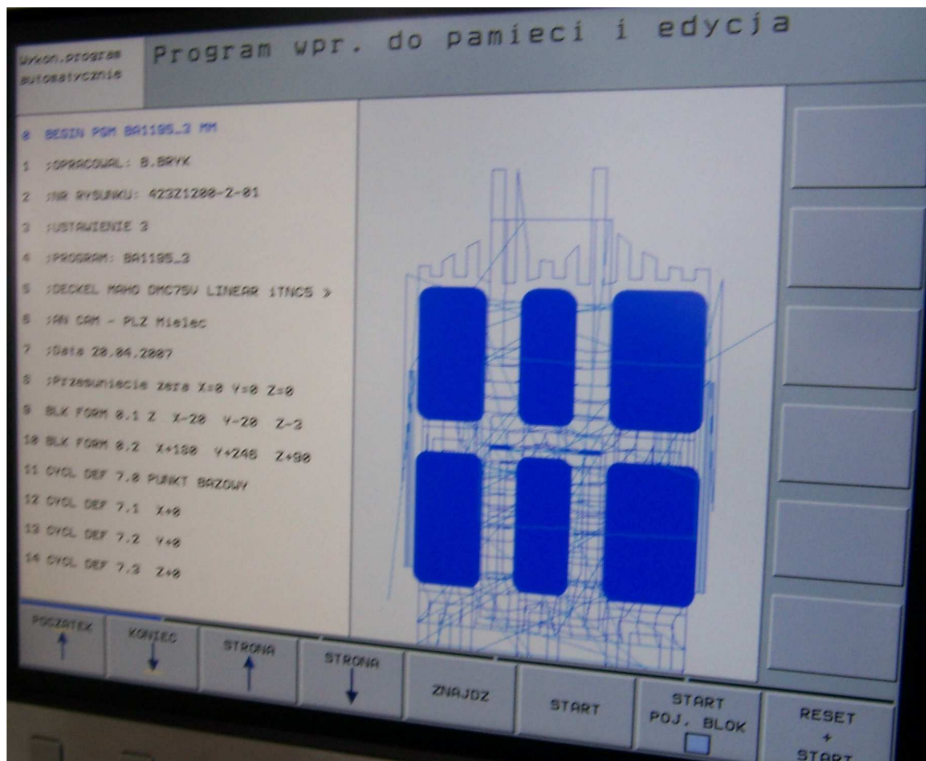


Pomiar w PZL Mielec

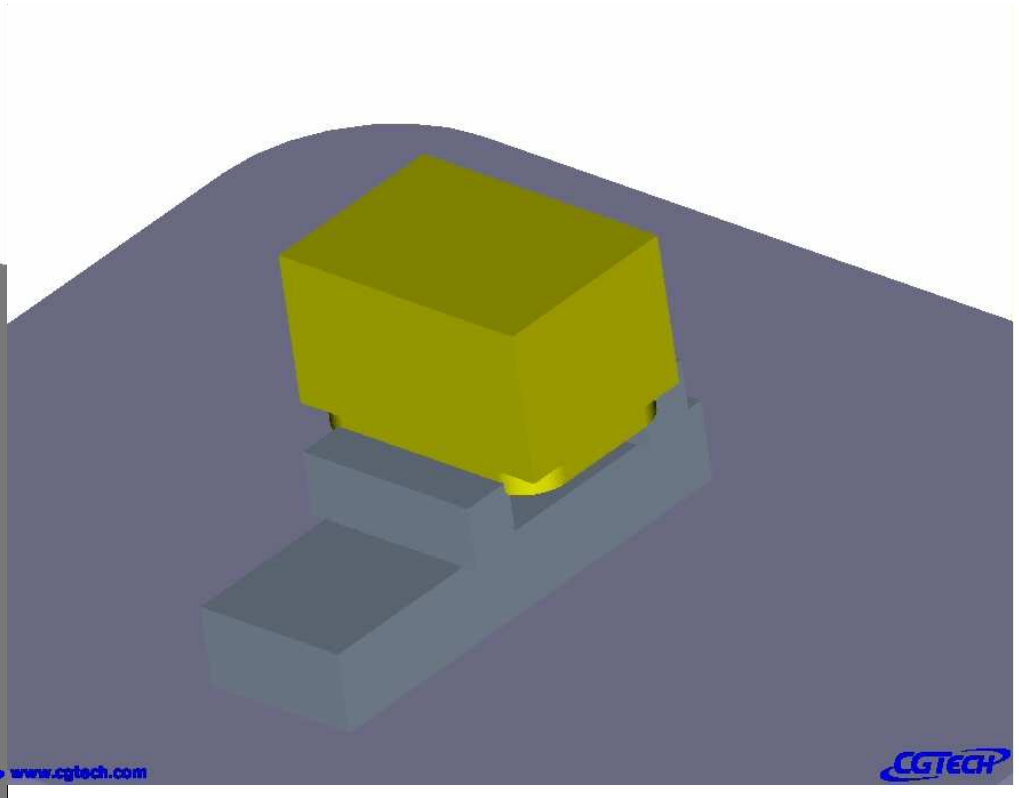
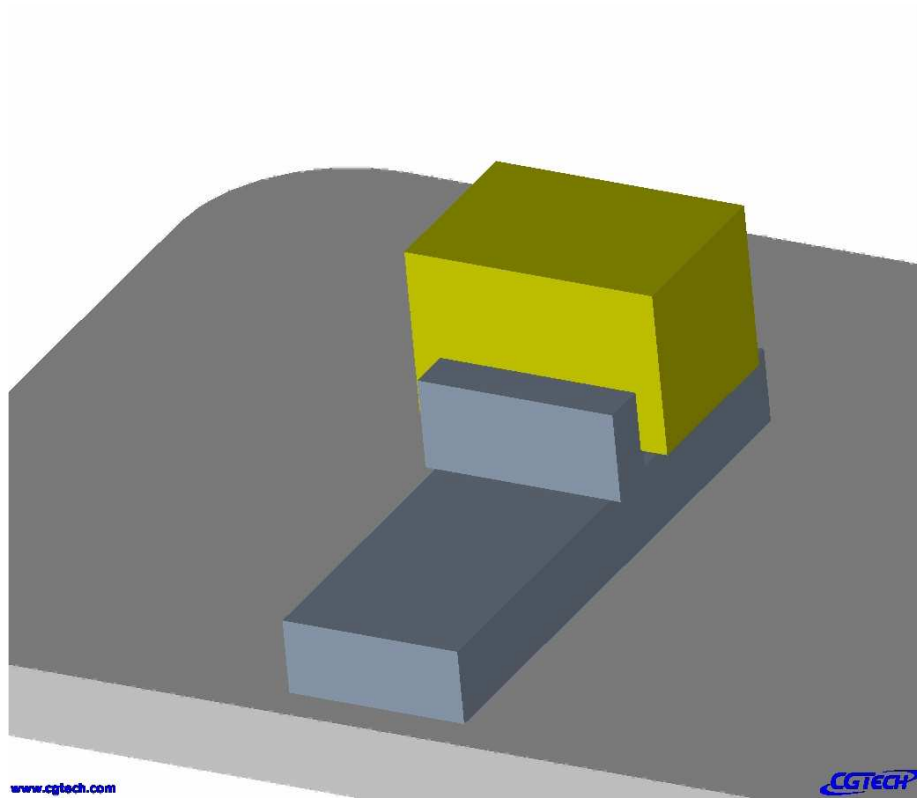


Pomiar w PZL Mielec





Oszczędność czasu obróbki na tej operacji spadła z **1h 31'48"** do **12'01"** czyli zmniejszyła się ponad **7.64** razy

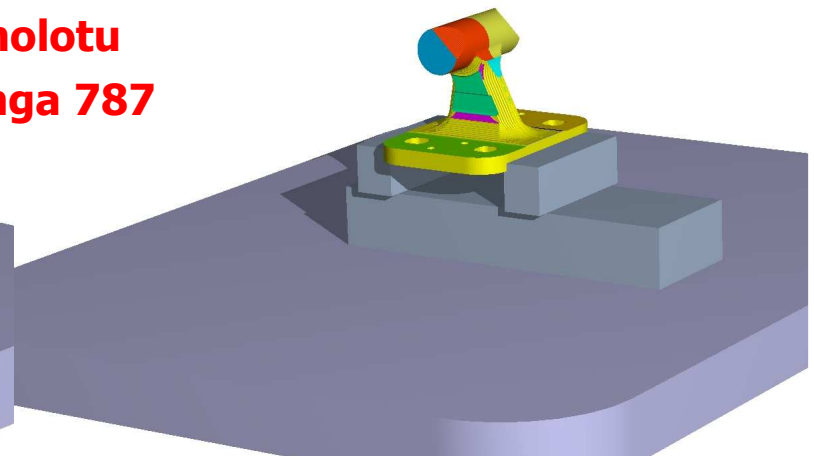
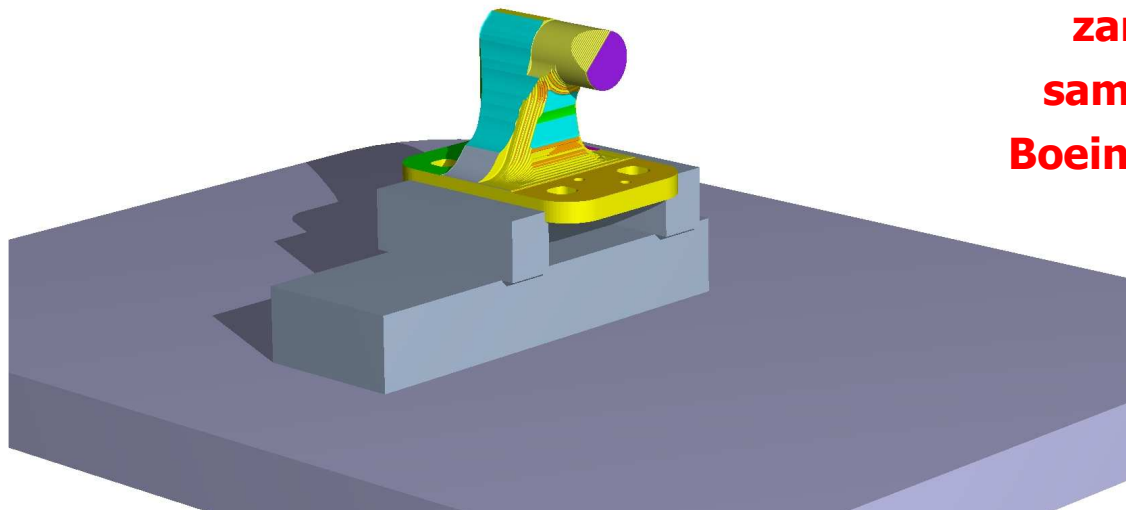


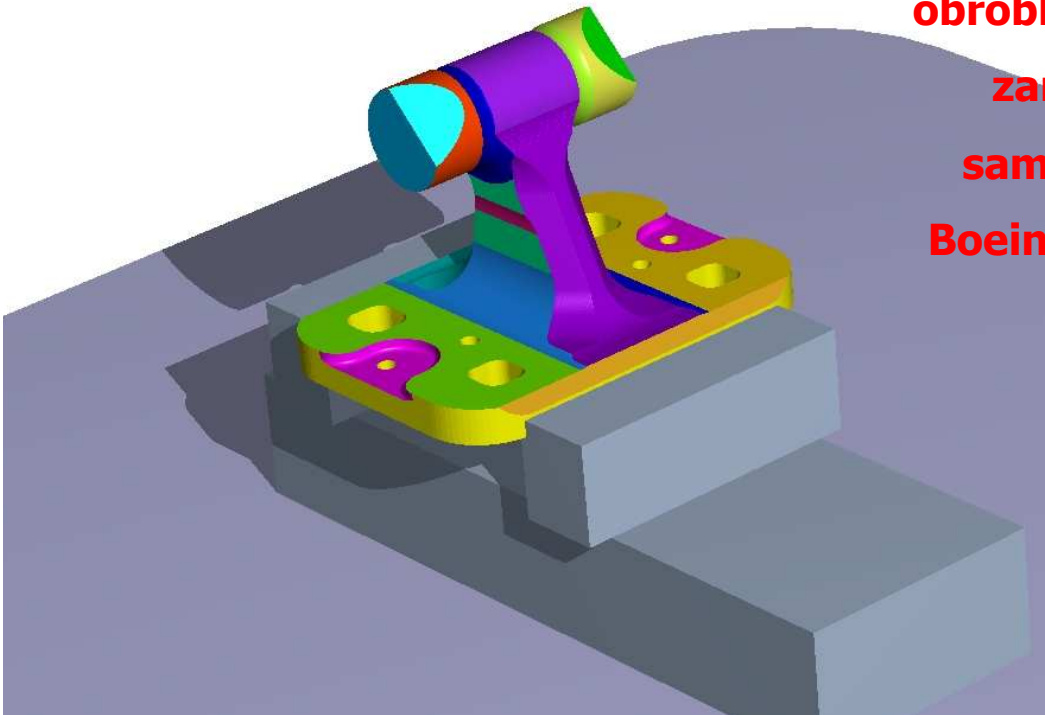
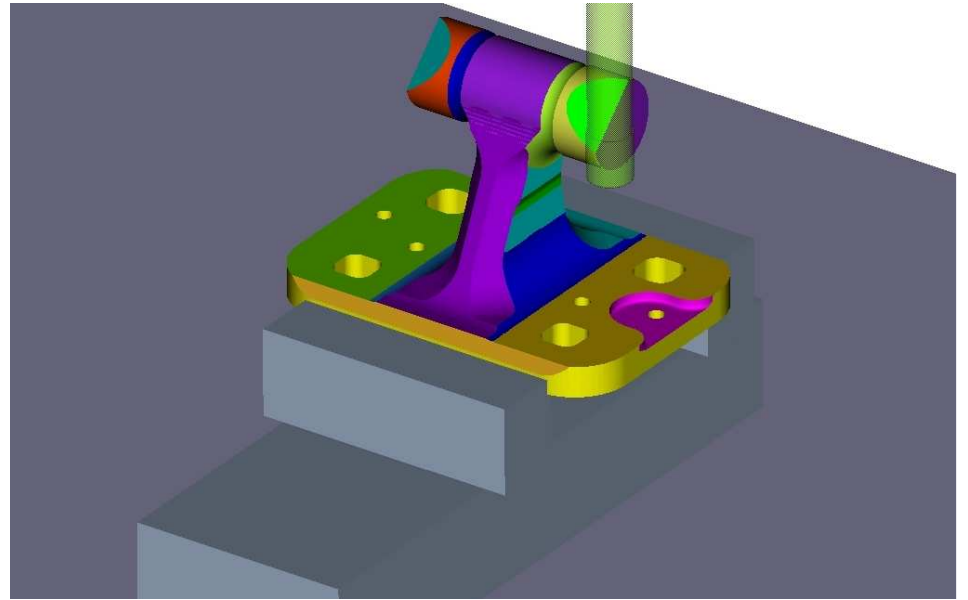
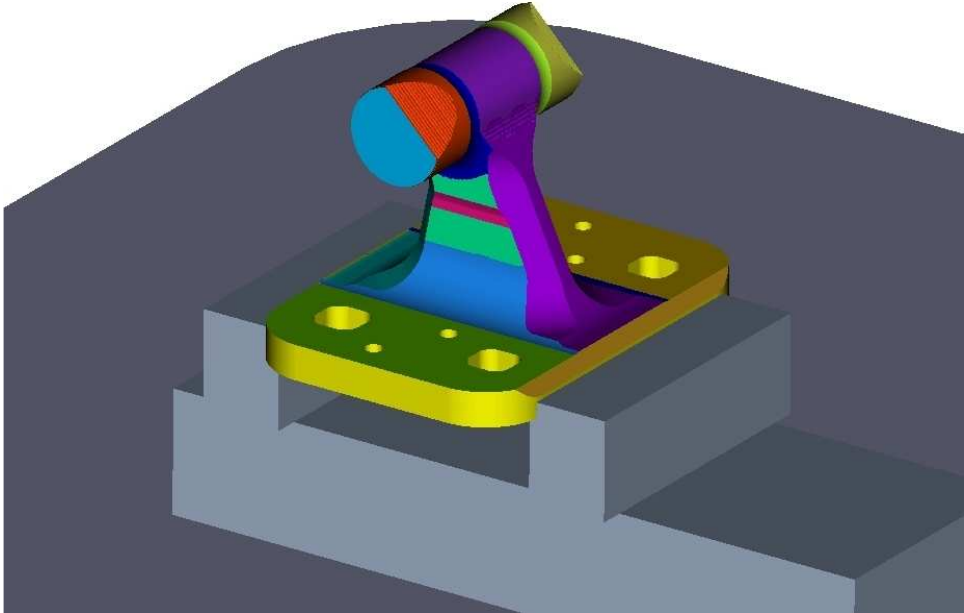
www.cgtech.com

CGTECH www.cgtech.com

CGTECH

**Virtualna
Obróbka rygla
zamka
samolotu
Boeinga 787**



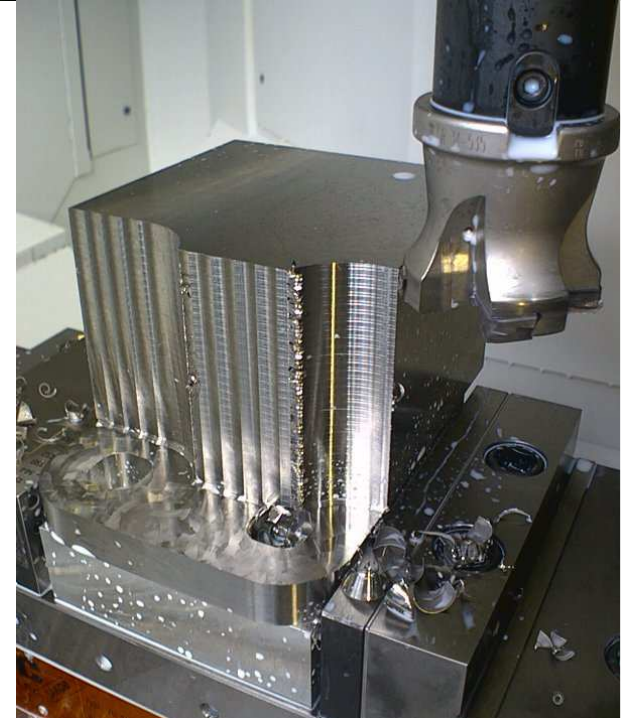


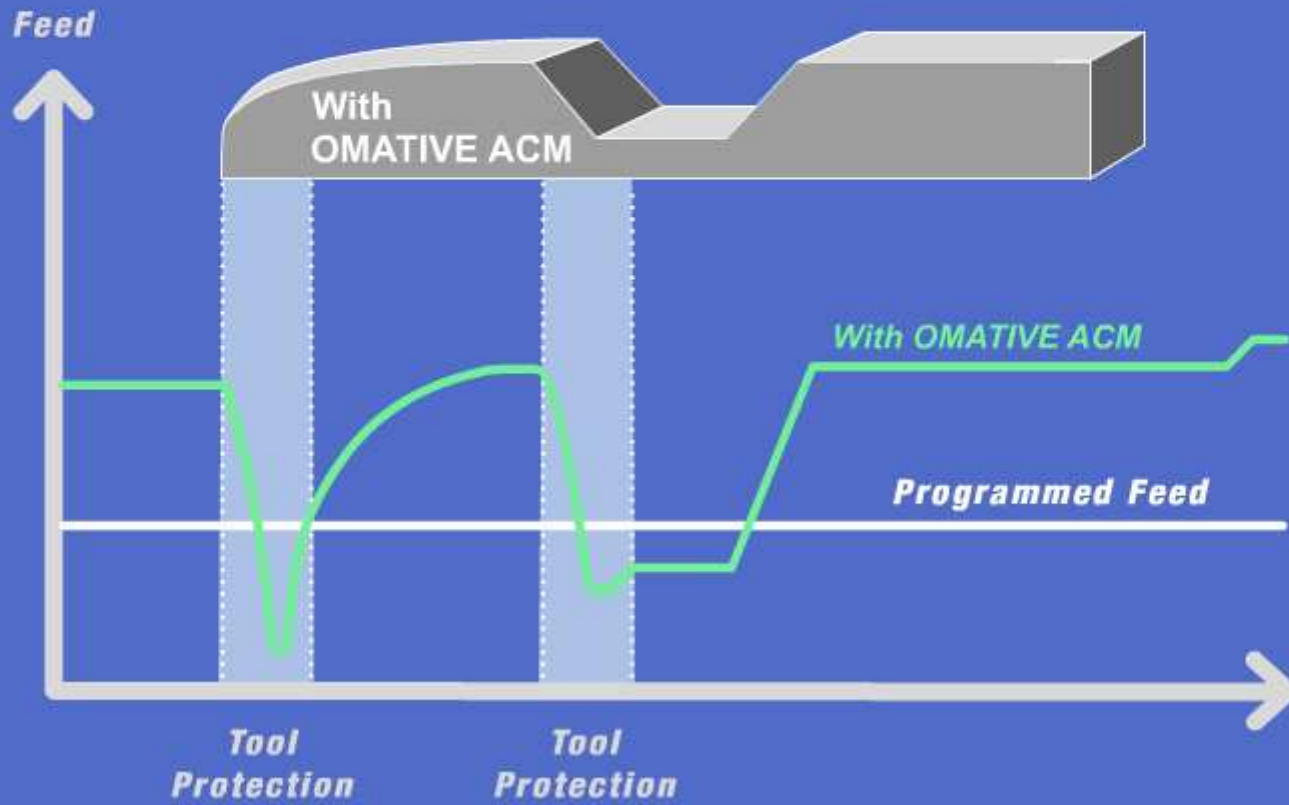
**Wirtualna
obróbka rygla
zamka
samolotu
Boeinga 787**





**Obróbka rygla
zamka
samolotu
Boeinga 787**

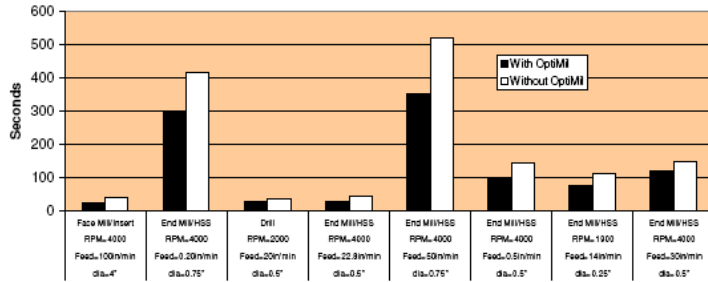




OptiMil Performance Report

Company: Boeing, Wichita, Kansas
 Machine & CNC: OKK MHA650 with Fanuc 18M CNC
 Material: Aluminum
 Part Description: Stringer Splice

Cutting Time Comparisons



	23	299	27	28	354	95	74	121	Total
With OptiMil:	23	299	27	28	354	95	74	121	1021
Without OptiMil:	39	416	34	42	522	142	111	146	1452
Time Savings:	41.0%	28.1%	20.6%	33.3%	32.2%	33.1%	33.3%	17.1%	29.7%

Overall Time Saving for Total Job = 29.7%

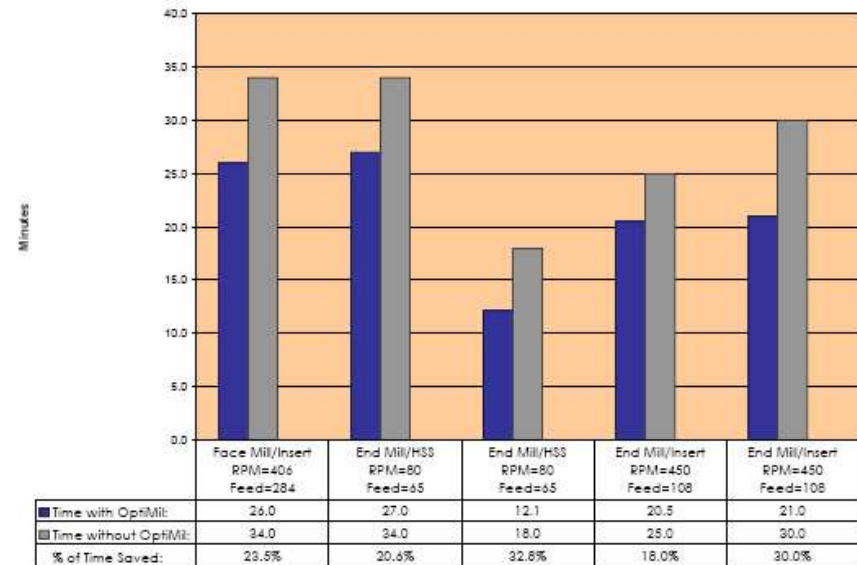
Efekt obniżki prędkości o 29,7% przy obróbce podłużnic ze stopu aluminium uzyskanej w firmie Boeing

Efekt obniżki prędkości uzyskanej w firmie **Aerospatiale-EADS**, Toulouse, Francja przy obróbce części ze stali nierdzewnej

OptiMil Performance Report

Company: Aerospatiale-EADS, Toulouse, France
 Machine: CMS-4 Spindle
 CNC: NUM 760
 Material: Alloy Steel 35NCD16

Comparison of Cutting Time



Total Minutes with OptiMil = 106.6
 Total Minutes without OptiMil = 141.0

OVERALL TIME SAVING

24.4%

Złamanie narzędzia

- Narzędzie ulega złamaniu w warunkach **ekstremalnego przeciążenia** z powodu:
 - *Uderzenia narzędzia w materiał*
 - *Twarde wtrącenia materiałowe*
 - *Nadmierne zużycie narzędzia*
 - *Przerwanie chłodzenia*
 - *Nadmiernej głębokości skrawania*



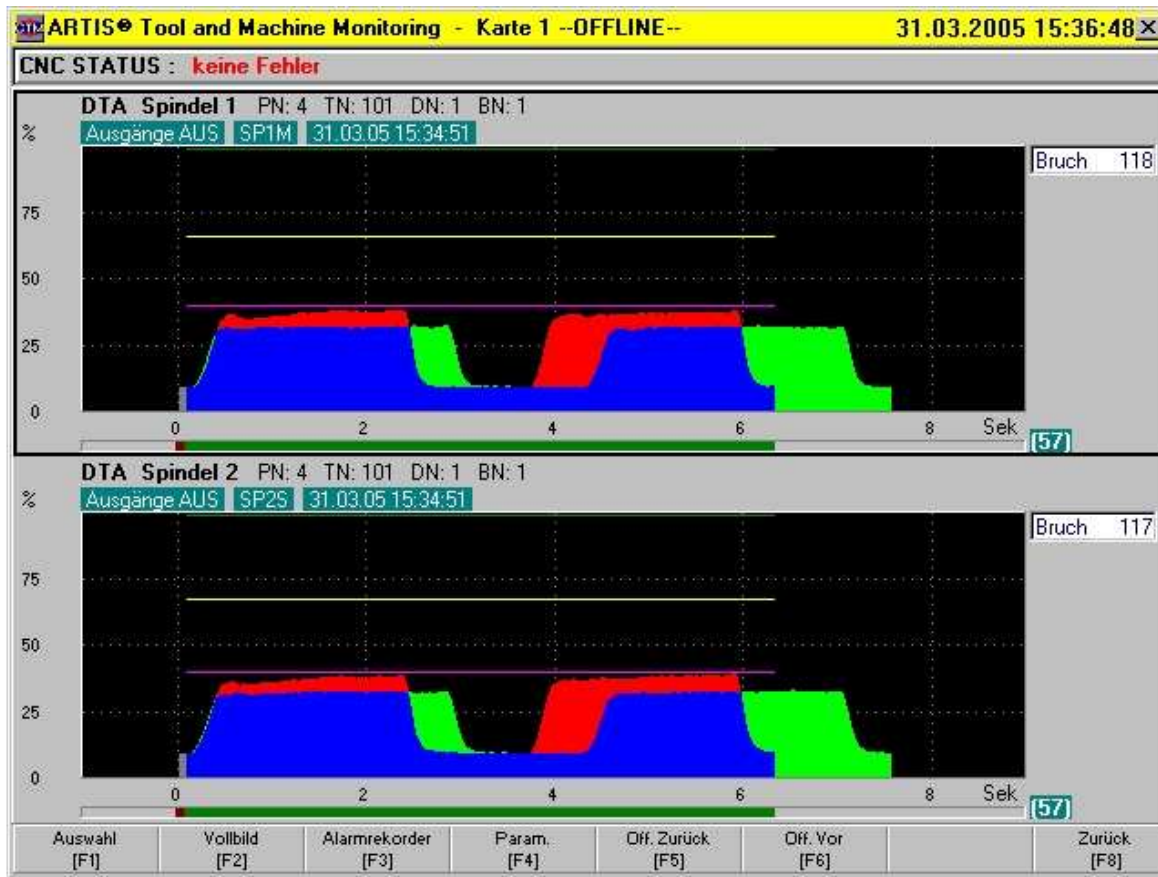
Zabezpieczenie ACM's Narzędzia

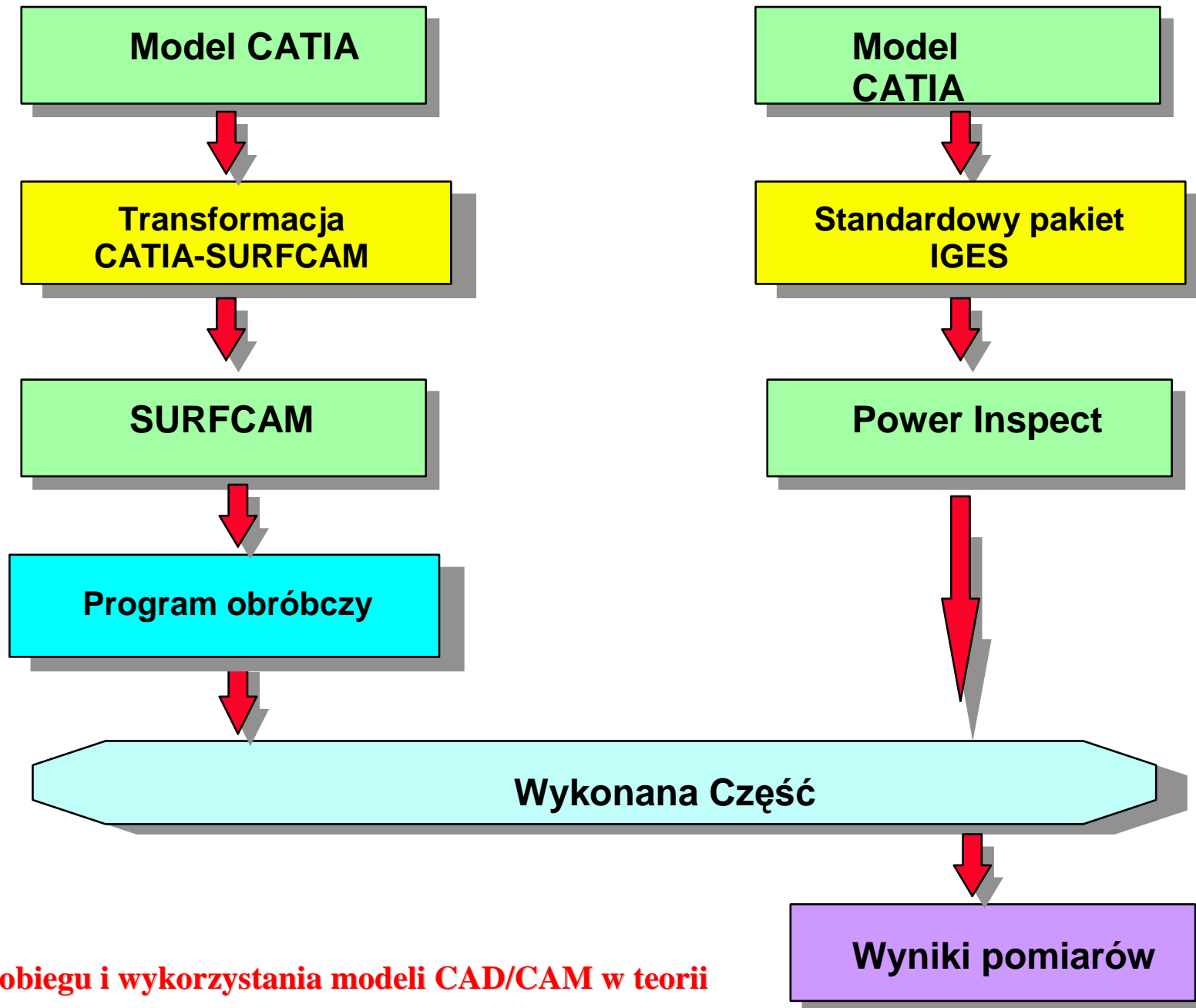
System OMATIVE ACM zmniejsza automatycznie posuw do maksymalnego bezpiecznego poziomu potrzebnego aby **chronić narzędzie przed złamaniem** lub zatrzymuje maszynę i „ogłasza” alarm.



Sterowanie Adaptacyjne - AC

ACC w Centrum Obróbczym STAMA MC 326
Wiercenie D 7,5 mm, 2 otwory, materiał GG
Skrócony czas maszynowy z 7,8 do 6,3 sekund





Sposób obiegu i wykorzystania modeli CAD/CAM w teorii

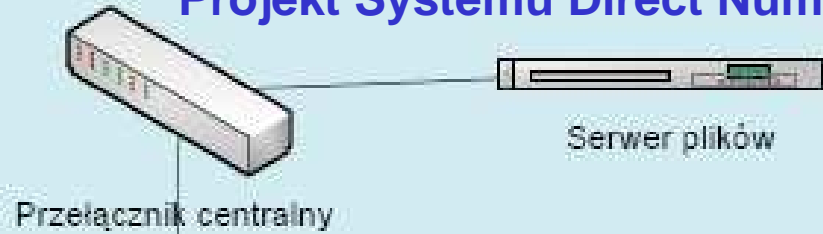


Sposób obiegu i wykorzystania modeli CAD/CAM w praktyce

Serwerownia

Projekt Systemu Direct Numerical Control

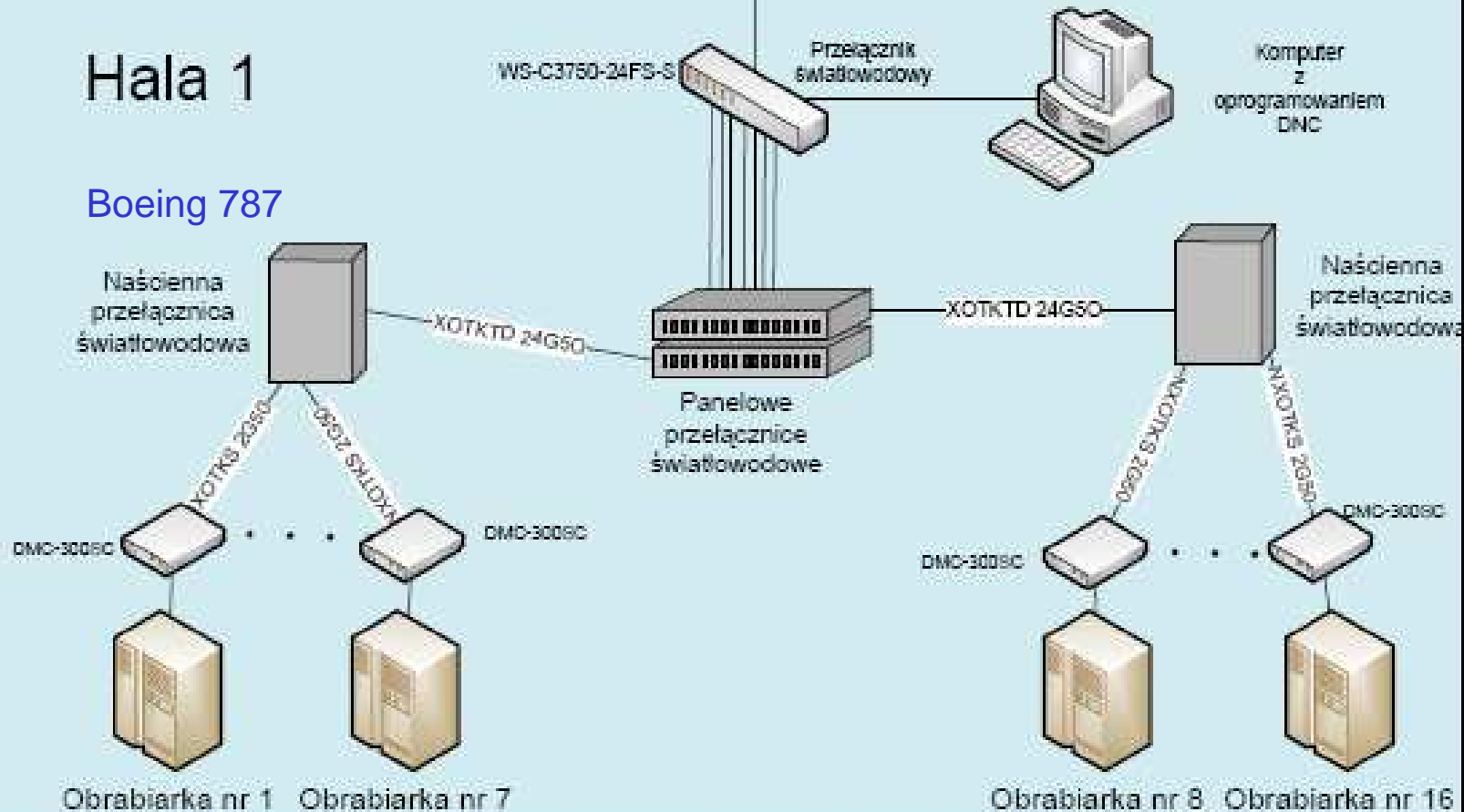
Hala 6



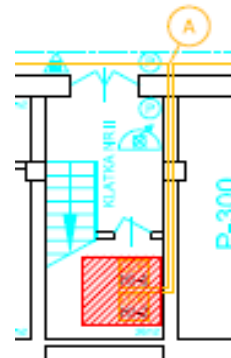
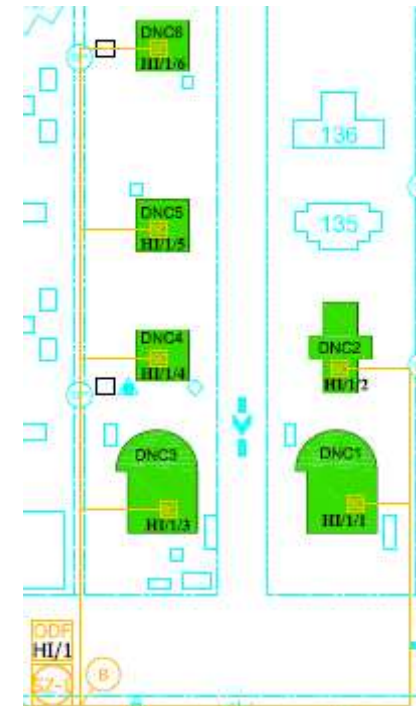
Połączenie światłowodowe
1000Mbit/s

Hala 1





Boeing 787



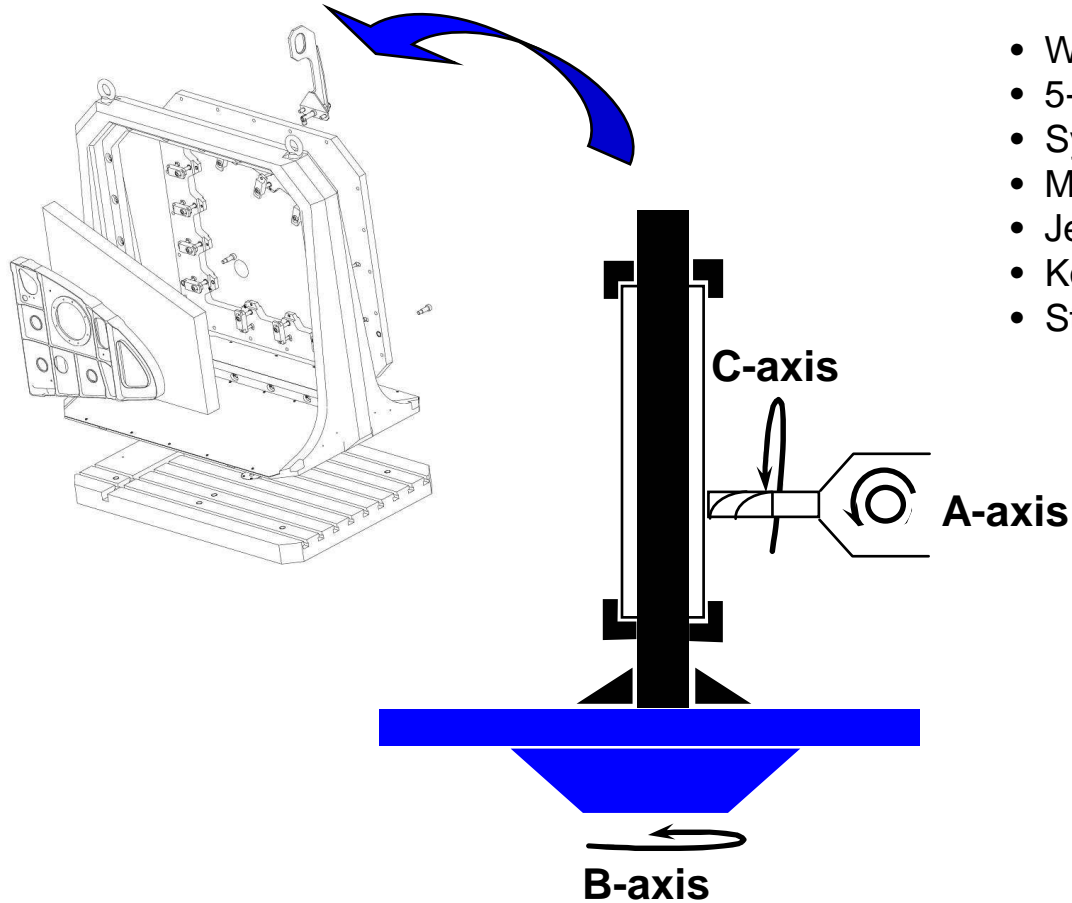
System Direct Numerical Control



LEGENDA:

-  HI/1,2 - Gniazdo światłowodowe duplikacyjne (złącze SC) z oznaczeniem
-  - Skrzynka zapasu kabla światłowodowego
-  HI/1 - Przejściownica światłowodowa z oznaczeniem
-  - Śledowa szafa dystrybucyjna

Metody – mocowania

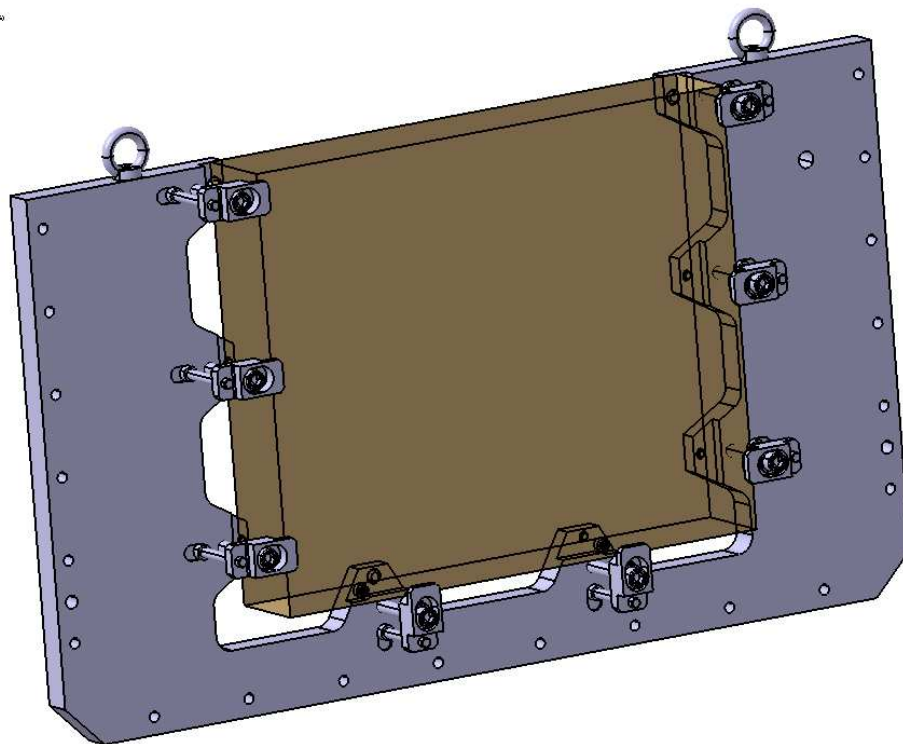


- Wrzeciono poziome
- 5-axis HSM (High Speed Machining)
- System wielopaletowy
- Mocowanie w przyrządzie ramka-okno
- Jedno ustawienie
- Kompletna obróbka (krótszy lead time)
- Standardowe wyposażenie

Metody obróbki

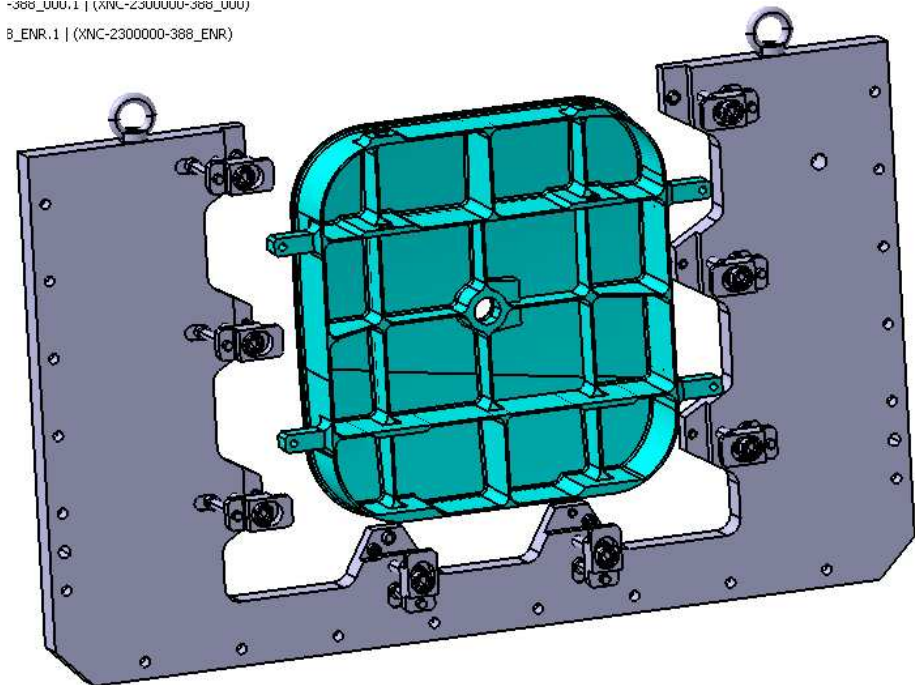
- Trzy stałe punkty mocowania
- Pozostałe regulowane
- Obróbka z obydwu stron
- Obróbka zgrubna
- Zmiana mocowania
- Obróbka wykańczająca

Tylko „mostki” są usuwane po obróbce wykańczającej



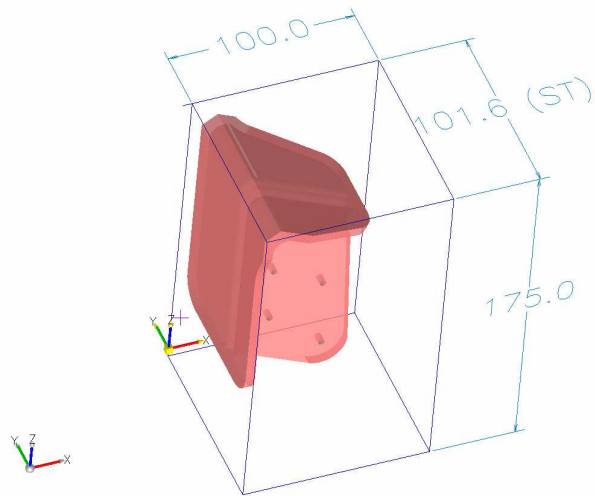
-368_000.1 | (XNC-2300000-368_000)

B_ENR.1 | (XNC-2300000-368_ENR)

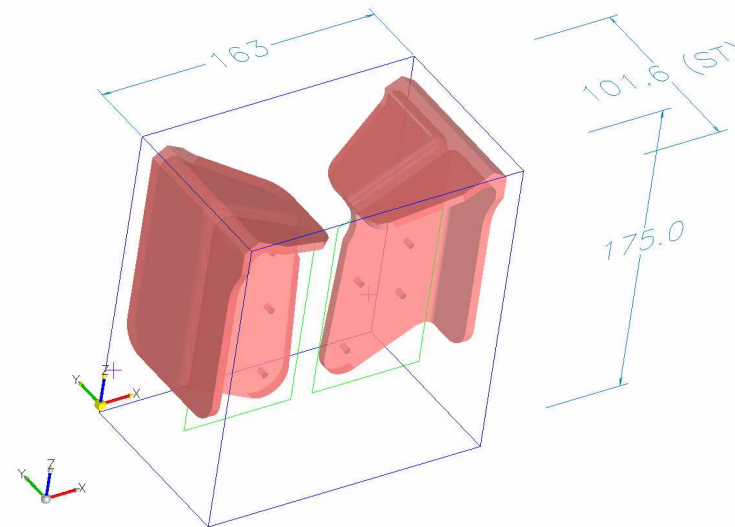


Dodatkowe metody optymalizacji

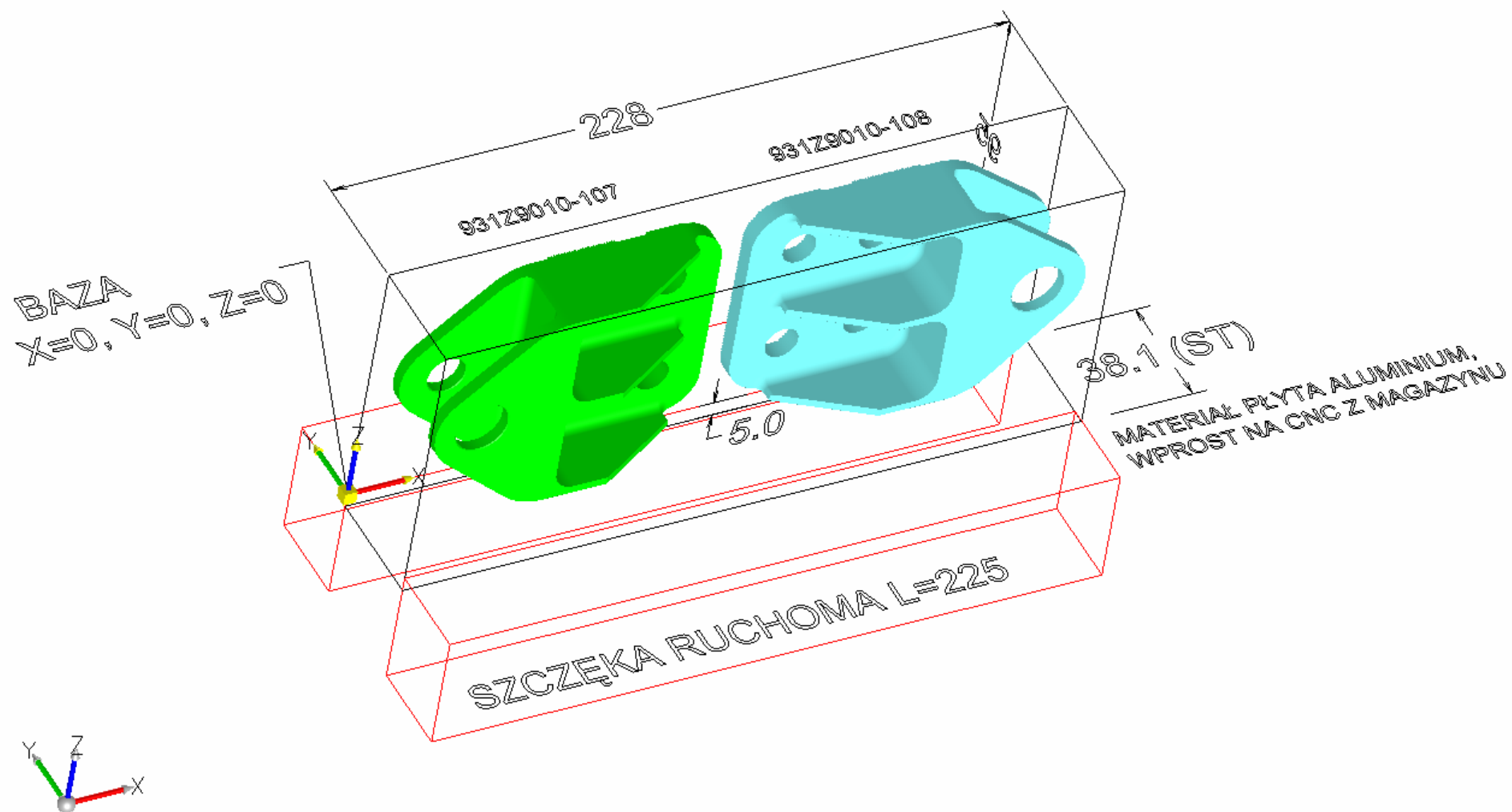
- Jeśli jest to możliwe zaleca się obróbkę dwóch lub więcej części z jednej przygotówki (symetryczne/zwierciadlane odbicie) przy tym samym t_{pz} – przygotówka dostarczana bezpośrednio z magazynu. **Korzyści** – oszczędność materiału, zmniejszenia czasu przygotowania przygotówki **nawet do zera**, część jest bardziej stabilna podczas obróbki (przykład: **18%** oszczędności materiału).



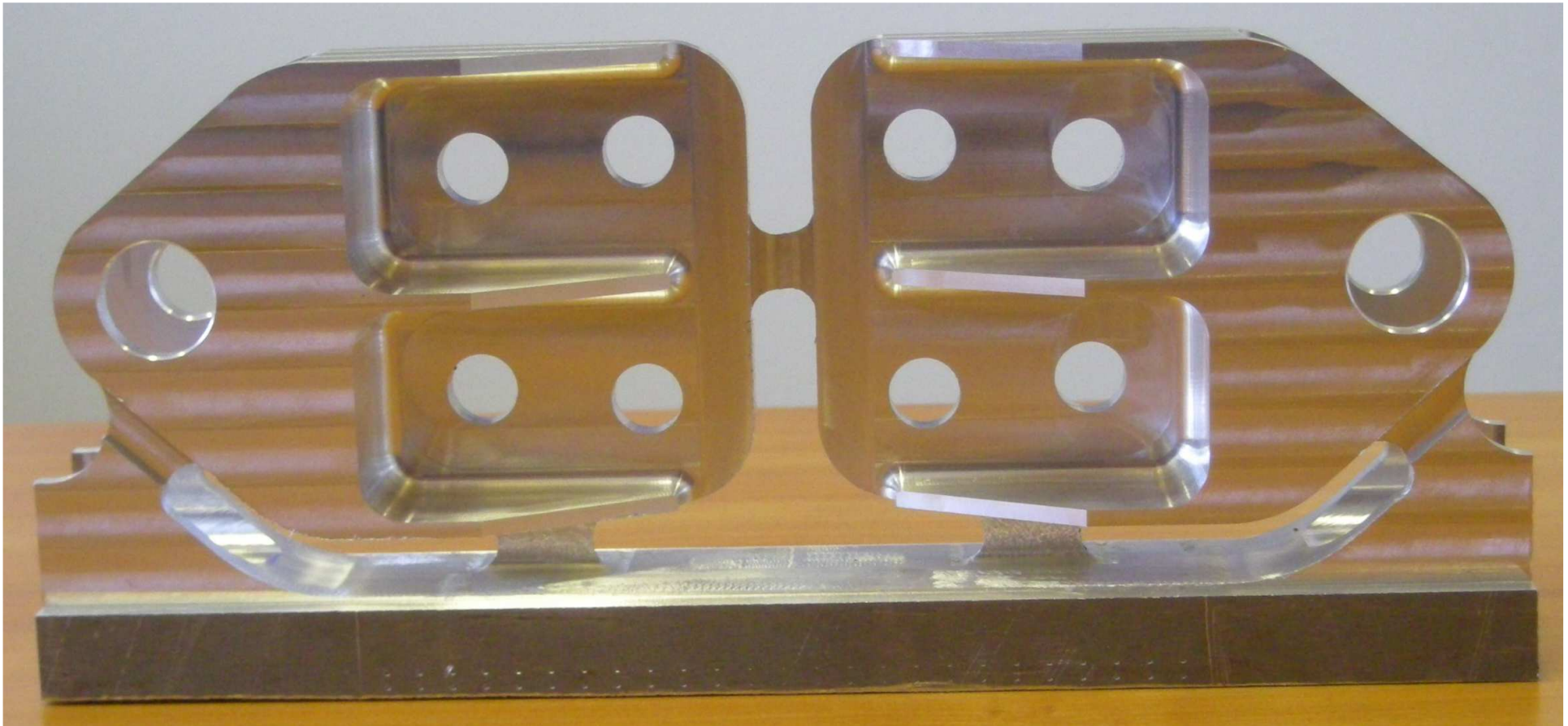
Przed



Po



Przykład części samolotu B-787



Przykład wykonanej części samolotu B-787



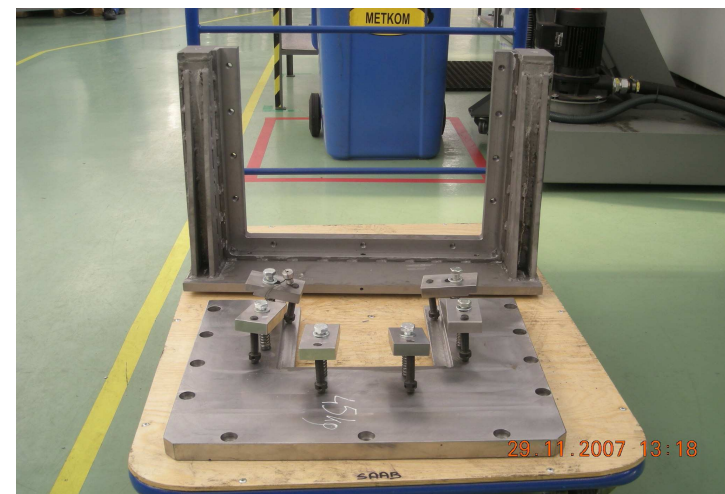
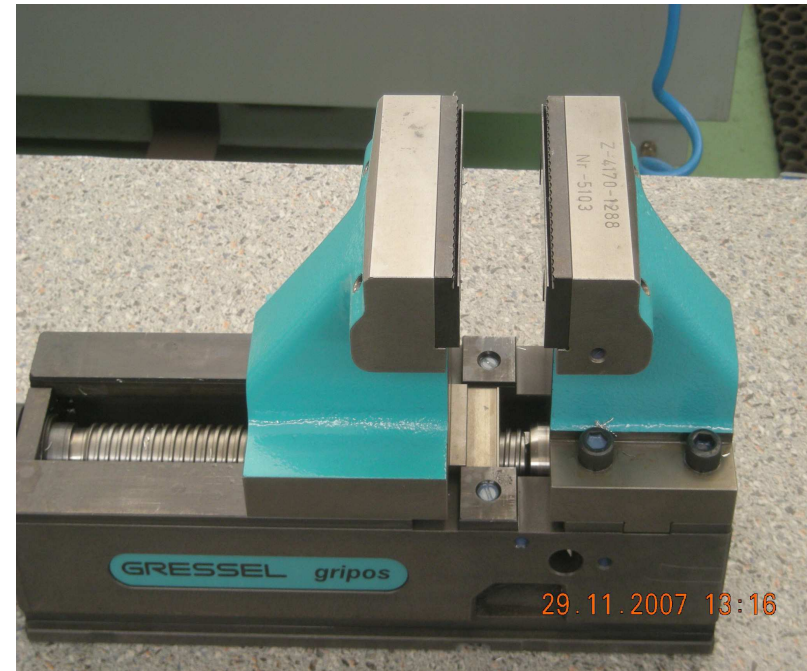
**Obsługa Frezarki CNC
przez robota. Paleta
zawiera 32 detale**

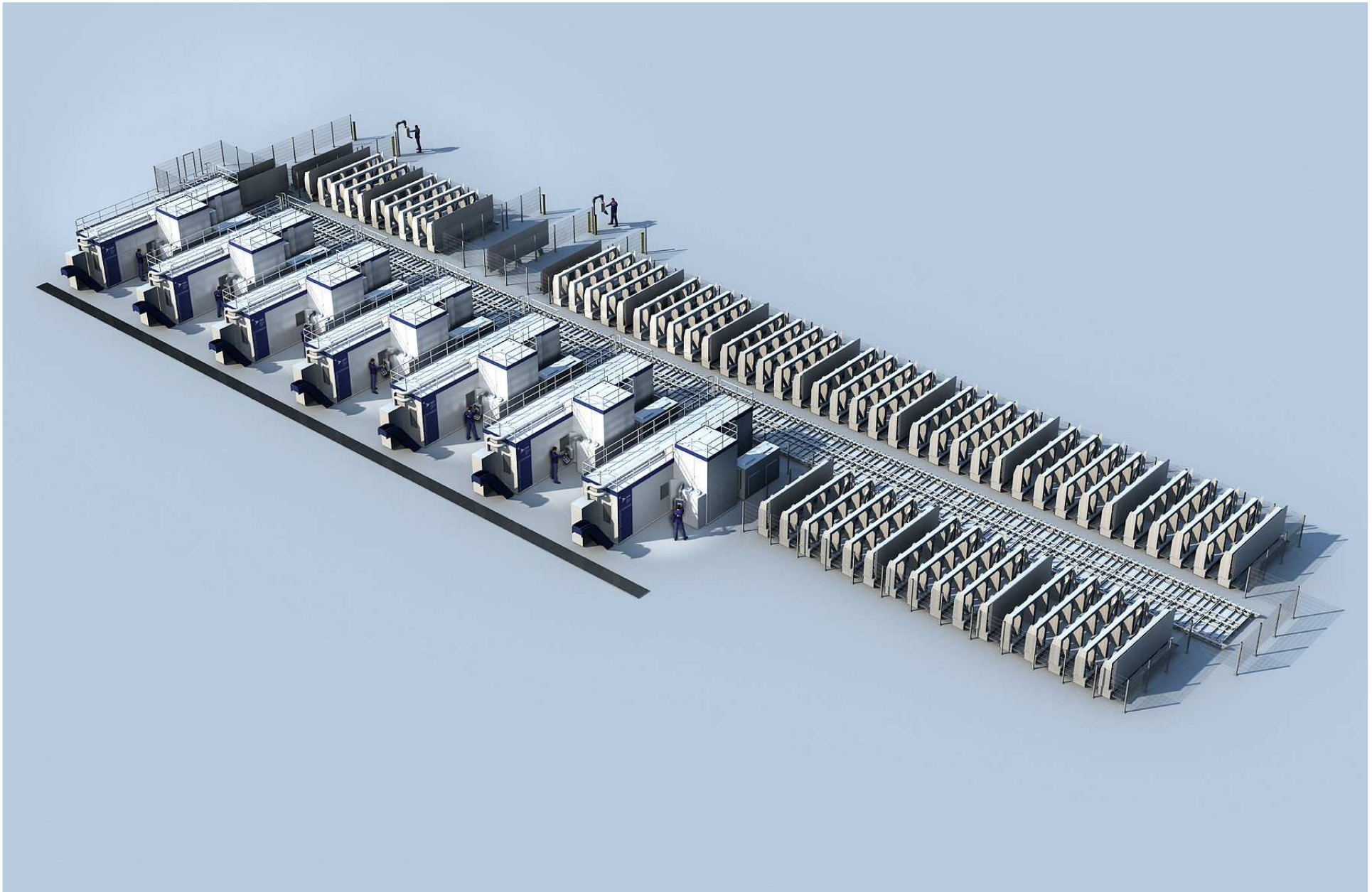
Końcowe rezultaty

- Części są dzielone na rodziny wg odpowiednich metod jak rodzina dla imadeł, (niektóre z tych części tworzą rodzinę części dla ramek)
- **Wdrożenie nowej metody produkcyjnej**

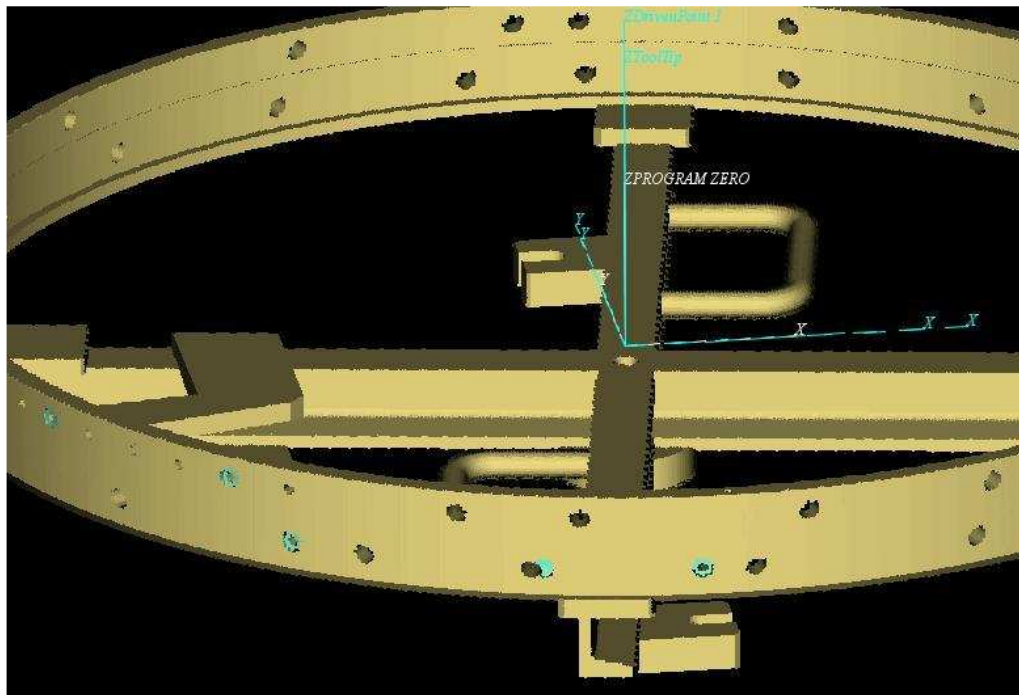


Końcowe rezultaty

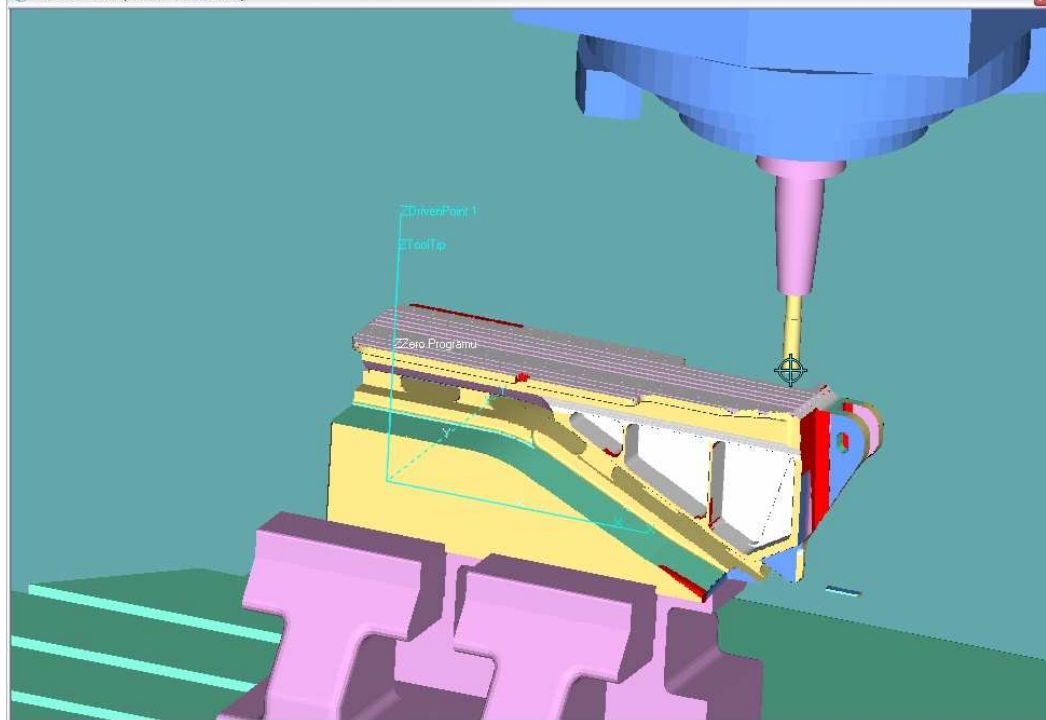
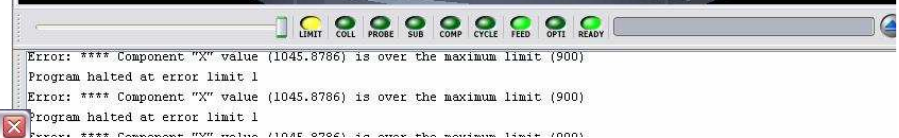
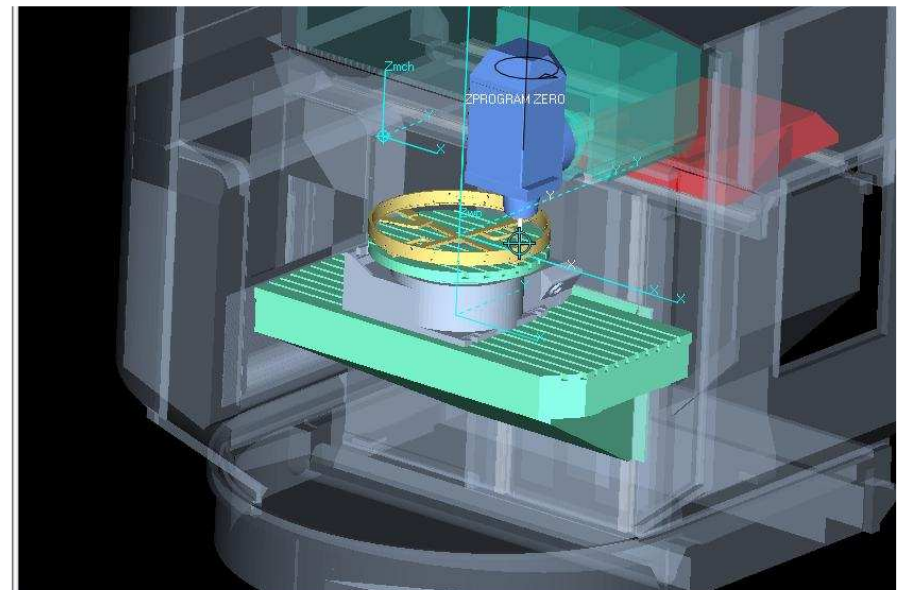




Linia produkcyjna dużych integralnych części airbusa A 350XWB KAI



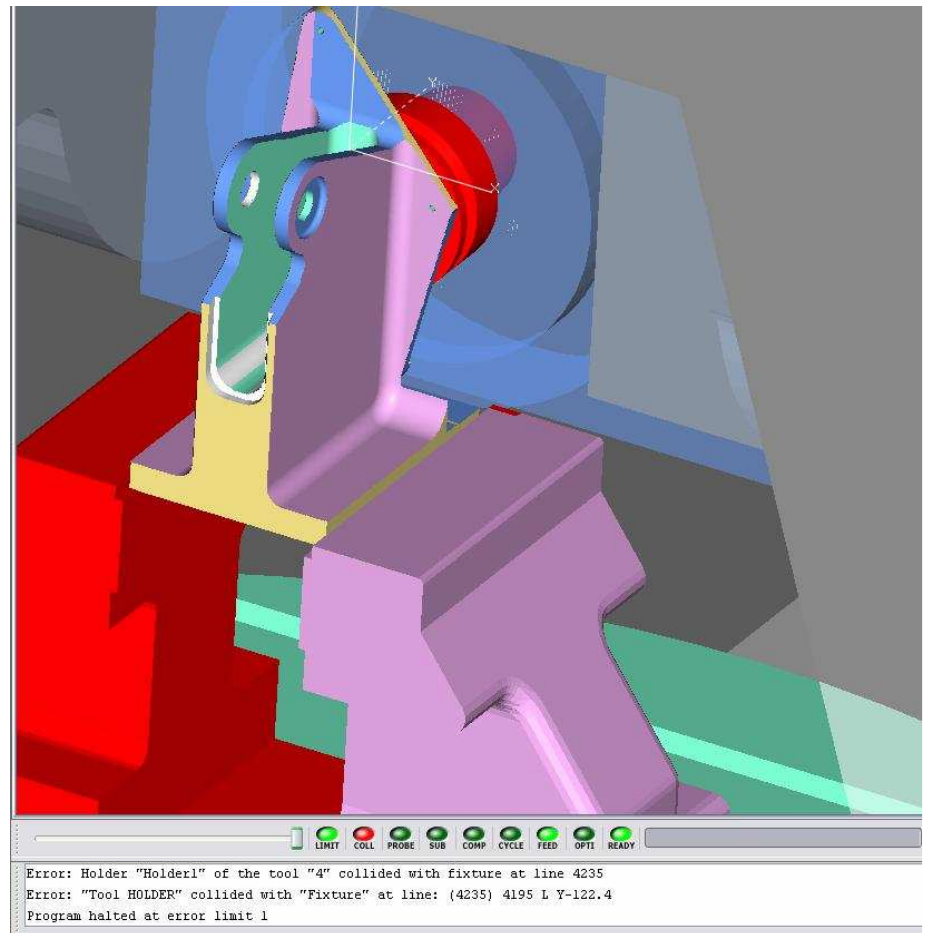
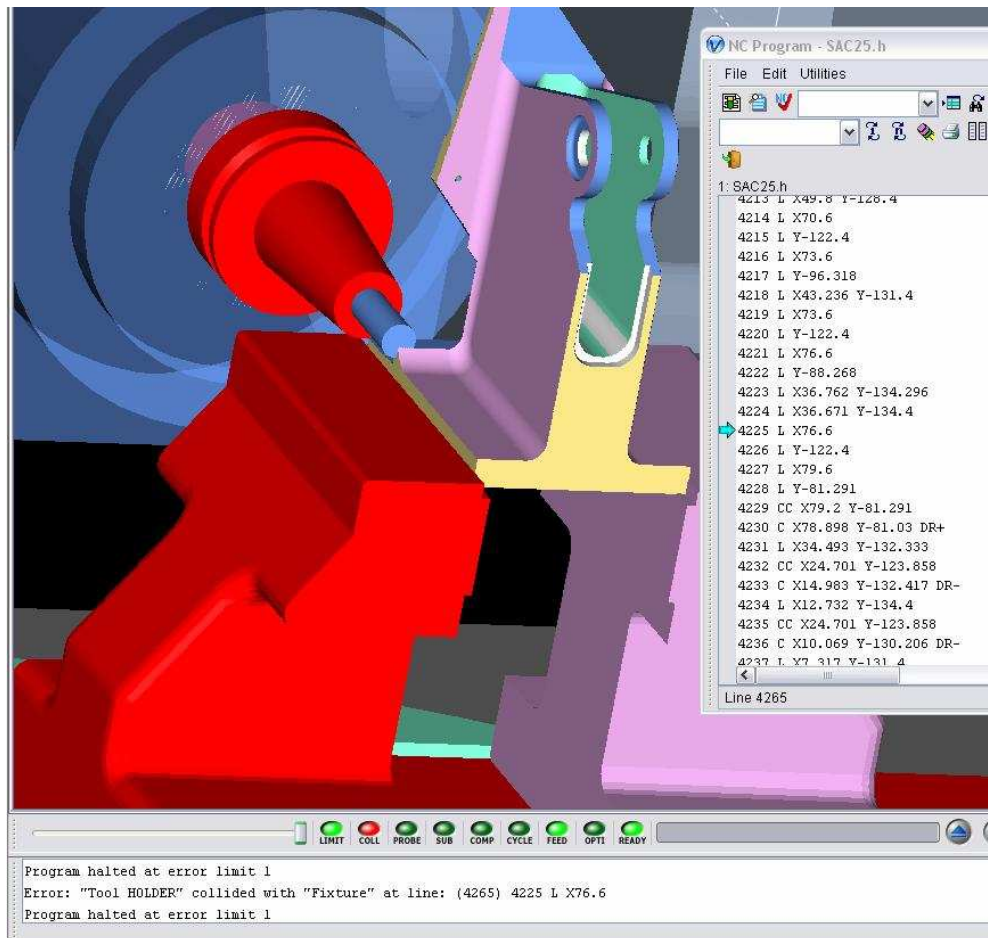
VIEW 1 - Base (Machine/Cut Stock)



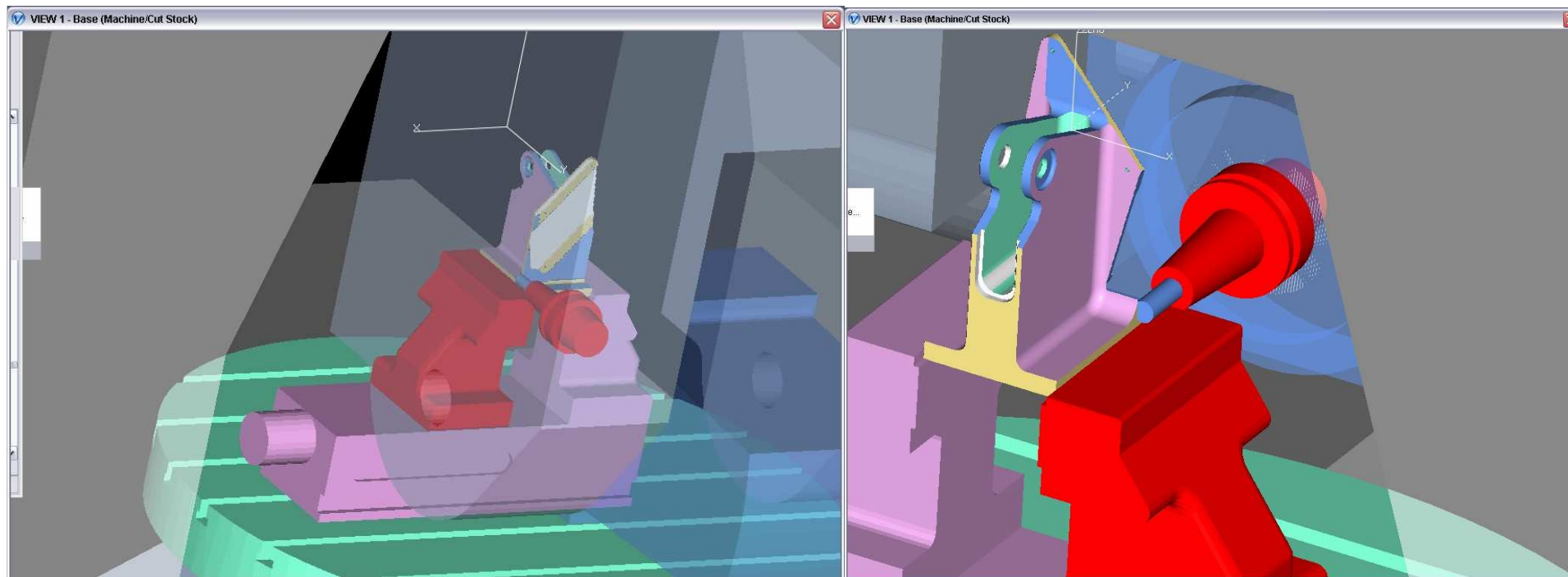
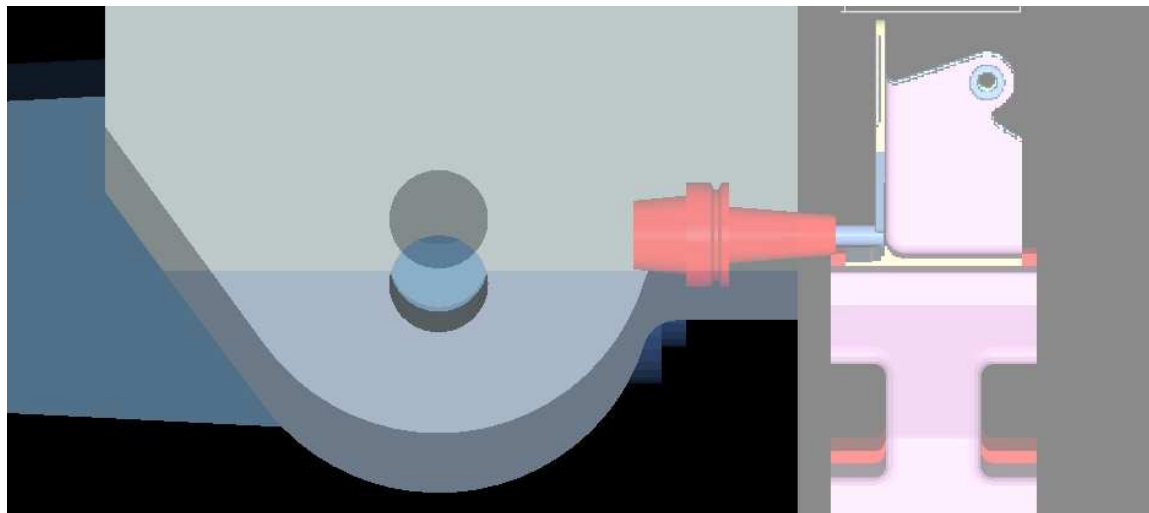
SYSTEM VERICUT

- BŁĘDY PROGRAMU
- PRZEKROCZENIE ZAKRESU
- KOLIZJE
- SZKOLENIE OPERATORÓW CNC
- CELE MARKETINGOWE
- OPTYMALIZACJA PROGRAMU (~25%)

Przykłady kolizji oprawki z imadłem



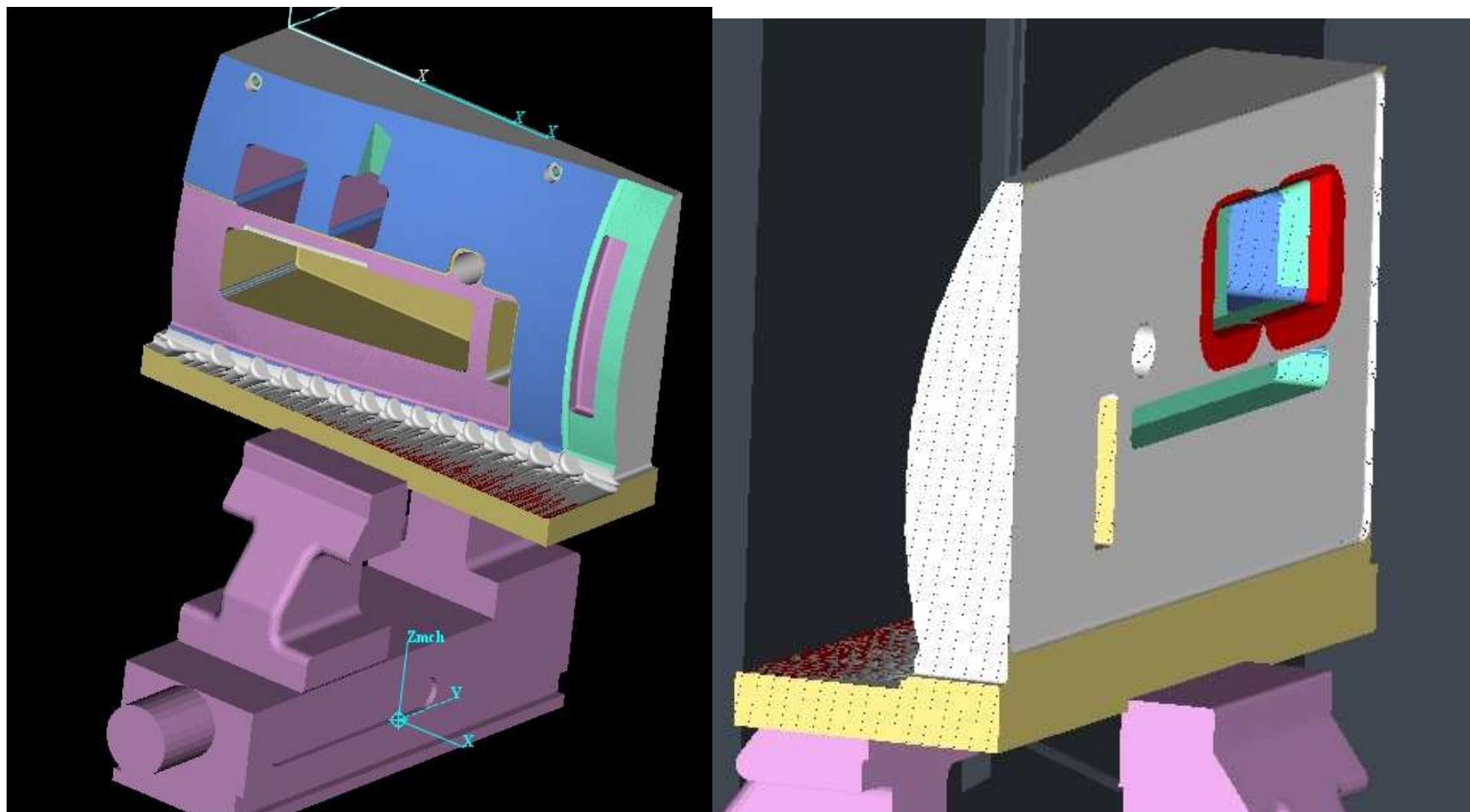
Przykłady kolizji oprawki z imadłem

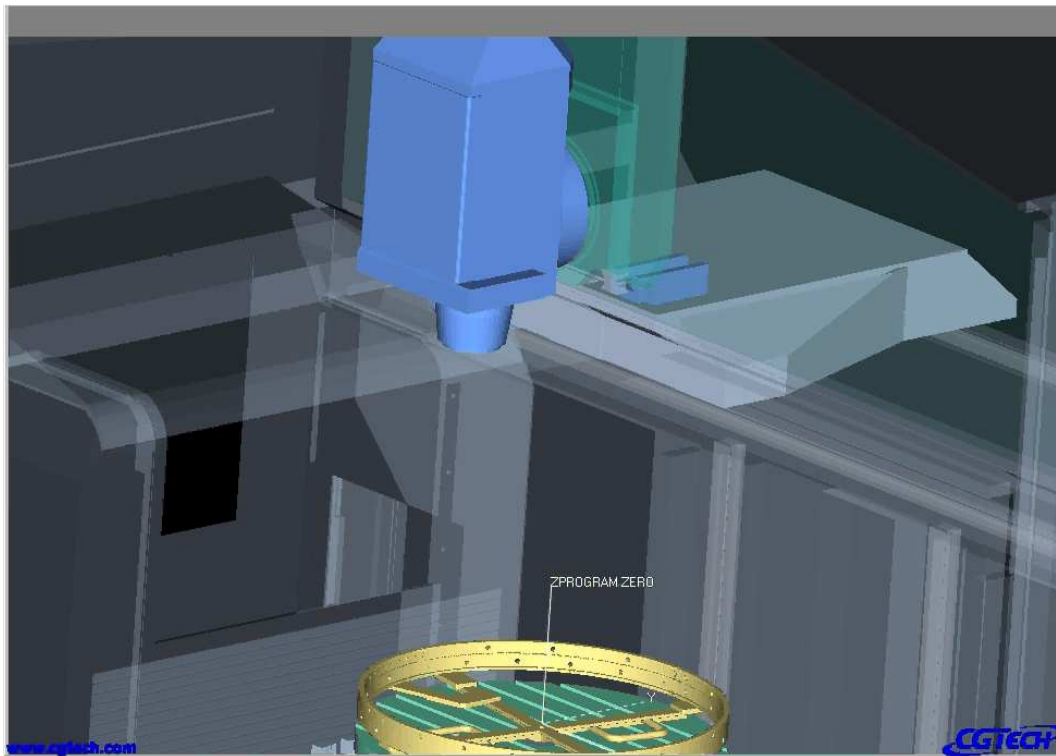


Przykład przekroczenia zakresu przy skręceniu osi



Przykłady kolizji oprawki z materiałem obrabianym i szybkie posuwy wyjazdowe w materiale





**Medal Silesia Toolex
2009
Za najlepszą
technologię**



**I MIEJSCE W OGÓLNOPOLSKIM
KONKURSIE SIMP NA NAJLEPSZE
OSIĄGNIĘCIE TECHNICZNE
UZYSKANE W ROKU 2009**

PZLmielec

POLSKIE ZAKŁADY LOTNICZE

39-300 Mielec ul. Wojska Polskiego 3

tel.: 7887188

e-mail: w_adamski@pzlmielec.com.pl

Dziękuję za uwagę

**LAUREAT
KONKURSU
INNOWACJA ROKU
2008**

