

PZL Mielec
A SIKORSKY COMPANY
Dr inż. Włodzimierz Adamski

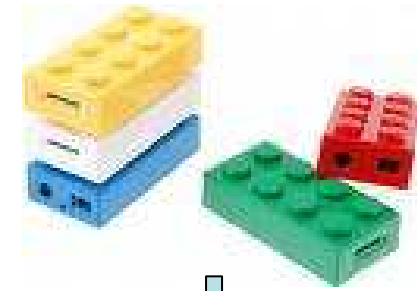
Samolot w Pigułce czyli
Nowoczesne
Technologie Stosowane
w Przemysle Lotniczym

Warszawa Listopad 2011



Agenda

- Jak jest widziany samolot przez poszczególne grupy zawodowe
- Ewolucja procesu projektowania i wykonania samolotu
- Ekonomia w branży lotniczej
- Ekspander sterowany numerycznie
- Zgrzewanie Tarciove z Mieszaniem Friction Stir Welding
- Narzędzia skrawające a ekonomika produkcji
- Przykłady z przemysłu lotniczego
- *Jak wykonać prawidłowo część za pierwszym razem?*
- Dlaczego High Speed Machining HSM?
- Chatter drgania własne
- Optymalne prędkości wrzeciona
- Krzywe „workowe”
- Pomiar drgań w PZL Mielec
- Efekty ze stosowania HSM w PZL Mielec
- Jak dobrać narzędzia aby uzyskać jak największą wydajność
- Wykorzystanie software'u na CNC dla zwiększenia wydajności
- Szerokość skrawania a kąt opasania
- Dodatkowe inne metody optymalizacji
 - Przykłady PZL Mielec i SAAB
- Metoda: Imadło → Ramka → Przyrząd
- Mapowanie Procesu
- Obieg i wykorzystanie modeli CAD/CAM
- Sieć DNC przy obróbce HSM
- Wirtualna obróbka - unikanie kolizji
- Przykłady kolizji oprawki z imadłem
- Przykłady kolizji oprawki z materiałem obrabianym i szybkie posuwy wyjazdowe w materiale



Jak jest widziany samolot przez poszczególne grupy zawodowe



KIEDYŚ BYŁO

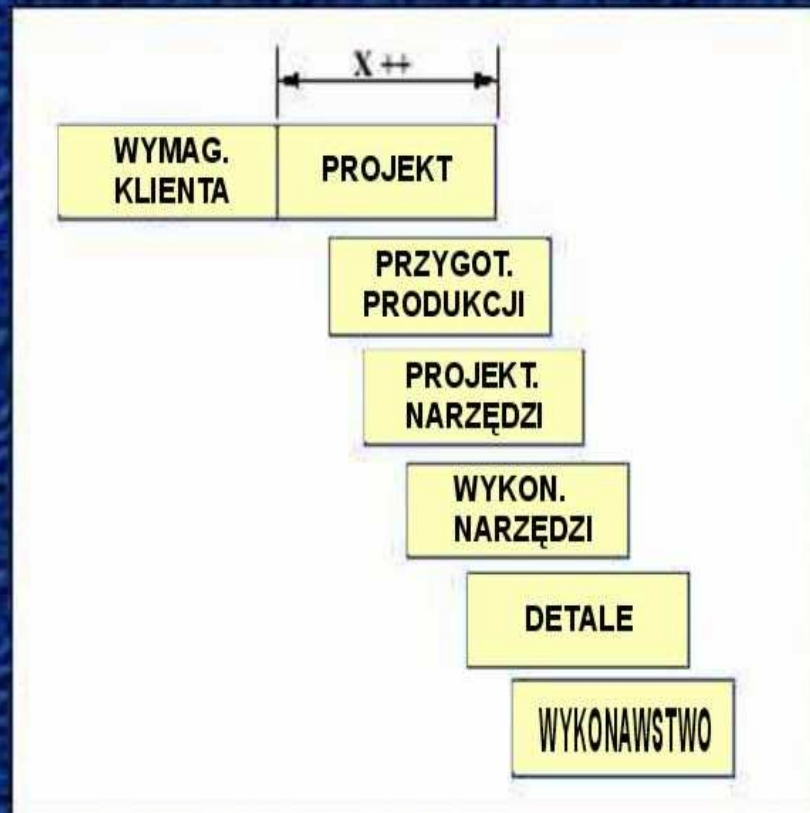


NASTĘPNIE



- * PROCES SZEREGOWY
- * DZIAŁANIA FUNKCJONALNE
- * WYSOKIE CZASY REALIZACJI CYKLU
- * DOMINUJE WYDAJNOŚĆ I MASOWOŚĆ PRODUKCJI
- * KOSZTOWNE/CZASOCHŁONNE DZIAŁANIA ZMIERZAJĄCE DO

OBECNIE



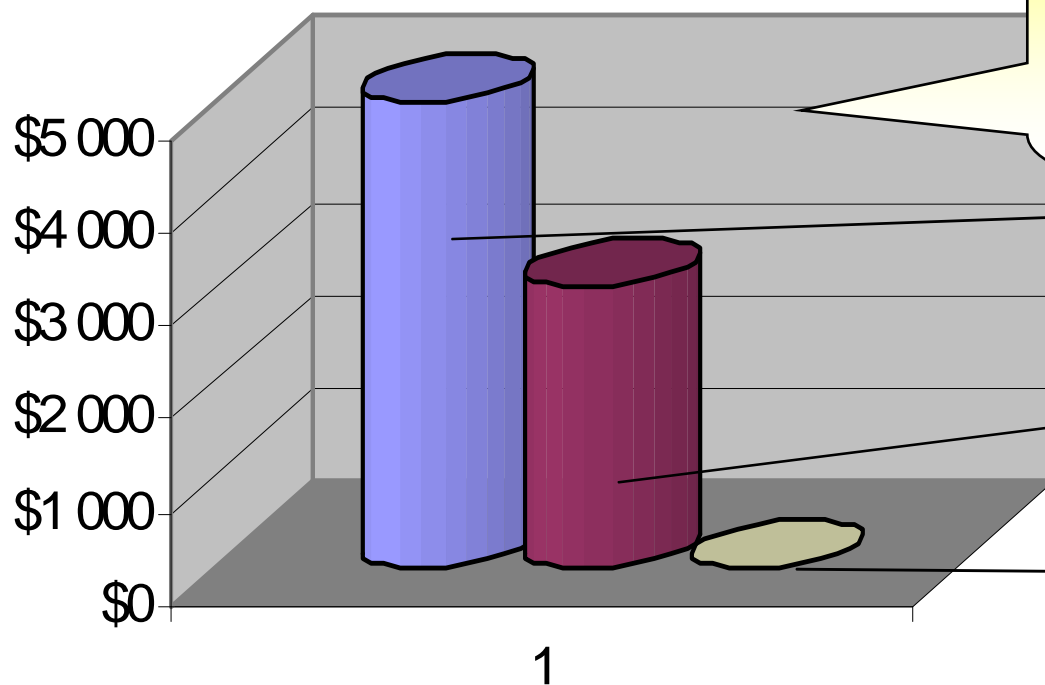
- * PROCES SZEREGOWY
- * DZIAŁANIA SKUPIONE NA PROJEKCIE
- * REDUKCJA CZASÓW REALIZACJI CYKLU
- * DOMINUJE WYDAJNOŚĆ I MASOWOŚĆ PRODUKCJI
- * KOSZTOWNE/CZASOCHŁONNE DZIAŁANIA ZMIERZAJĄCE DO OPTIMALIZACJI PRODUKTU

- * PROCES RÓWNOLEGŁY
- * WSPÓLNIE ROZMIESZCZONE ZESPOLY SKUPIONE NA PRODUKCIE
- * SILNIE ZREDUKOWANY CAŁKOWITY CZAS TRWANIA CYKLU (>50%) PRZY WZROŚCIE NATĘŻENIA FUNKCJONALNOŚCI
- * PRODUKT JEST ZOPTYMALIZOWANY POD WZGLĘDEM KOSZTÓW, MASOWOŚCI ORAZ WYDAJNOŚCI
- * PROJEKTOWANIE POPRZEZ MODELOWANIE 3D

Ekonomia 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 \$

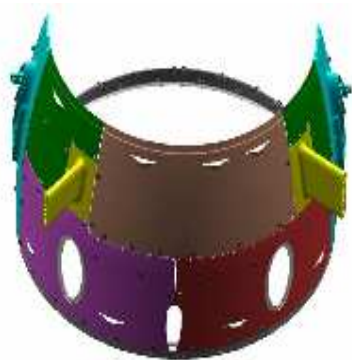
Produkcja lotnicza na tle produkcji samochodowej

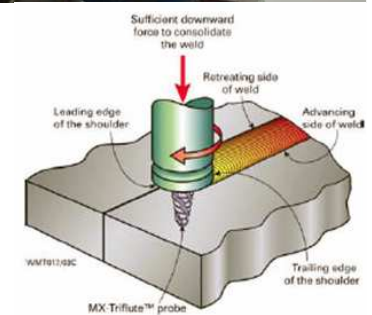


Na ten jeden kilogram masy wyrobu składa się praca wielu naukowców, inżynierów, techników i wybitnych specjalistów warsztatowych. Te wskaźniki wyraźnie pokazują na który przemysł **strategicznie w Polsce należy kłaść nacisk**

- 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

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



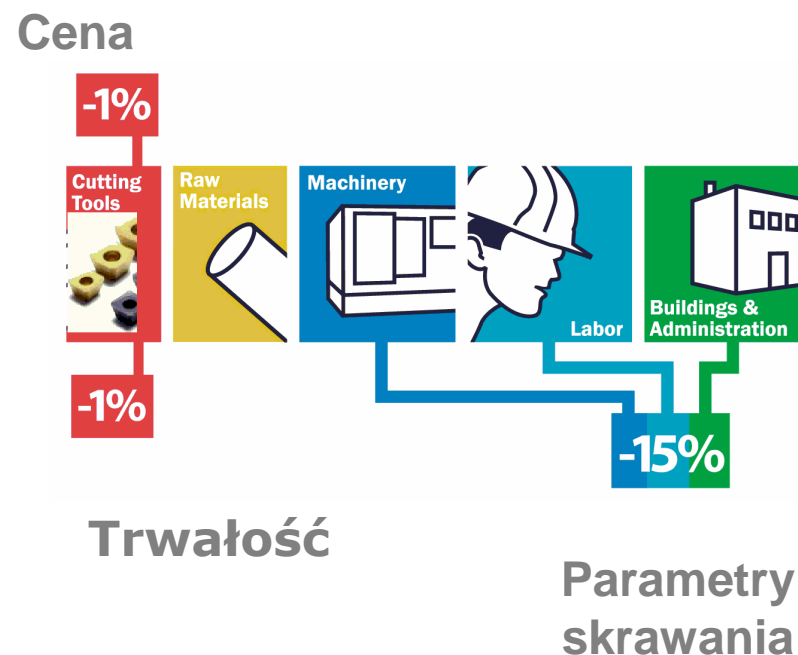


Friction Stir Welding

Zgrzewanie Tarciove z Mieszaniem

Jak narzędzia skrawające mogą w znaczny sposób wpłynąć na ekonomikę produkcji ?

- **30% obniżki ceny narzędzia** redukuje koszt elementu o **1%**
- **50% wzrost trwałości ostrza**
- redukuje koszt elementu o **1%**
- **20% wzrost parametrów skrawania**
- redukuje koszt elementu o **15%**



Helicopter I

ENGINEERING YOUR COMPETITIVE EDGE



K25M
25" face mill



FK2E
helical end mill



Sikorsky

A United Technologies Company



Material
2714 Ti-6Al-4V



KSM face and copy mill

Steel carbide button head
mounted in a head drive adaptor



Brass monoblock
finishing mill
Ø 20 mm with cutting edge length of
250 mm with 2-1/2 x 6



MultiDeep
Variable milling tool
with AT20 face and copy mills

5 x D indexable drill



Reaming tools
with modular interchangeable
reaming heads mounted in
a hydraulic expansion chuck



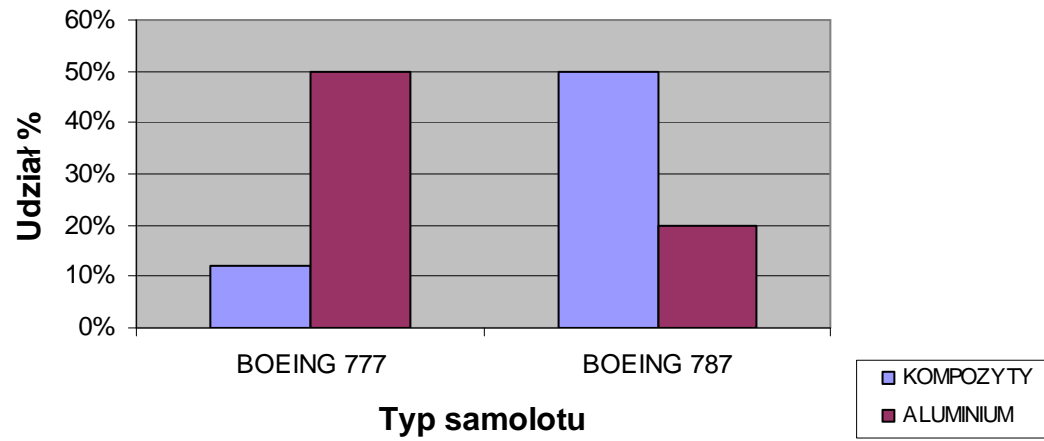
Side and
3 cutting edges

25.02.2008 09:20

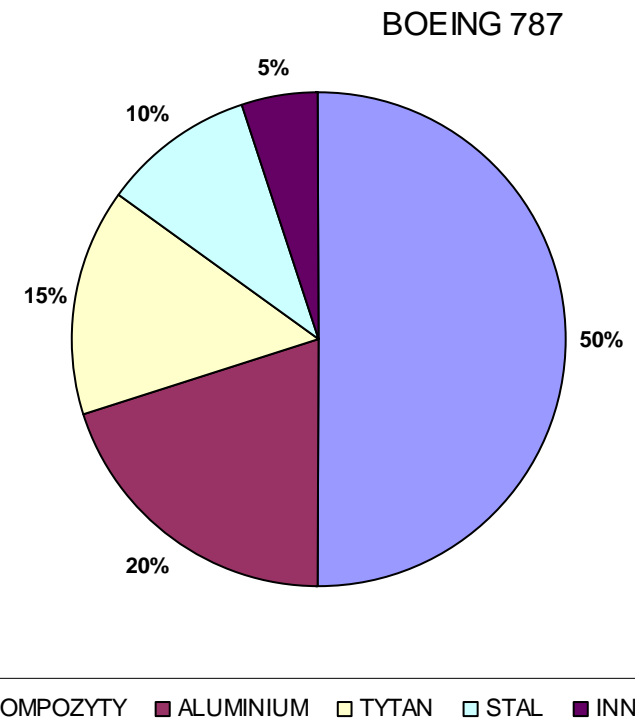


Przykłady części lotniczych

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



Materiały w lotnictwie wczoraj i dziś





HSM uczynił, że 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 **dniach**.



Photo courtesy Boeing.

Kłapa podwozia głównego samolotu transportowego **C-17** wcześniej była zrobiona jako zespół z części wykonanych z profili i blach. Dzięki technologii **HSM** można było wykonać jako **jedną część** na obrabiarce sterowanej numerycznie. Całkowity czas obróbki wyniósł ~ **12 godzin**.

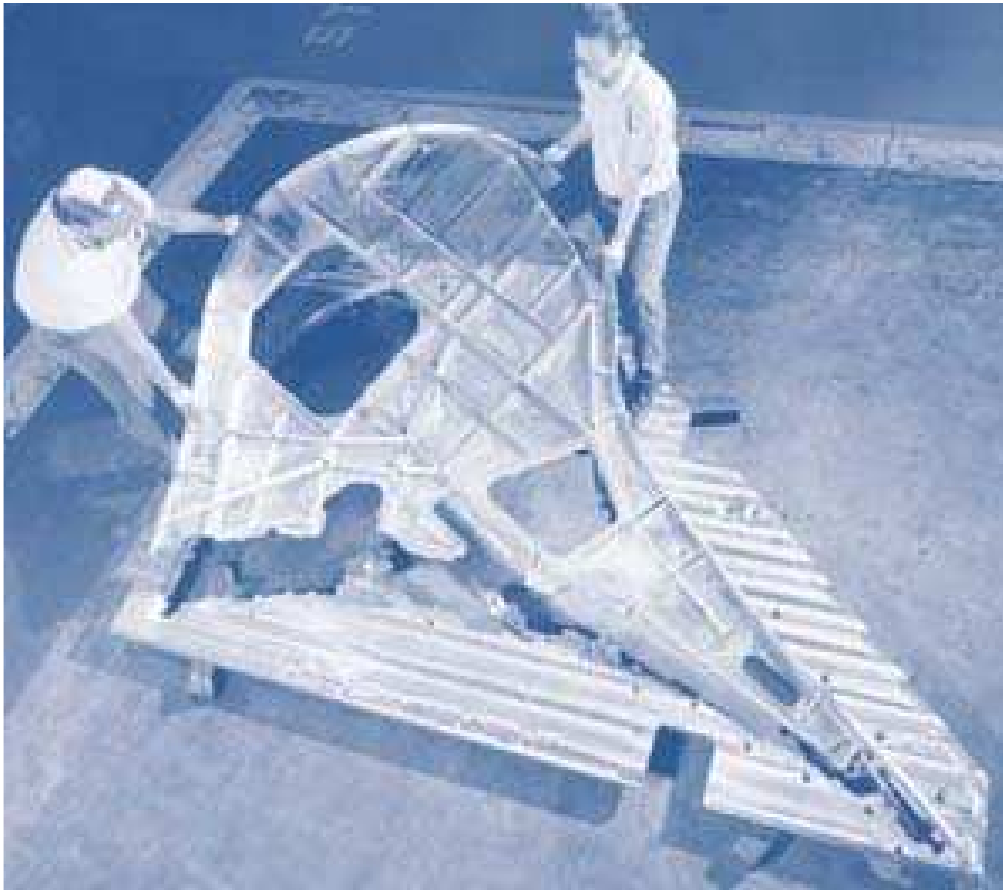
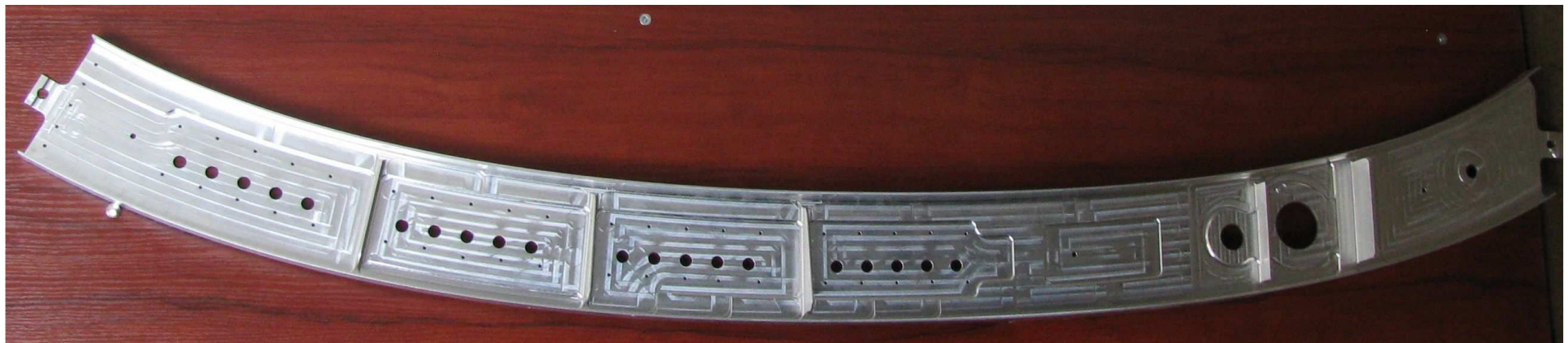


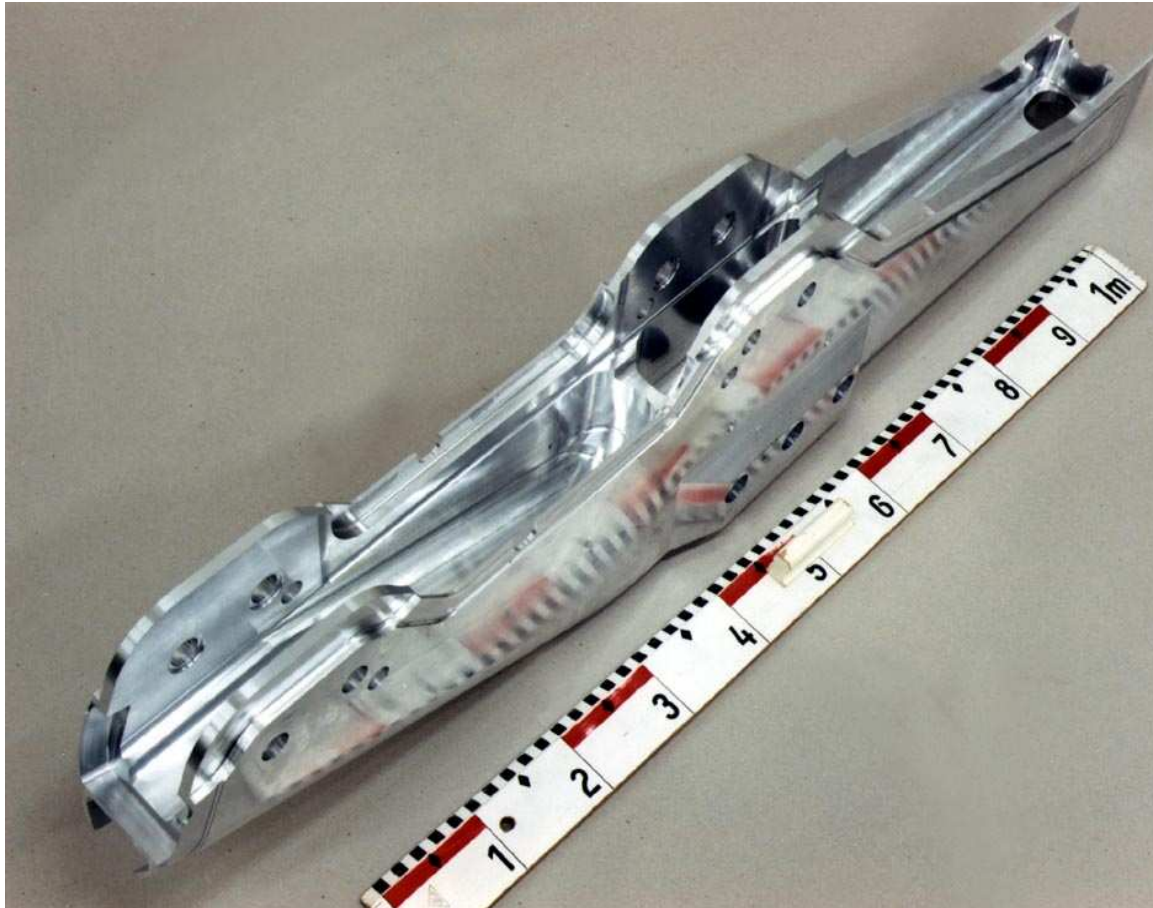
Photo courtesy Boeing

Obróbka skrawaniem wręgi z jednego elementu **redukuje** znacznie jej ciężar. Poprzednie rozwiązanie tej wręgi polegało na jej **zmontowaniu** z **20** części. Jej integralna wersja pozwoliła **zmniejszyć ciężar** o **80%** niż istniejąca wersja jako zespół montażowy. Ta wręga jest częścią struktury zespołu bagażowego kadłuba samolotu.



High Speed Machining Al.

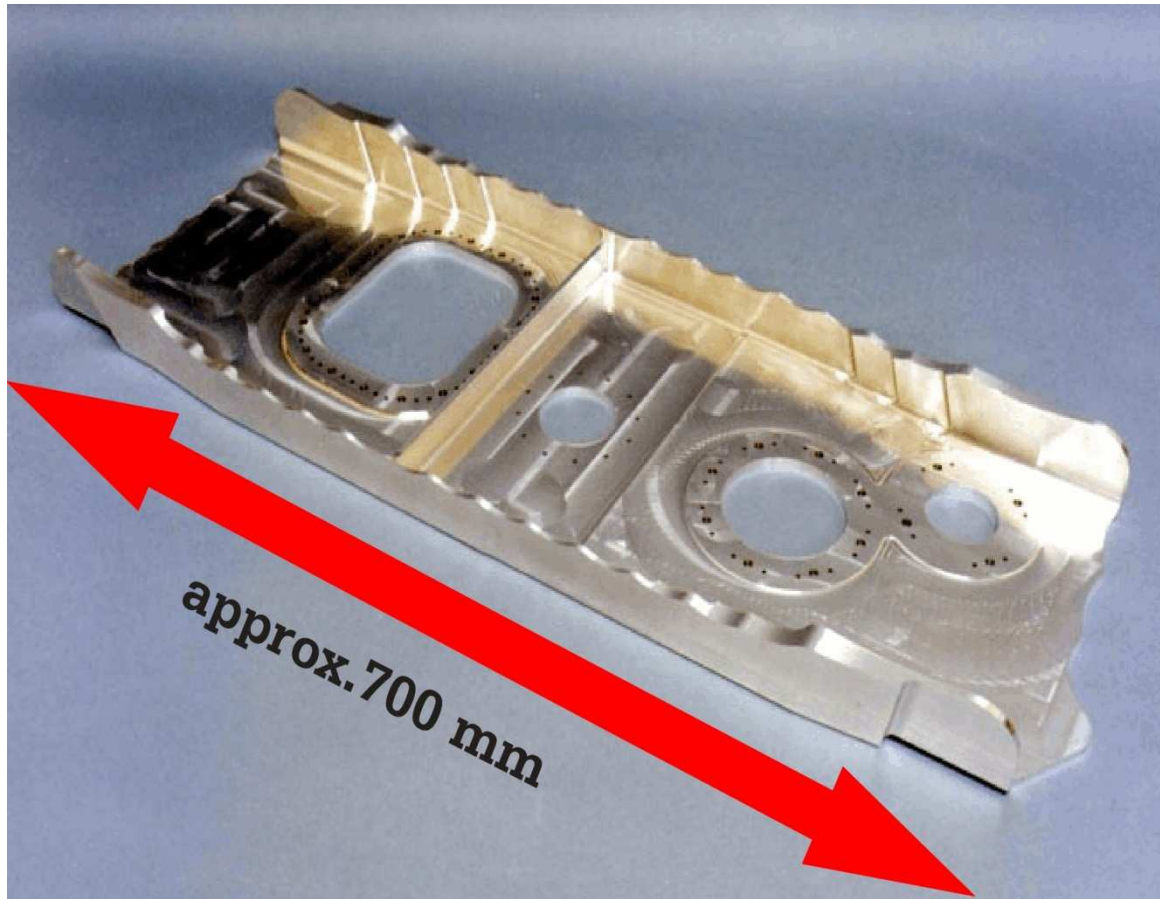
Podwieszenie uzbrojenia - F-16 Falcon



- Poprzedni czas obróbki:
17 h na 7 maszynach
- Obecnie
Czas obróbki:
3.45 h na 1 STC-1000
- 4.9 razy szybciej
- Material: Al

High Speed Machining

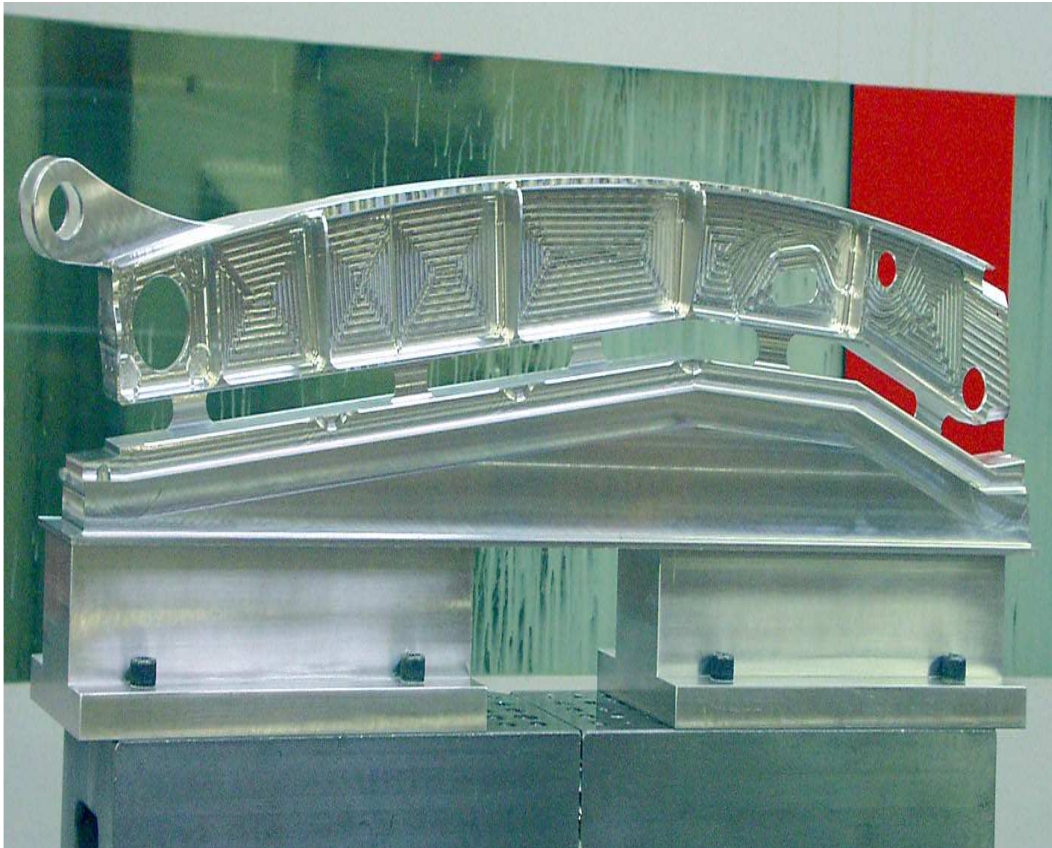
Żebro dla A 400 M



- Bardzo cienkie ścianki
- Ścianki są „pochylone”
- Usuwanych jest ponad **90%** wiórów
- Obróbka wolna od drgań
- Do 7000 cm³ objętości wiórów

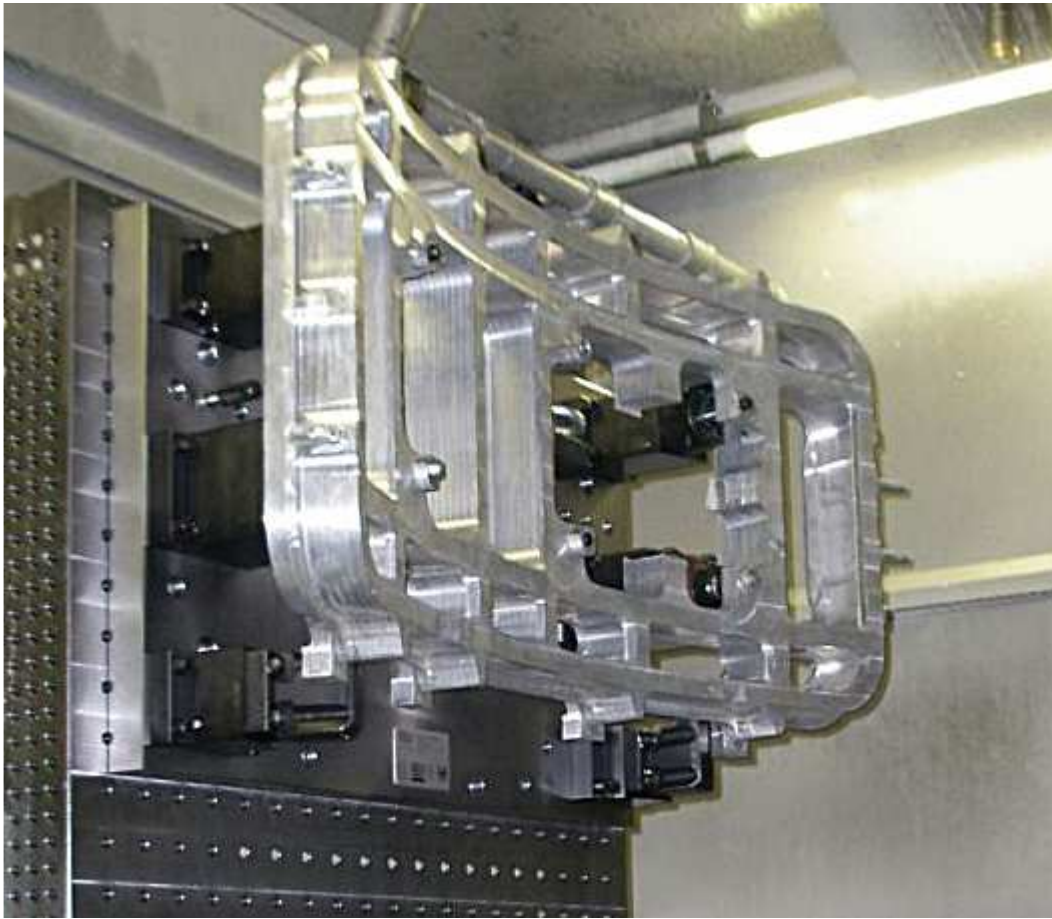
High Speed Machining - AL

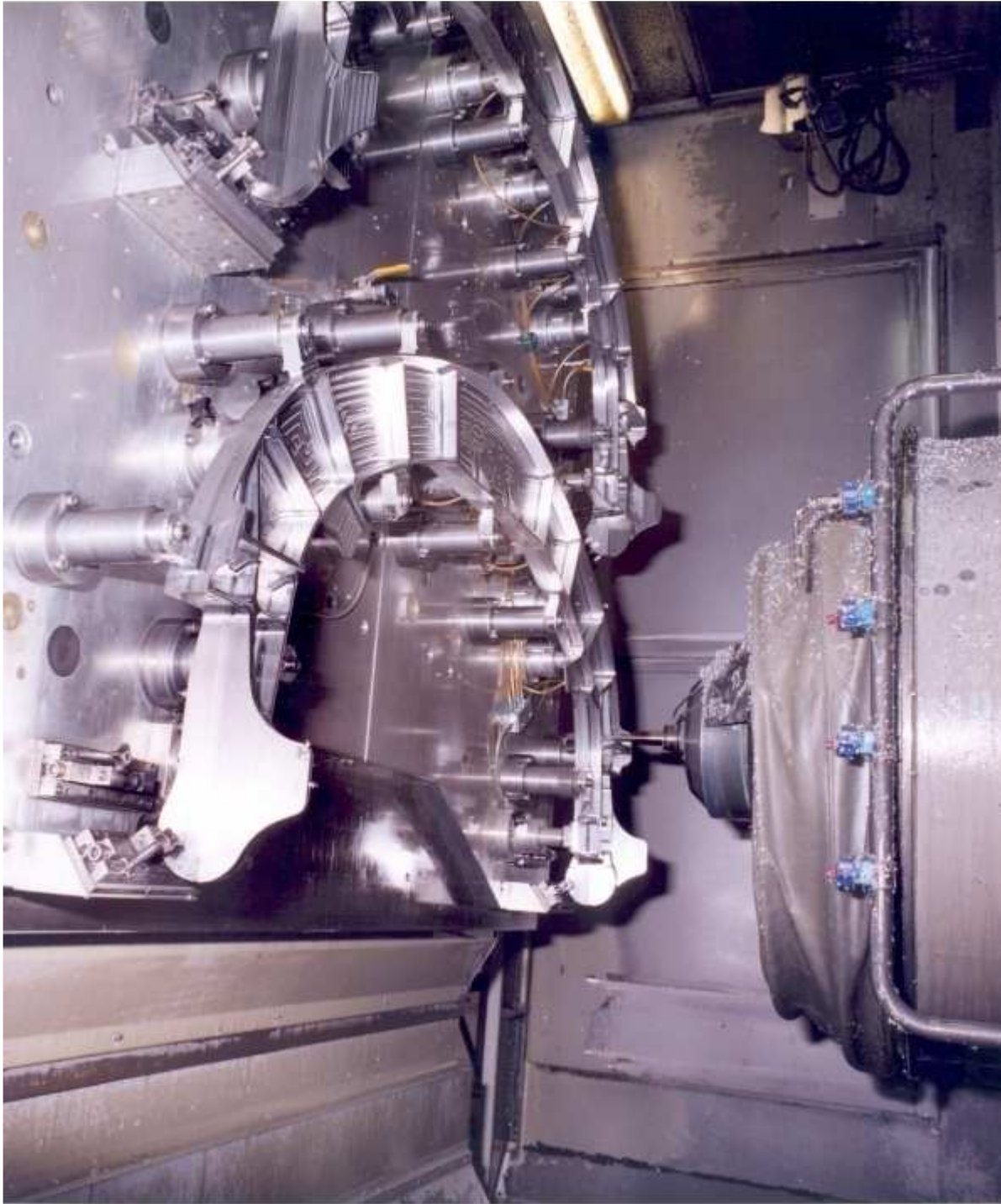
Wszystko w jednym zamocowaniu



- Wymiary 795 x 181 x 99 mm
- Grubość: 1 - 6 mm
- Ciężar przed: 46 kg
- Ciężar po: 1.43 kg
- Czas wykonania: ~120 min.

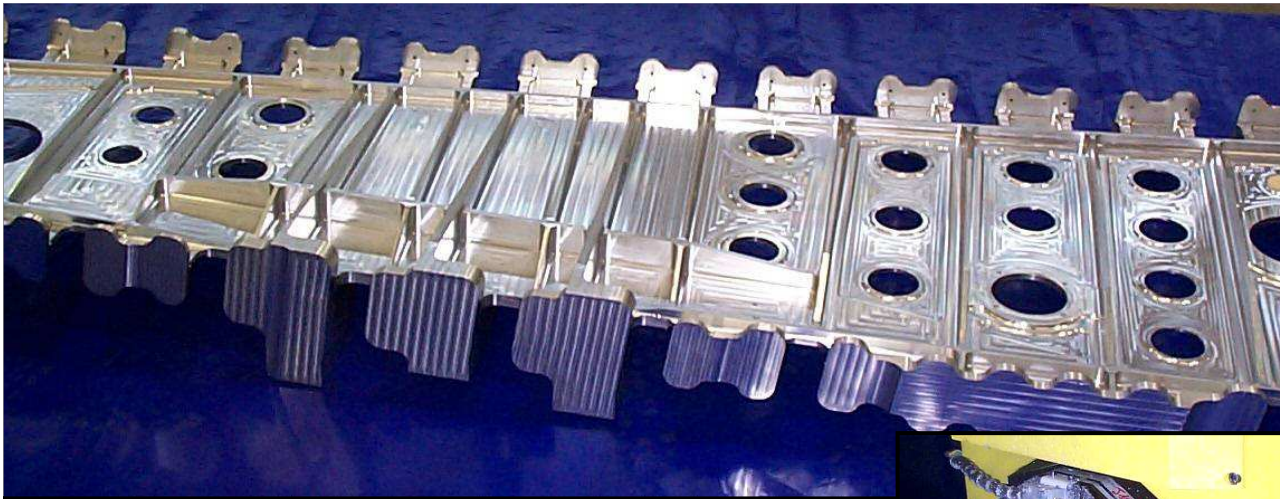
High Speed Machining Al





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

KAI Korea Aerospace Industries



Czas obróbki:

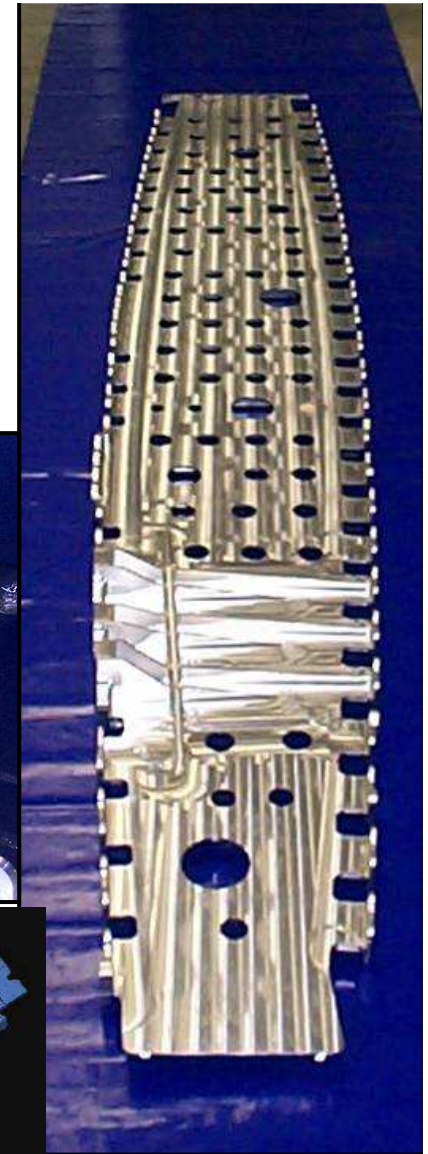
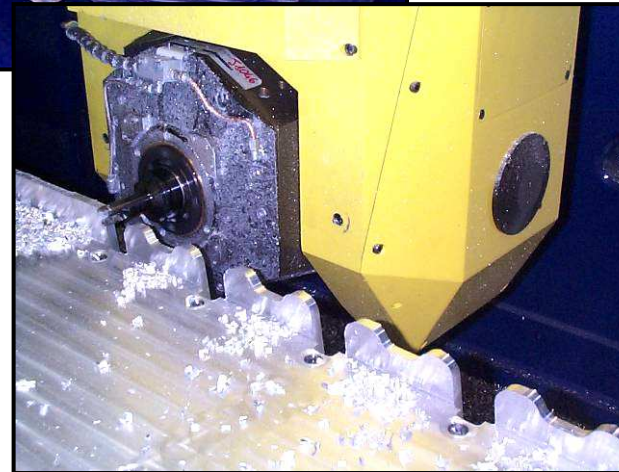
9h36' obecnie

Vs

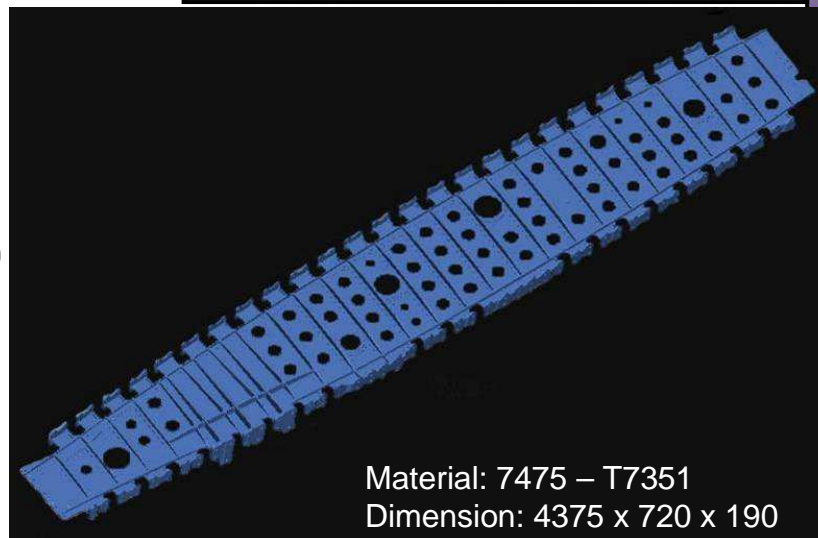
Wcześniej 23h

Waga półfabrykatu: **1687 Kg**

Waga po obróbce : **56 Kg**



Airbus A340-600



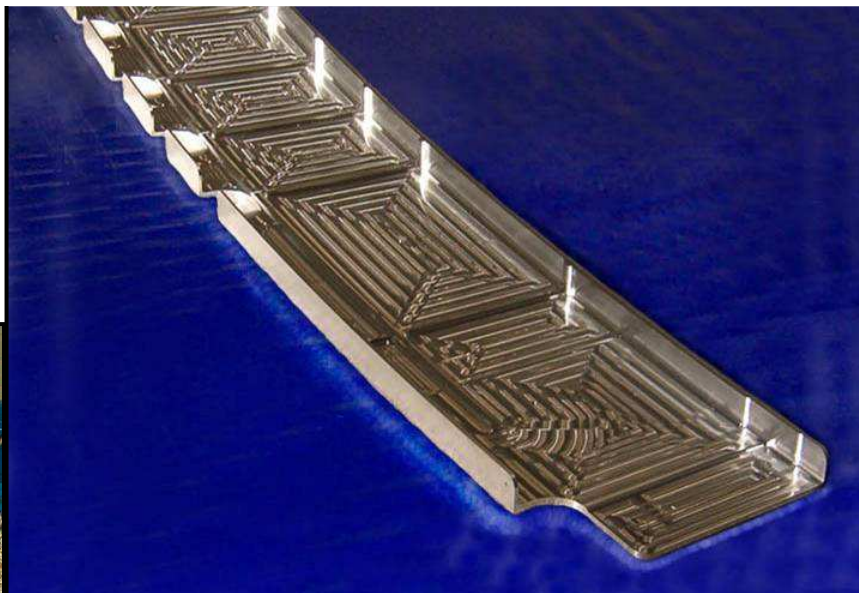
Material: 7475 – T7351
Dimension: 4375 x 720 x 190

Czas obróbki:

3h09'

Waga przed obróbką: 289 Kg

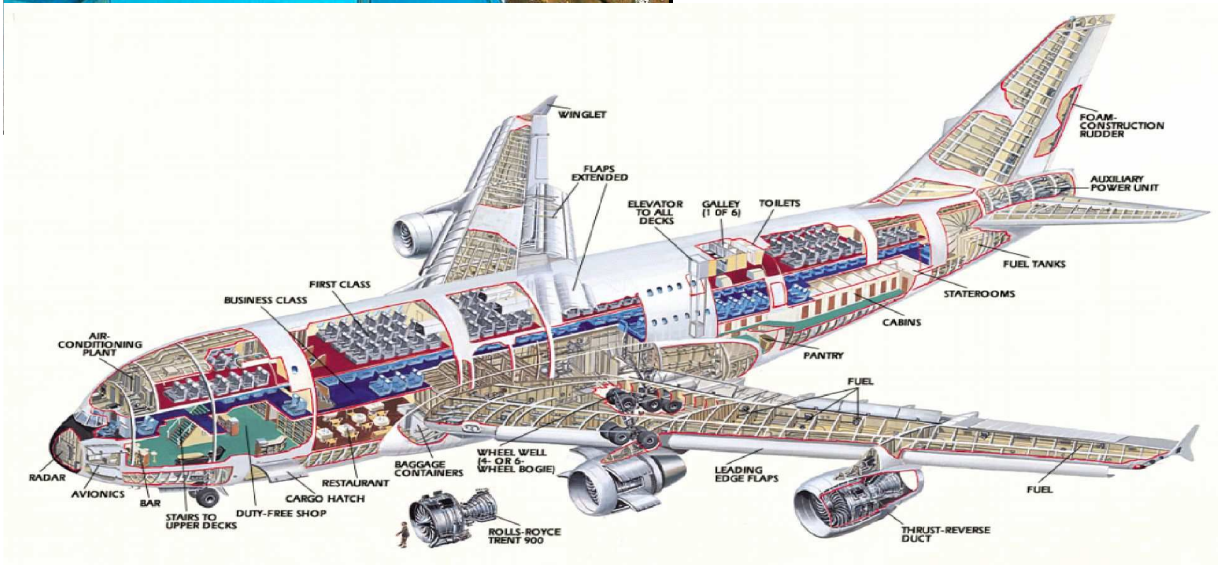
Waga po obróbce : 12,3Kg



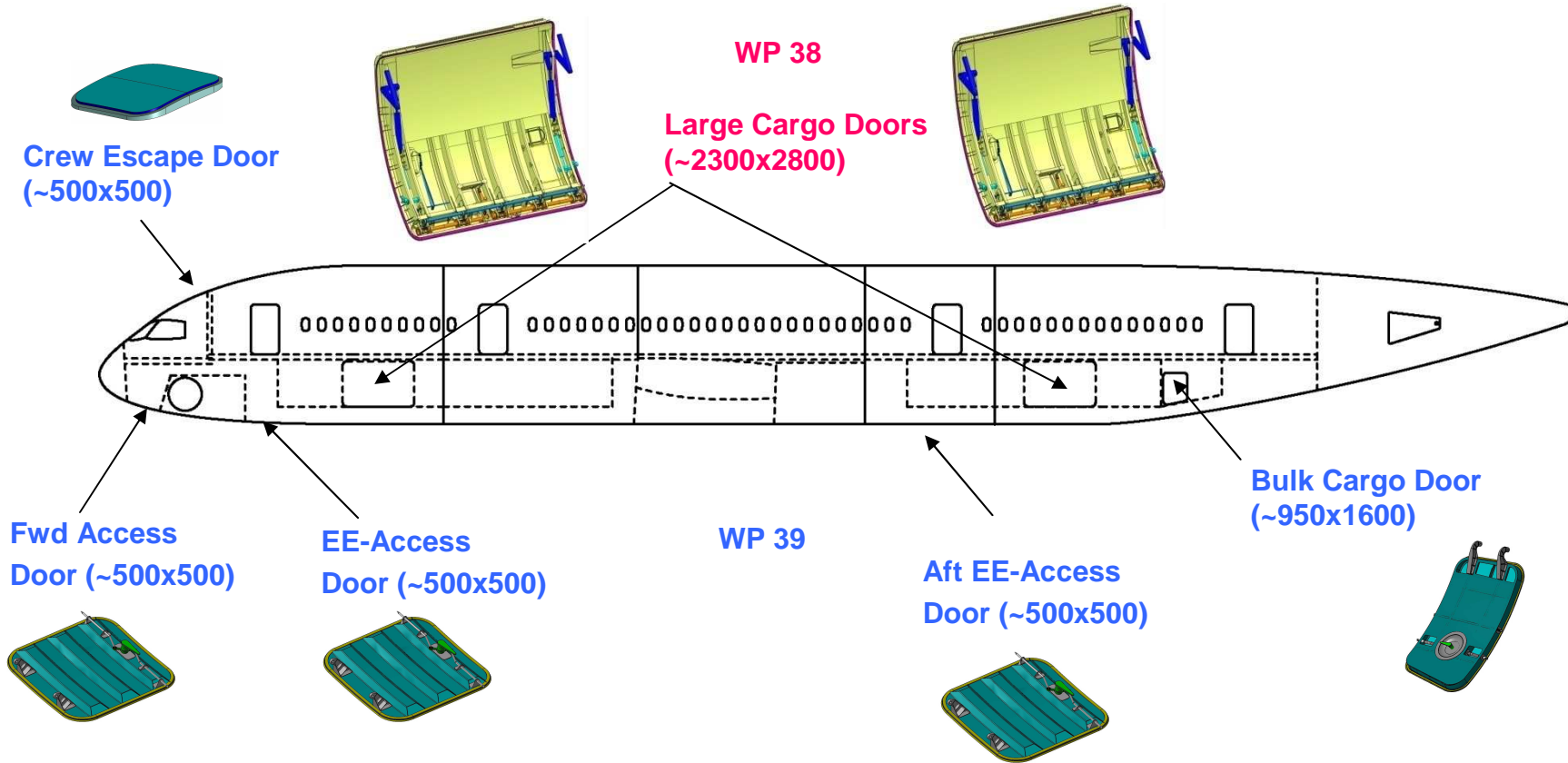
Przykład

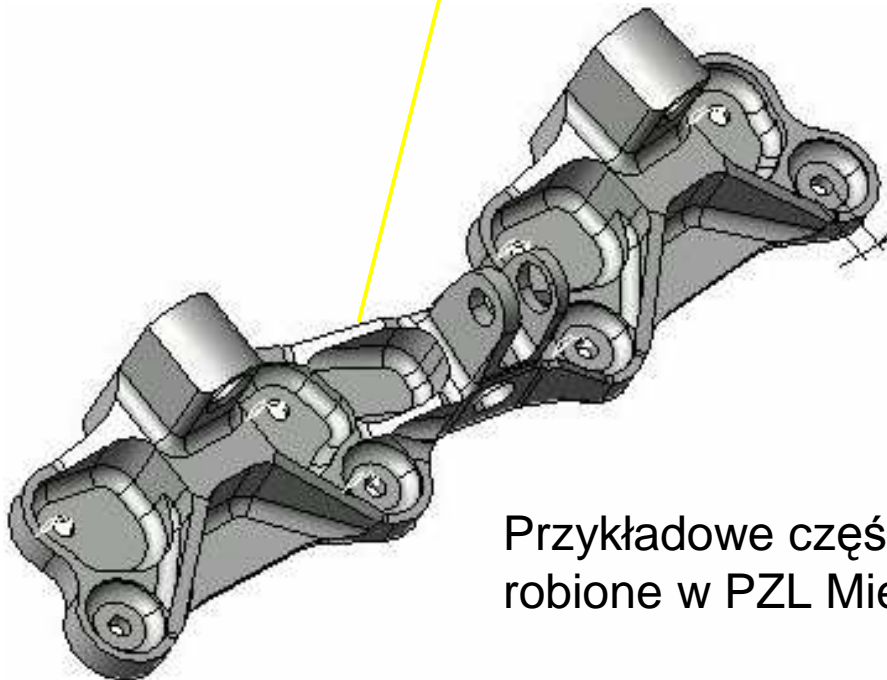
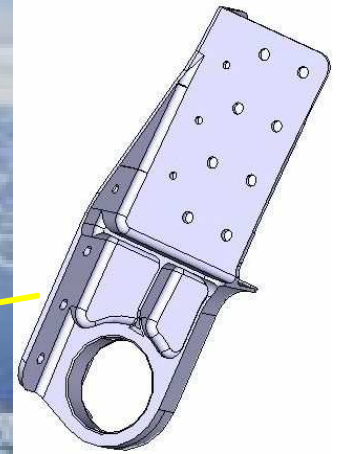


wręgi: A380



Boeing 787 Dreamliner

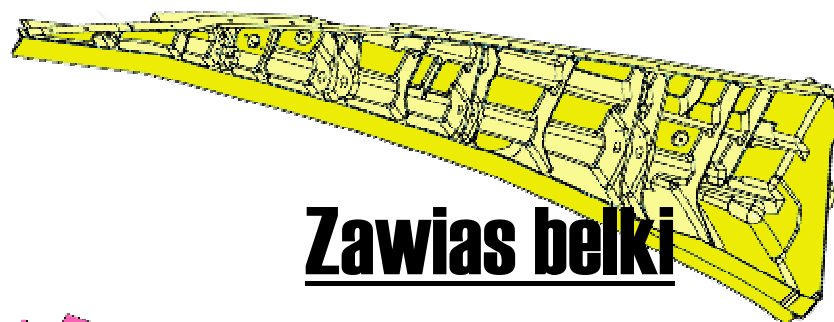
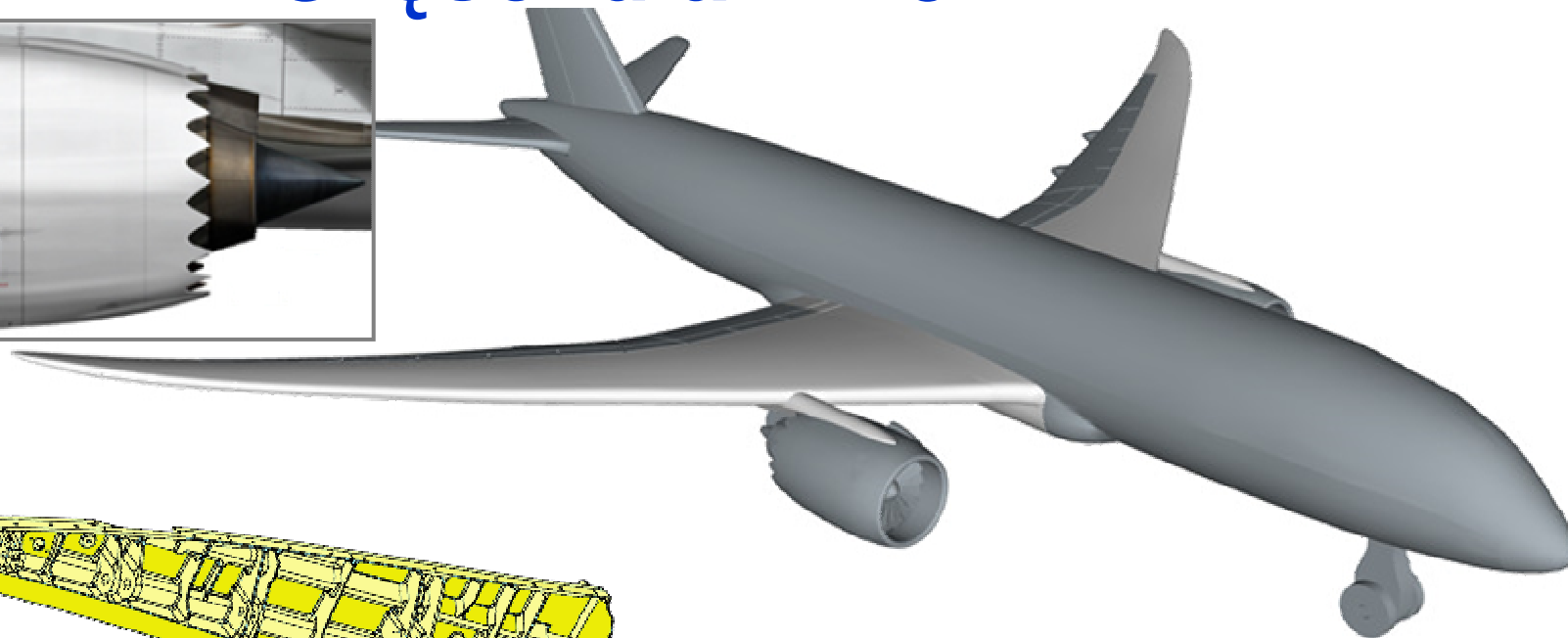




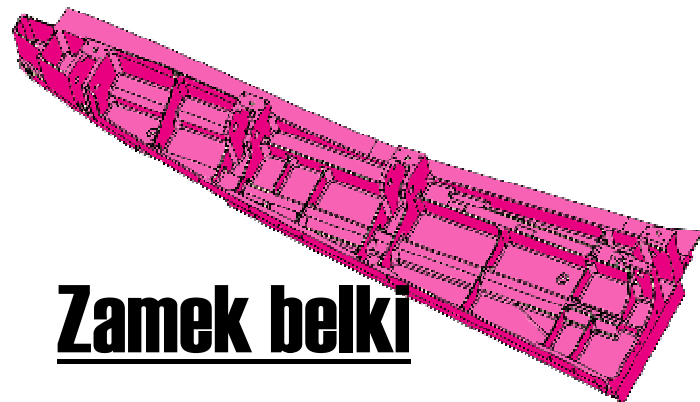
Przykładowe części
robione w PZL Mielec



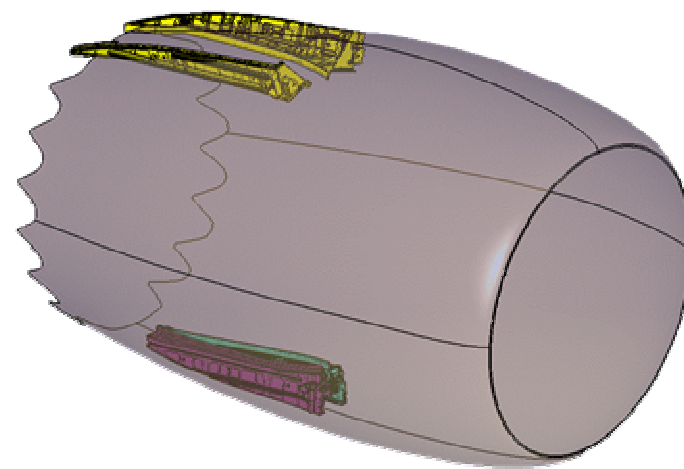
Części dla B 787



Zawias belki



Zamek belki



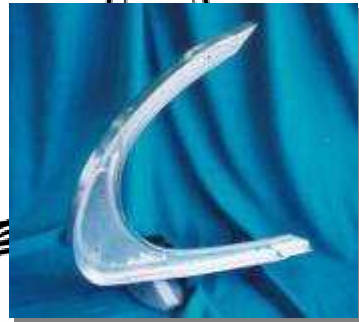
Odpowiadające zdjęcie B 787



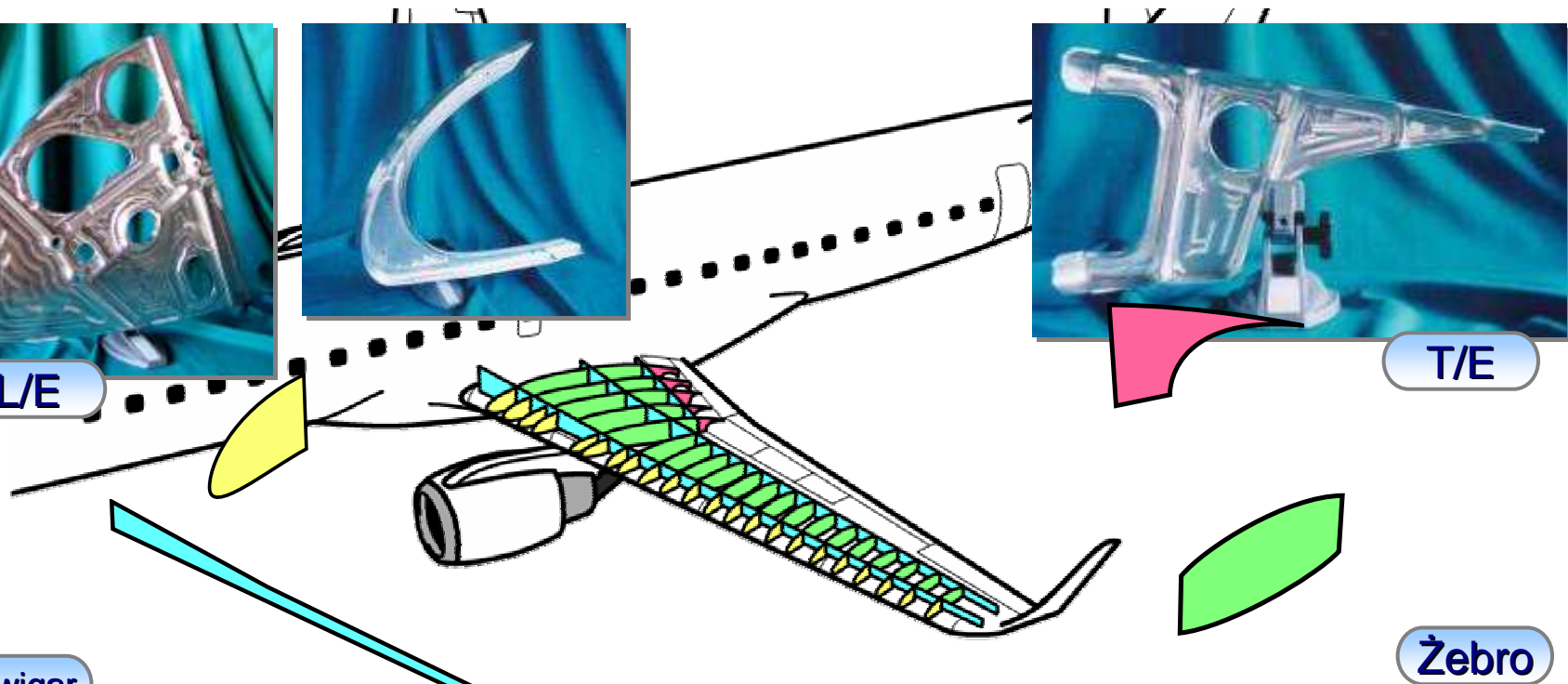
Części wykonywane na CNC 5-Axis



L/E



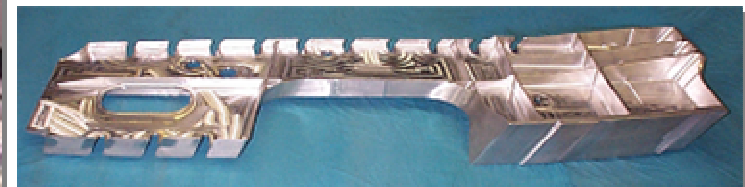
T/E



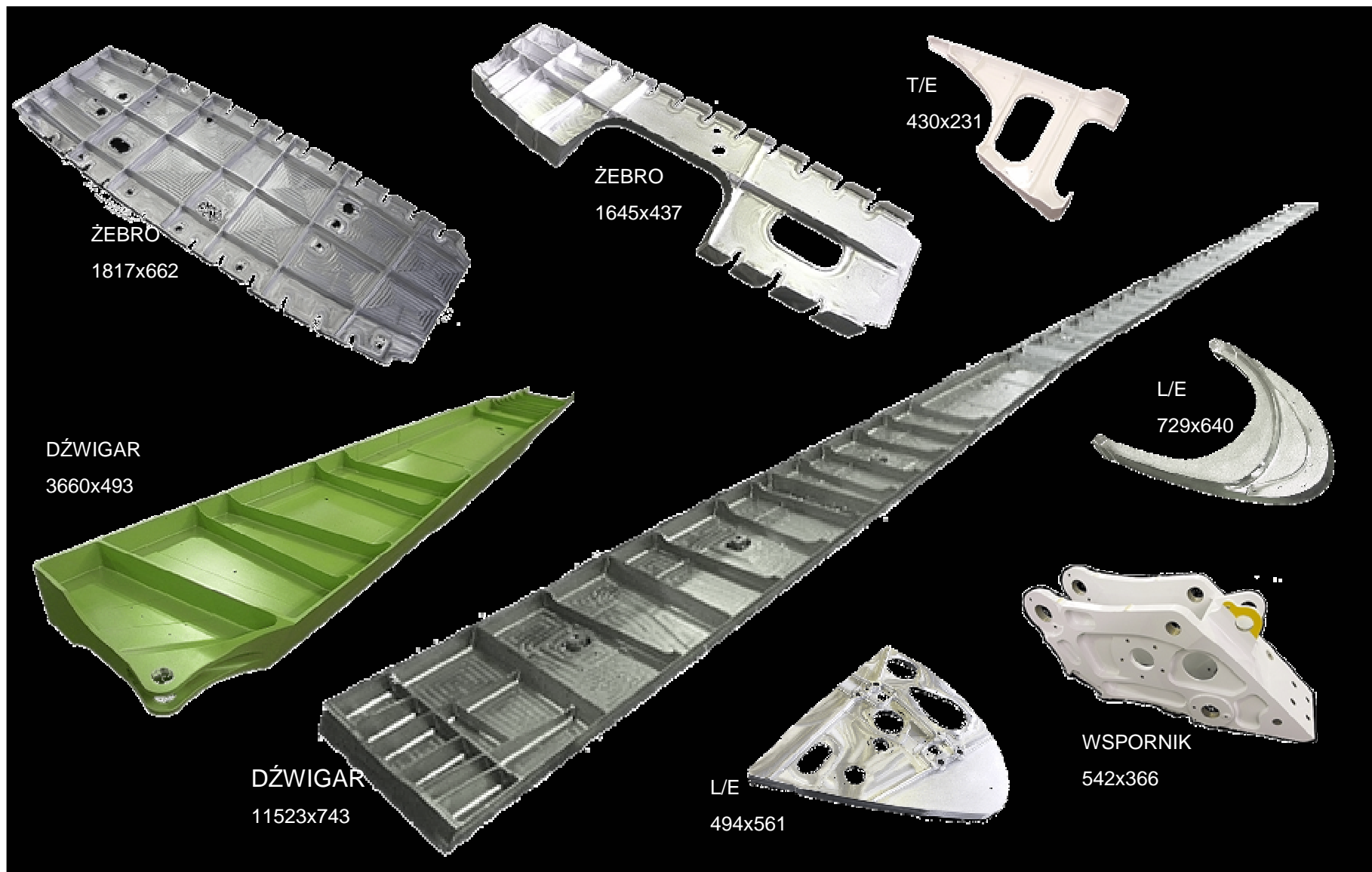
Dźwigar



Żebro

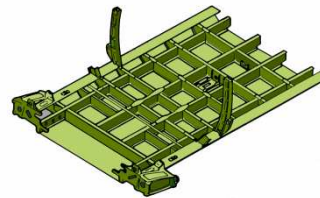
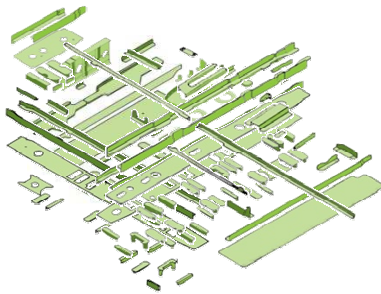


Części wykonywane na CNC 5-Axis



Zastąpienie w zespołach części „blaszanych” częściami integralnymi z **CNC**

Tradycyjne części z
blach = 100 części



Konstrukcja spodu
kadłuba UH60M

High Speed Machining
36 części

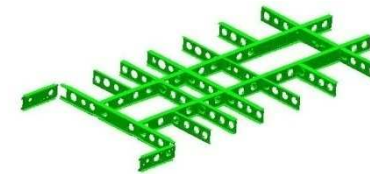


Photo courtesy Sikorsky.

S 70-I HSM Wreگی

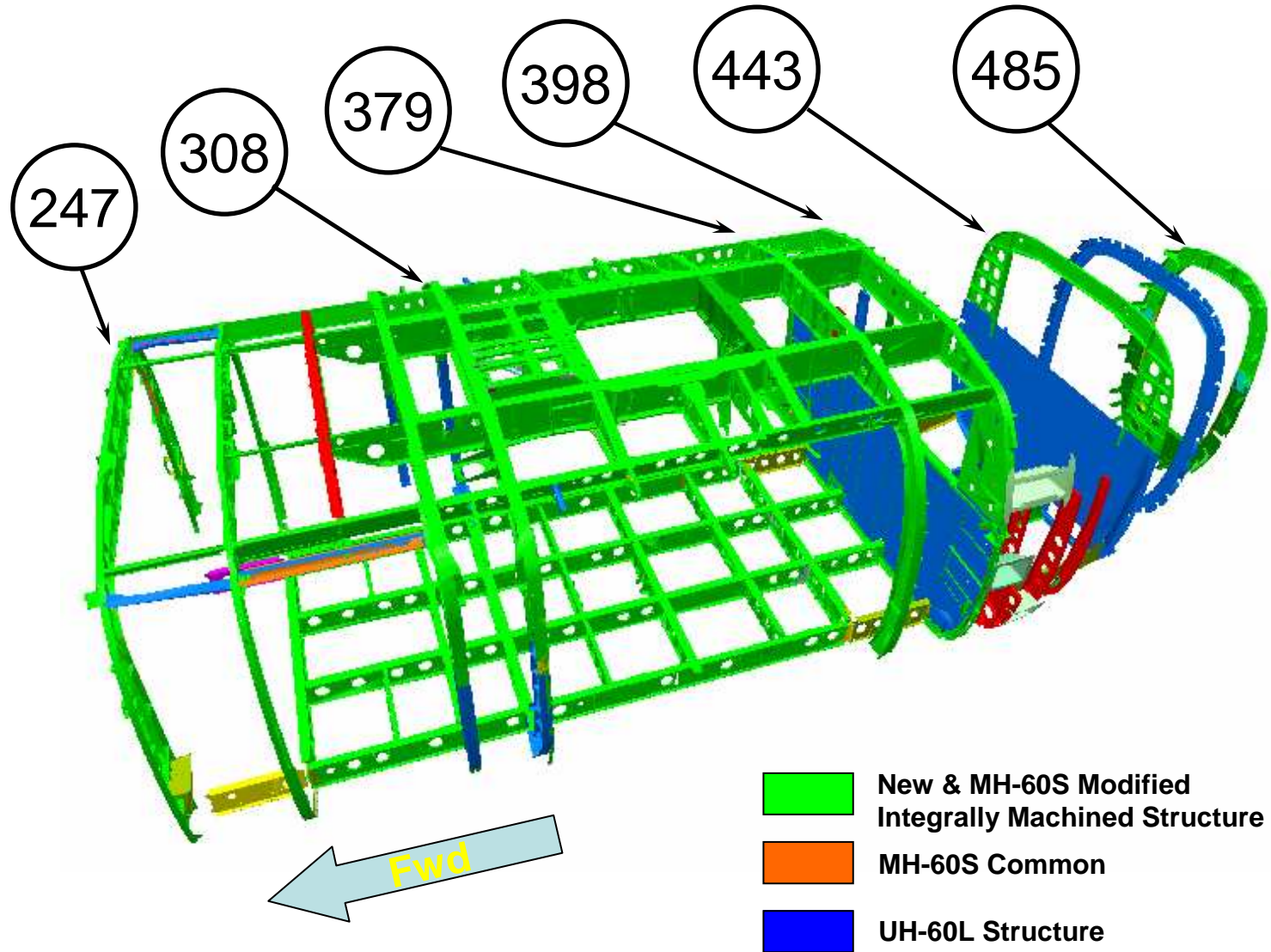
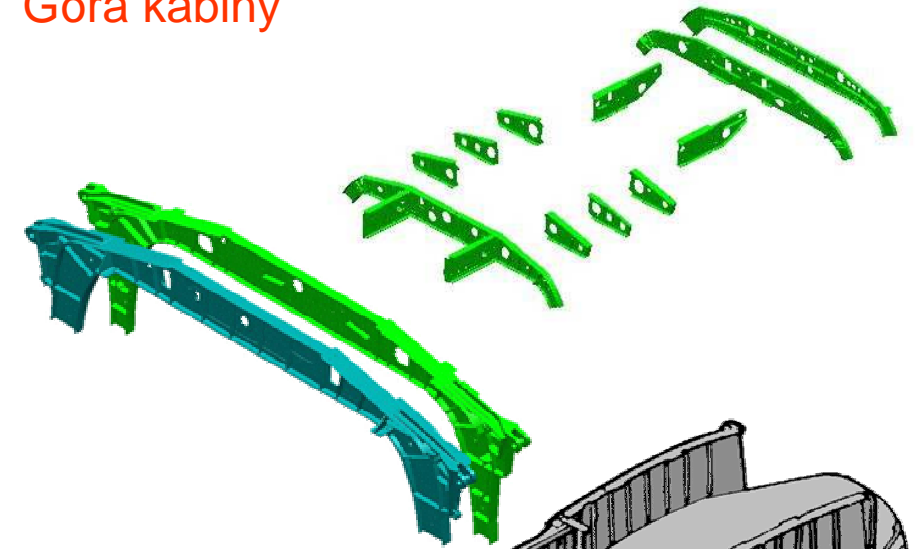
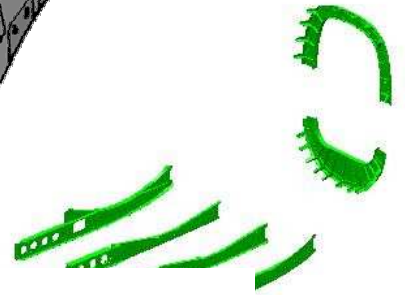
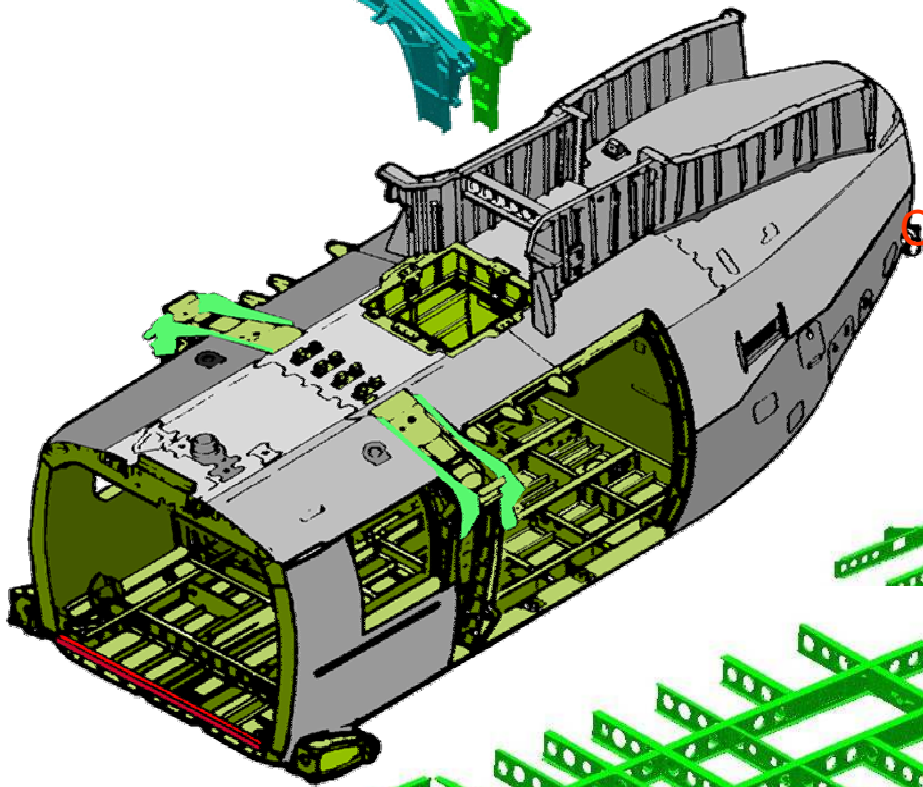


Photo courtesy Sikorsky.

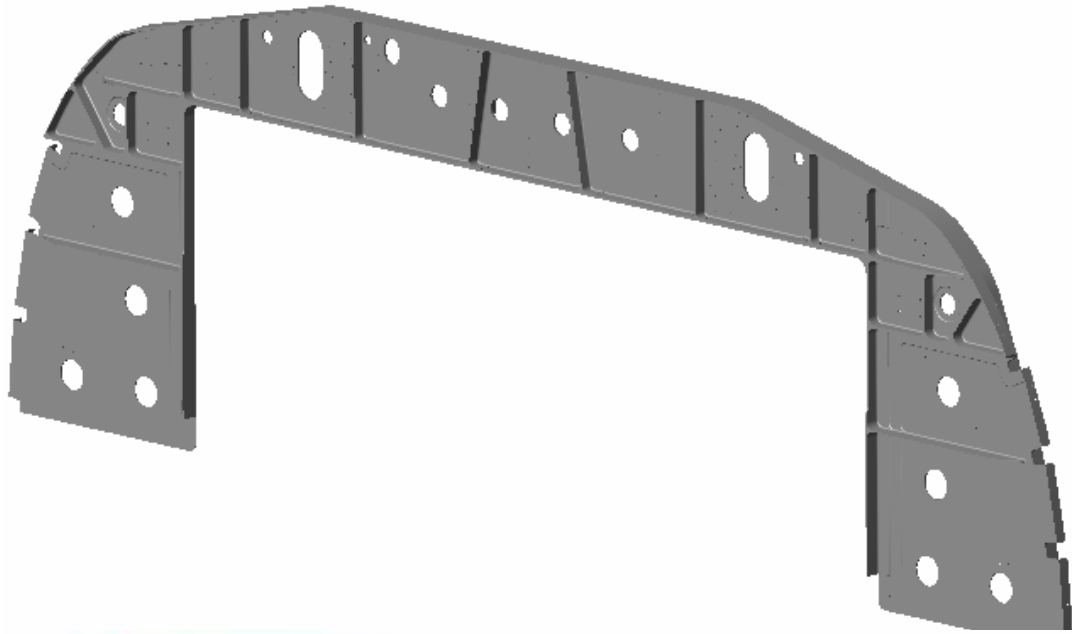
Góra kabiny



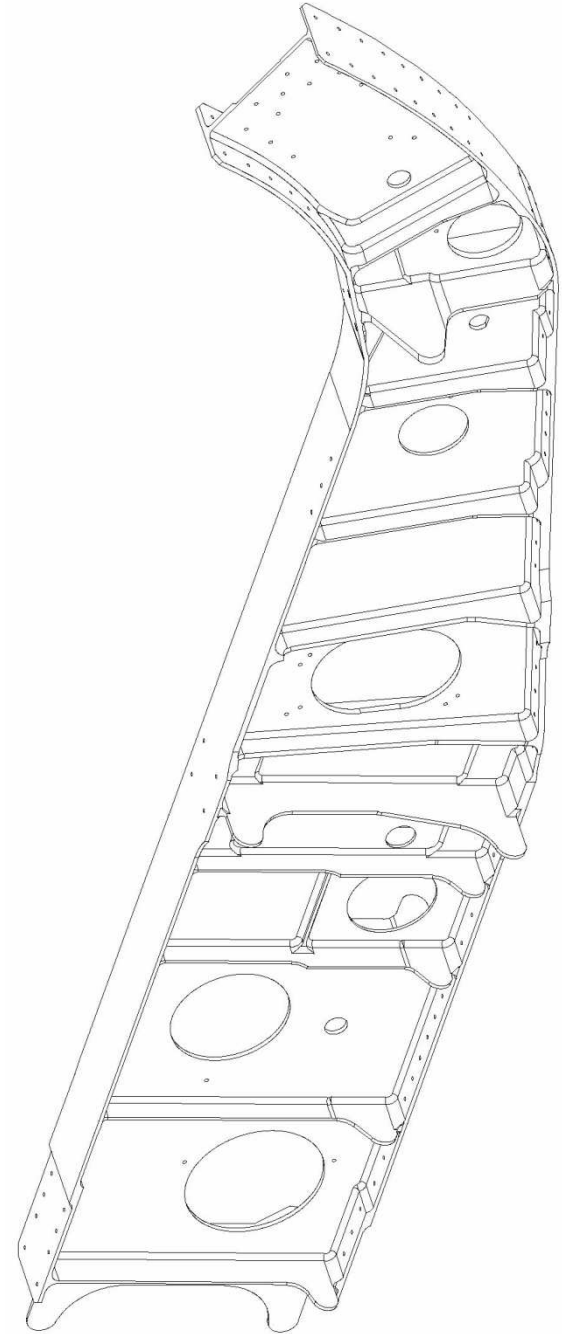
Część tylna



S 70-I



Black Hawk Helikopter Duże wręgi

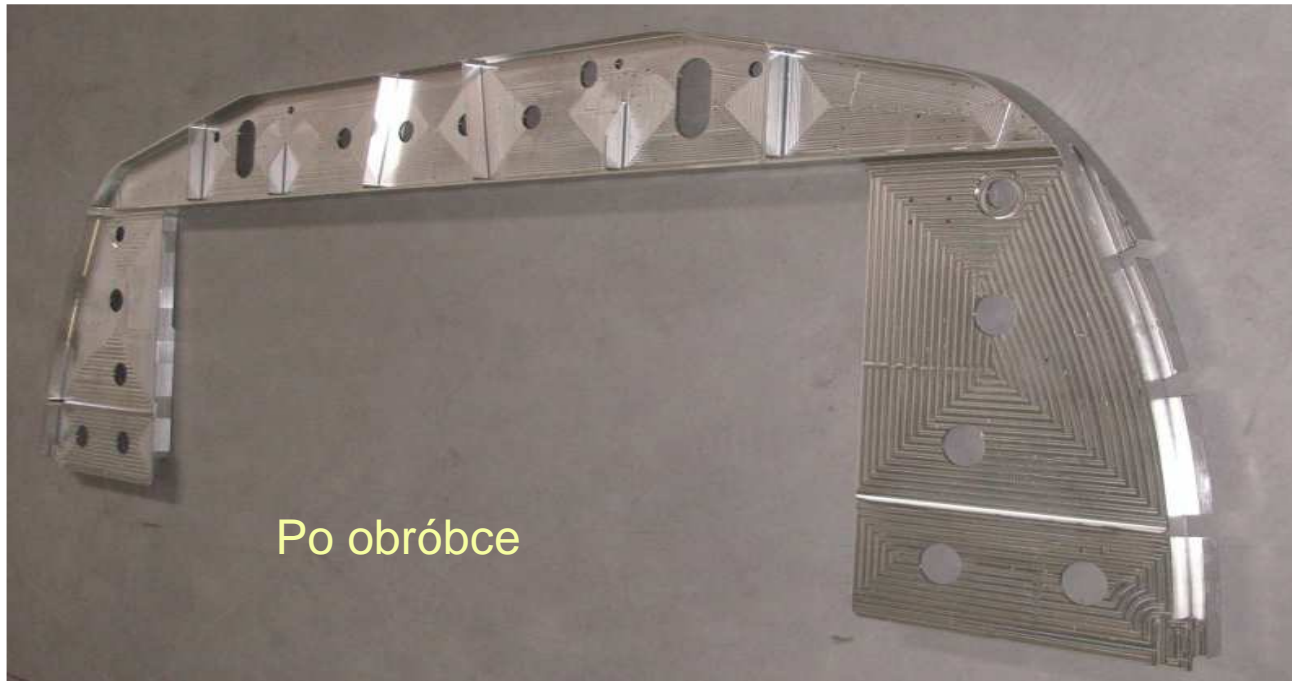


Program-UH60M



Części integralne

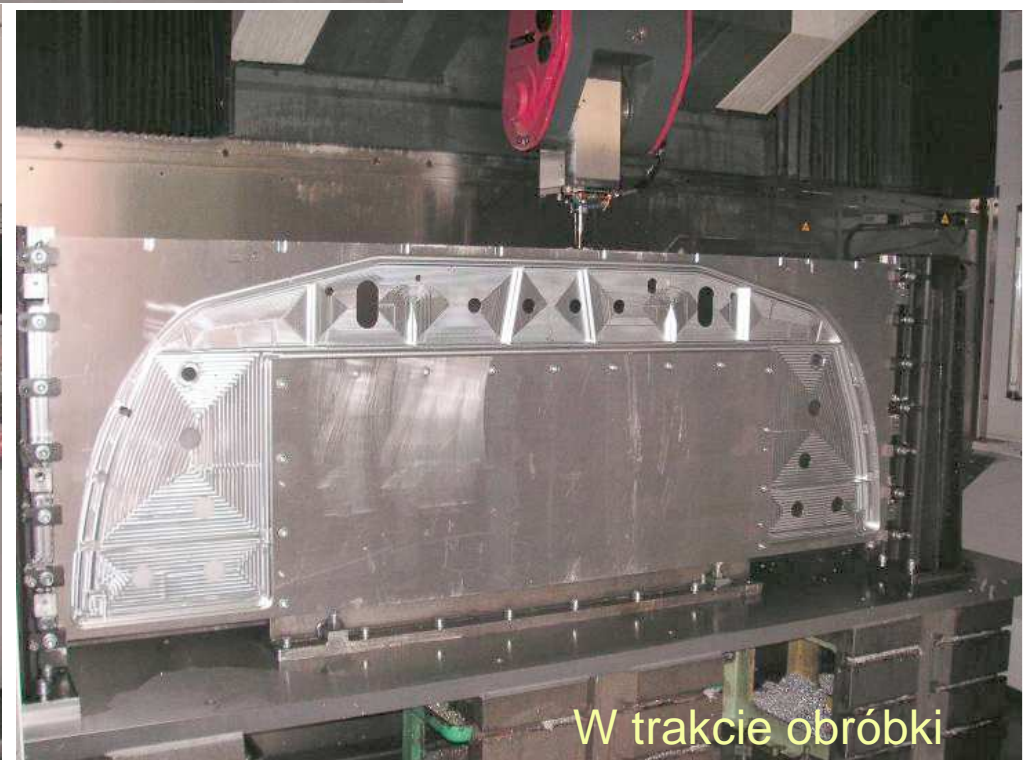
**Wręga
wielkogabarytowa
podczas obróbki
na CNC w firmie
ULTRATECH**



Po obróbce



W trakcie obróbki



W trakcie obróbki

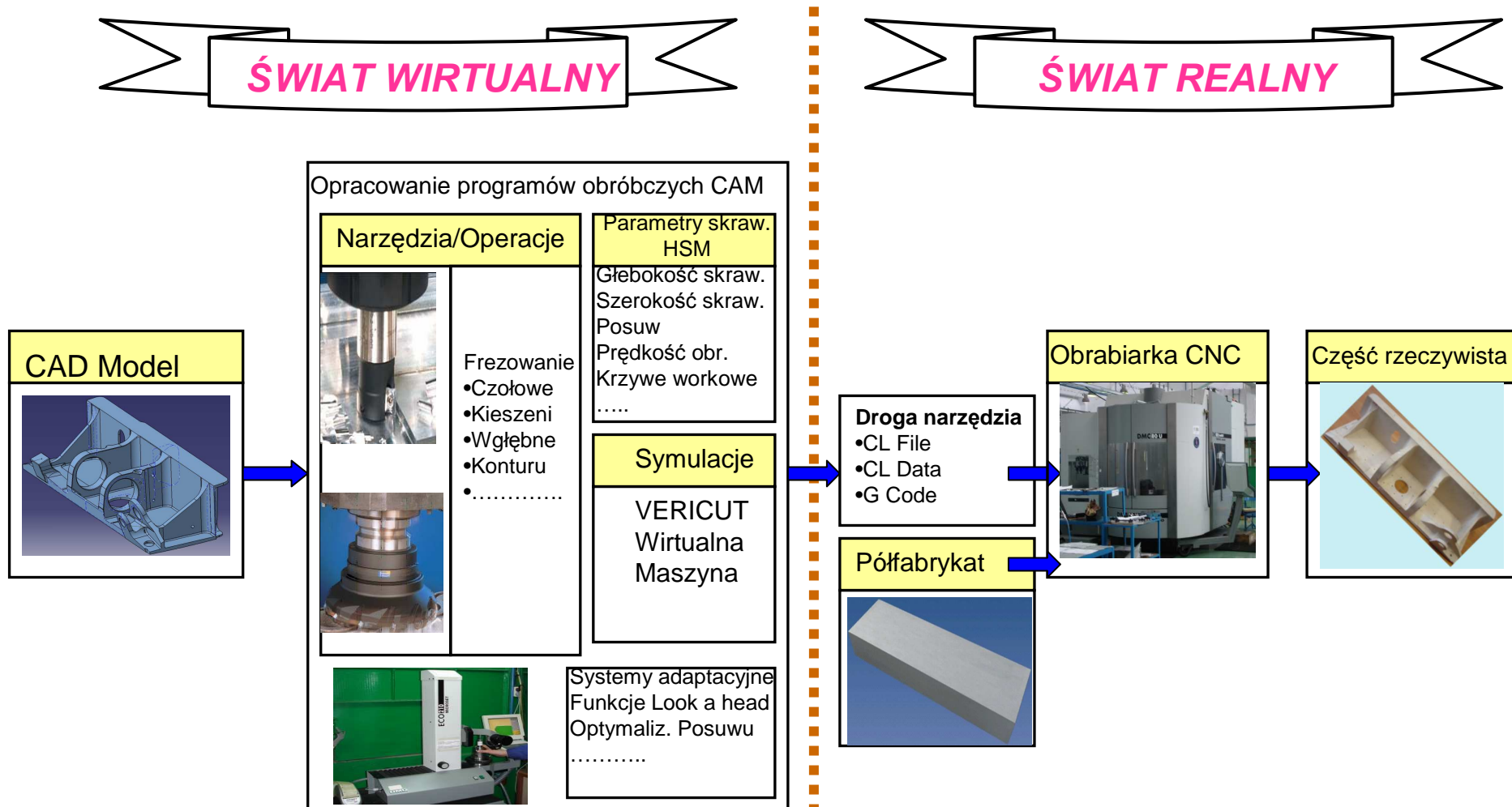


Pomiar wręgi w PZL Mielec

Jak wykonać prawidłowo część za pierwszym razem?

ŚWIAT WIRTUALNY

ŚWIAT REALNY



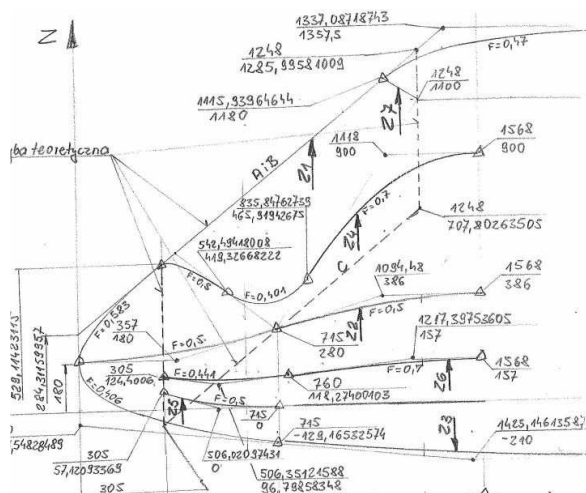
GEOMETRIA



MODEL 3D



GOTOWY PRODUKT



Cześć nosowa kadłuba M-28

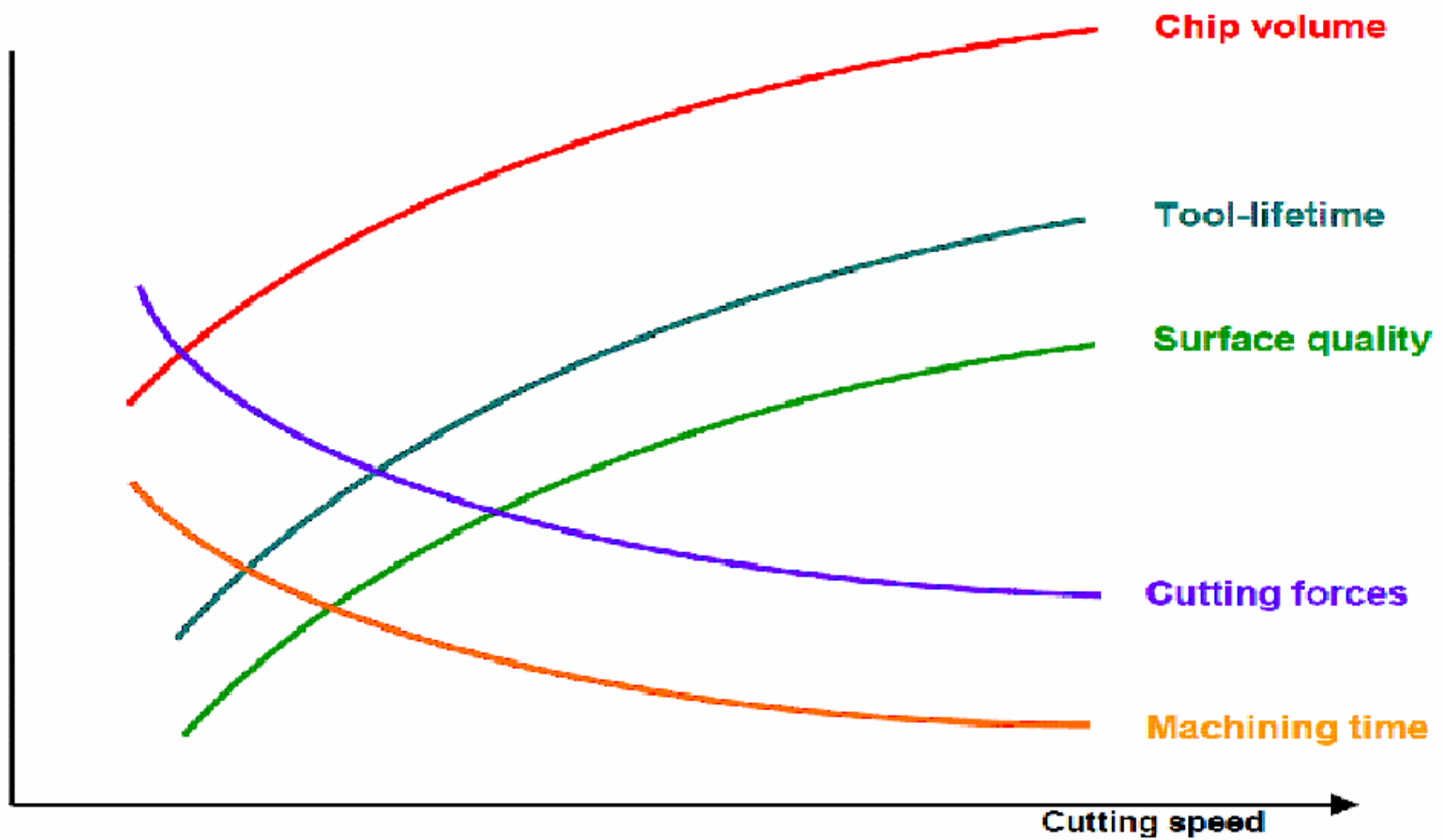
Dlaczego High Speed Machining?

High Speed Machining umożliwia frezowanie takich złożonych konstrukcji ze stopu aluminium jakie nie były możliwe praktycznie przedtem.

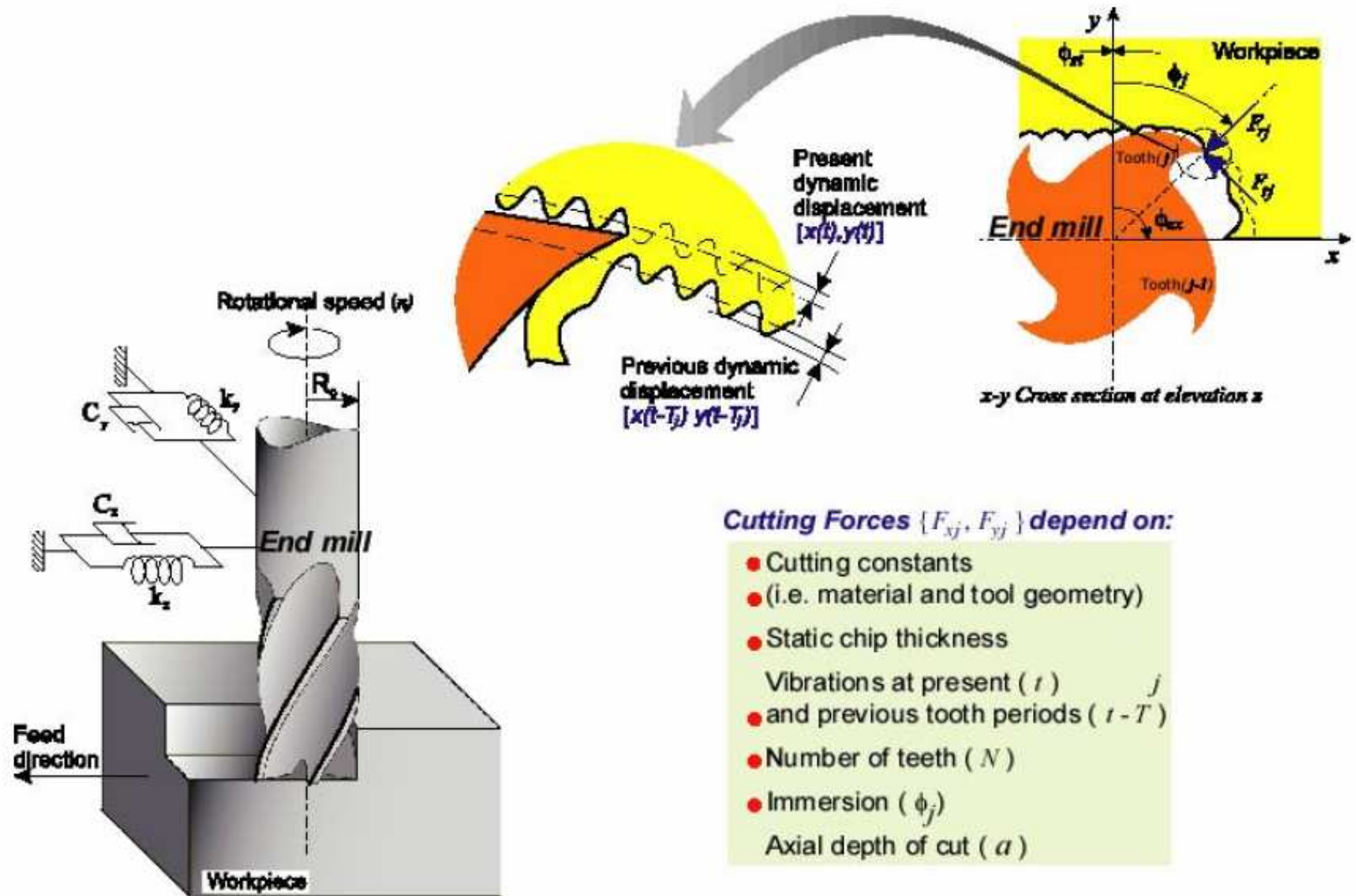
Wytwórcy integralnych części mogą wykonywać **cieńkie ścianki** co pozwala **zmniejszać ich ciężar** oraz **zmniejszać czas** podczas montażu.

Wytwórcy części do układów paliwowych mogą zrezygnować z **odlewów** co przyspieszy i uelastyczni ich produkcję. **Proces = odlew + obróbka skrawaniem** zastąpić tylko **jednym procesem obróbką skrawaniem z pełnego materiału**



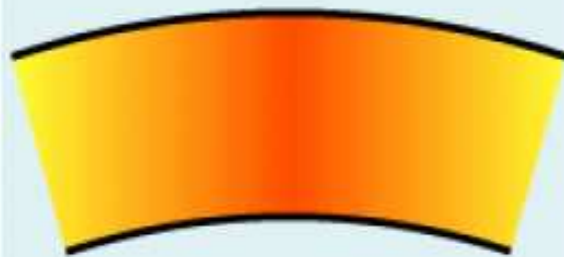


Dlaczego High Speed Machining?



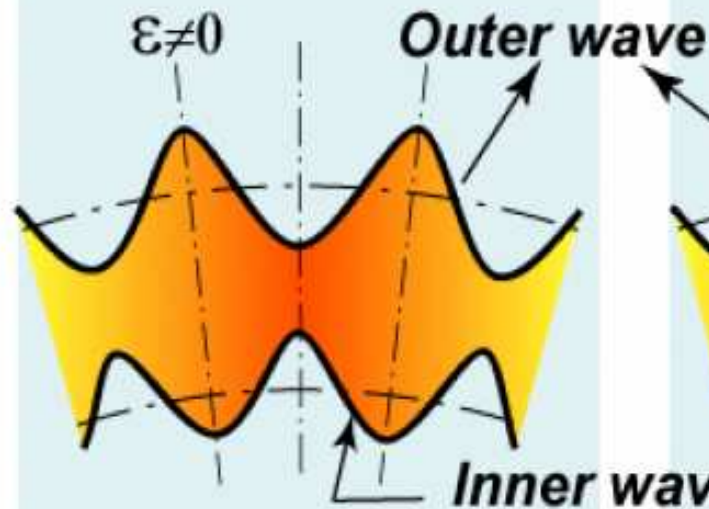
Model drgań podczas frezowania

STATIC CUTTING



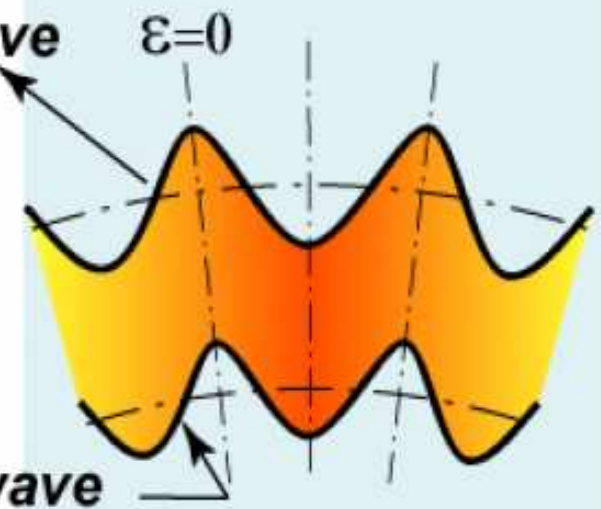
- No vibration

CHATTER VIBRATION



- Out of phase waves
- Unstable chatter vibrations

FORCED VIBRATION



- In phase waves
- Constant chip load
- Forced vibrations
- No chatter

Powstawanie wiórów podczas dynamicznego skrawania

Analiza Modalna Wyznacza Optymalne prędkości Wrzeciona

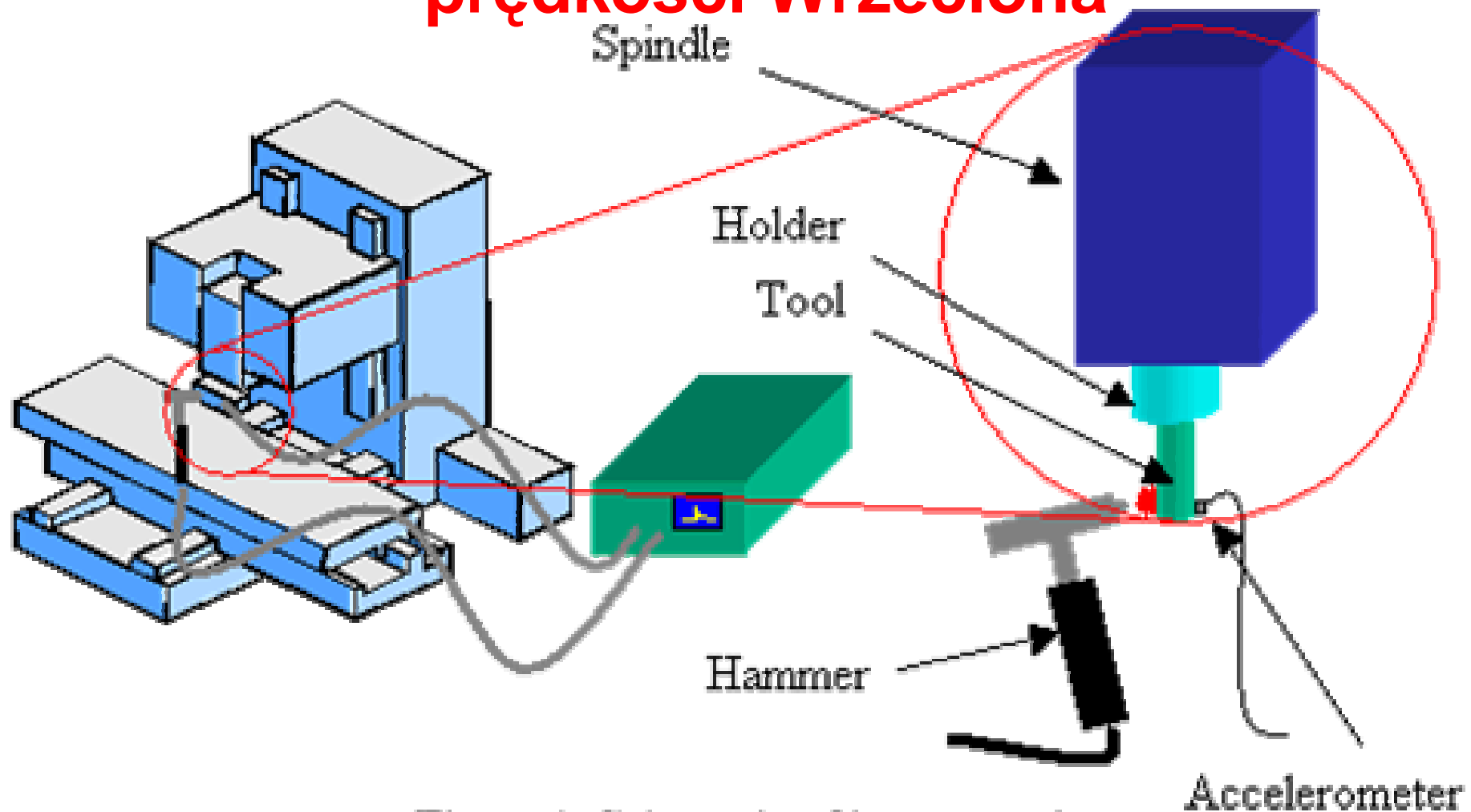


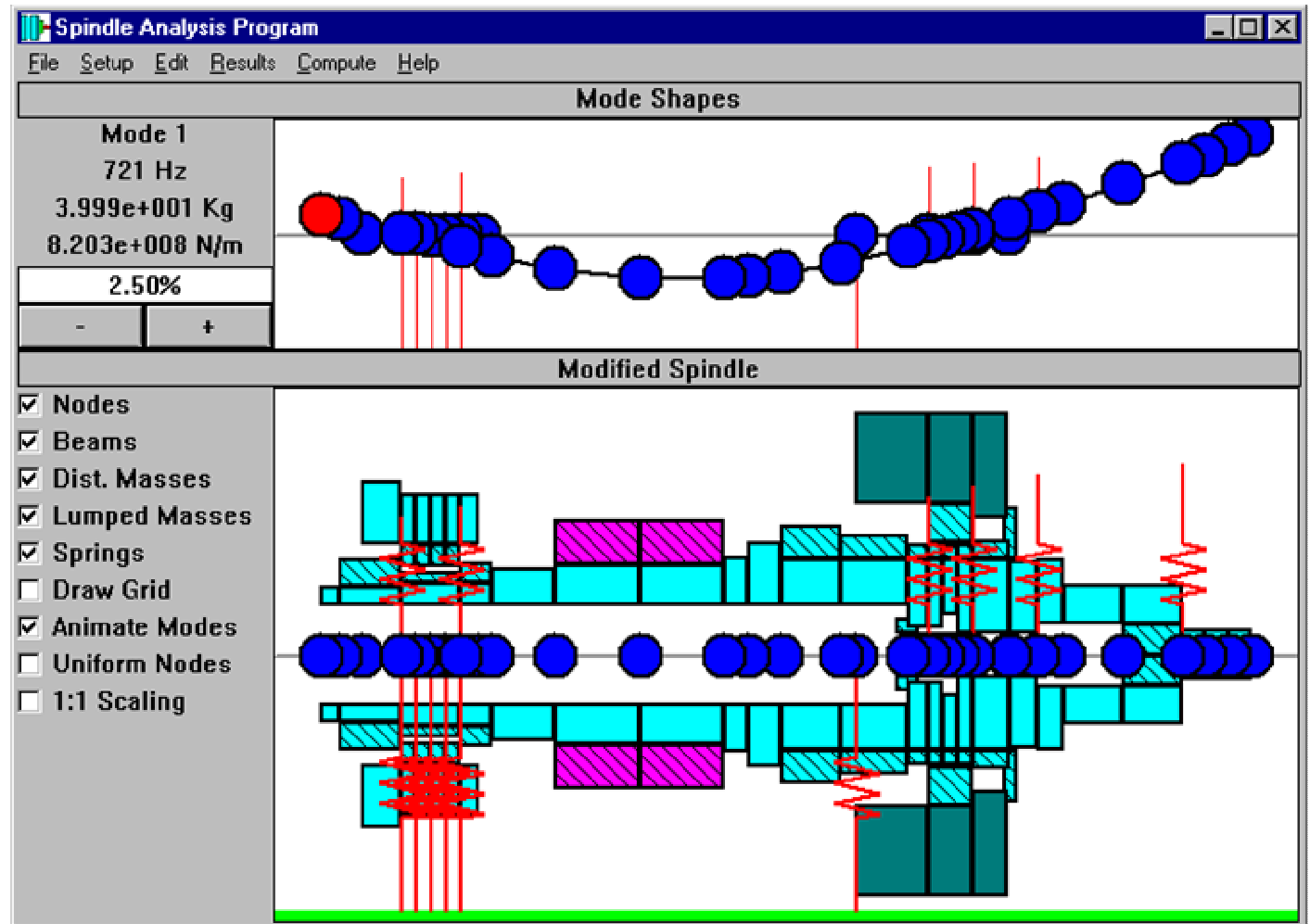
Figure 1: Schematic of impact testing

DRGANIA WŁASNE WRZECIONA CNC

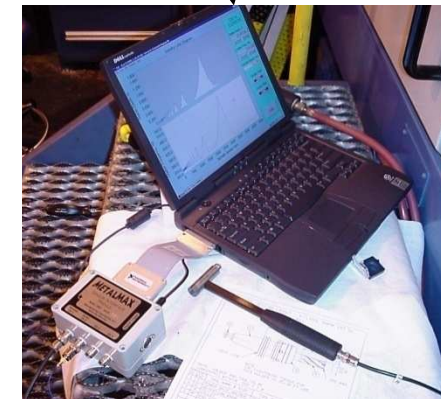
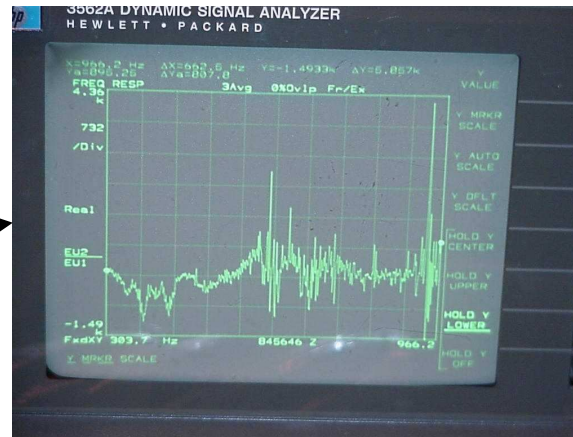
Wrzeciona obrabiarek HSM poddawane są dużym obciążeniom wynikającym głównie z wysokich prędkości obrotowych oraz pracą w obszarach drgań samowzbudnych. Wpływa to negatywnie na elementy konstrukcyjne obrabiarki i pogarsza uzyskane parametry jakościowe obrobionych powierzchni. Monitorowanie stanu wrzeciona obrabiarki od momentu dostawy pozwala na określenie charakterystyki maszyny (oceny maszyny) i zmiany tej charakterystyki w czasie. Okresowe prowadzenie badania (np. raz na kwartał) pozwala określić stan wrzeciona oraz zmianę jego sztywności dynamicznej podczas eksploatacji.

**WYSOKA SZTYWNOŚĆ
DYNAMICZNA MASZYNY NIE
GWARANTUJE STABILNEJ
PRACY (BEZ DRGAŃ
SAMOWZBUDNYCH) Z
DOWOLNYMI PARAMETRAMI
OBRÓBK**

**ZAKUP WYSOKIEJ
KLASY OBRABIARKI NIE
ZAPEWNI WYSOKIEJ
DOKŁADNOŚCI BEZ DOBORU
OPTYMALNYCH
PARAMETRÓW OBRÓBK DLA
DANEJ MASZYNY**



Analiza Modalna Wyznacza Optymalne prędkości Wrzeciona



Znajdywanie **optymalnych** parametrów skrawania dla różnych **kombinacji obrabiarka - narzędzie**. Stabilny układ jest wolny od chatter'u (drgań) w zależności od połączenia obrotów wrzeciona z głębokością skrawania, co widać na wykresie *workowym*.

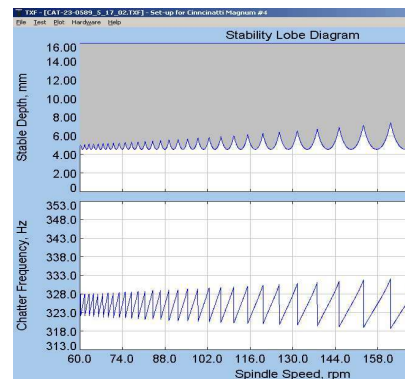
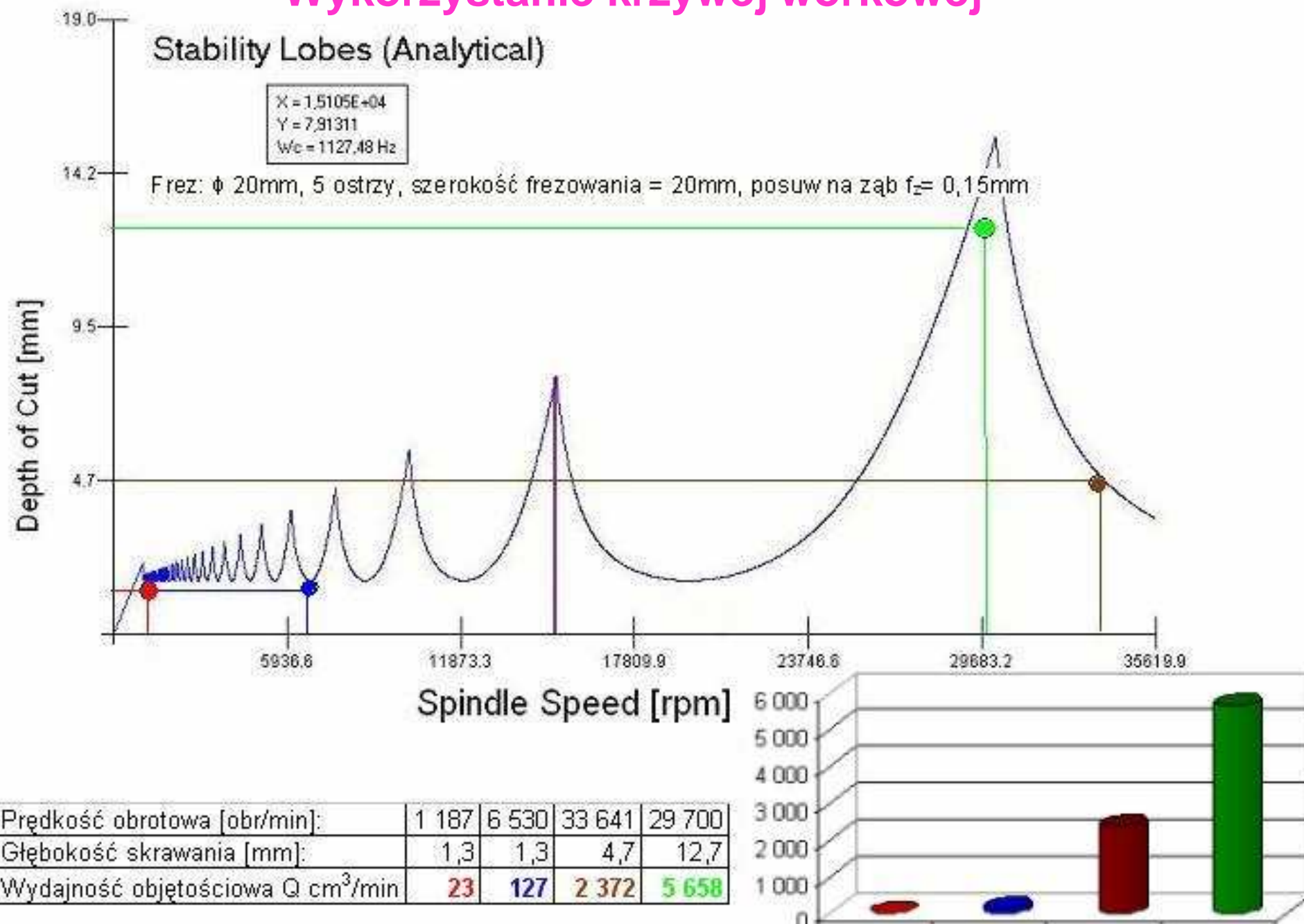


Photo courtesy Sikorsky.

Wykorzystanie krzywej workowej



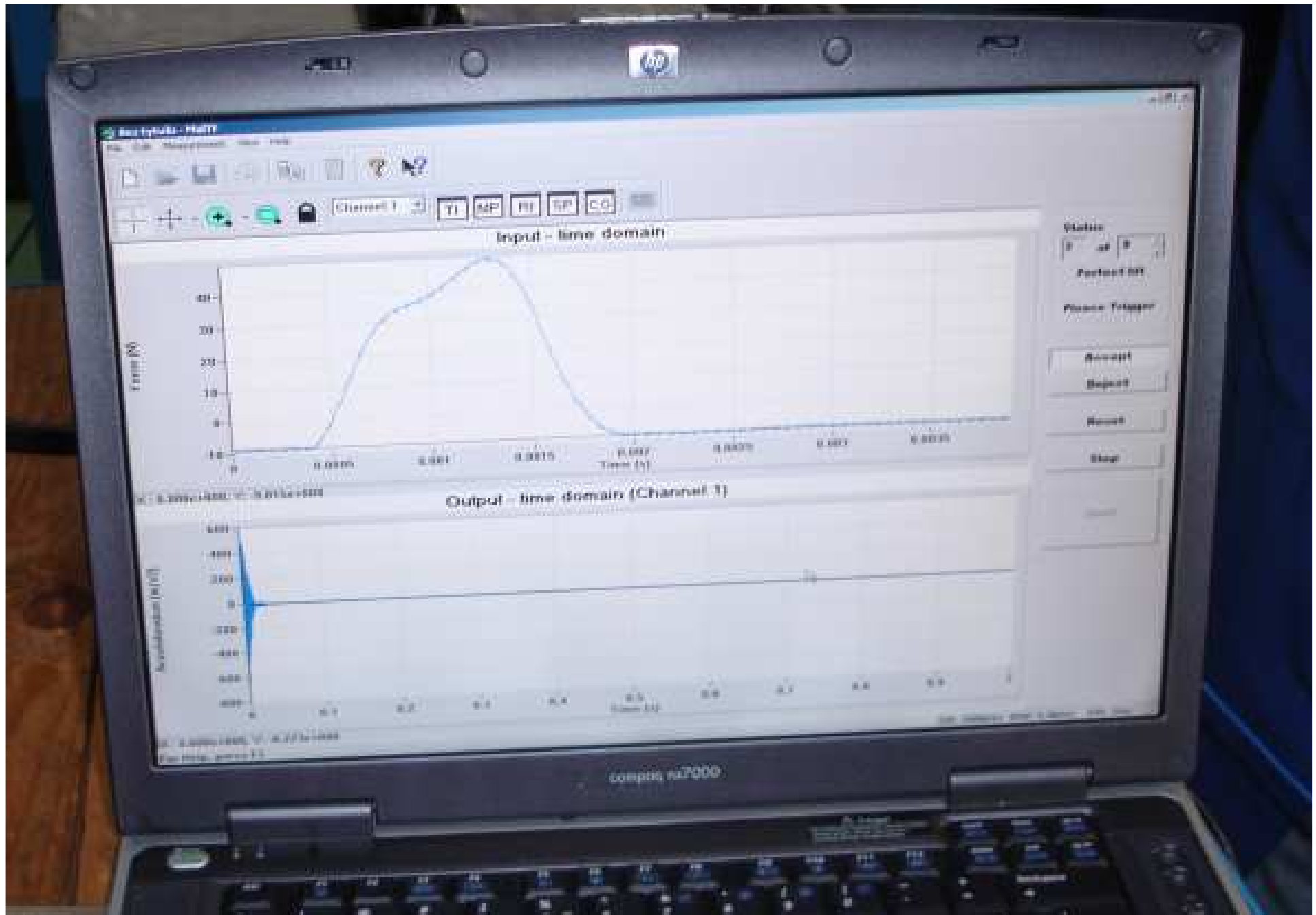
Prędkość obrotowa (obr/min)	Posuw (mm/min)	Posuw na ząb (mm/ząb)	Głębokość skrawania (mm)	Szerokość warstwy skrawanej (mm)							
				0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	
6000	840	0.072	4	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red	Red
6500	910	0.072	4	Green	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Red
7000	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.

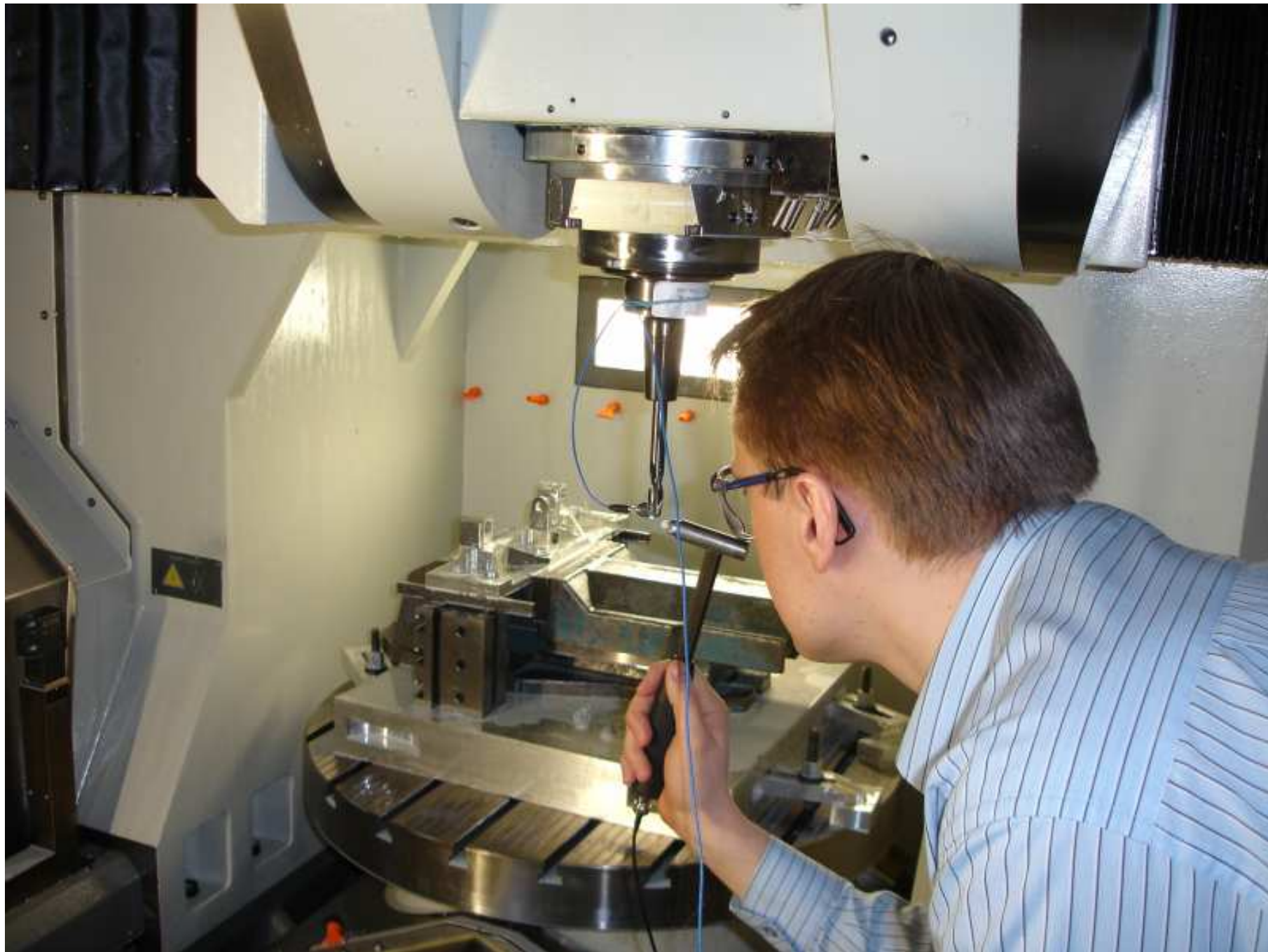
Pomiar w PZL Mielec



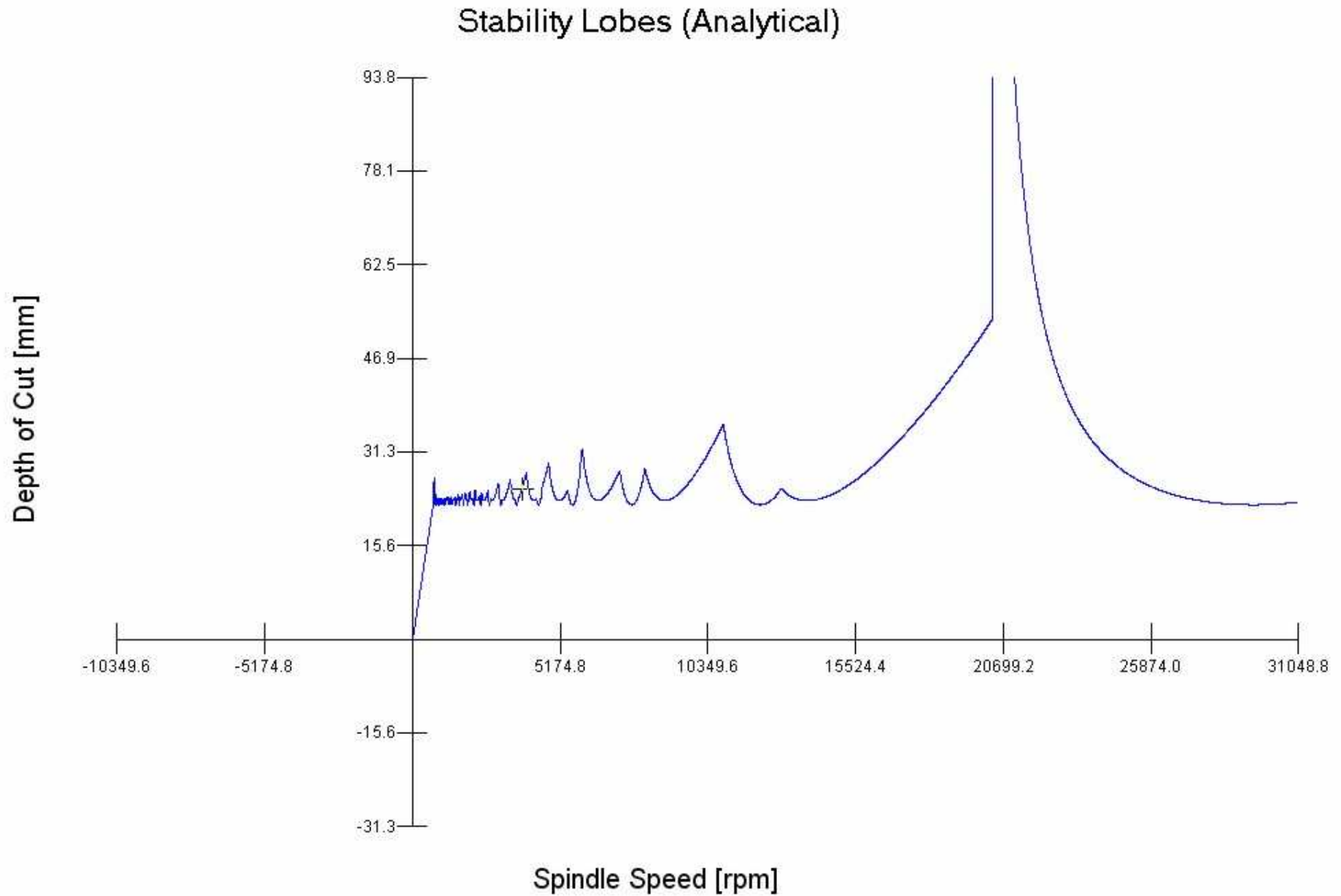
Pomiar w PZL Mielec



Pomiar w PZL Mielec



Pomiar w PZL Mielec



Pomiar w PZL Mielec

Summary of simulation conditions

File name:	PZL_przygotowany.csf
Time/date:	marzec 22, 2007 at 16:16
Cutting mode:	Milling
Simulation mode:	Single analytical stability lobes
Cutting Conditions	
Milling mode:	Clockwise
Feedrate [mm/flute]:	0,25
Spindle speed [RPM]:	N/A
Axial depth of cut (a) [mm]:	N/A
Number of revolutions:	N/A
Sampling frequency scale:	N/A
Cutter	
Type:	General endmill
Material:	Carbide
# Teeth:	2 (uniform pitch)
Structural flexibility:	X = 'C:\Documents and Settings\Marcin\Pulpit\PZL\Kierunek_posuwu_plastic_fi12.cmp', Y = 'C:\Documents and Settings\Marcin\Pulpit\PZL\Kierunek_normalny_plastic_fi12.cmpTestMaModZ
Use run-out deviations:	N/A
Radius(r) [mm]:	6
Length(L) [mm]:	32
First Bearing Position [mm]:	N/A
Helix(i) [°]:	30
Relief [°]:	10
Rake [°]:	12
Corner radius(R) [mm]:	3
Flut Height(h) [mm]:	40
Tip angle(a) [°]:	0
Taper angle(b) [°]:	0
Workpiece width(w) [mm]:	20
Y-offset (y) [mm]:	-14,5
Workpiece	
Material:	AL 7050-T7451
Cutting coefficient model:	Orth. To Oblique
Structural flexibility:	Rigid
Results	
	author: Mariusz Mucha
CUTPRO Machining Simulation Software, © 2004 MAL Inc.	

Obróbka zgrubna części 423Z1200-1/ustawienie3/: czas trwania **1h 31'48"**



CAD/CAM SYSTEMS by SURFWARE

OPERATIONS LIST

Date: Mon Apr 16 2007

Time: 14:22:15

Output Filename: 423Z1200-1 BA1096.INC

Tool Number	Operation	Plunge Rate	Feed Rate	Spindle Speed	Min X	Min Y	Min Z	Max X	Max Y	Max Z	Cycle Time
1	Step Reduction	1000.000	1600.00 MPPM	8000 RPM	- 148.9547	- 263.8165	- 76.0098	- 13.0452	- 93.0097	25.0000	1:14:27
6	Step Reduction	1000.000	1600.00 MPPM	8000 RPM	- 148.2106	- 251.8989	- 76.0098	- 13.7922	- 91.0097	25.0000	0:17:21
Overall					- 148.9547	- 263.8165	- 76.0098	- 13.0452	- 91.0097	25.0000	1:31:48

Operation Number	Tool Number	Comments
1	1	Operations Comments: T1 - Fi16 R3 - Frez
		Tool Comments: Fi16 R3 ap=4,0mm
2	6	Operations Comments: T6 - Fi12 R3,2 - Frez

Po zastosowaniu Frezów Fi20 (zbadany na obrabiarce CNC DMG75V Linear) i Fi16 – czas trwania tej samej obróbki zgrubnej: **12'01" = (7'41" + 5'20")**



OPERATIONS LIST

Date: Mon Apr 16 2007

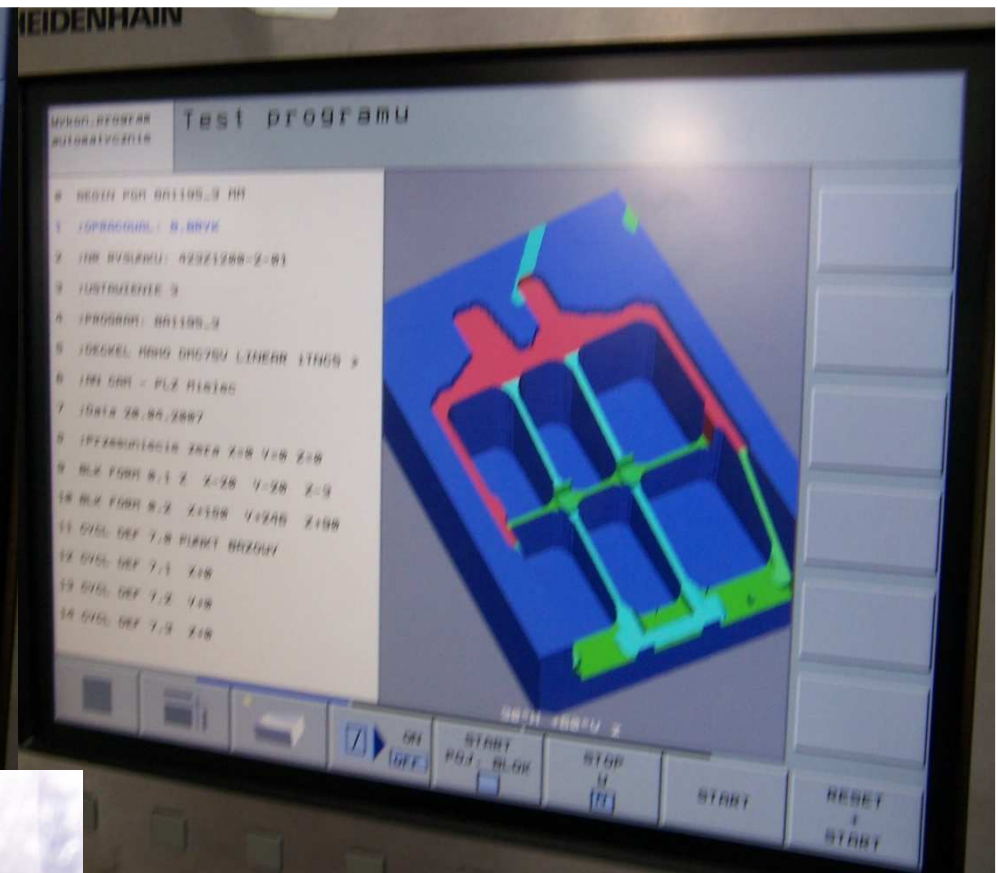
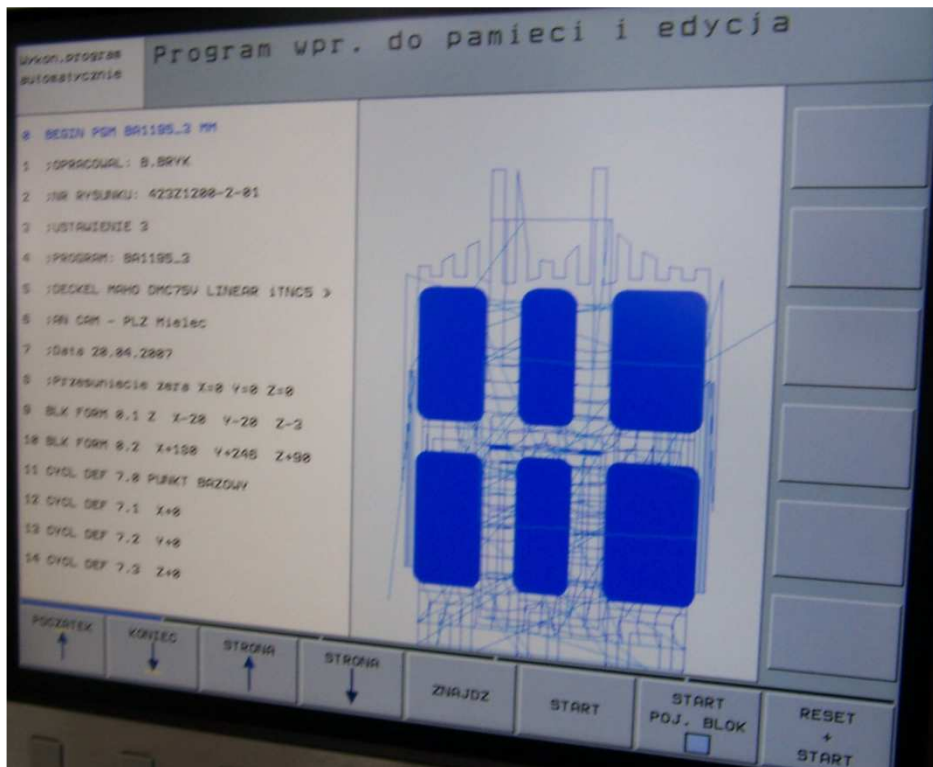
Time: 14:02:10

Output Filename: 423Z1200-1-01 BA1195.INC

Tool Number	Operation	Plunge Rate	Feed Rate	Spindle Speed	Min X	Min Y	Min Z	Max X	Max Y	Max Z	Cycle Time
11	3axis Z Rough	1000.000	4200.00 MPPM	14000 RPM	14.9871	-9.7475	27.0000	146.9198	150.8372	100.0000	0:7:41
Overall					14.9871	-9.7475	27.0000	146.9198	150.8372	100.0000	0:7:41

Operation Number	Tool Number	Comments
1	11	Operations Comments: T11 Z do -56mm Frez Fi20

Tool Number	Operation	Plunge Rate	Feed Rate	Spindle Speed	Min X	Min Y	Min Z	Max X	Max Y	Max Z	Cycle Time
12	3axis Z Rough	1000.000	3500.00 MPPM	14000 RPM	16.4028	14.0919	9.5000	145.5763	152.3497	100.0000	0:5:20
Overall					16.4028	14.0919	9.5000	145.5763	152.3497	100.0000	0:5:20



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



Przykład belki dźwigarowej HSM



Obróbka frezem o Φ 13mm

Wymiary półfabrykatu = 101mm x 202mm x 1600mm

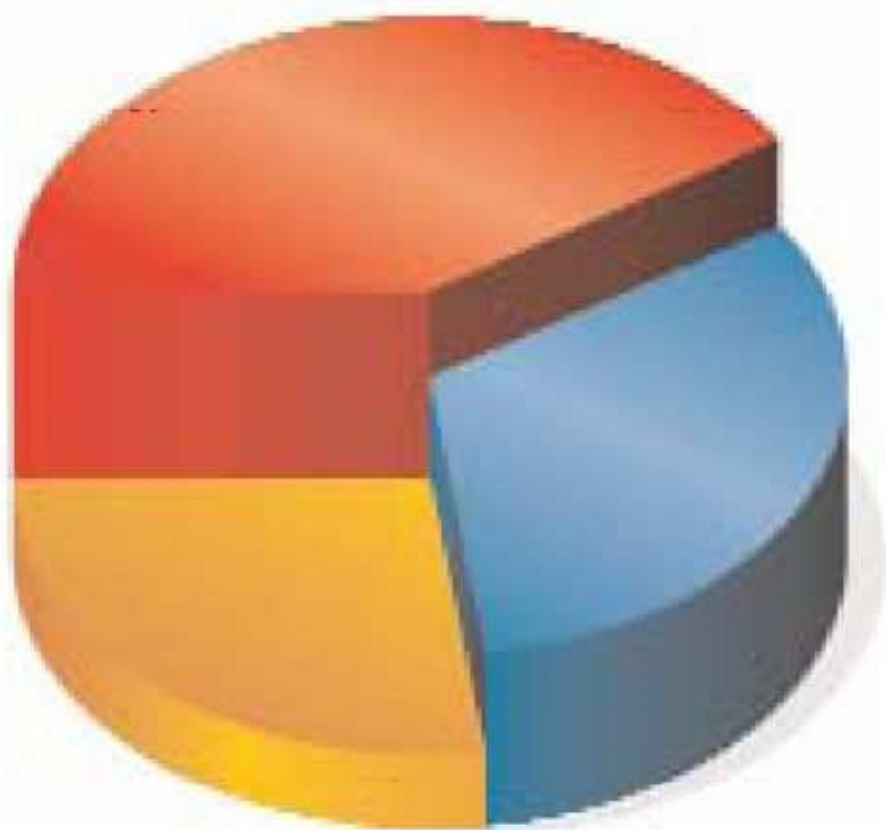


Photo courtesy Sikorsky.

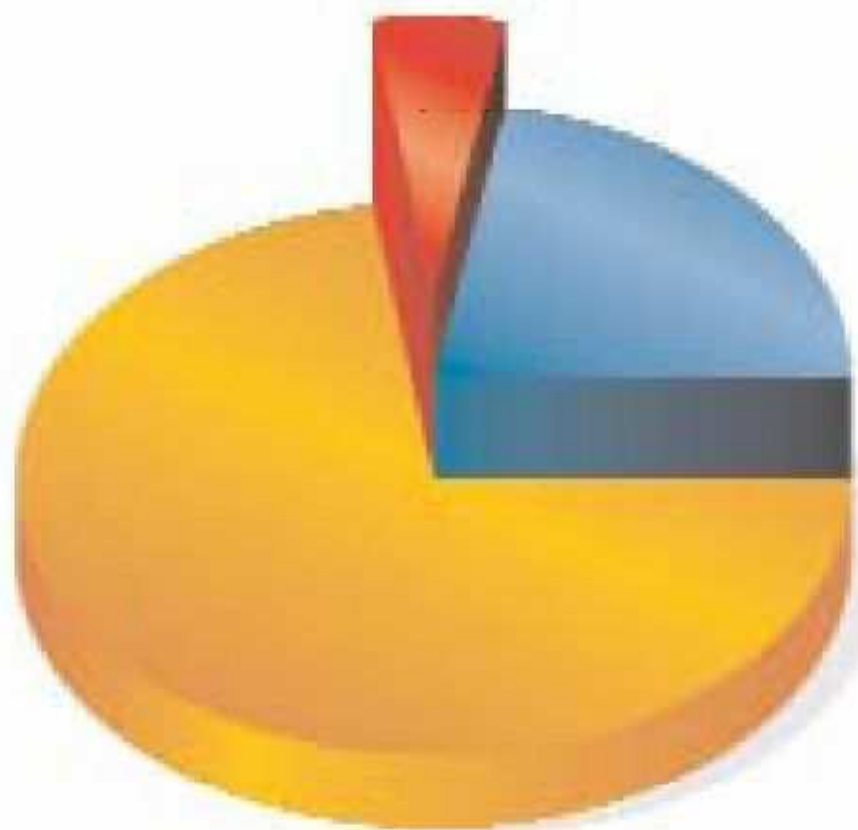
Efekty z stosowania HSM

Parametry obróbki	Wartości "Książkowe"	Wartości nadane
Posuw/Minute	1,000 ft/min (305m/min)	2,500 ft/min (760m/min)
Obr/min	7 640	18 500
Posuw na ząb	.001" (.025mm)	.005" (.13mm)
Głębokość skrawania	.25 (6.5mm)	.15 (4mm)
Wydajność objętościowa	1.9 cubic inches/min (112cm ³ /min)	6 cubic inches/min (3 50.0cm ³ /min)
Czas obróbki	18.0 godzin	6 godzin

Tradycyjne Obrabiarki CNC
Czas obróbki



Wysokowydajne Obrabiarki CNC
Czas obróbki



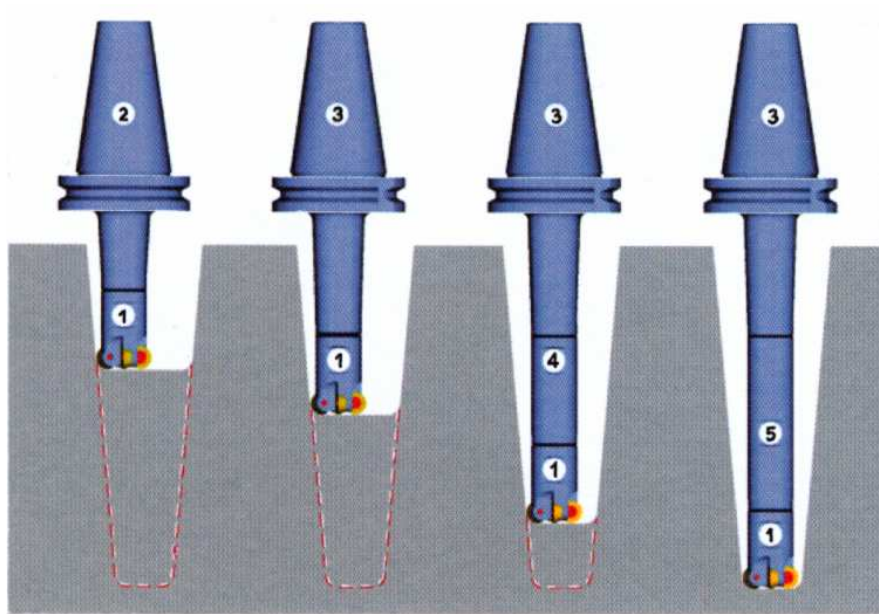
Obsługa, Tpz



Nie Skrawanie



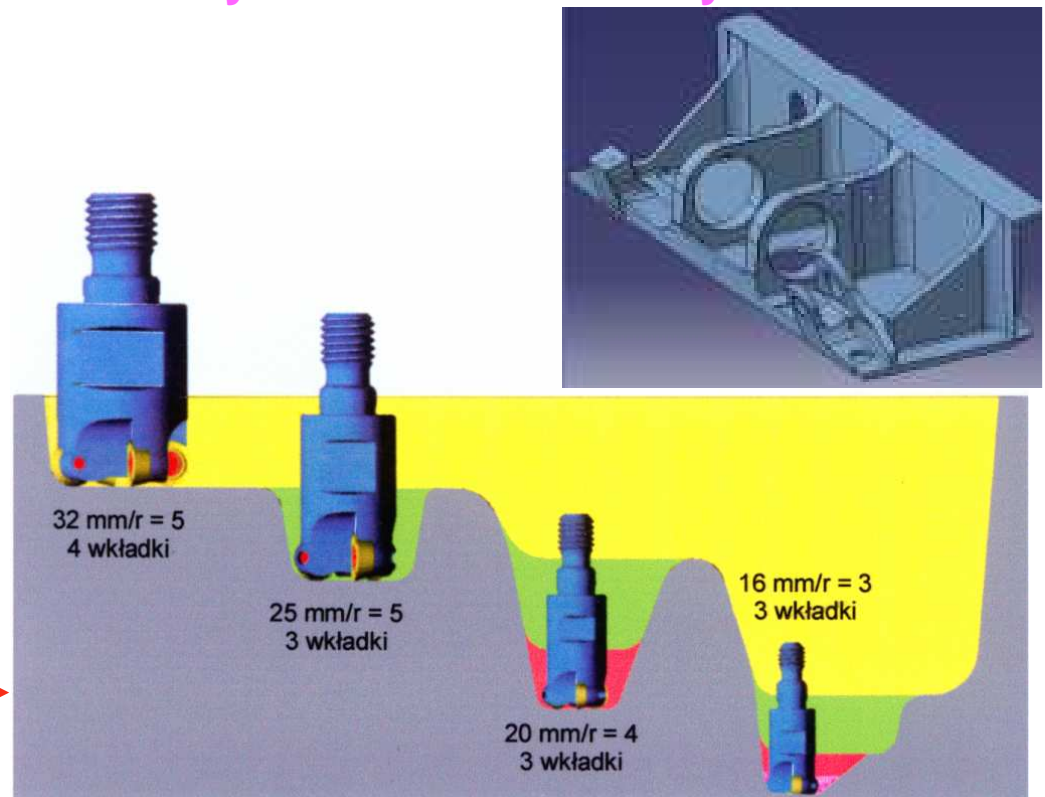
Skrawanie



Do wytwarzania frezowaniem skomplikowanych kształtów form i matryc używa się nie tylko narzędzi monoblokowych tj. pełnowęglkowych, ale także narzędzi z wkładkami ostrzowymi. Do wykonywania głębokich kieszeni lub małych promieni wytwórcy narzędzi proponują stosować modułowe systemy narzędziowe, dzięki którym użytkownicy uzyskują możliwość doboru narzędzi i ich uchwytów do każdorazowych zadań obróbkowych.

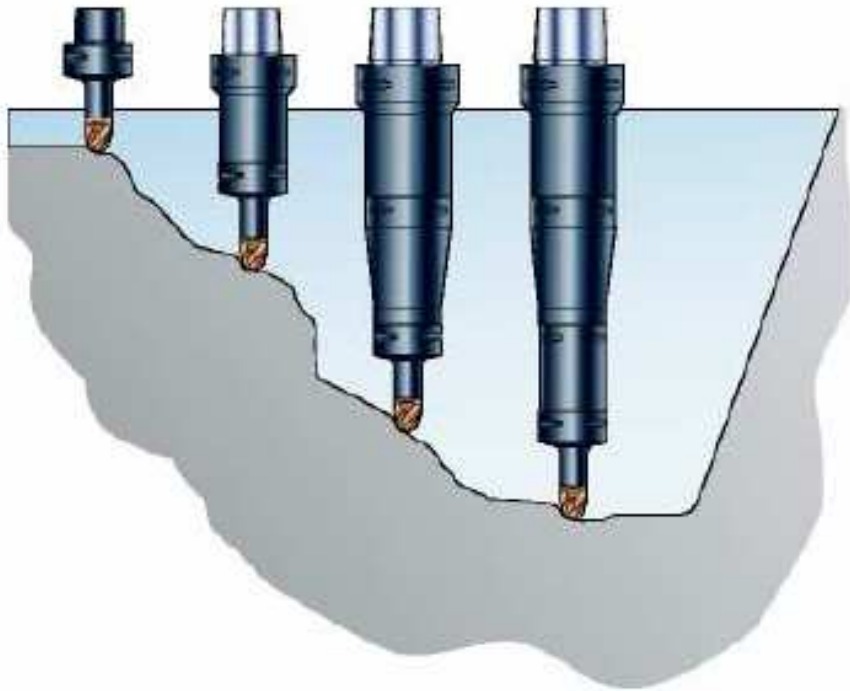
Modułowy system z różnymi długościami narzędzi; 1 – frez wkręcany z okrągłymi wkładkami ostrzowymi, 2 – złącze SK40 krótkie, 3 – złącze SK40 długie, 4 – adapter pośredni krótki i 5 – adapter pośredni długi

Modułowy system z różnymi średnicami narzędzi i okrągłymi wkładkami ostrzowymi



Zintegrowane oprawki ze złączem EH

Korzyści wynikające z narzędzi modułowych



- Zapewnij potrzebną długość narzędzia dzięki redukcjom i przedłużkom Coromant Capto® .
- Zmniejszenie wysięgu gwarantuje najwyższą wydajność i lepsze osiągi.

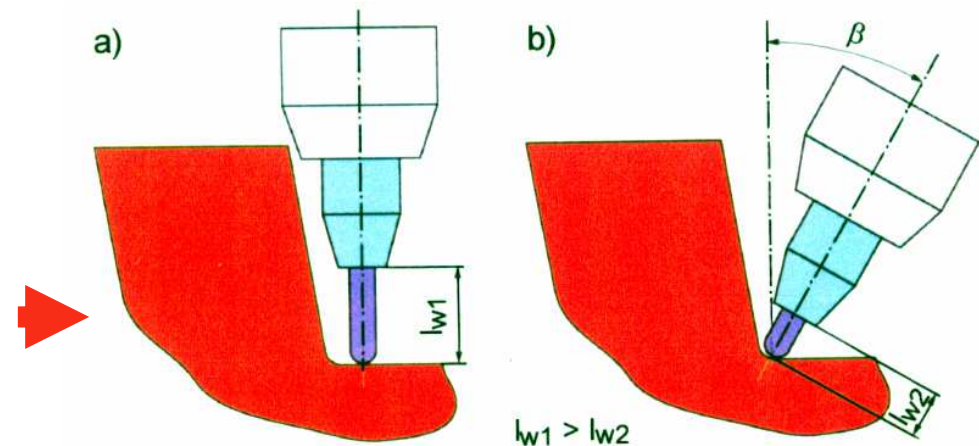




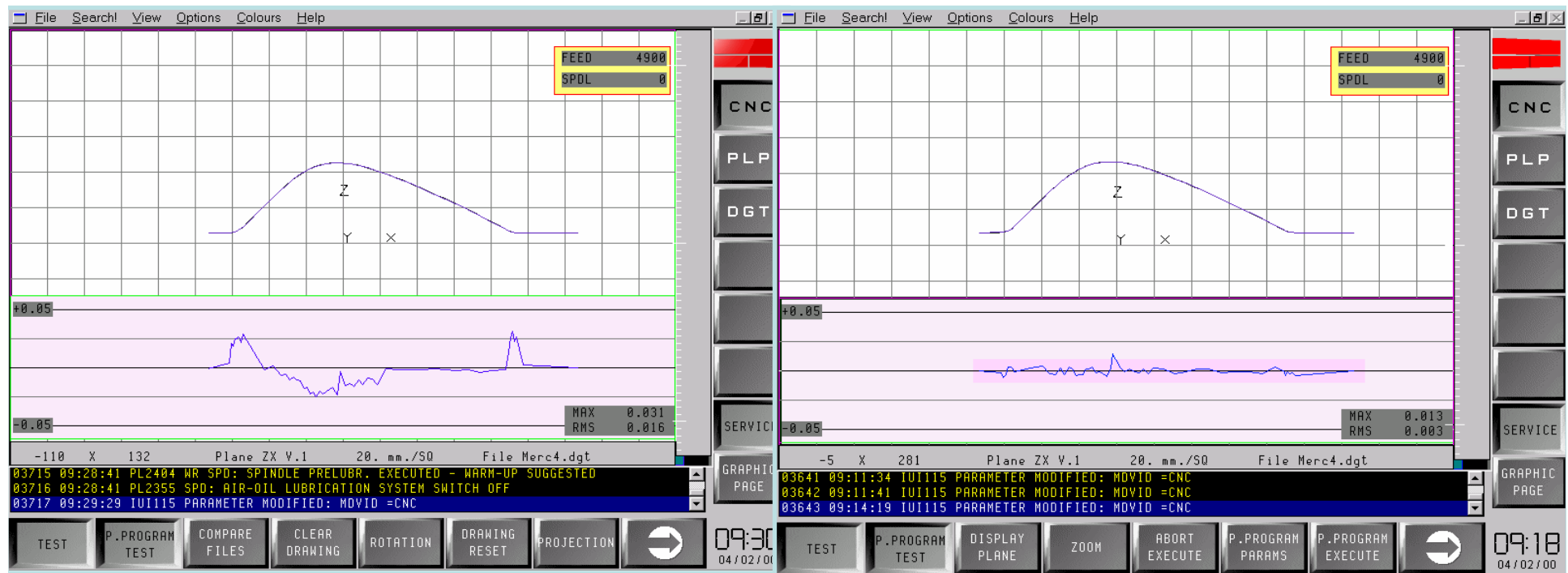
5-osiowe frezowanie integralnego wirnika ze stopu Al na centrum obróbkowym Integrex 200-IVST firmy Mazak

Niepodparte długości l_w narzędzi frezarskich podczas: a) 3-osiowego frezowania (l_{w1}), b) 5-osiowego frezowania (l_{w2})

Zastosowanie nowoczesnych centrów obróbkowych i systemów programowania NC umożliwia wytwarzanie głębokich kieszeni i wnęk czy integralnych części za pomocą jednoczesnego **5-osiowego frezowania**. Ruch posuwowy freza jest jednocześnie wytwarzany przez 5 osi, dlatego też długość niepodparta l_w zastosowanego narzędzia frezarskiego może zostać wyraźnie zmniejszona w porównaniu z frezowaniem 3-osiowym. Pociąga to za sobą wzrost stabilności narzędzia i pewności przebiegu procesu.



HSC Funkcja aktywnej regulacji

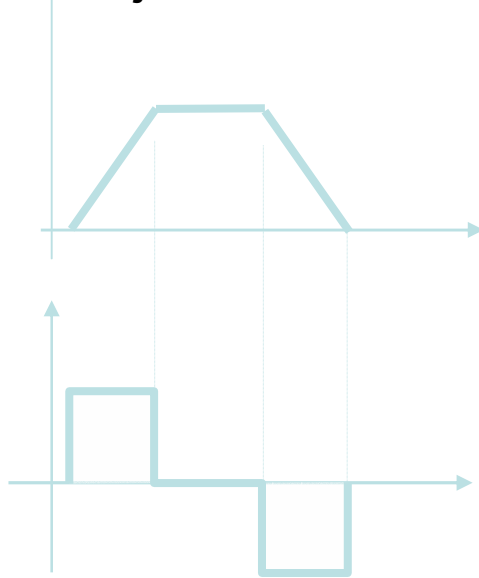


Bez aktywnej regulacji

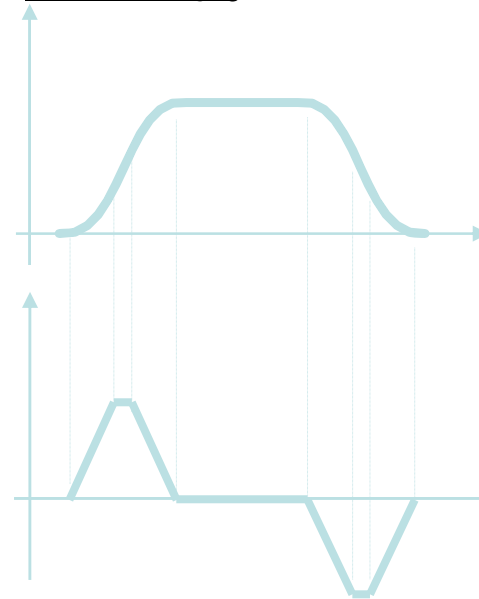
- Funkcja aktywnej regulacji gwałtownie zmniejsza błędy drogi narzędzia
- Te usprawnienia są możliwe przy wyższych posuwach przy zachowaniu zarówno gładkości powierzchni jak i dokładności.

Z aktywną regulacją

Bez funkcji Jerk Control



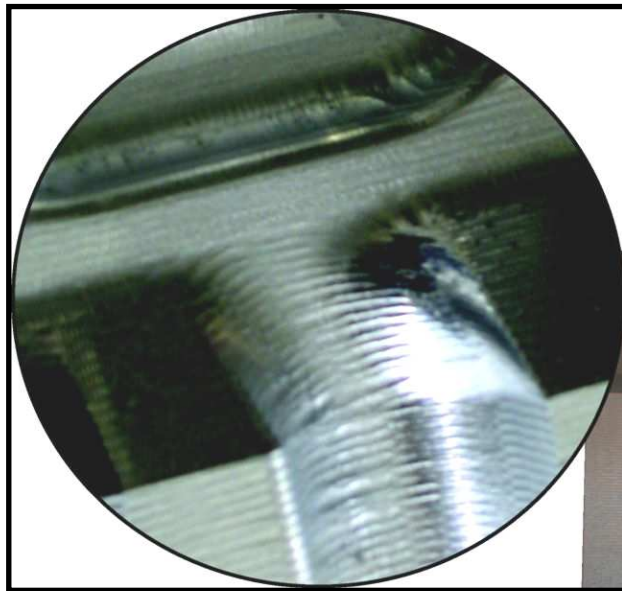
Z funkcją Jerk Control



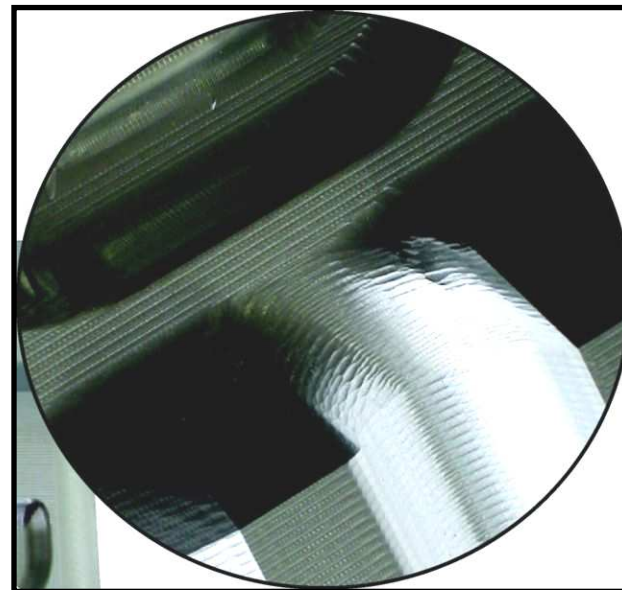
- **“Ruch” przyśpieszenia powoduje drgania. Funkcja “Jerk Control” umożliwia łagodne przejście przyspieszenia**

Algorytmy HSC "Active"

- Funkcje Active Tuning i Jerk Control umożliwiają optymalizację i poprawę charakterystyk maszyny
- Wynik końcowy: Lepsza jakość powierzchni uzyskana w krótszym czasie

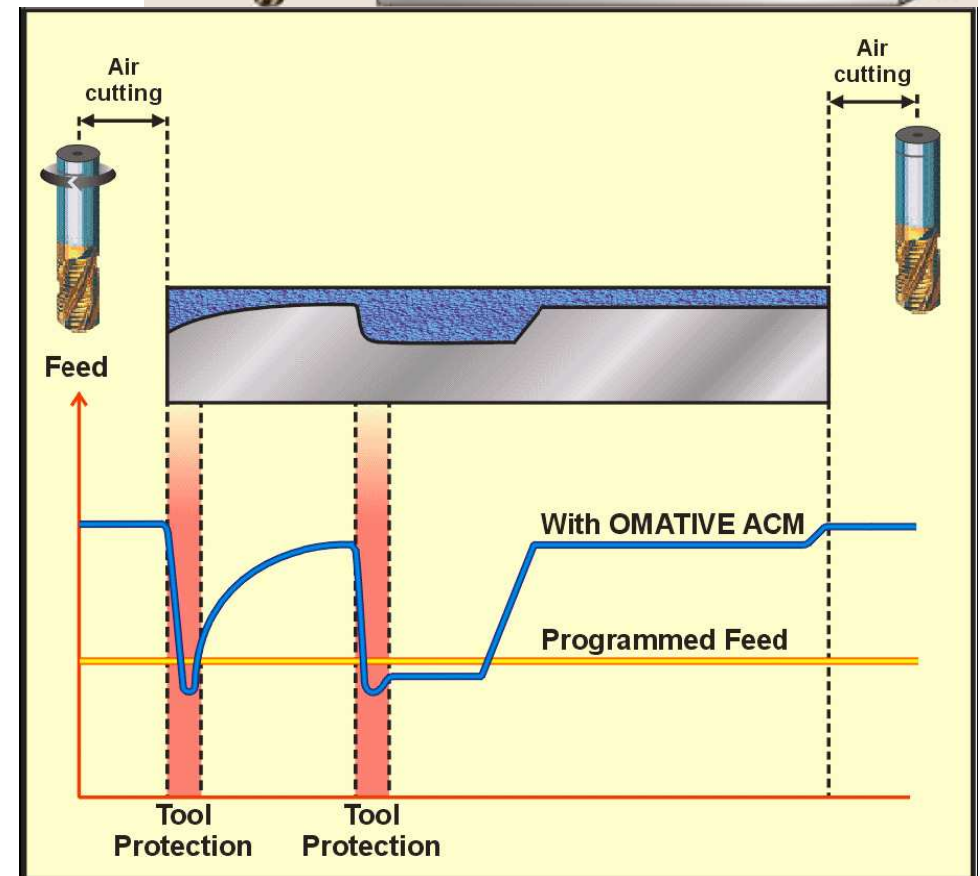
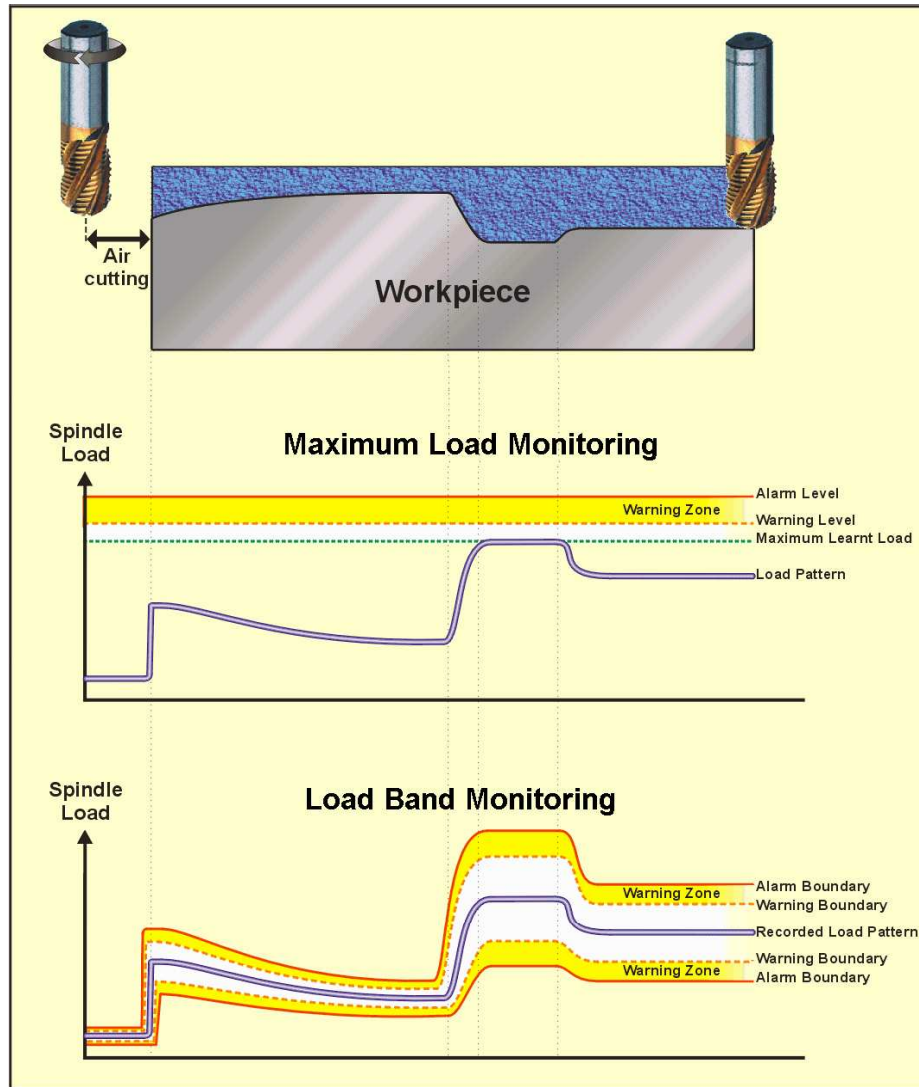
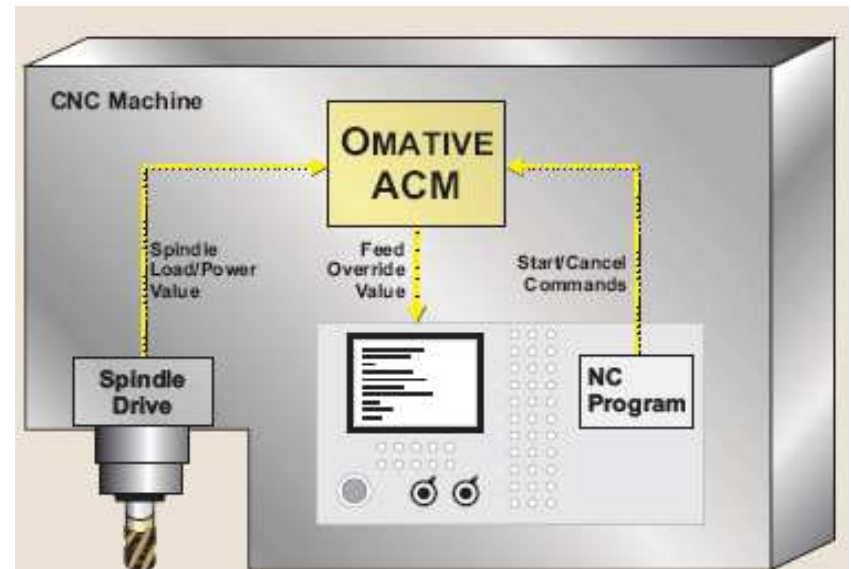


Bez funkcji Active Tuning

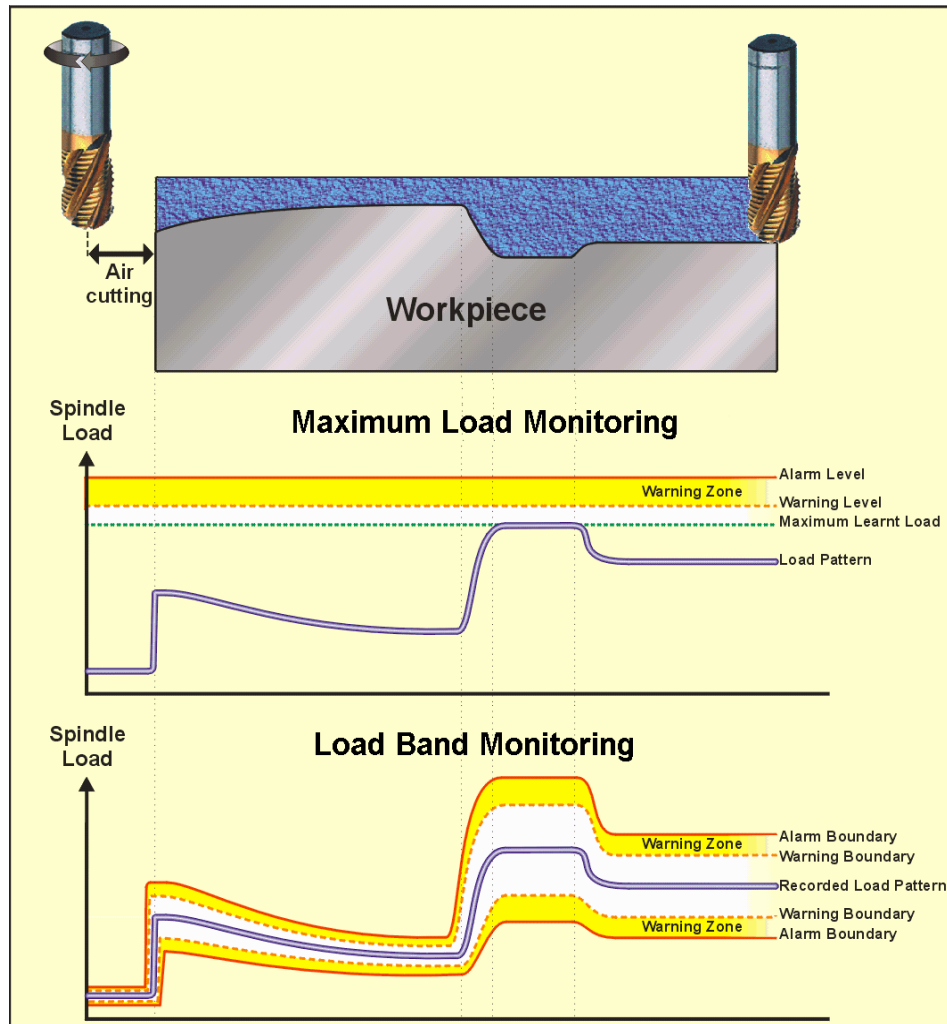


Z funkcją Active Tuning

Adaptacyjny System **OMATIVE** na maszynie CNC
 Monitoring obciążenia wrzeciona OSN podczas
 obróbki przy wykorzystaniu systemu
 adaptacyjnego **OMATIVE**



Monitorowanie Procesu



Dwa rodzaje monitorowania kadzy z poziomem Ostrzeżenia & Alarmu:

1. Maksymalne Obciążenie

Porównuje aktualne obciążenie z podanym maksymalnie ograniczeniem określonym do danej operacji skrawania.

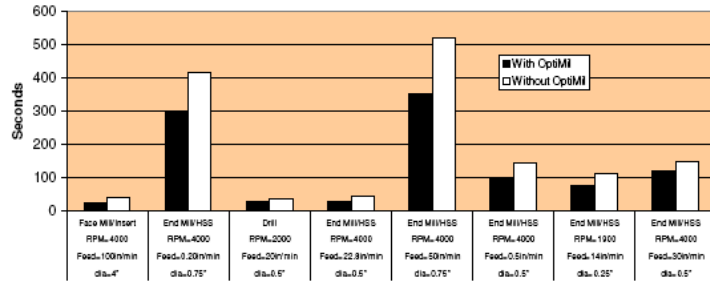
2. Wzorzec Obciążenia -

Porównuje aktualne obciążenie w stosunku do podanego wzorca obciążeń danej operacji skrawania.

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%

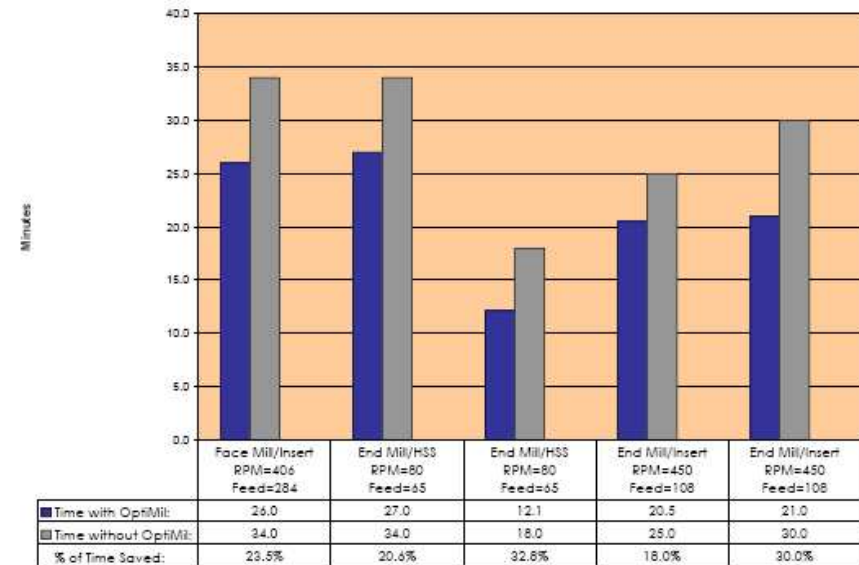
Efekt obniżki prędkości o 29,7% przy obróbce podłużnic ze stopu aluminium uzyskanej w firmie Boeing

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



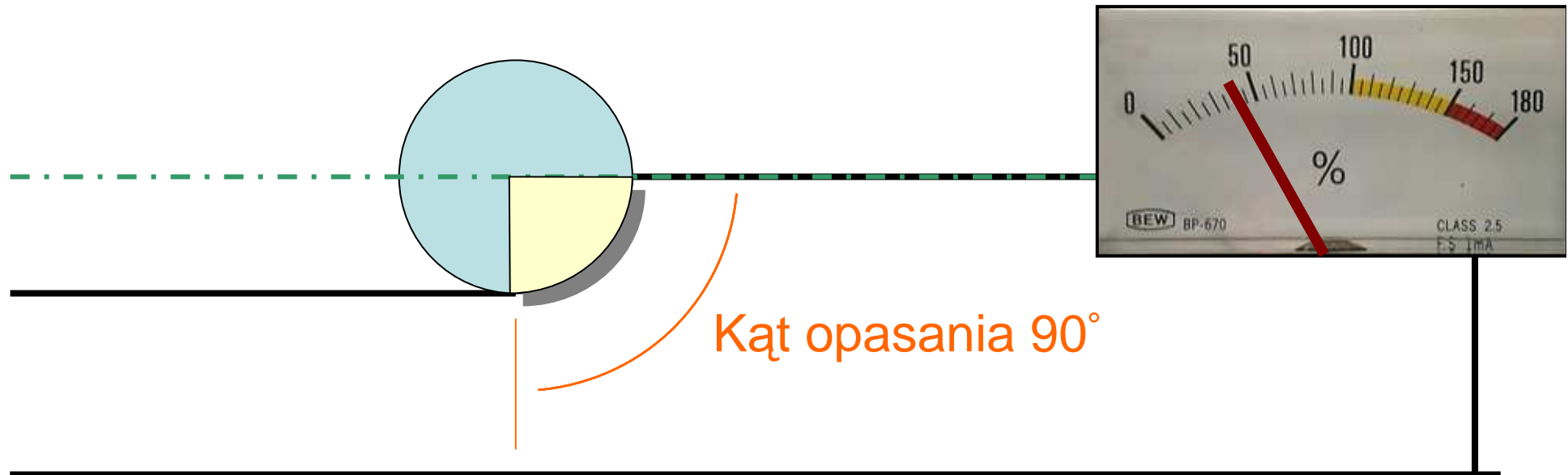
Total Minutes with OptiMil = 106.6
 Total Minutes without OptiMil = 141.0

OVERALL TIME SAVING

24.4%

Szerokość skrawania a kąt opasania

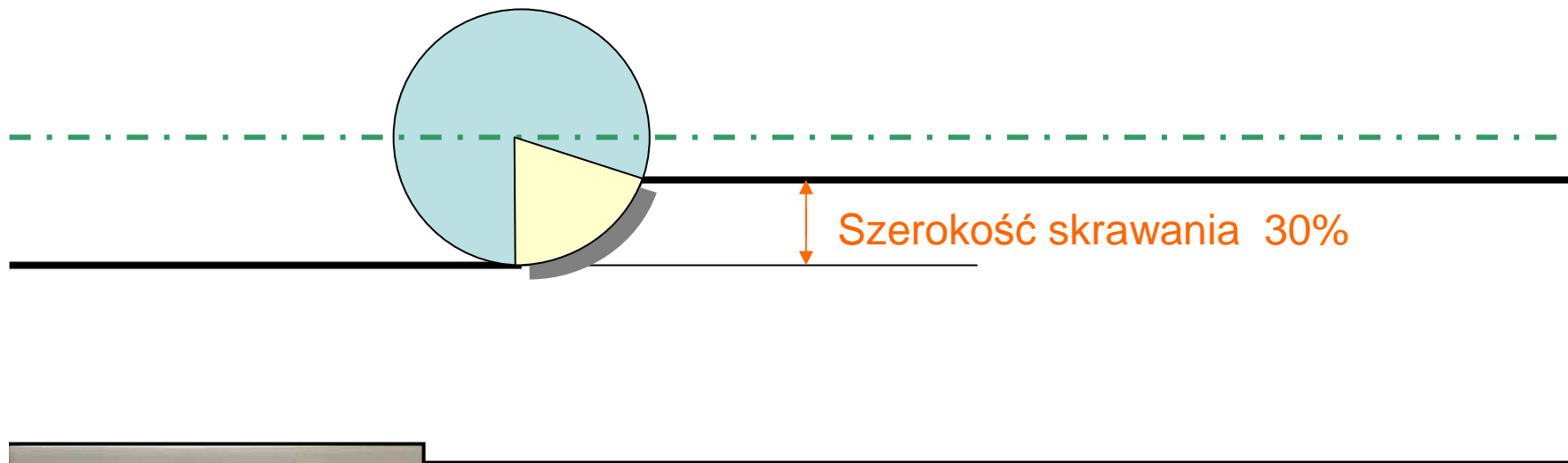
Każda szerokość skrawania przekłada się na obciążenie narzędzia.



Obciążenie narzędzia ma ścisły związek z kątem opasania!

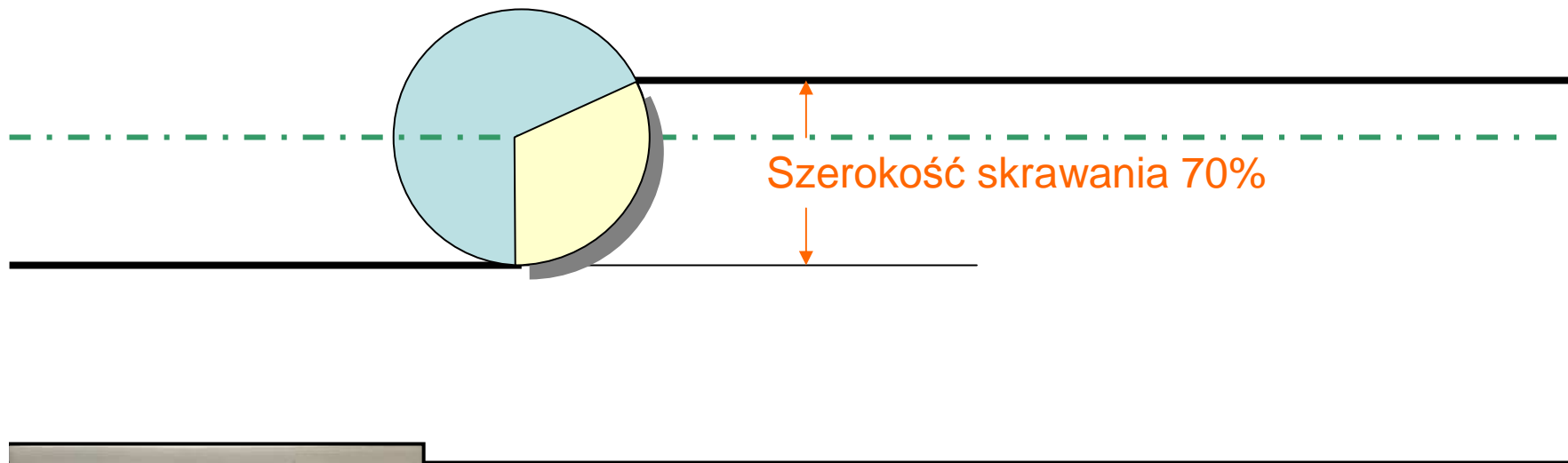
Szerokość skrawania a kąt opasania

Szerokość skrawania = 30% średnicy narzędzia



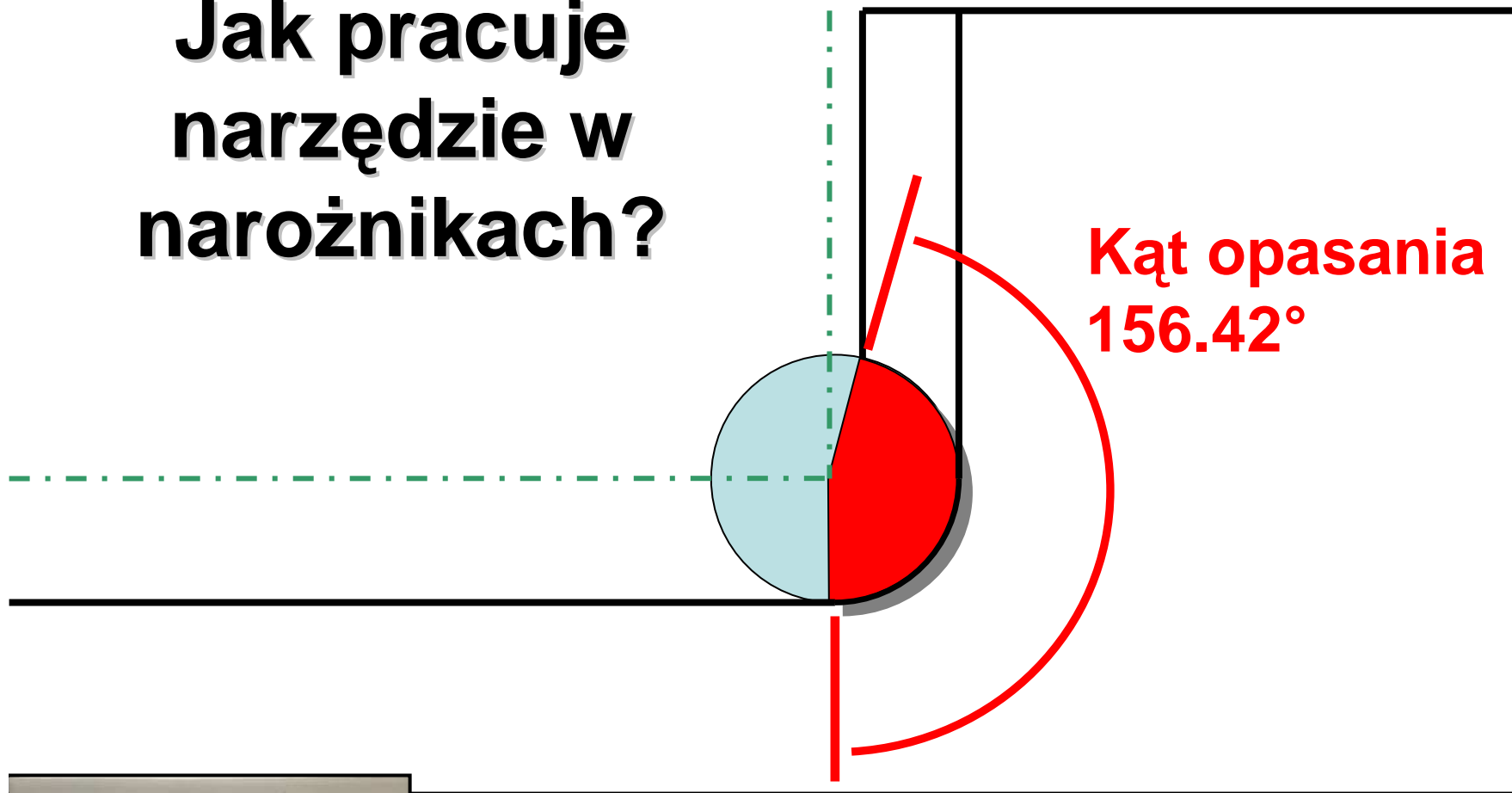
Szerokość skrawania a kąt opasania

Szerokość skrawania = 70% średnicy narzędzia



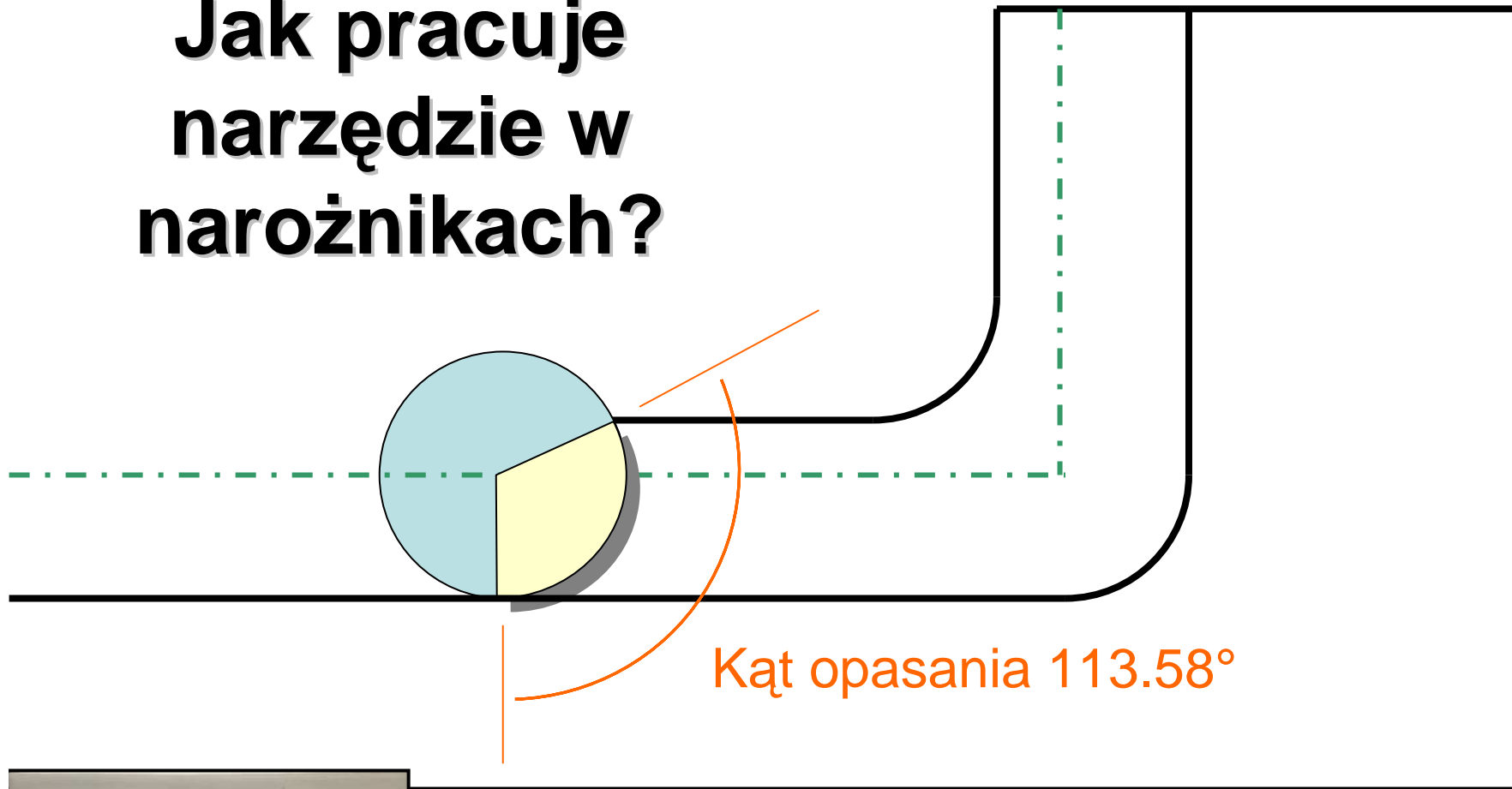
Szerokość skrawania a kąt opasania

Jak pracuje narzędzie w narożnikach?



Szerokość skrawania a kąt opasania

Jak pracuje narzędzie w narożnikach?



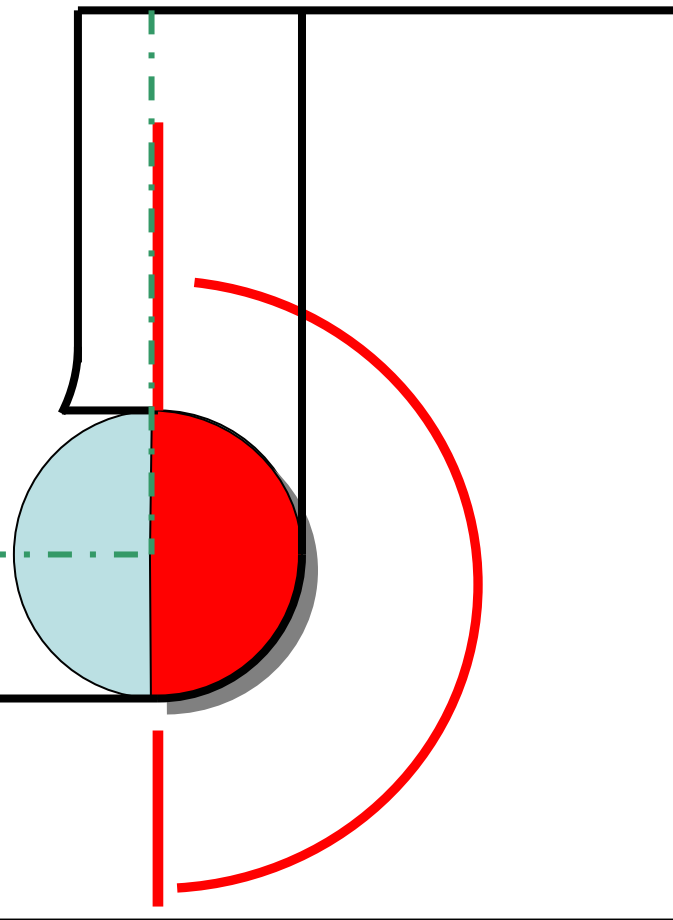
Kąt opasania 113.58°



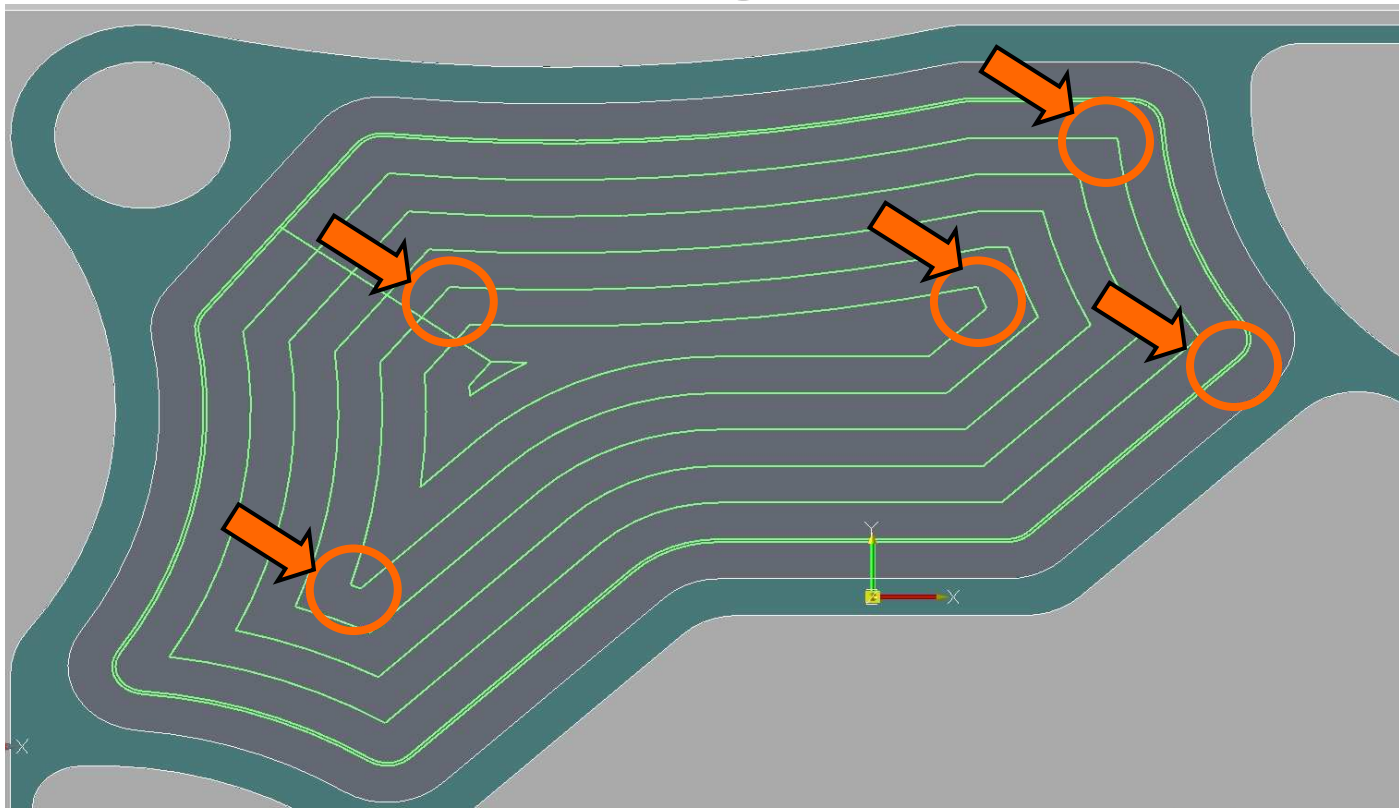
Szerokość skrawania a kąt opasania

Jak pracuje narzędzie w narożnikach?

**Kąt opasania
180°**

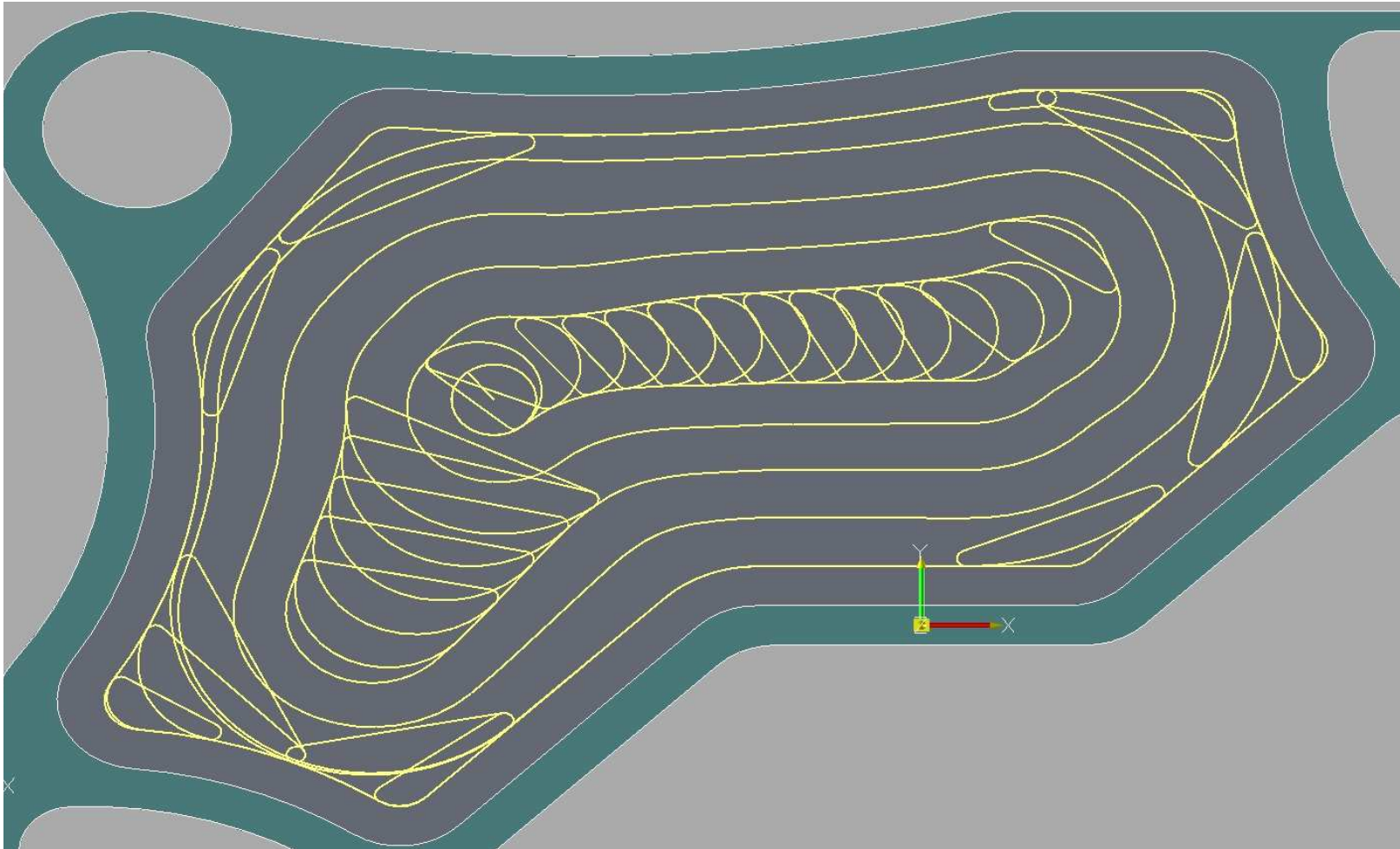


Tradycyjna ścieżka ze stałą szerokością skrawania

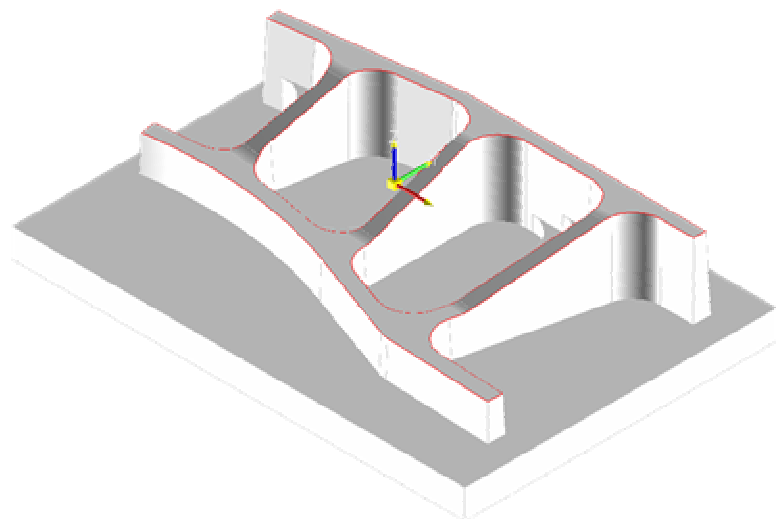


Jakie są konsekwencje zjawiska niekontrolowanego obciążenia narzędzia?

Ścieżka z kontrolą obciążenia narzędzia



Porównanie technologii trochoidalnej z tradycyjną



Materiał: **Stop Aluminium**

Frez węglkowy: **Sandvik**

Średnica: **12mm,**

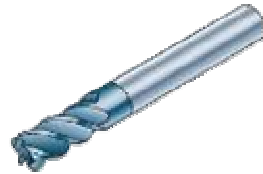
L. ostrzy: **3 ostrza**

Tradycyjna

Prędkość skrawania [m/min]	680 m/min	600 m/min
Posuw na ostrze [mm/ostrze]	0,1	0,08
Posuw	5400 mm/min	3820 mm/min
Głębokość	20 mm	4 mm
Szerokość skraw. / KON	3 mm (60 °)	5 mm (80°)
Wydajność obróbki	324 cm ³ /min	76 cm ³ /min

4 razy
większa

Porównanie technologii trochoidalnej z tradycyjną



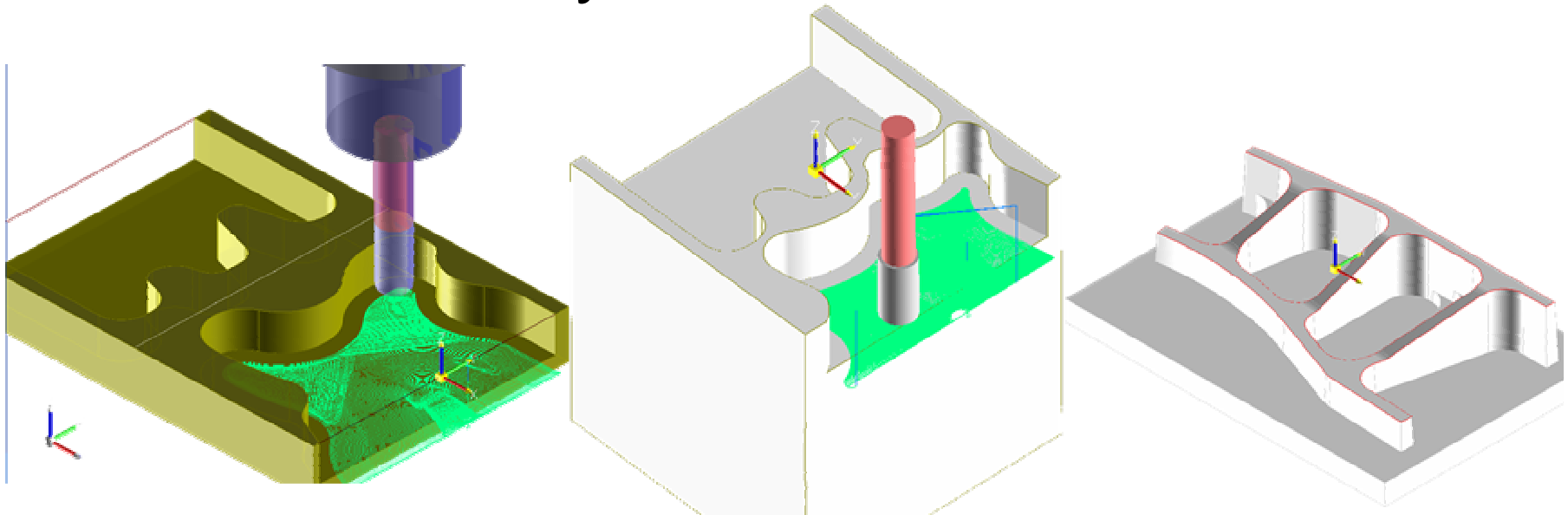
Materiał: **TYTAN WT22**
ok. 35HRC
 Frez węglkowy: **Sandvik**
 Średnica: **12mm,**
 L. ostrzy: **4 ostrza**

Tradycyjjna

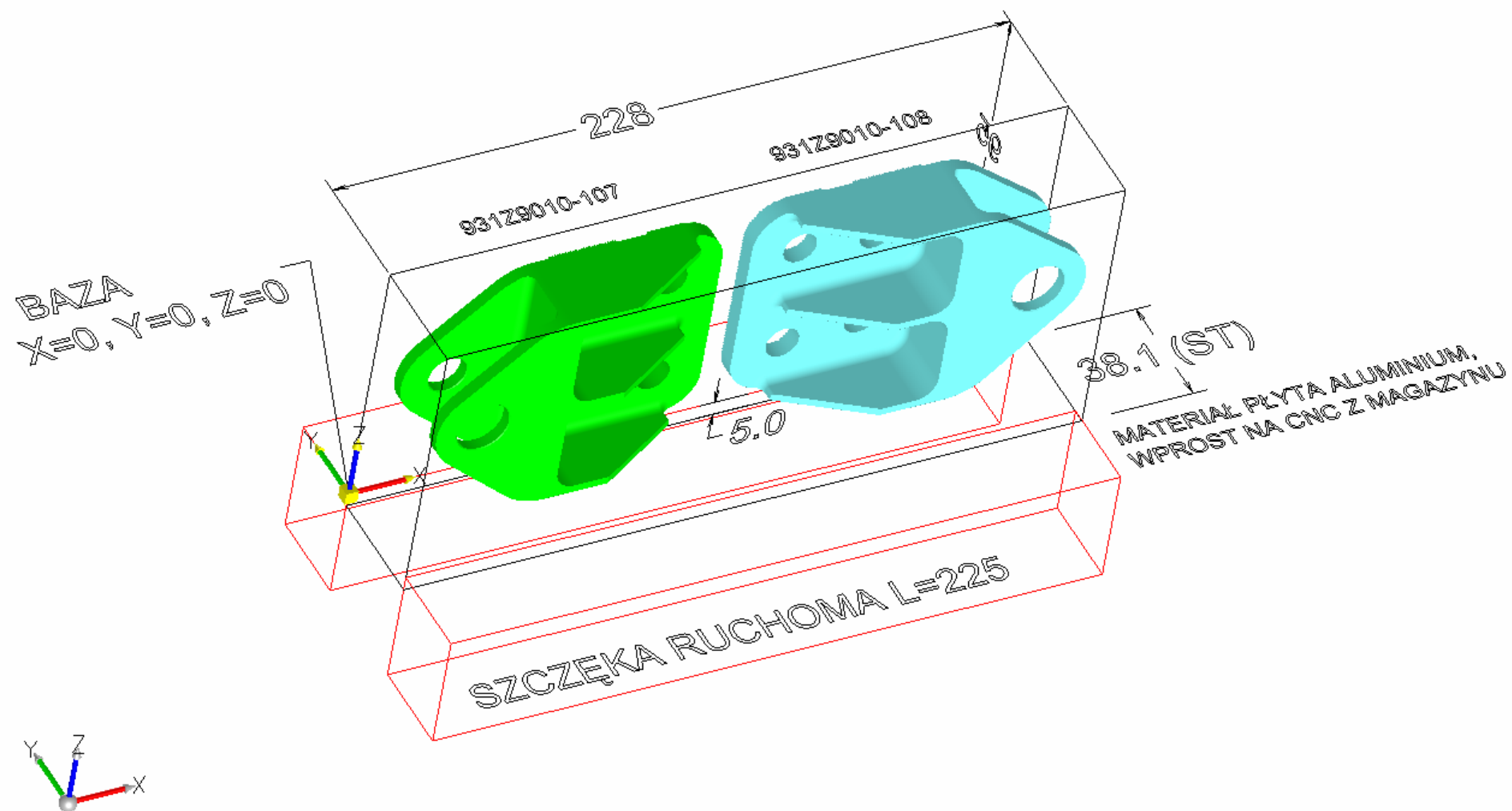
Prędkość skrawania [m/min]	120 m/min	30 m/min
Posuw na ostrze [mm/ostrze]	0,06	0,08
Posuw	765 mm/min	255 mm/min
Głębokość	17,5 mm	3 mm
Szerokość skraw. / KON	0,8 mm (30 °)	6 mm (90°)
Wydajność obróbki	10,7 cm ³ /min	4,6 cm ³ /min

2 razy
większa

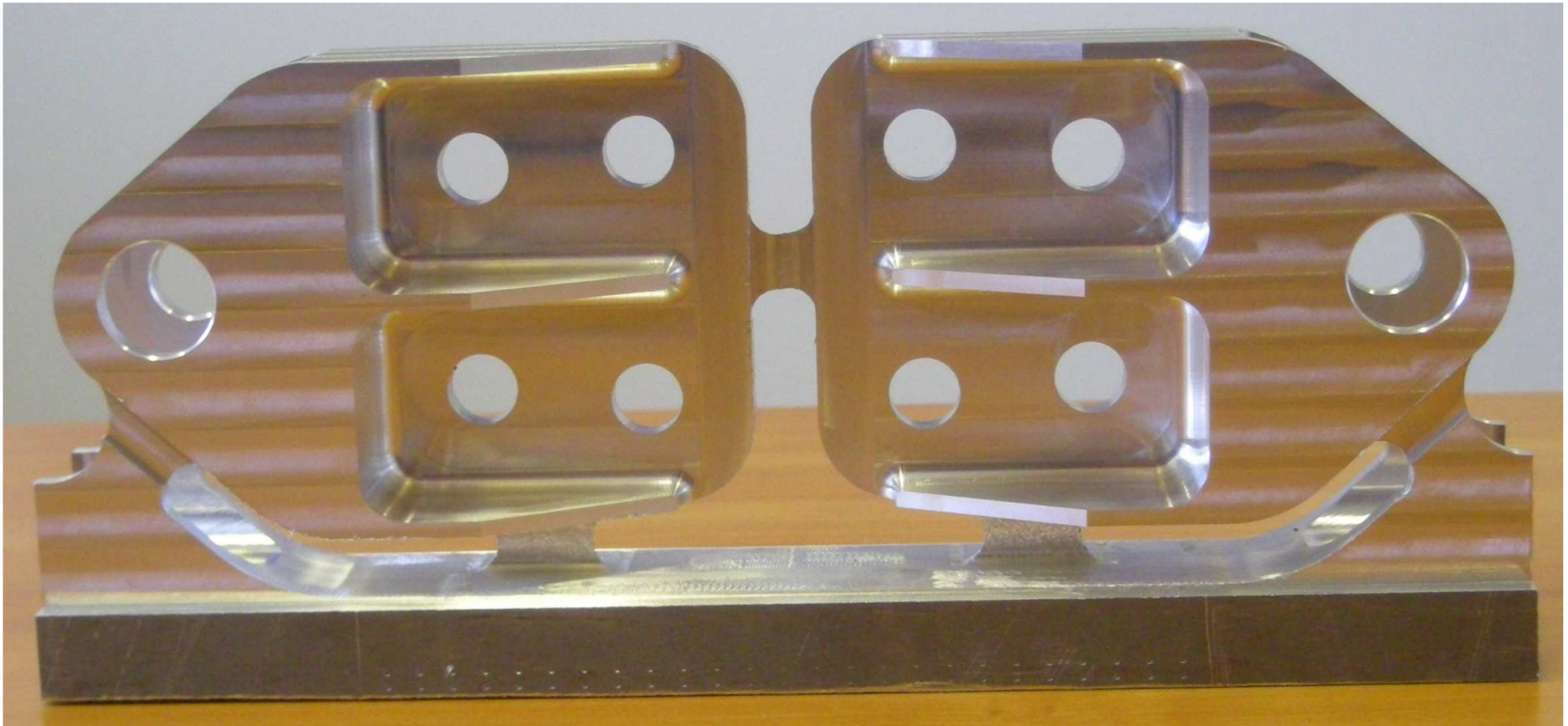
Wyniki testów



Materiał	TYTAN WT22	STAL NC 11 LV (55 HRC)	STOP ALUMINIUM
Prędkość skrawania	120 m/min	200 m/min	680 m/min
Posuw na ostrze	0,06 mm/ostrze	0,1 mm/ostrze	0,1 mm/ostrze
Posuw	765 mm/min	6400 mm/min	5400 mm/min
Głębokość	17,5 mm	20 mm	20 mm
Szerokość skraw. / KON	0,8 mm (30 °)	0,25 mm (17 °)	3 mm (60 °)
Wydajność obróbki	10,7 cm³/min	31,8 cm³/min	324 cm³/min

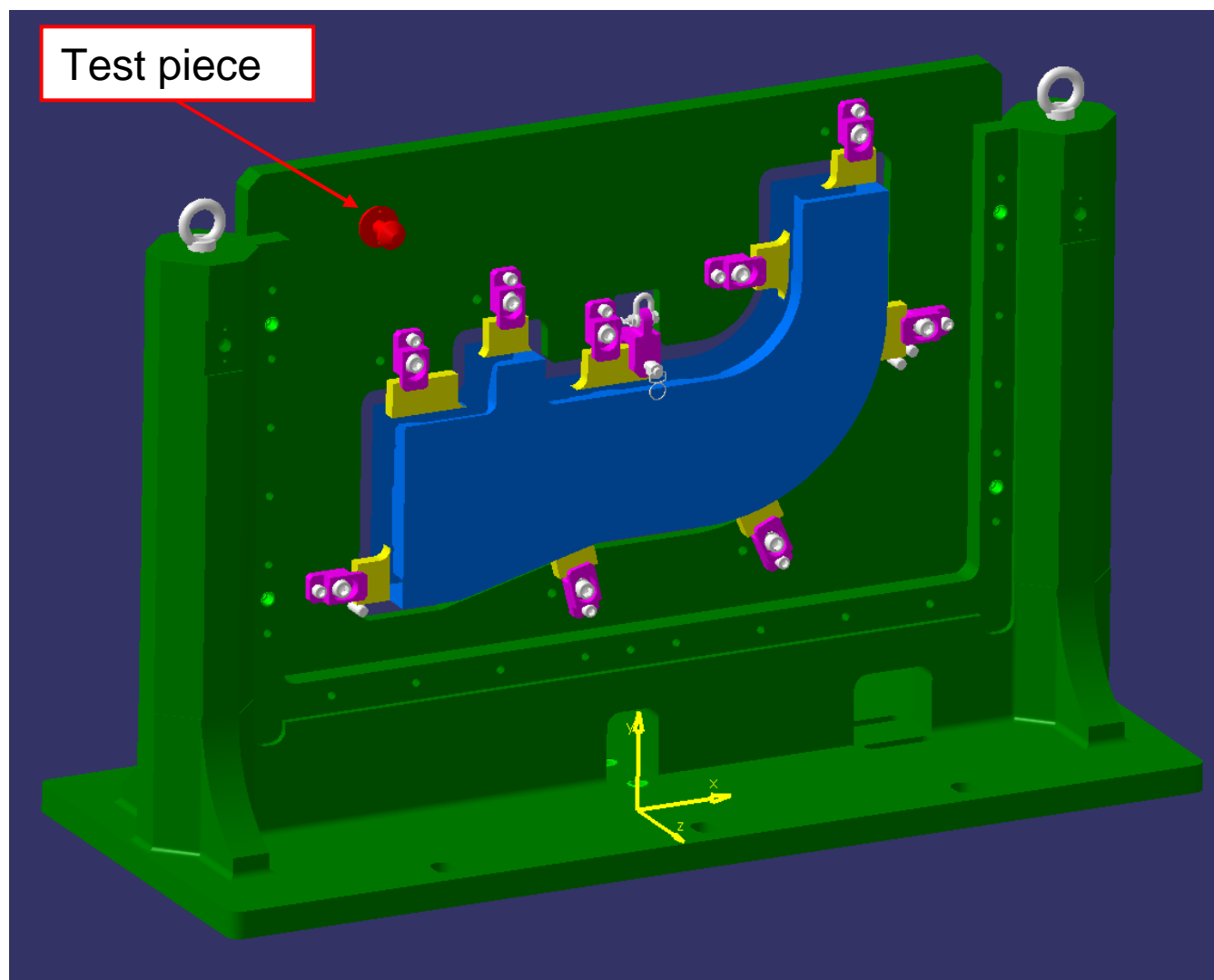


Przykład części samolotu B-787 93129010 -107, 108

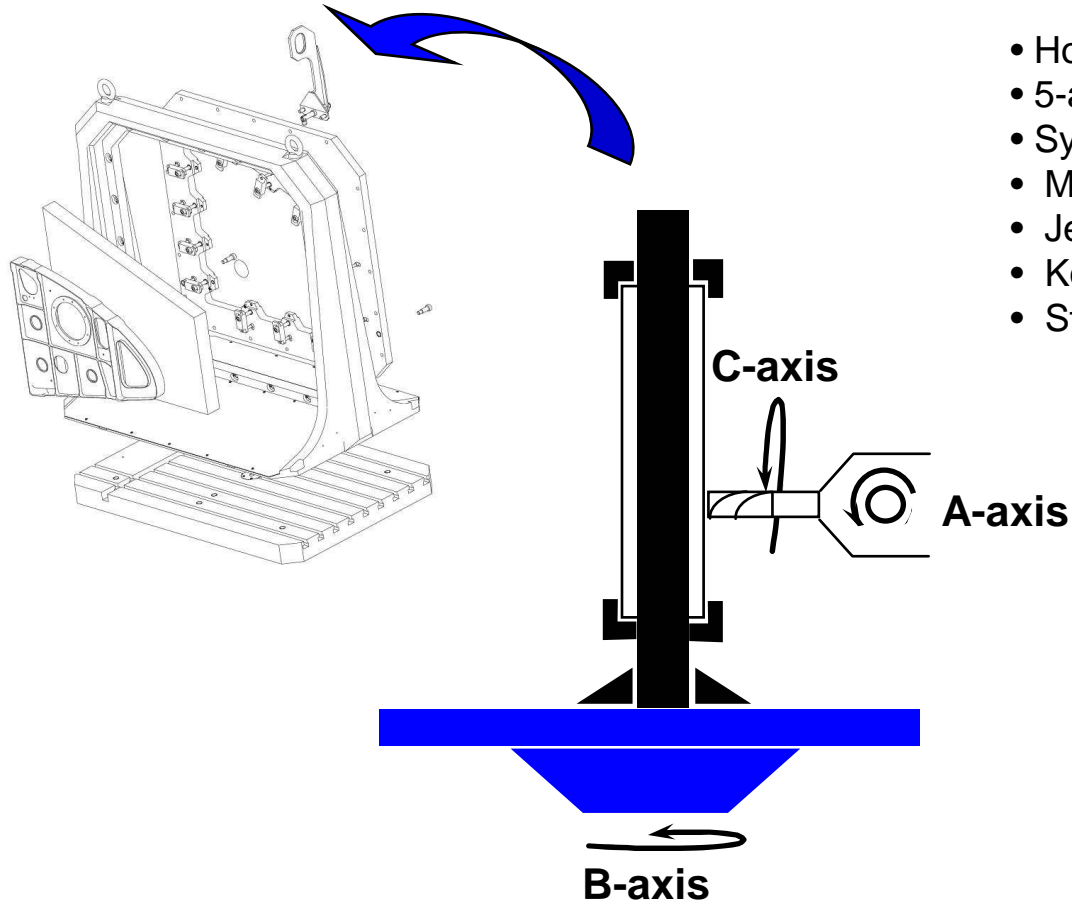


Przykład wykonanej części samolotu B-787 93129010 -107, 108

Przyrząd Ramka



Metoda mocowania



- Horizontalna praca wrzecona
- 5-axis HSM (High Speed Machining)
- System wielu paletowy
- Mocowanie w przyrządzie ramka
- Jedno ustawienie
- Kompletna obróbka (shorter lead time)
- Standardowe wyposażenie

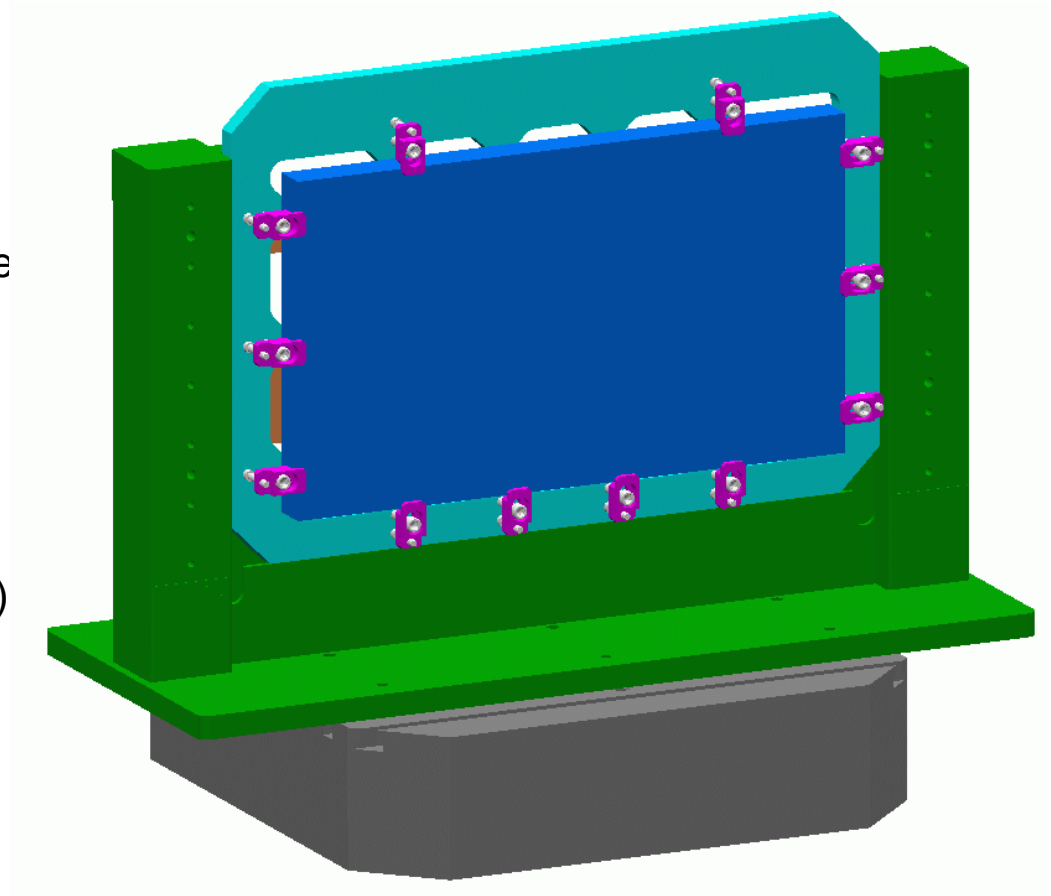
Metoda Mocowania

Korzyści:

- Niższe koszty oprzyrządowania
- Mniejszy tpz
- Łatwe usuwanie wiórów
- Good stress release with two side approach
- Brak błędów geometrycznych (niedopasowanie)

Wady:

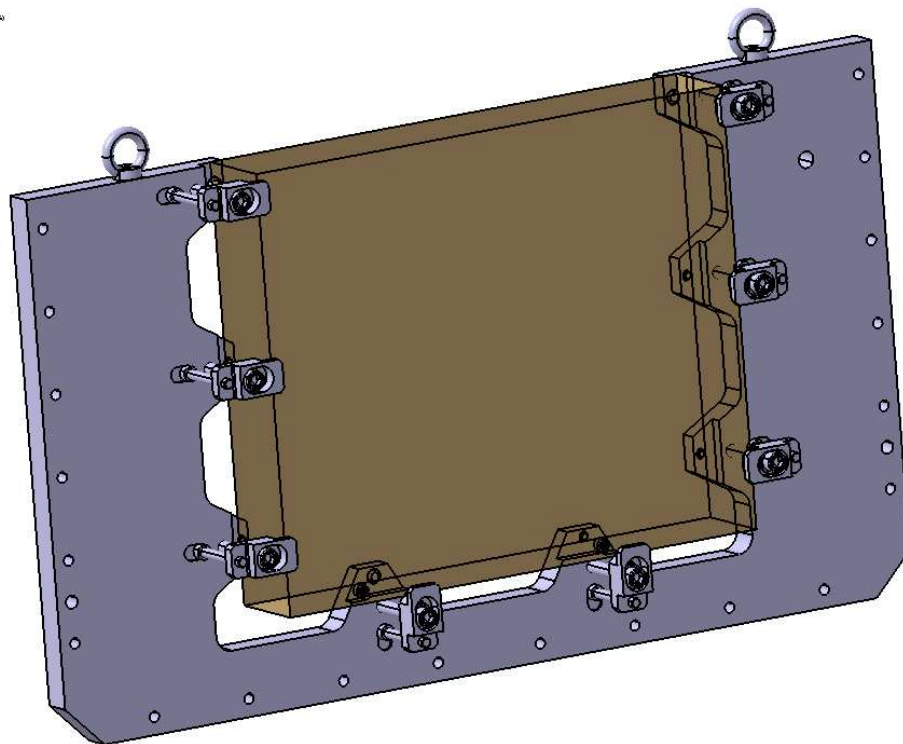
- Drgania (problemy z stabilnością)
- Ugięcie części
- Stock size



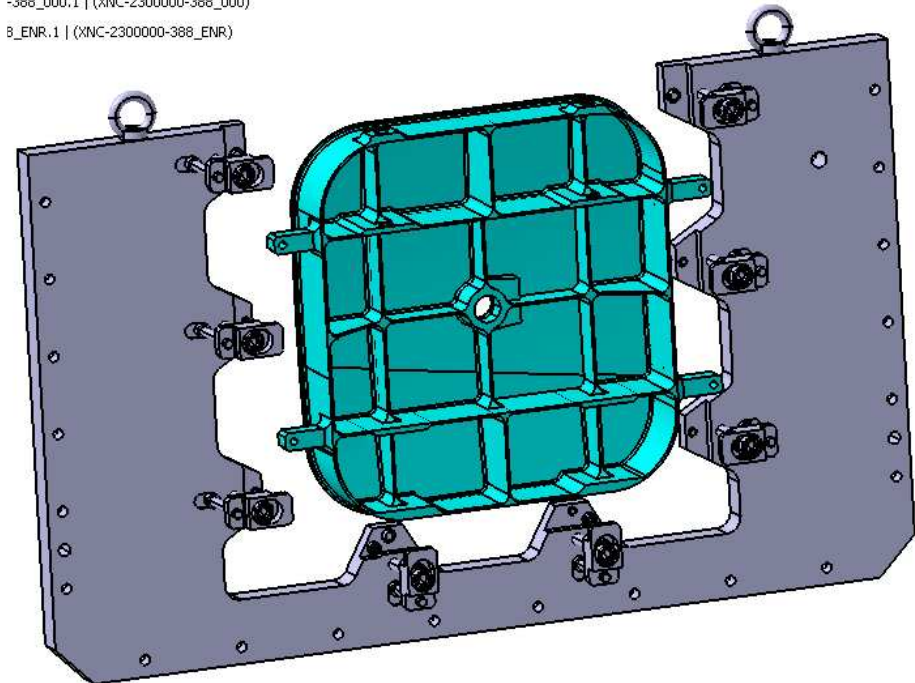
Metody Obróbki

- Trzy stałe punkty.
- Pozostałe *regulowane*.
- Obróbka z dwóch stron.
- Obróbka zgrubna.
- Obróbka wykańczająca.

Usuwane są tylko mostki po obróbce wykańczającej!

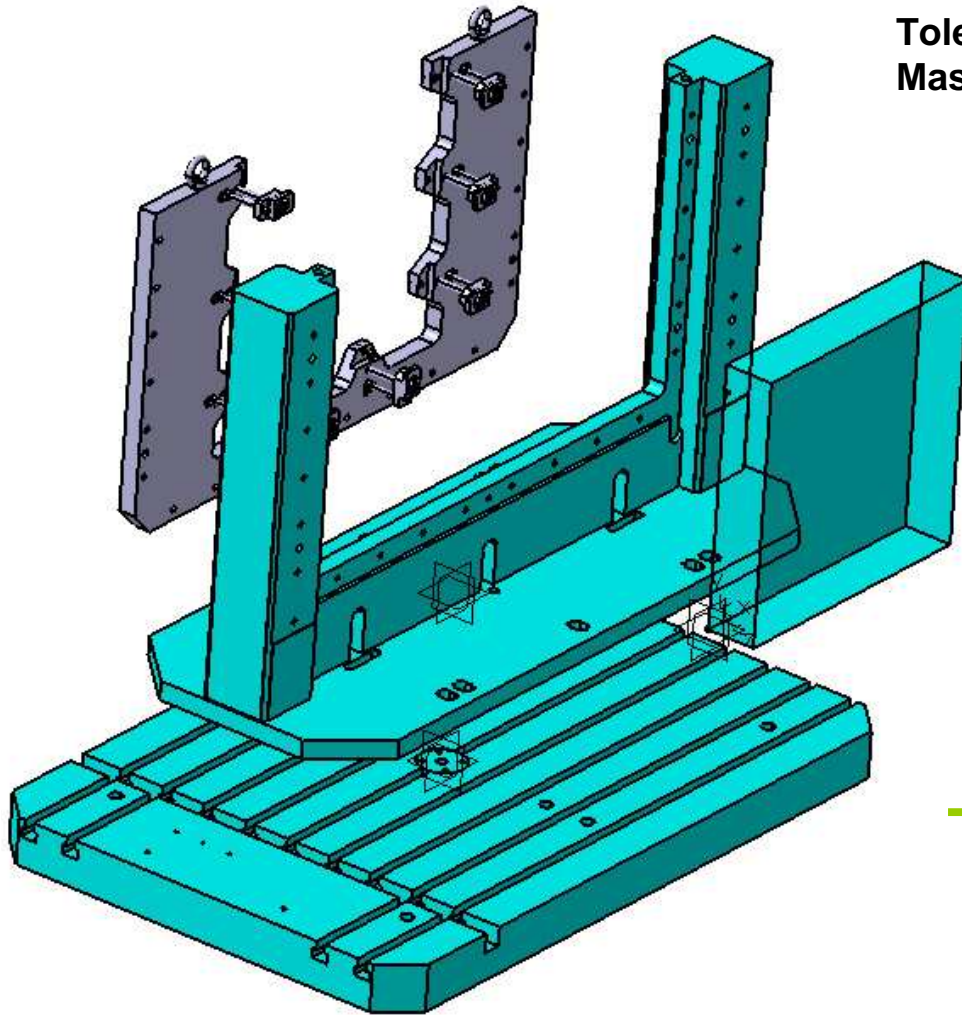


-368_000.1 | (XNC-2300000-368_000)
B_ENR.1 | (XNC-2300000-368_ENR)



Kompletne ustawienie

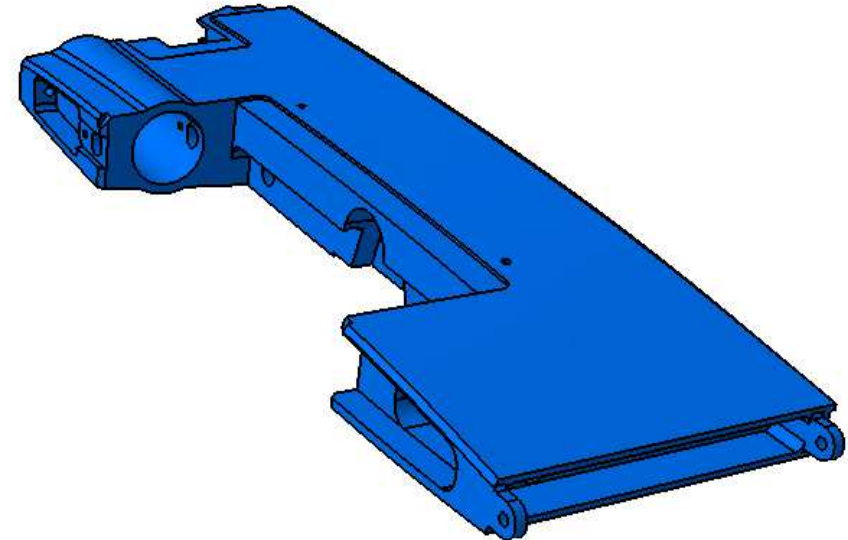
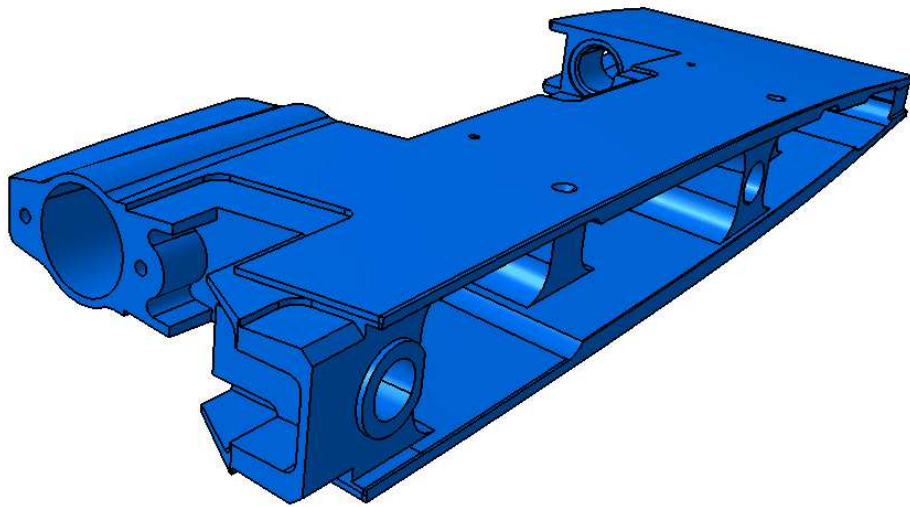
Tolerancja +/- 0,5 od punktu zerowego (Zero Maszyny) w stosunku do przygotówki



Tylko wcisnąć przycisk Start!

Skomplikowane części

Które wymagają wiele operacji

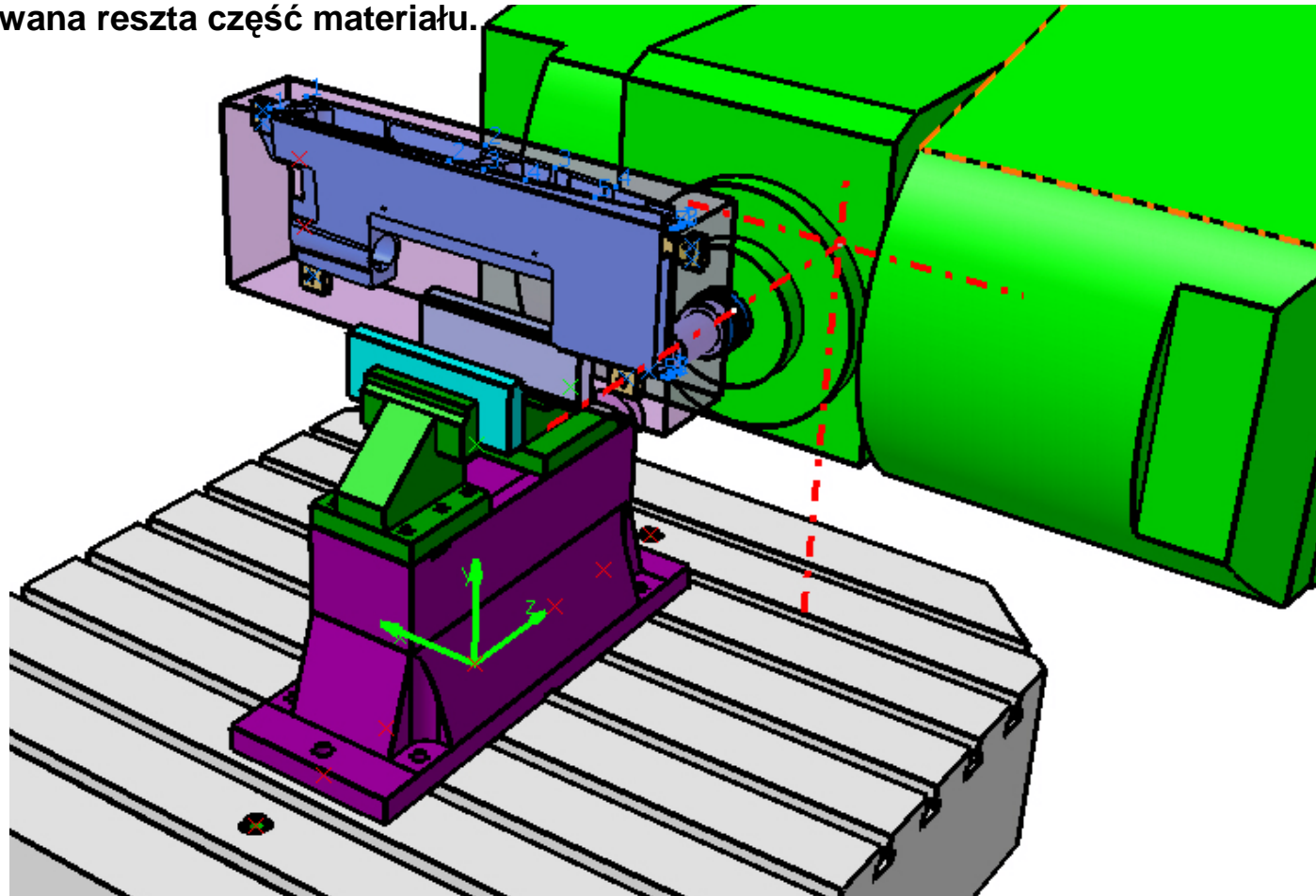


Ważne

- Zwróć uwagę na tolerancje.
- Powtarzalność.

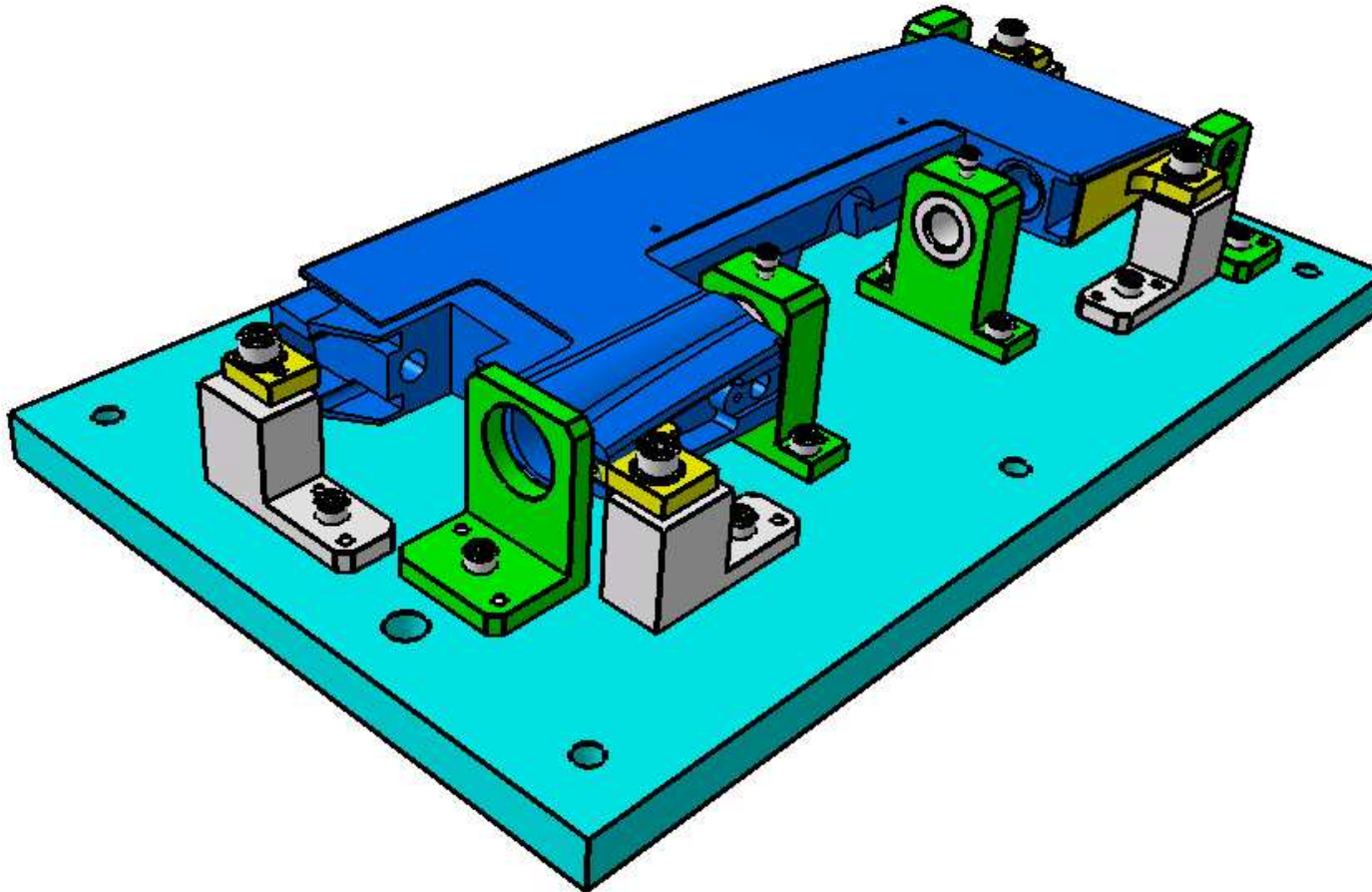
Pierwsza operacja

- Przygotówka w imadle, używane są standardowe imadła.
- Nie jest ważne dokładne położenie przygotówki.
- Obrabiane jest wszystko co jest możliwe.
- **Istotna jest dokładność wykopnięcia „mostków”**.
- Po obróbce jest usuwana reszta część materiału.



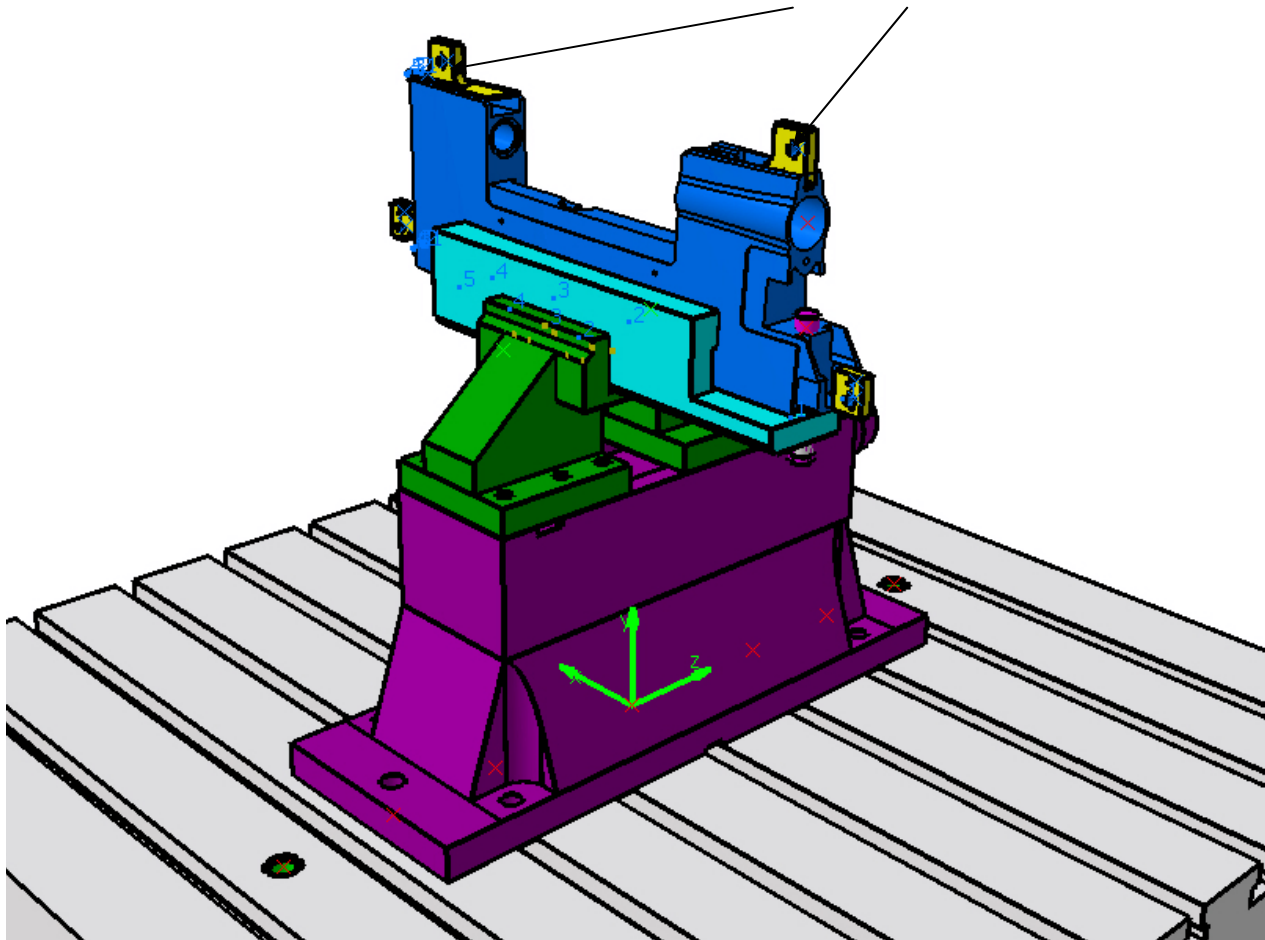
Druga operacja

- Kluczem jest dokładność wykonania mostków.
- Wykonanie otworów bazowych w przyrządzie



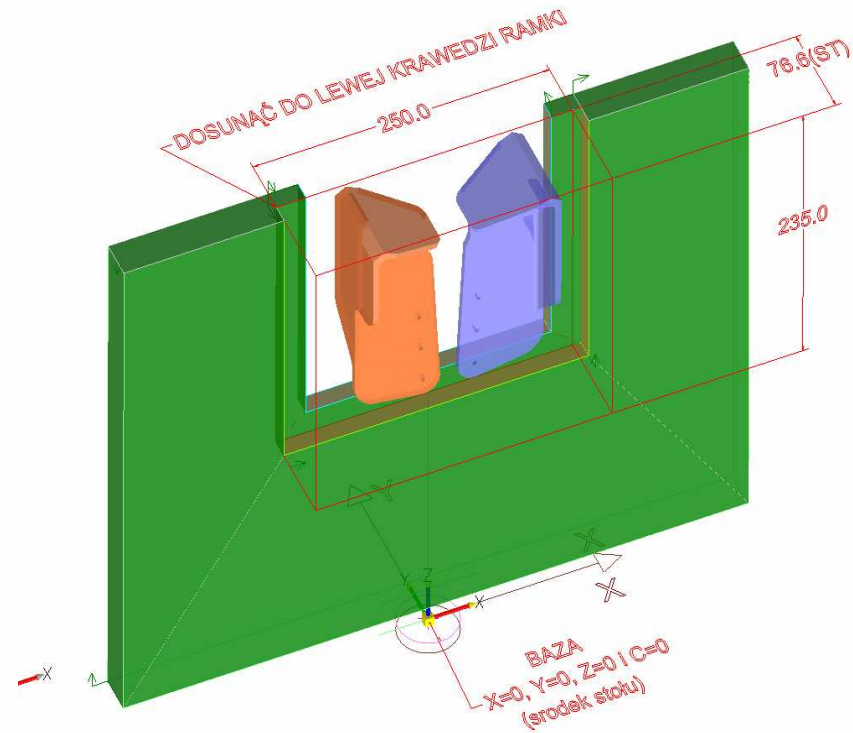
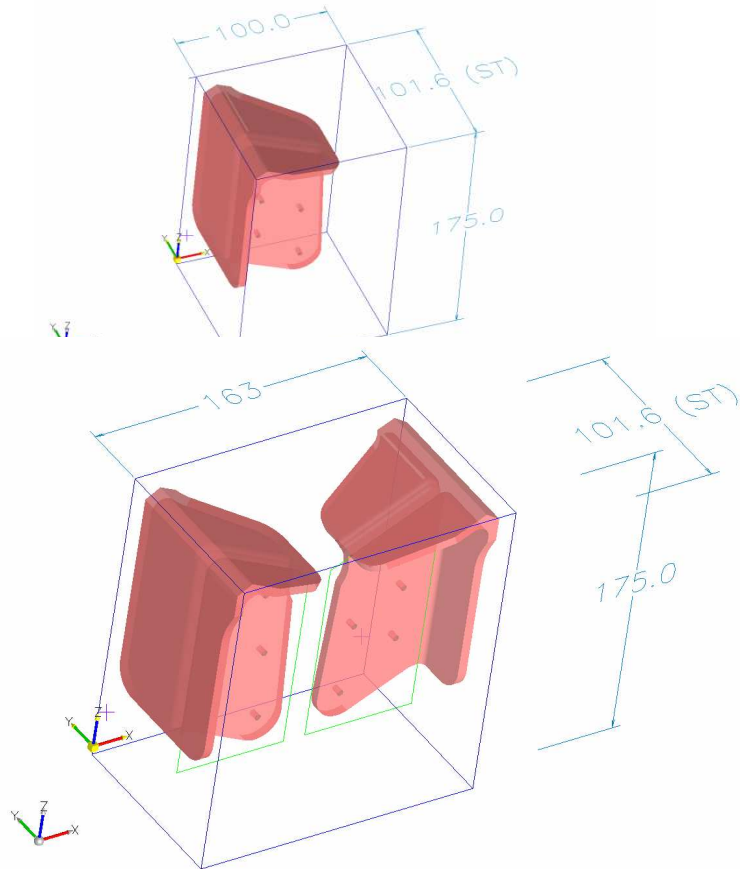
Trzecia operacja

- Specjalnie wykonane szczęki.
- Obróbka wykańczająca części.
- **Usunięcie mostków w obróbce maszynowej.**

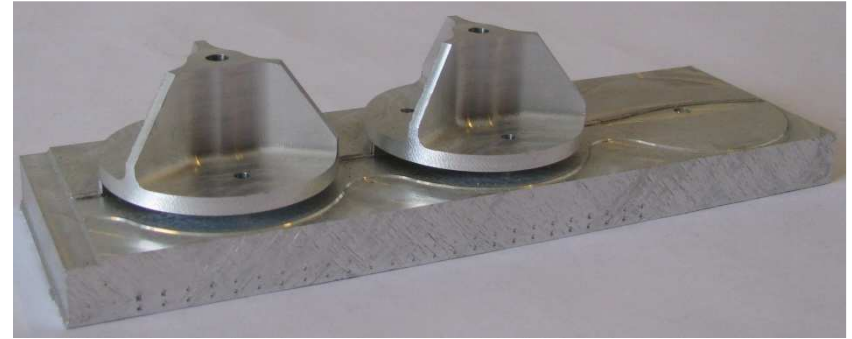


Produkcja w ramce.

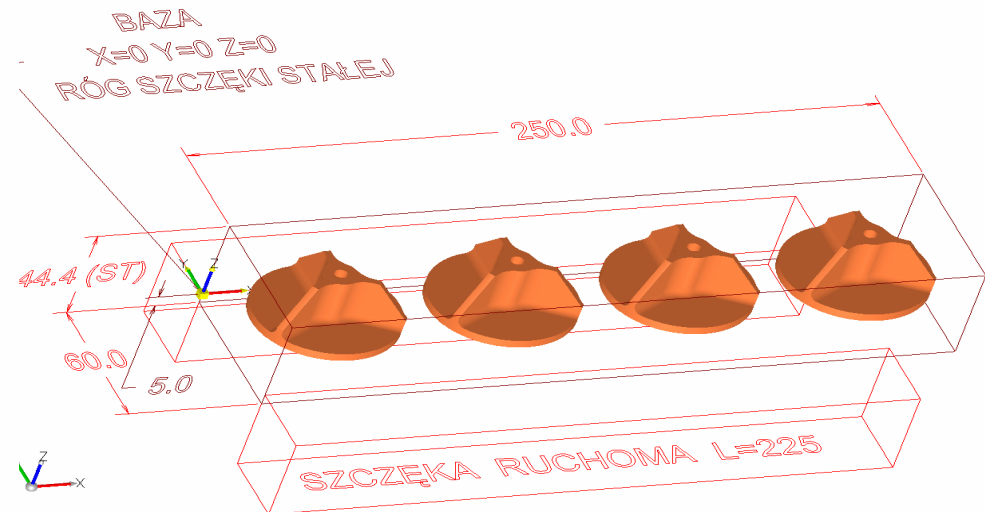
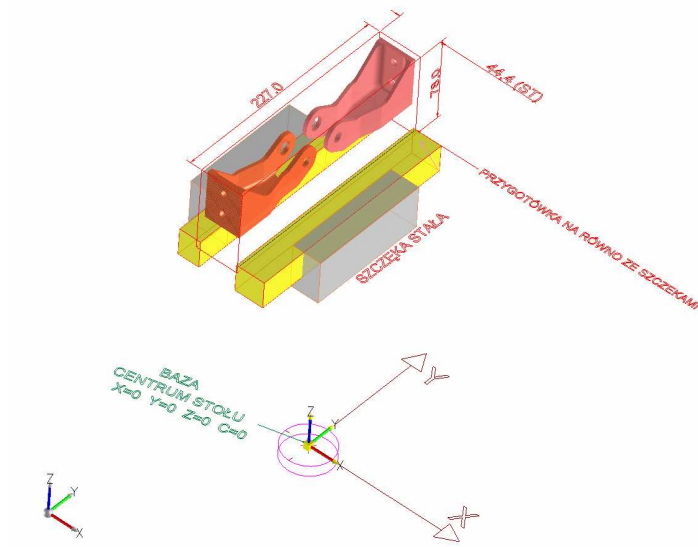
423Z1125-1, Tpz w nowej ramce, 2 części w przygotówce
- wcześniej 1 część w imadle



Końcowe rezultaty

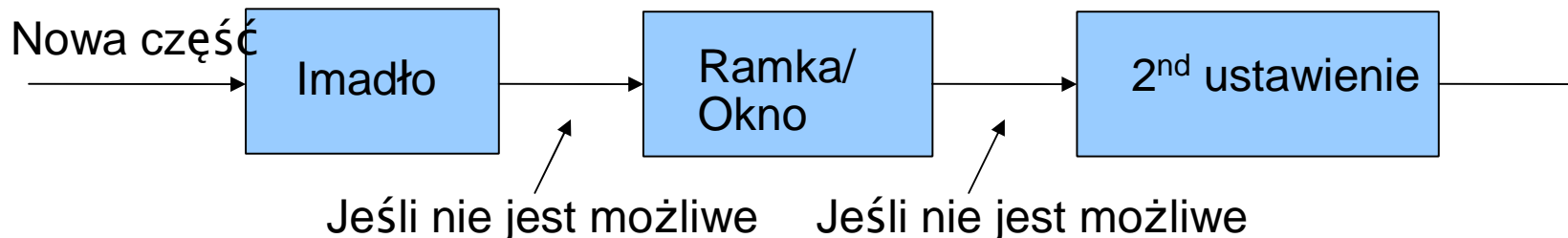


- Zmniejszenie T_{pz} , dwu paletowy system. Zmniejszenie wymiarów przygotówki, zmniejszenie liczby ustawień)
- Filozofia mocowania (imadła, ramki/okna)
- Wzrost czasu obróbki (**więcej niż jedna część na 1 przygotówkę**) daje operatorowi możliwość przygotowania następnej pracy i skończenia poprzedniej.



Końcowe rezultaty

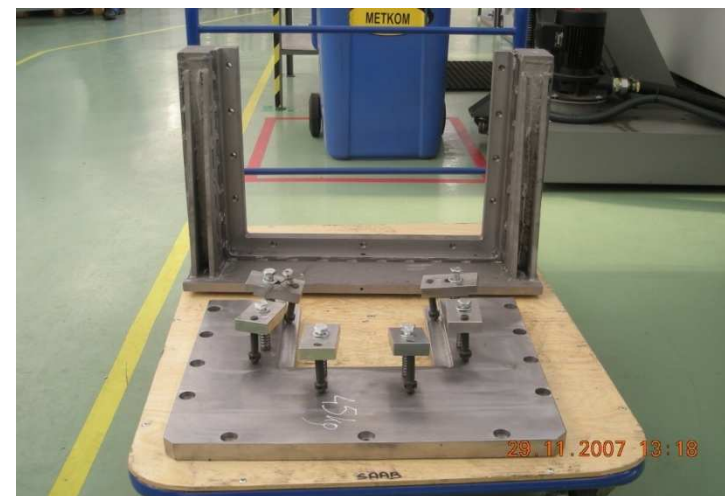
- Części są dzielone na rodziny wg odpowiednich metod jak rodzina dla imadeł, (niektóre z tych części tworzą rodzinę części dla ramek)
- Wdrożenie nowej metody produkcyjnej



Końcowe rezultaty



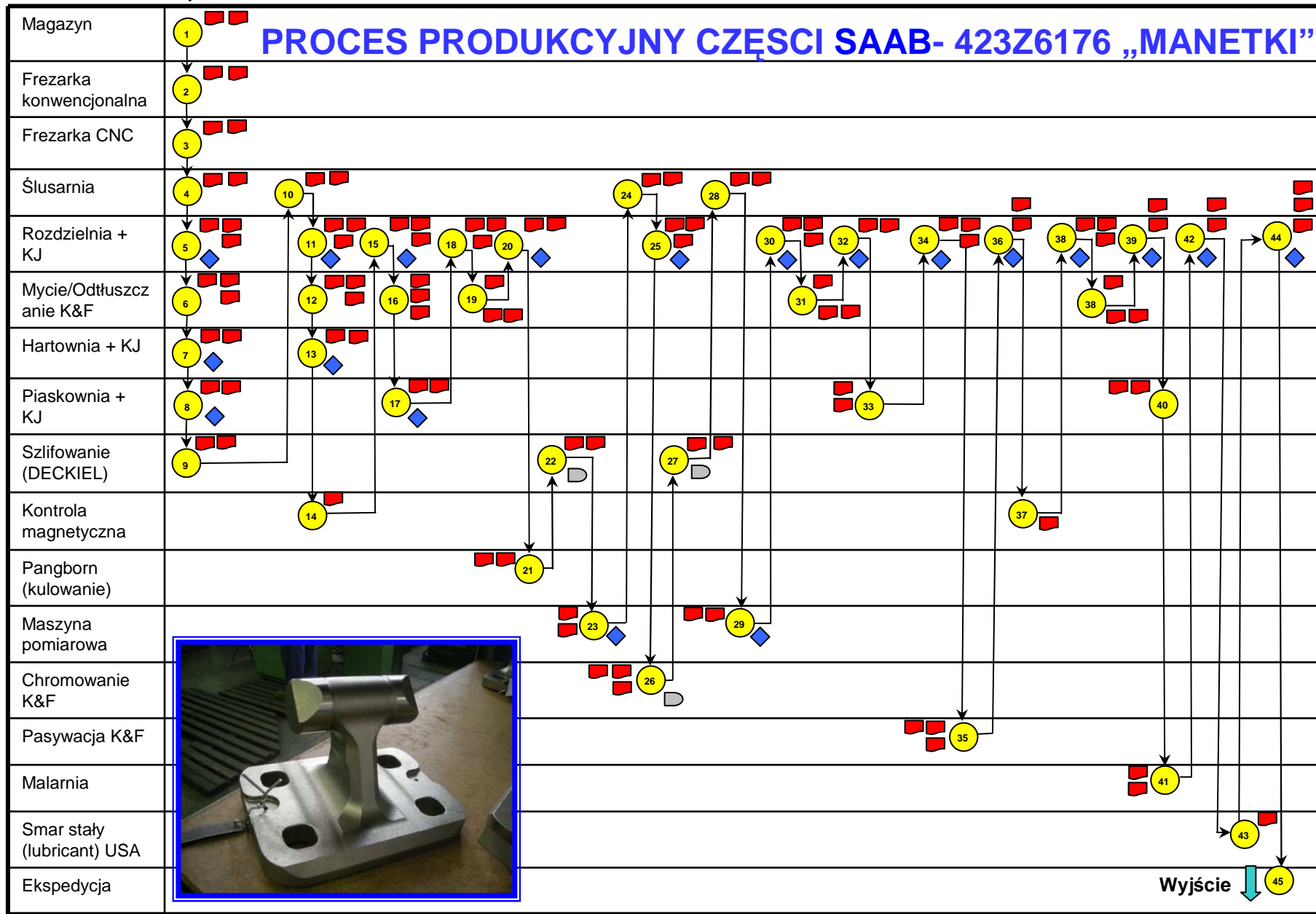
Tak było



Wejście

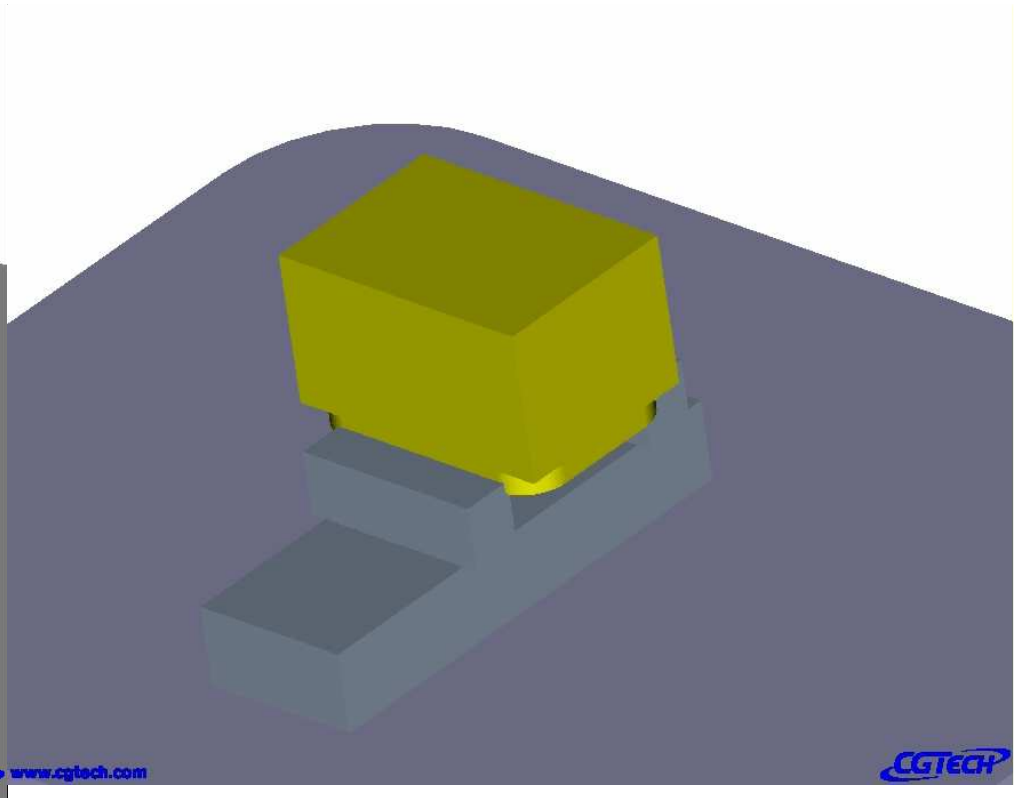
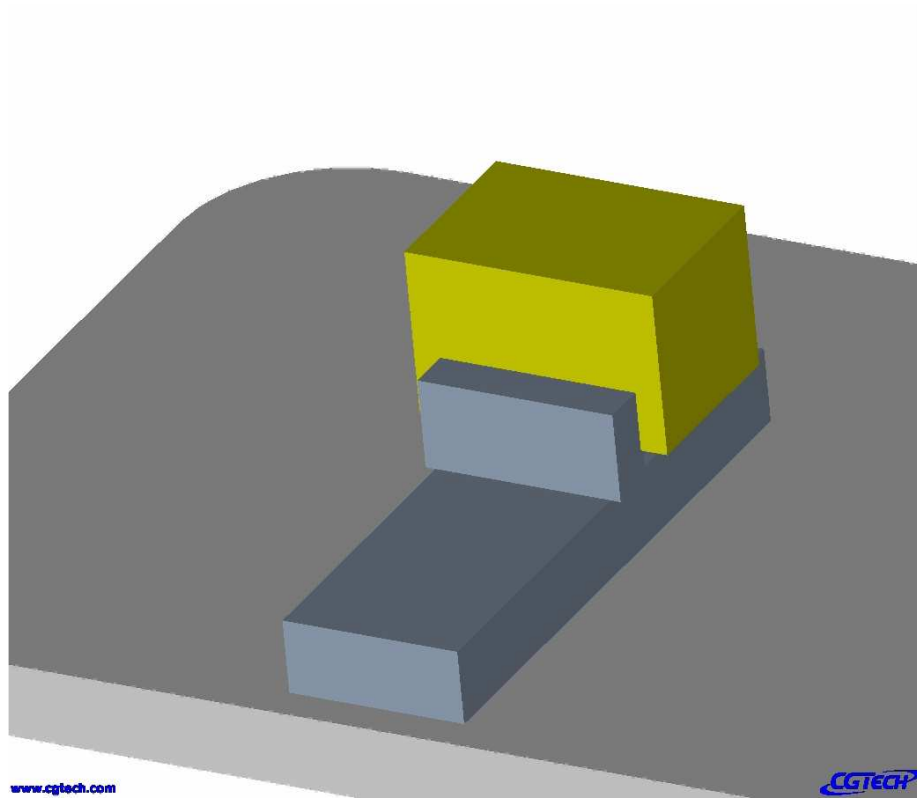


PROCES PRODUKCYJNY CZĘŚCI SAAB- 423Z6176 „MANETKI”



Wyjście



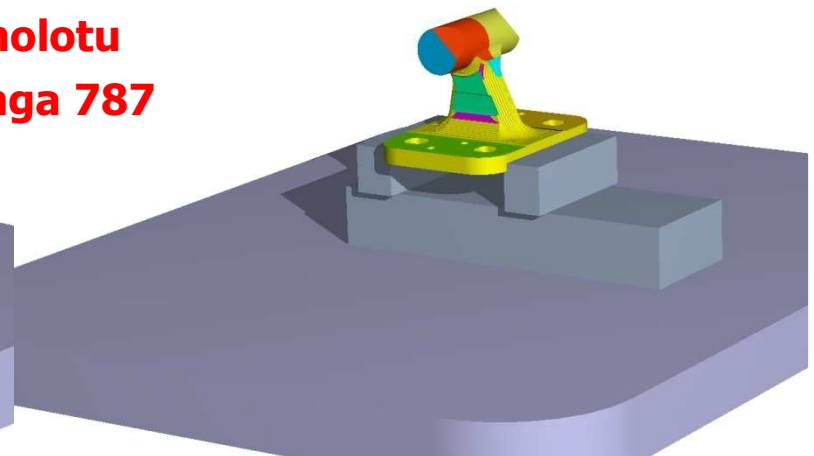
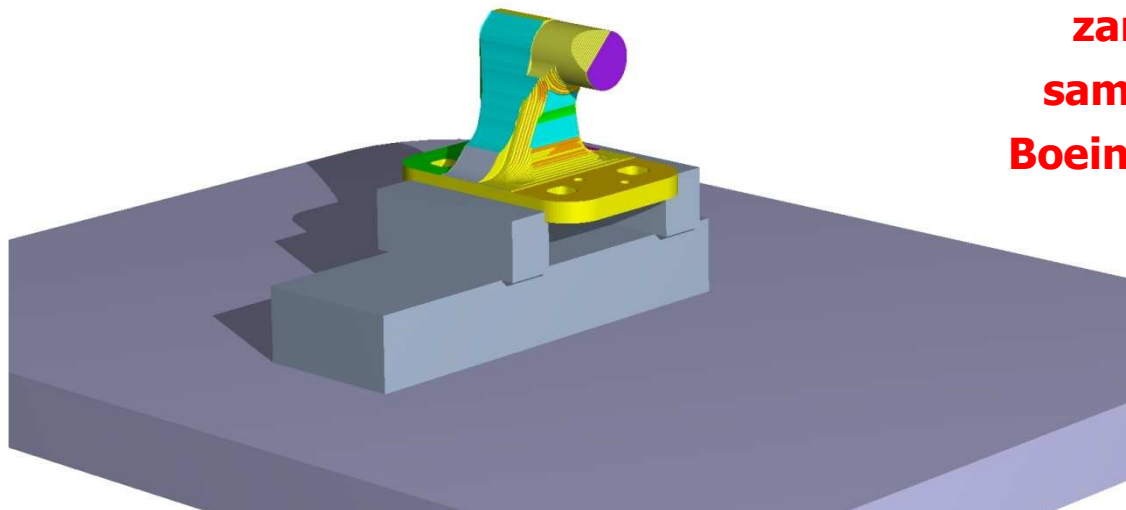


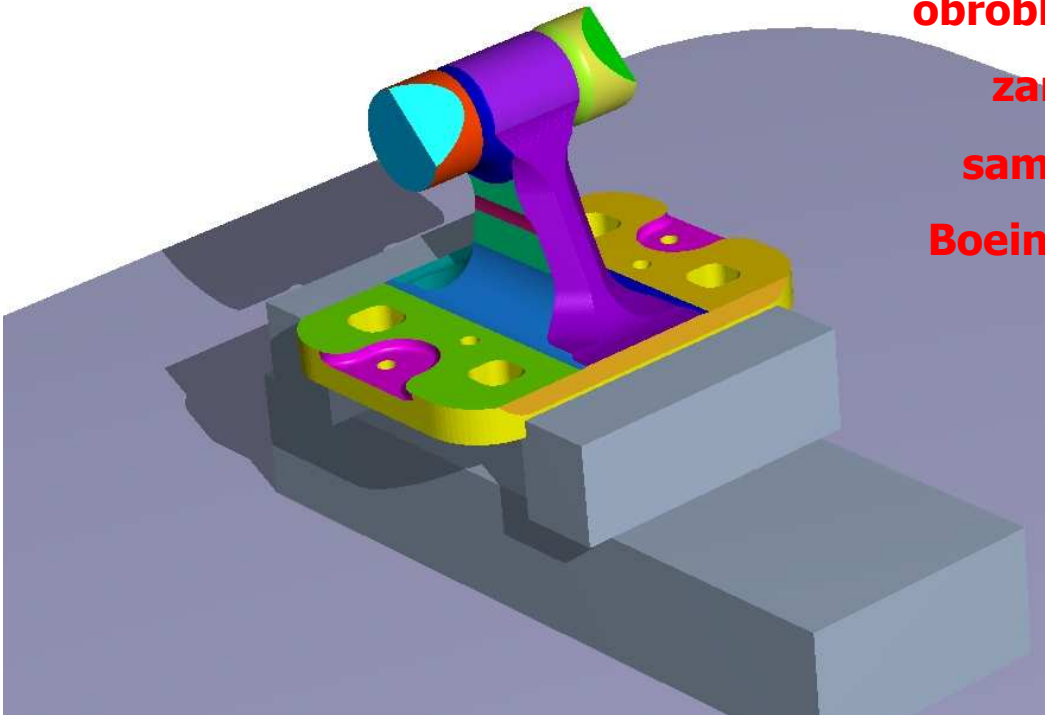
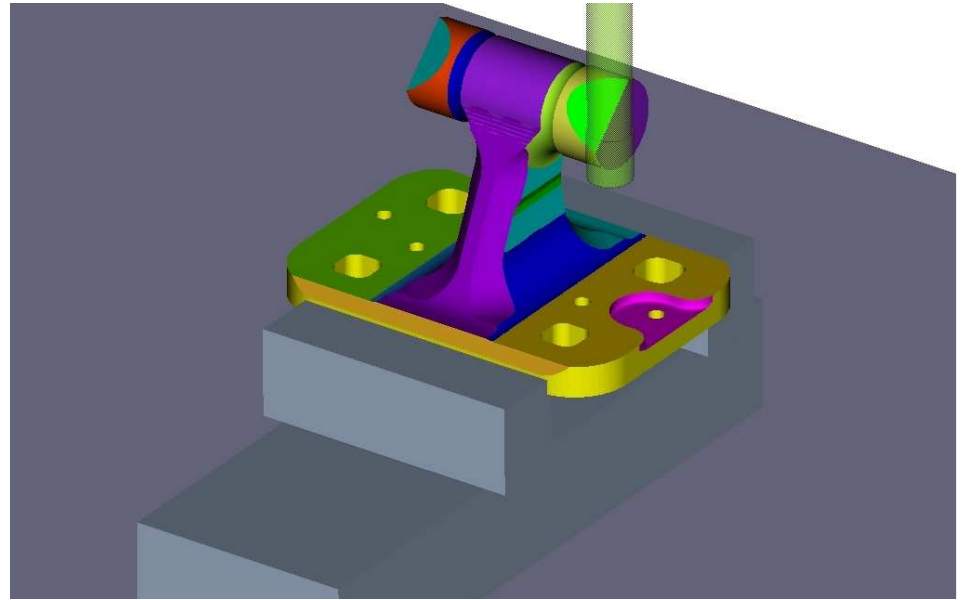
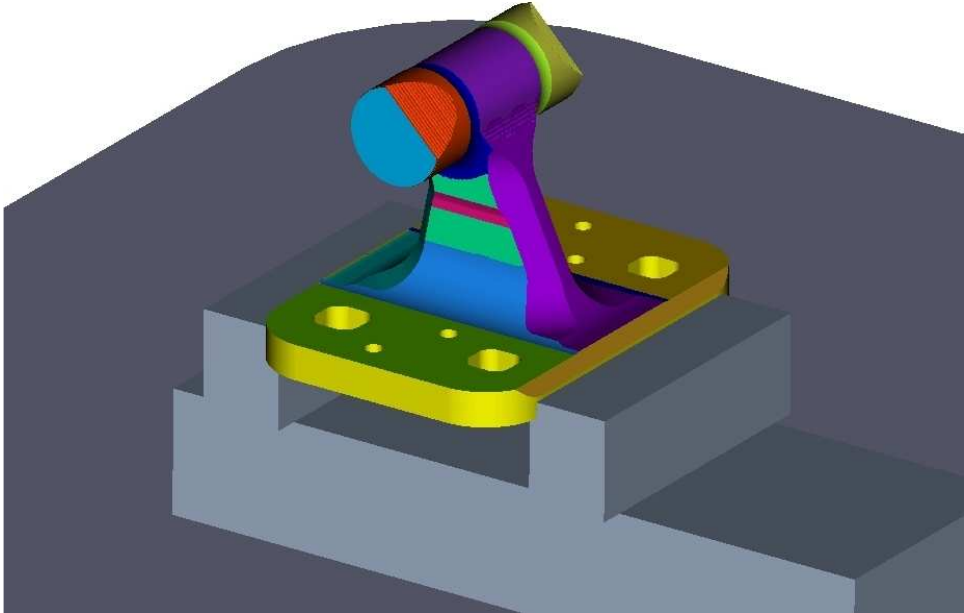
www.cgtech.com

CGTECH www.cgtech.com

CGTECH

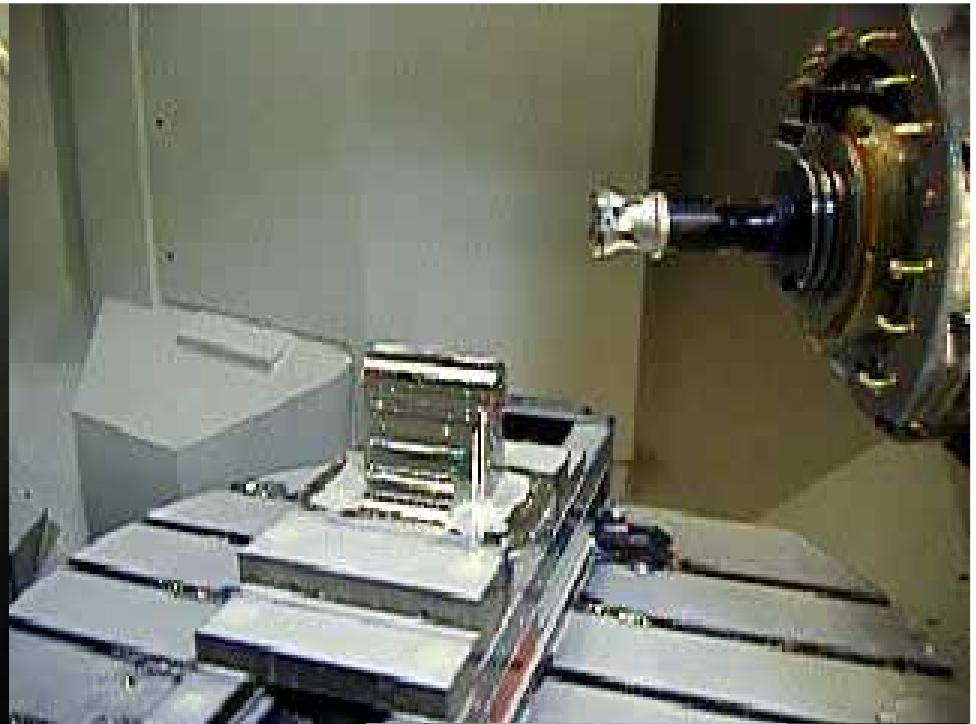
**Virtualna
Obróbka rygla
zamka
samolotu
Boeinga 787**



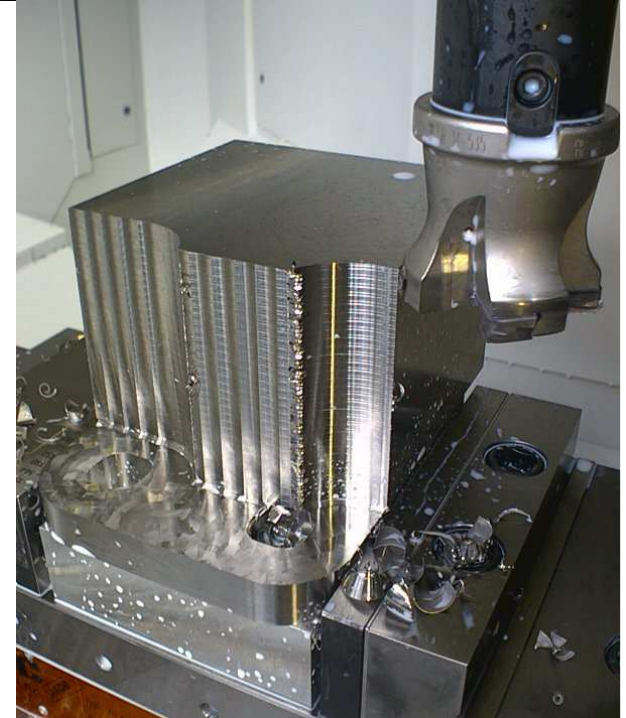


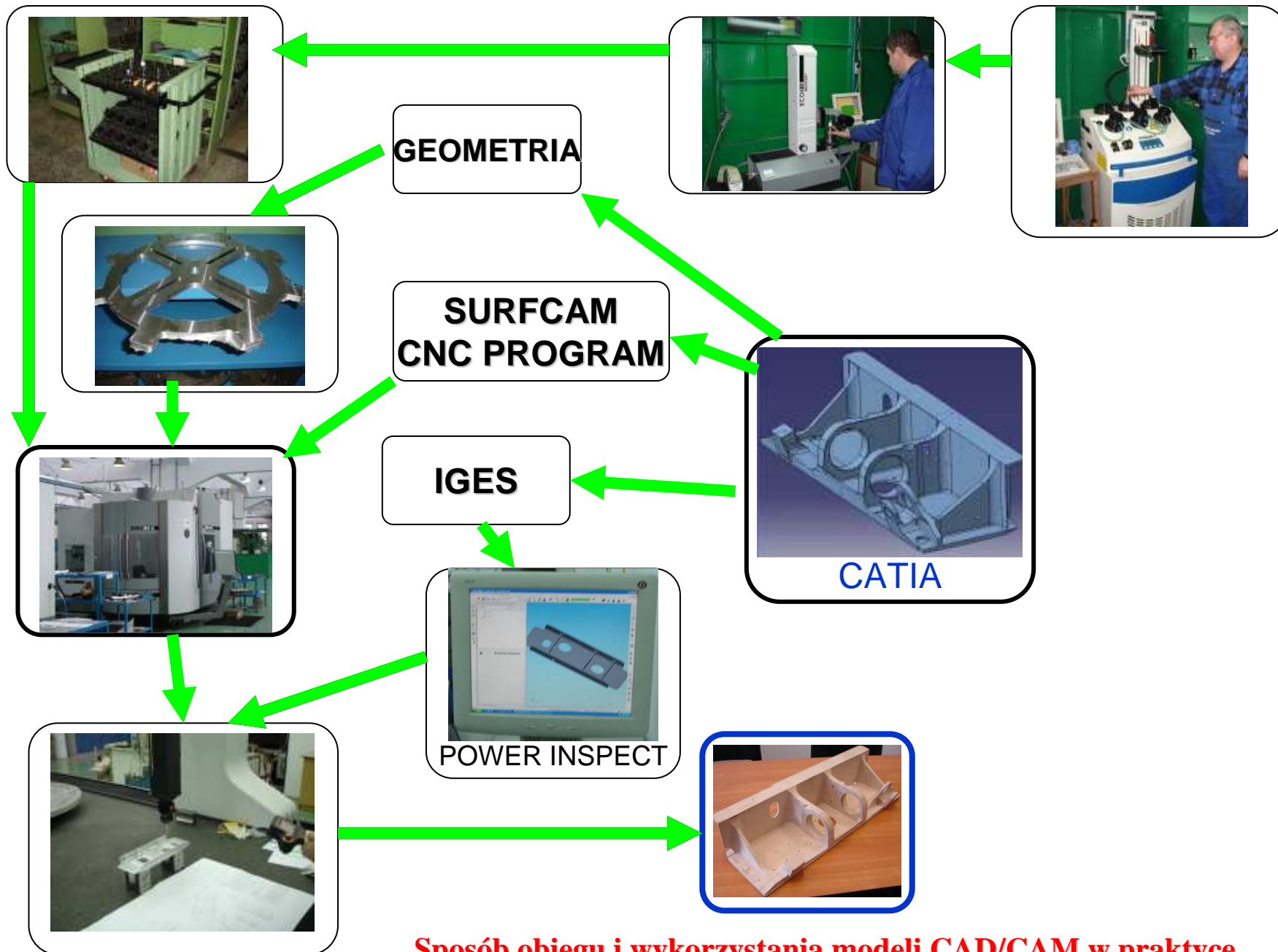
**Wirtualna
obróbka rygla
zamka
samolotu
Boeinga 787**





**Obróbka rygla
zamka
samolotu
Boeinga 787**





Sposób obiegu i wykorzystania modeli CAD/CAM w praktyce

Serwerownia

Projekt Systemu Direct Numerical Control

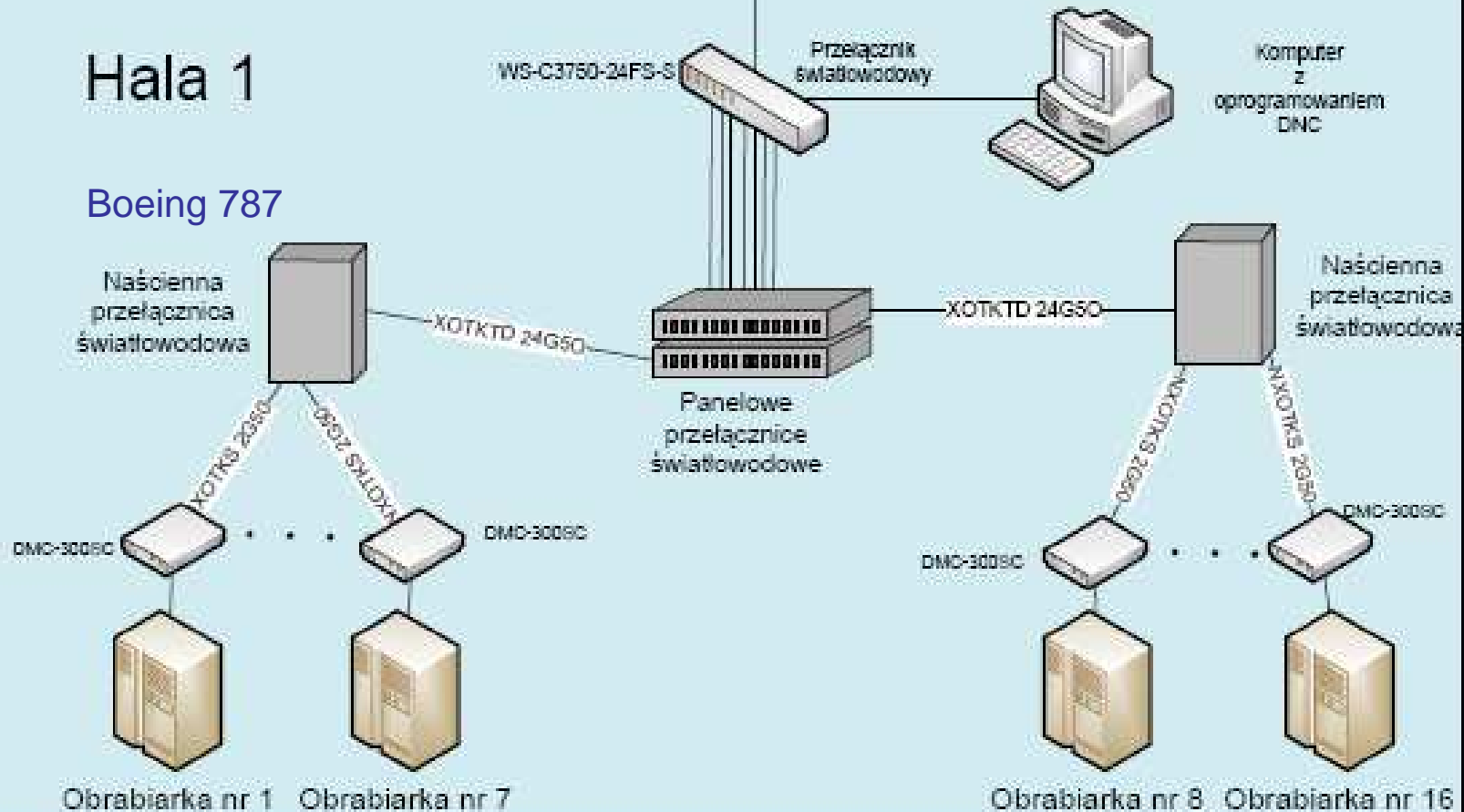
Hala 6

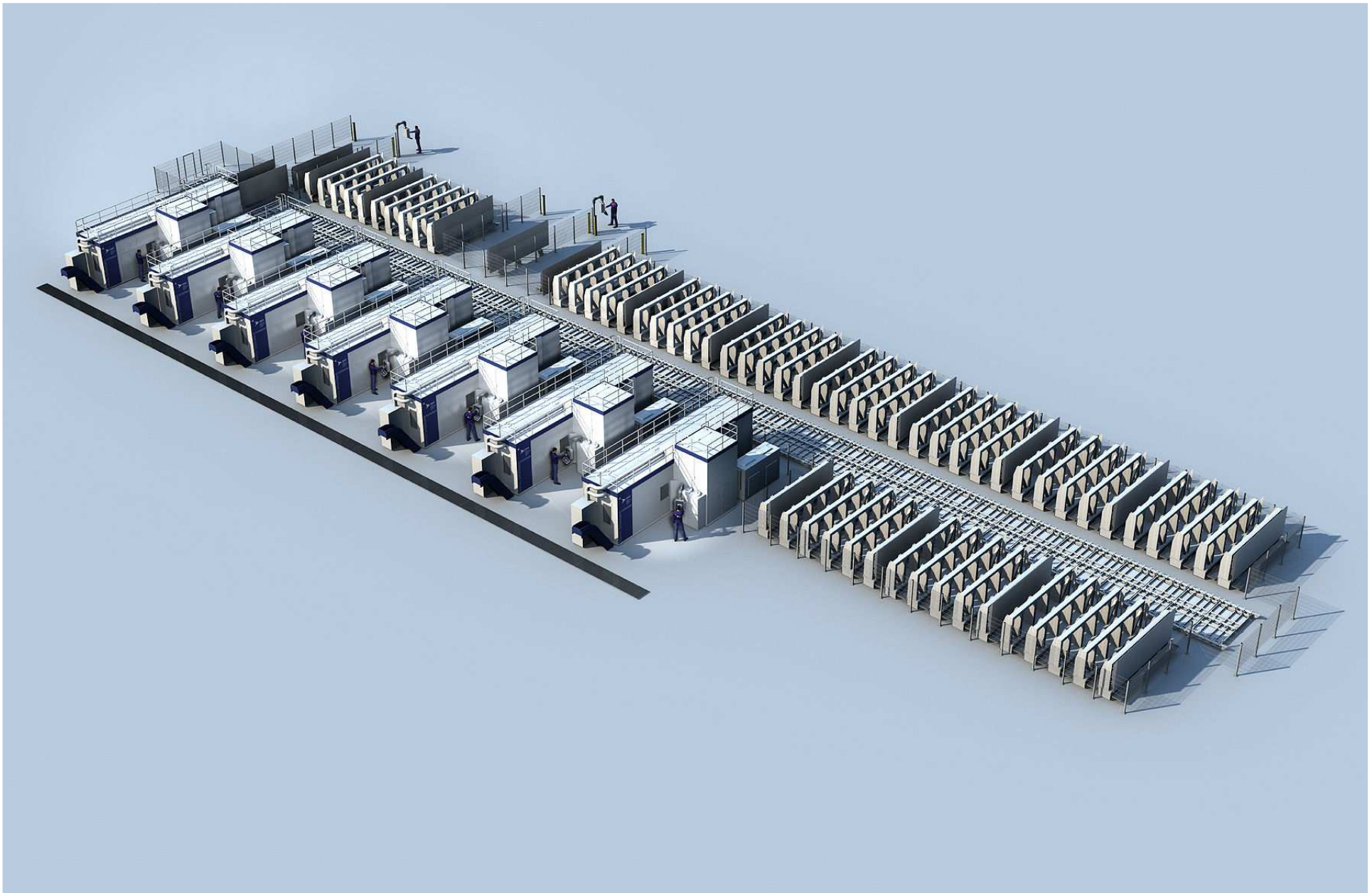


Połączenie światłowodowe
1000Mbit/s

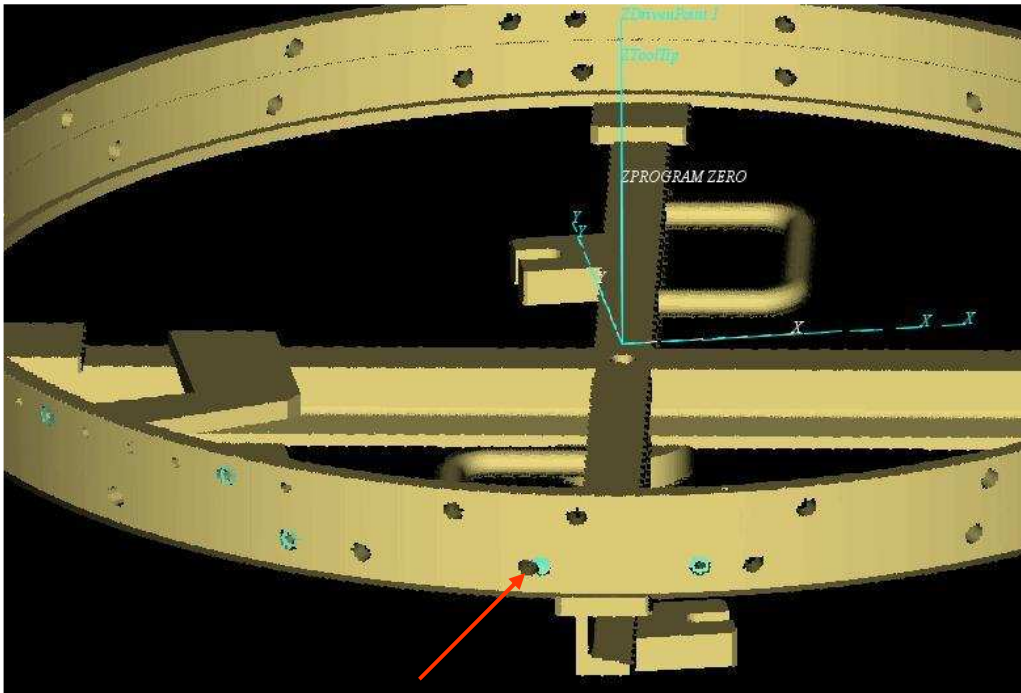
Hala 1

Boeing 787

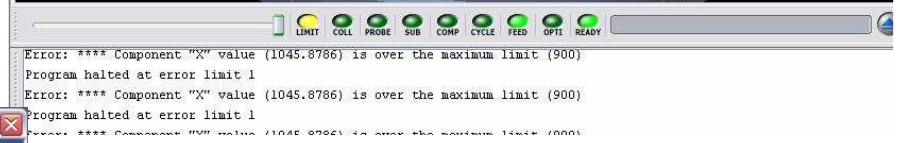
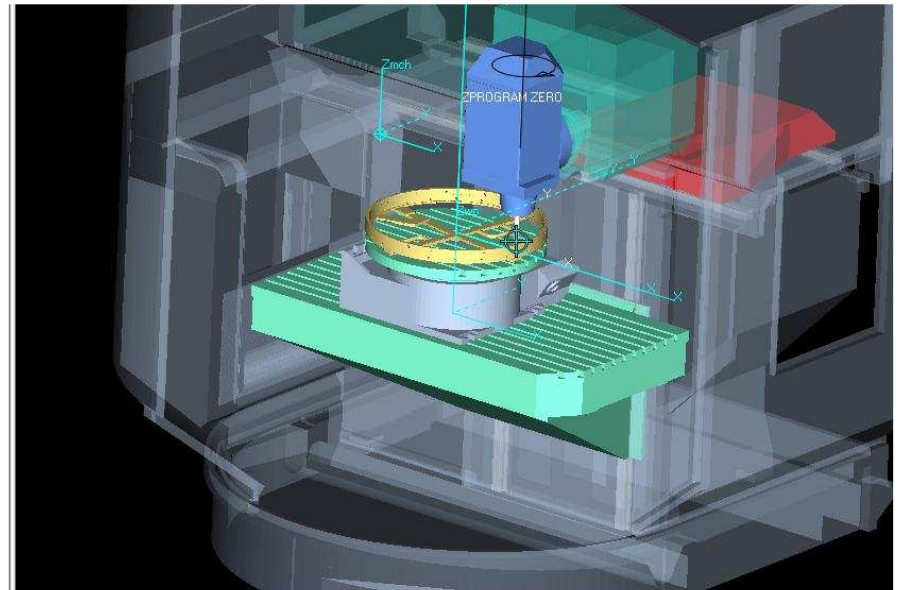




Linia produkcyjna dużych integralnych części aerobusa A 350XWB KAI

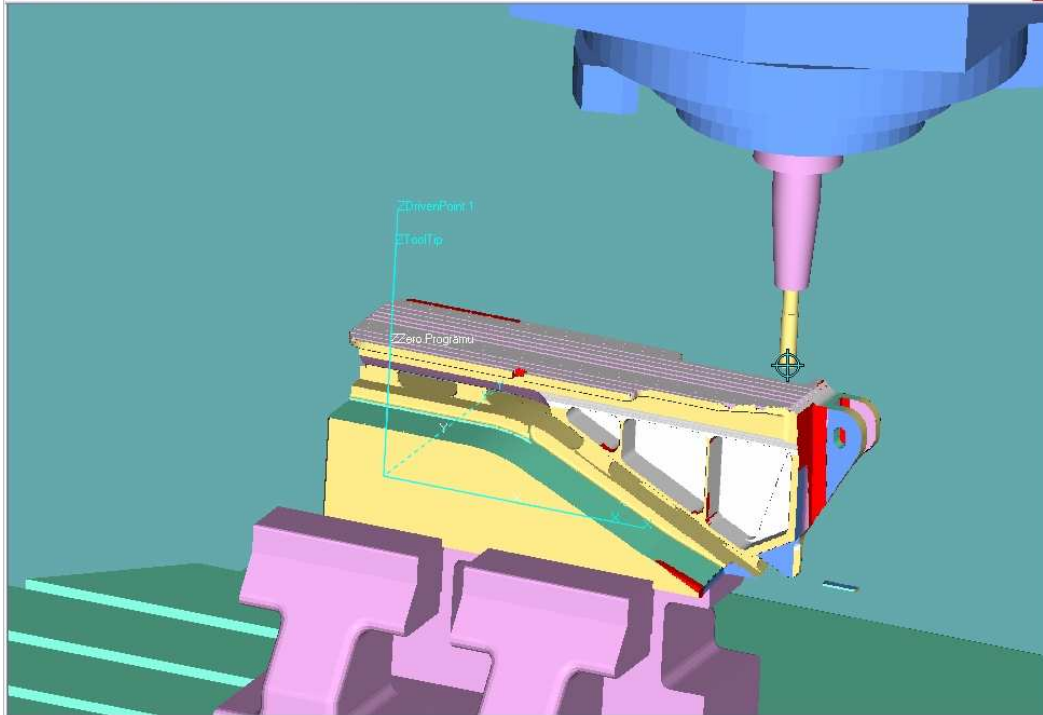


VIEW 1 - Base (Machine/Cut Stock)



VERICUT SYSTEM FUNCTIONS

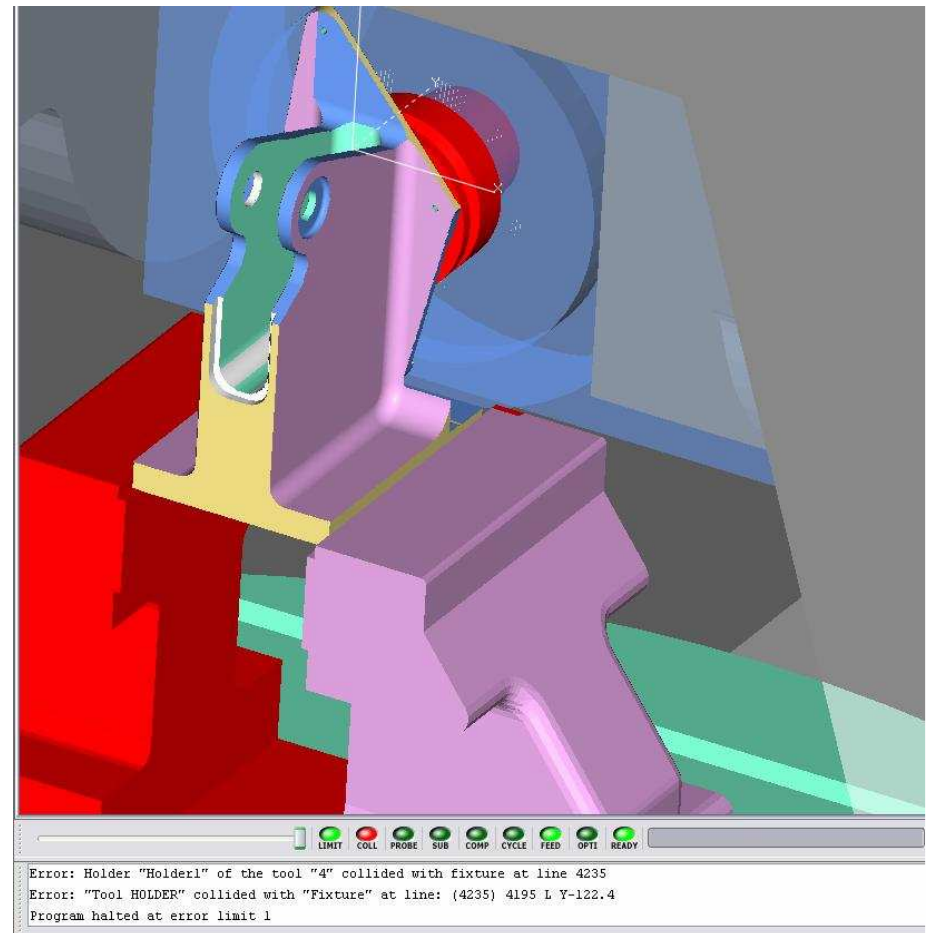
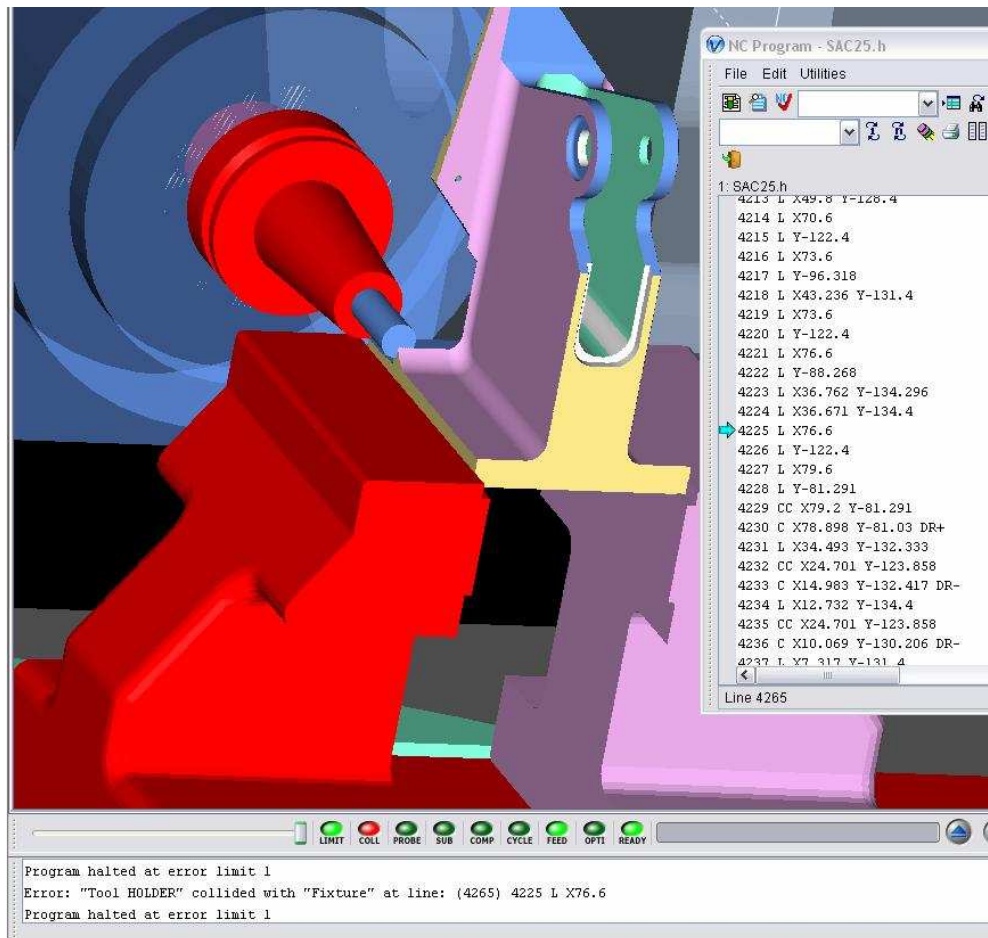
- PROGRAMMING ERRORS
- OVERFLOW
- COLLISION
- TRAINING
- MARKETING



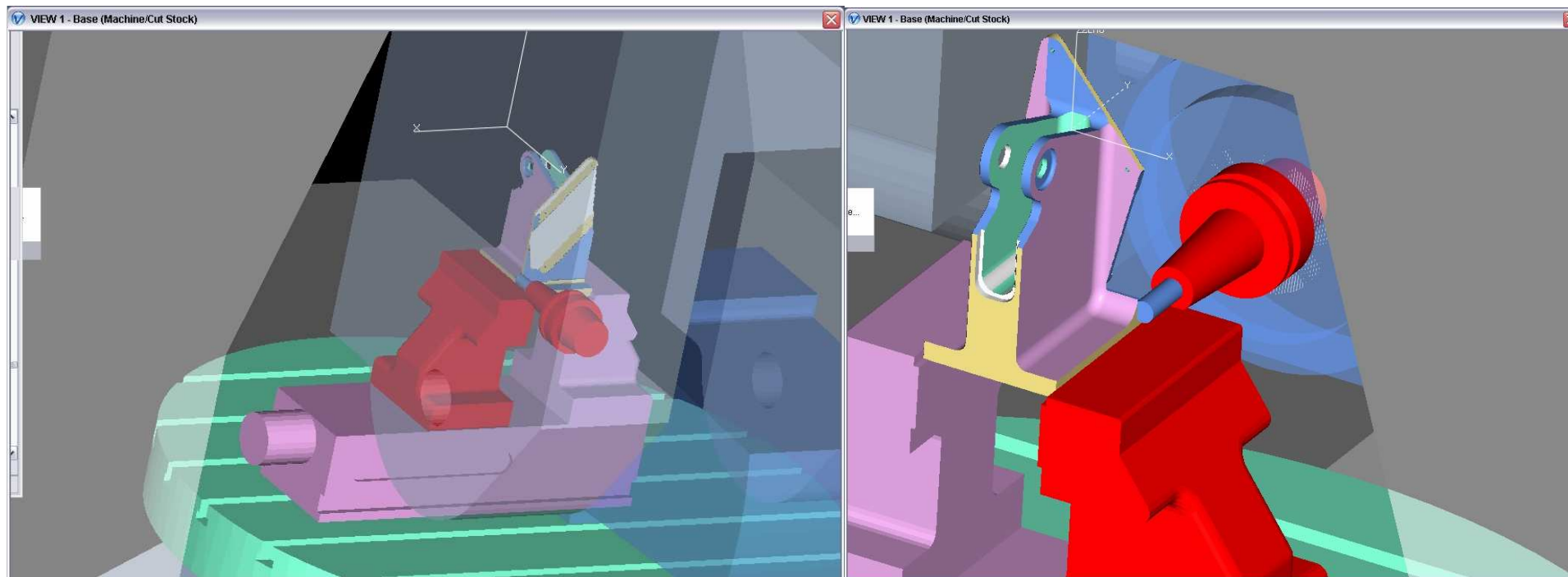
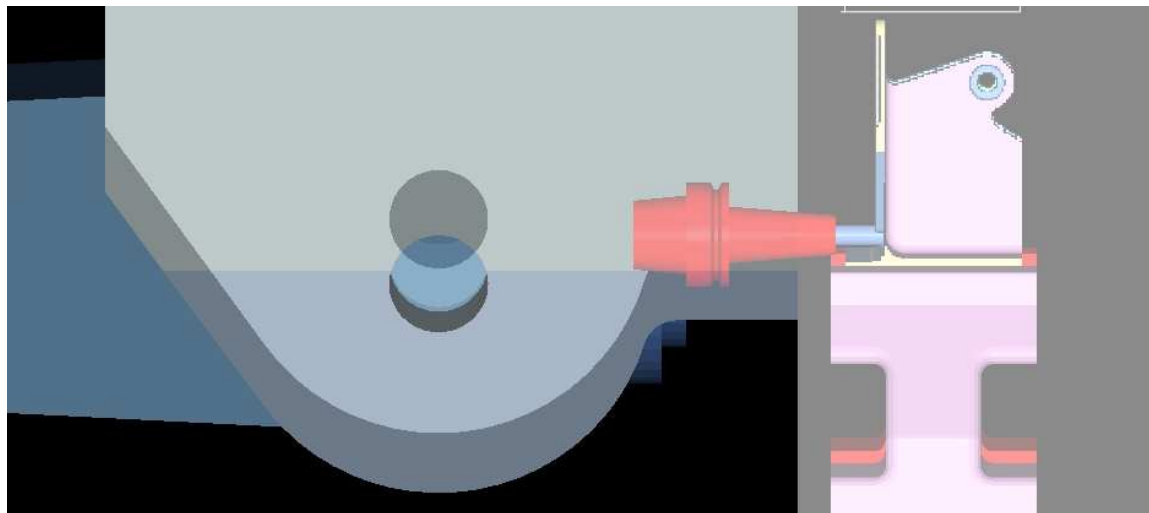
KOLIZJA PRZEDMIOT OBRABIANY WRZECIONO



Przykłady kolizji oprawki z imadłem



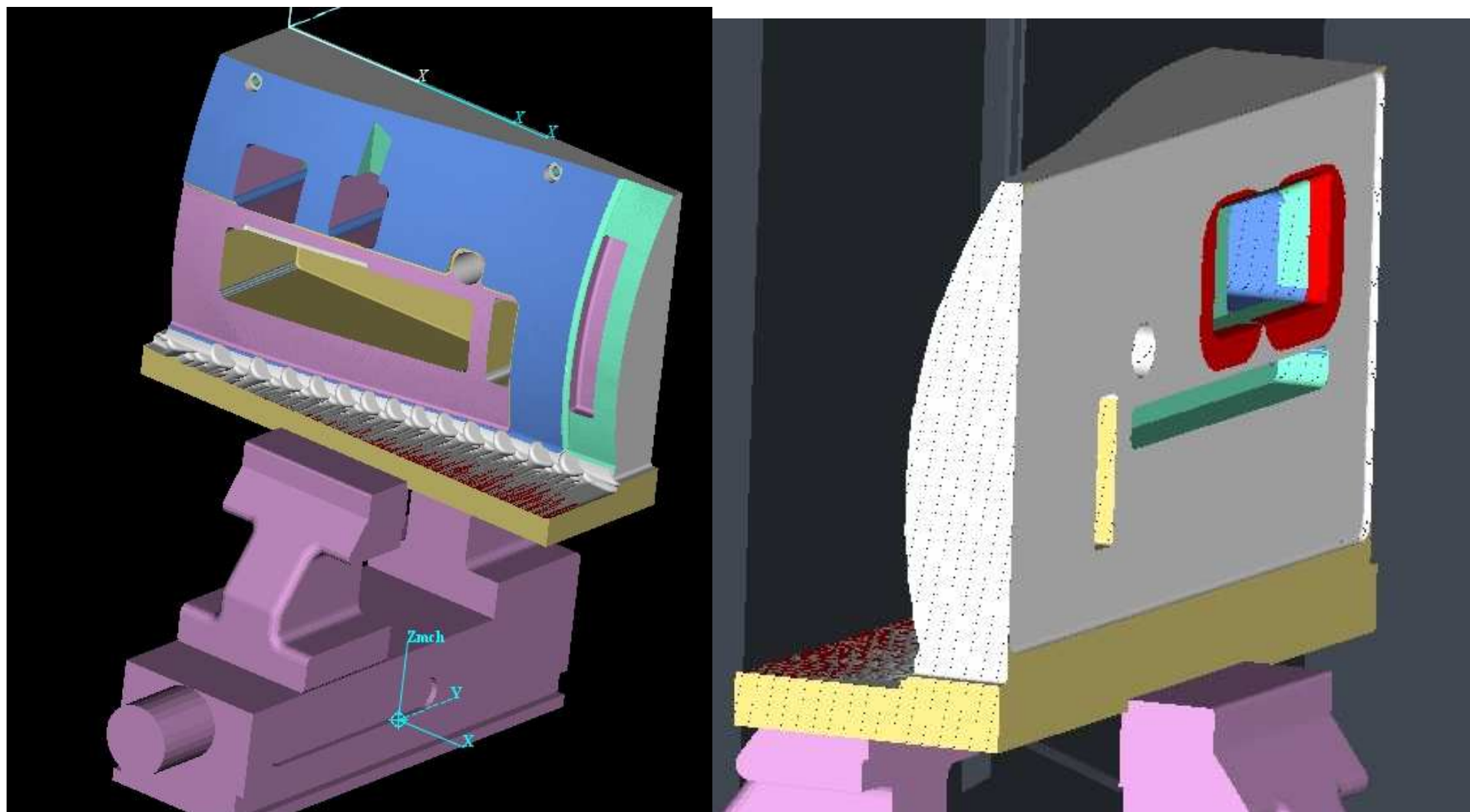
Przykłady kolizji oprawki z imadłem



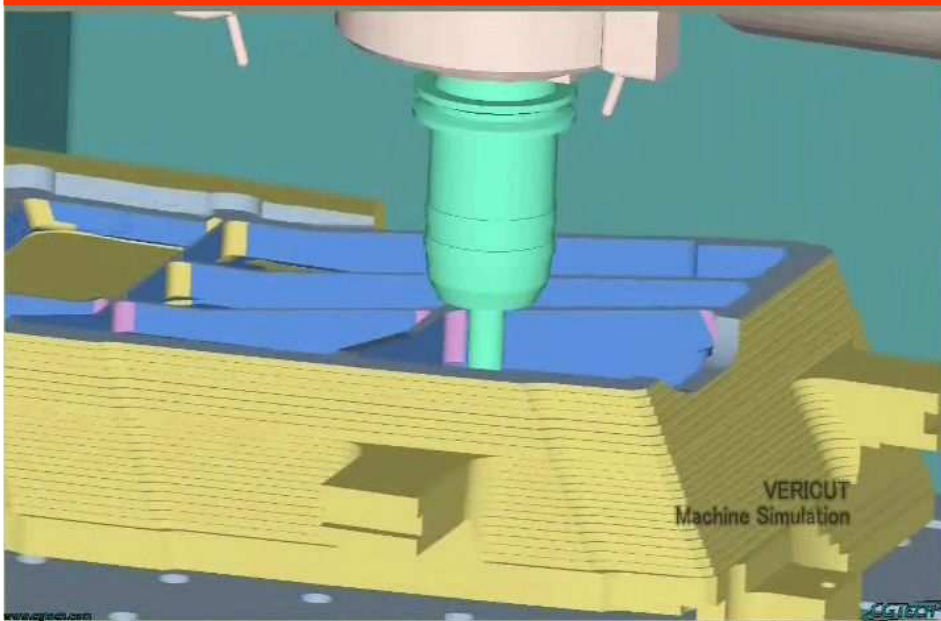
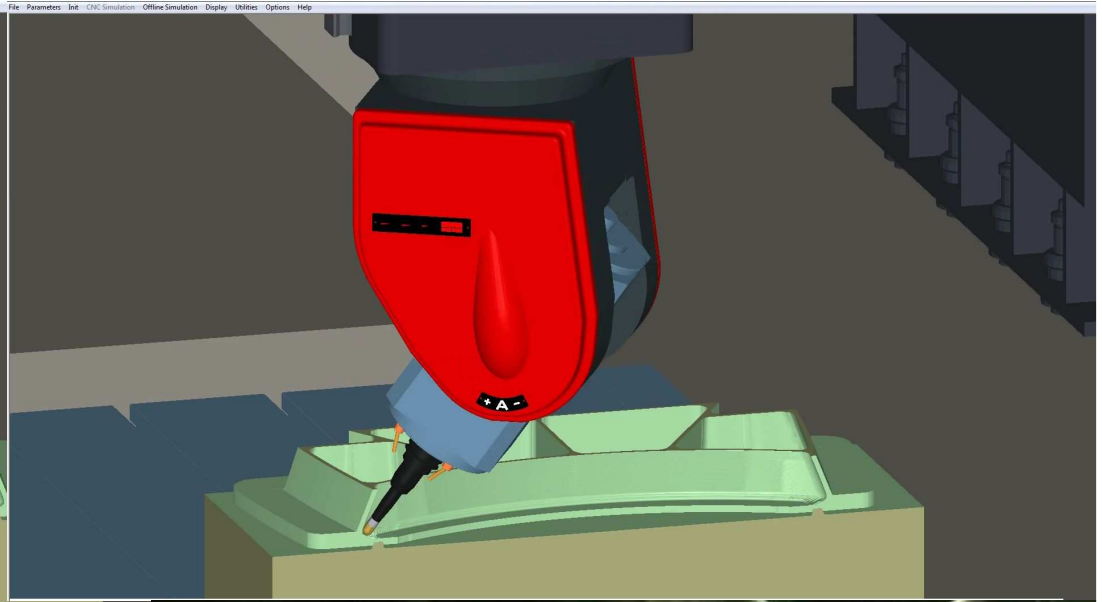
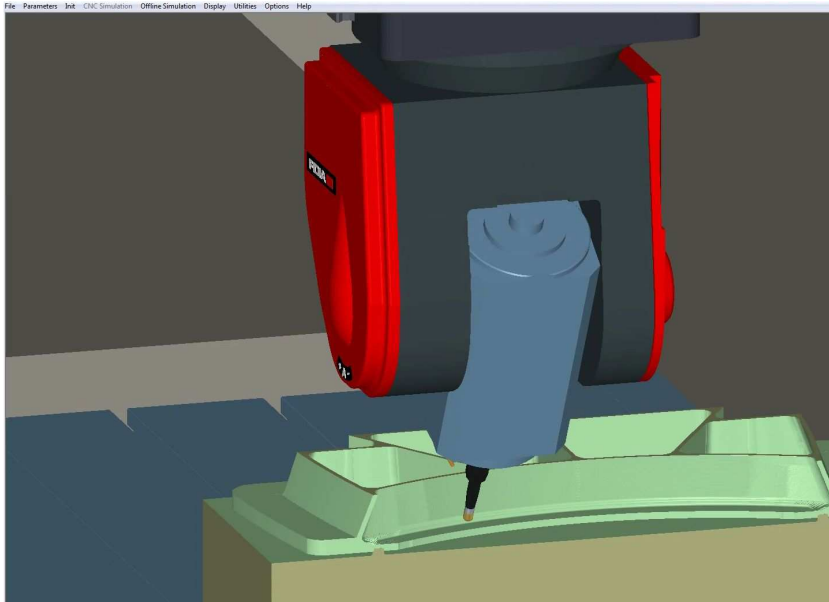
Przykład przekroczenia zakresu przy skręceniu osi



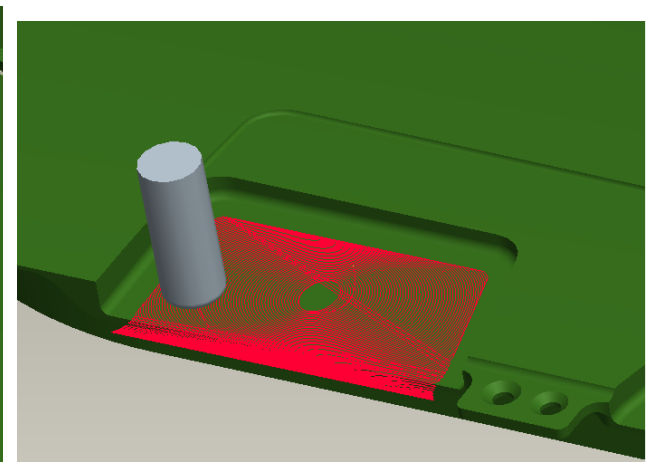
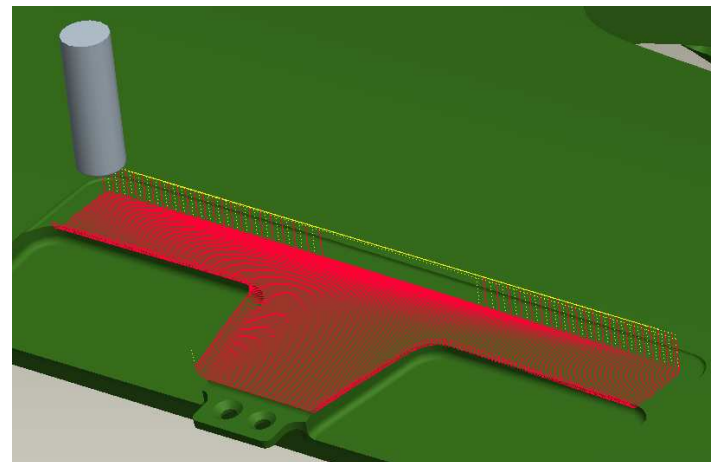
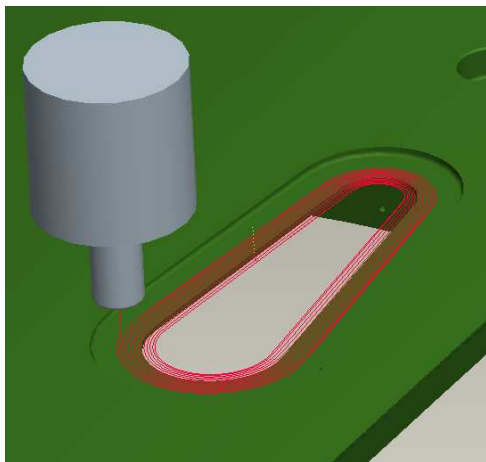
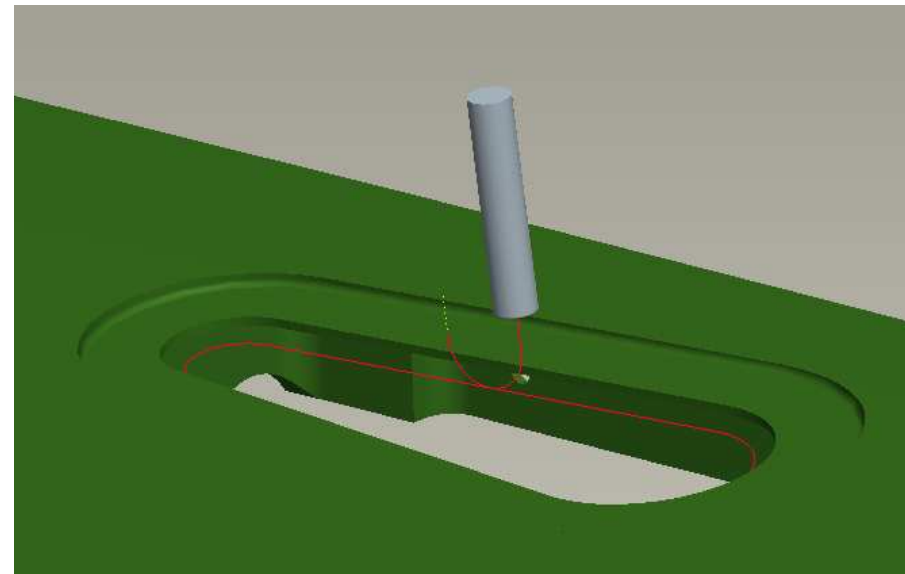
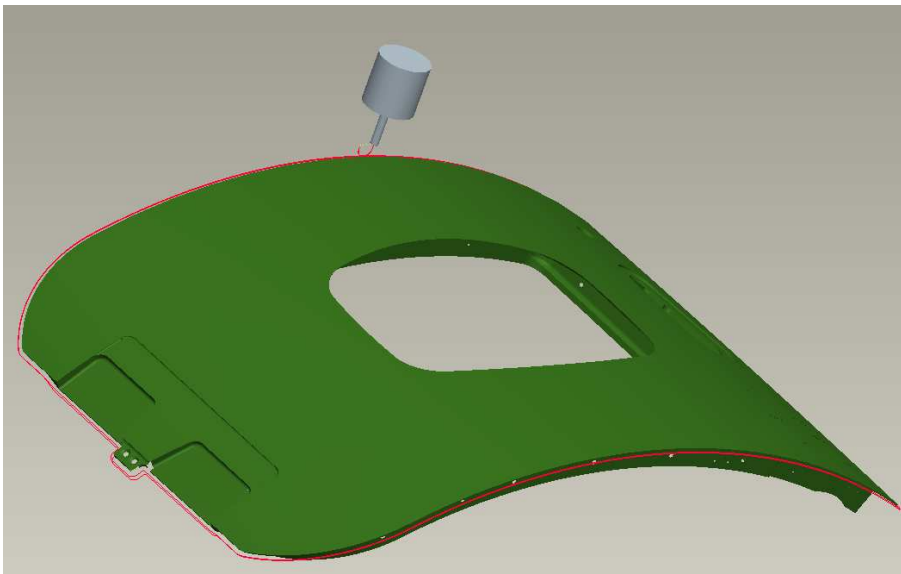
Przykłady kolizji oprawki z materiałem obrabianym i szybkie posuwy wyjazdowe w materiale



Przykłady symulacji obróbki na maszynie CNC

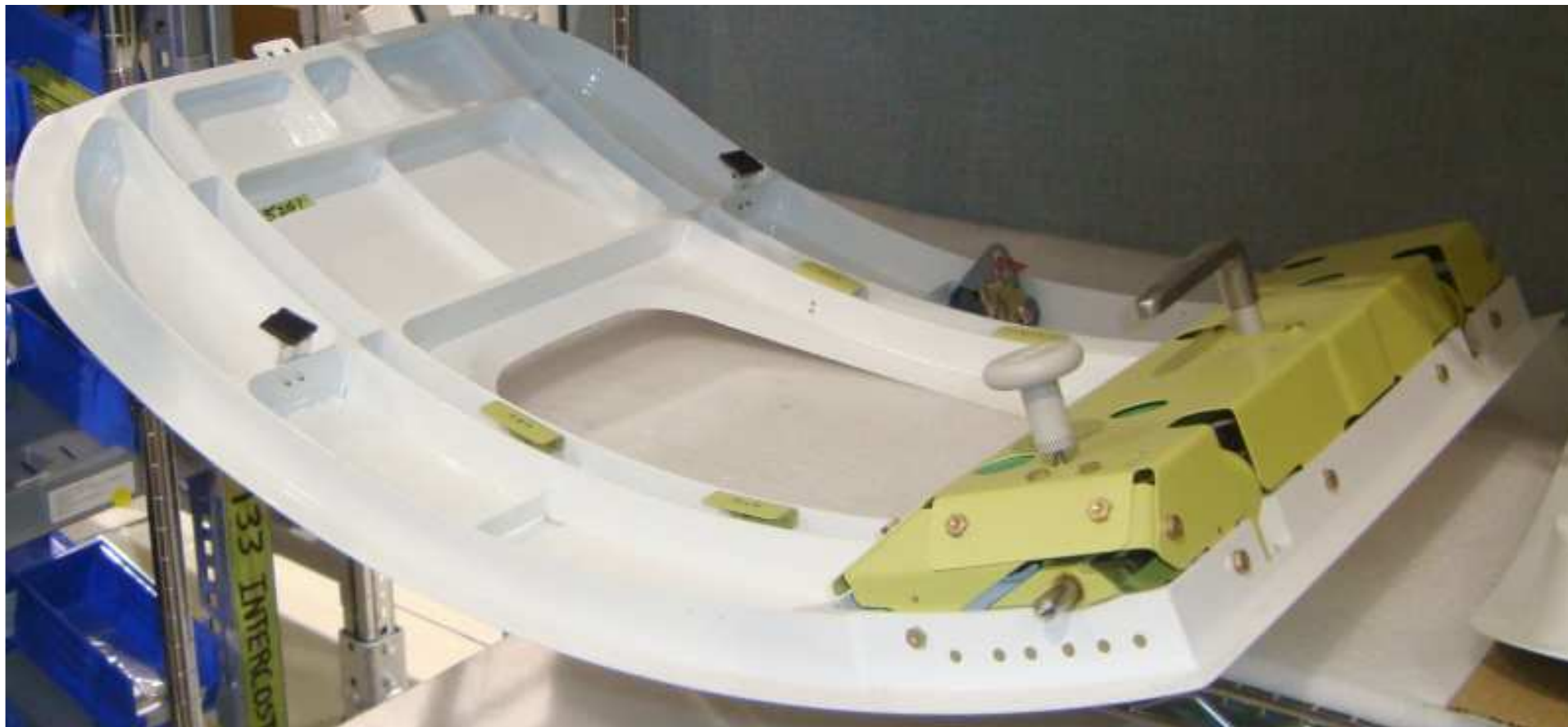


Przykłady zastosowania technologii HSM przy produkcji integralnych drzwi



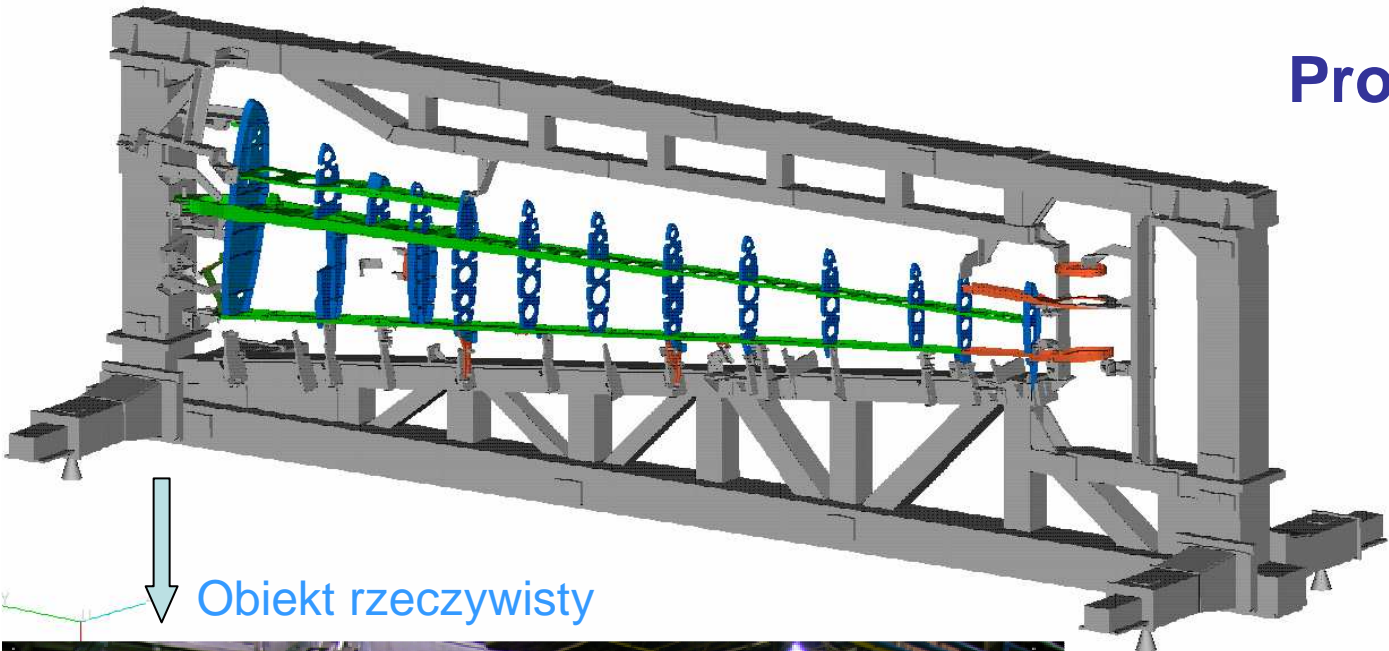
Symulacja obróbki drzwi do samolotu na obrabiarce CNC

Przykłady zastosowania technologii HSM



Gotowe do montażu drzwi do samolotu Eclipse 550

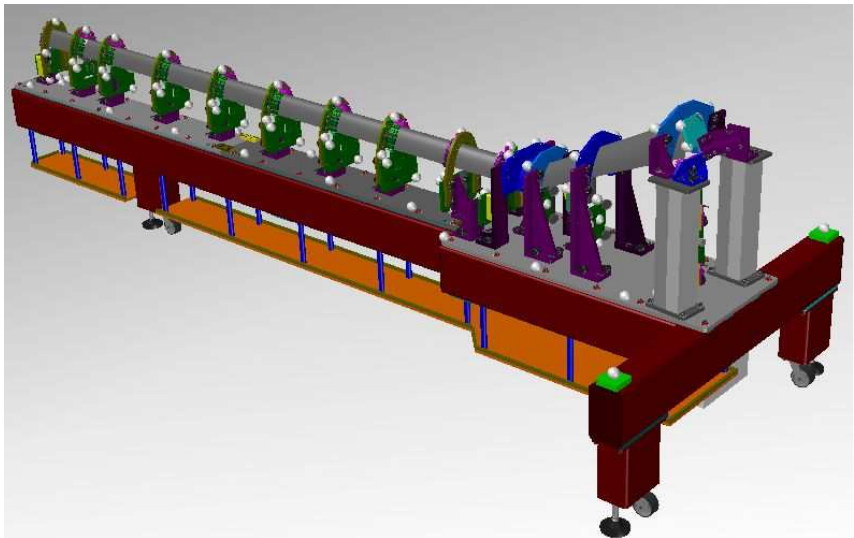
Procesy montażowe



↓ Obiekt rzeczywisty

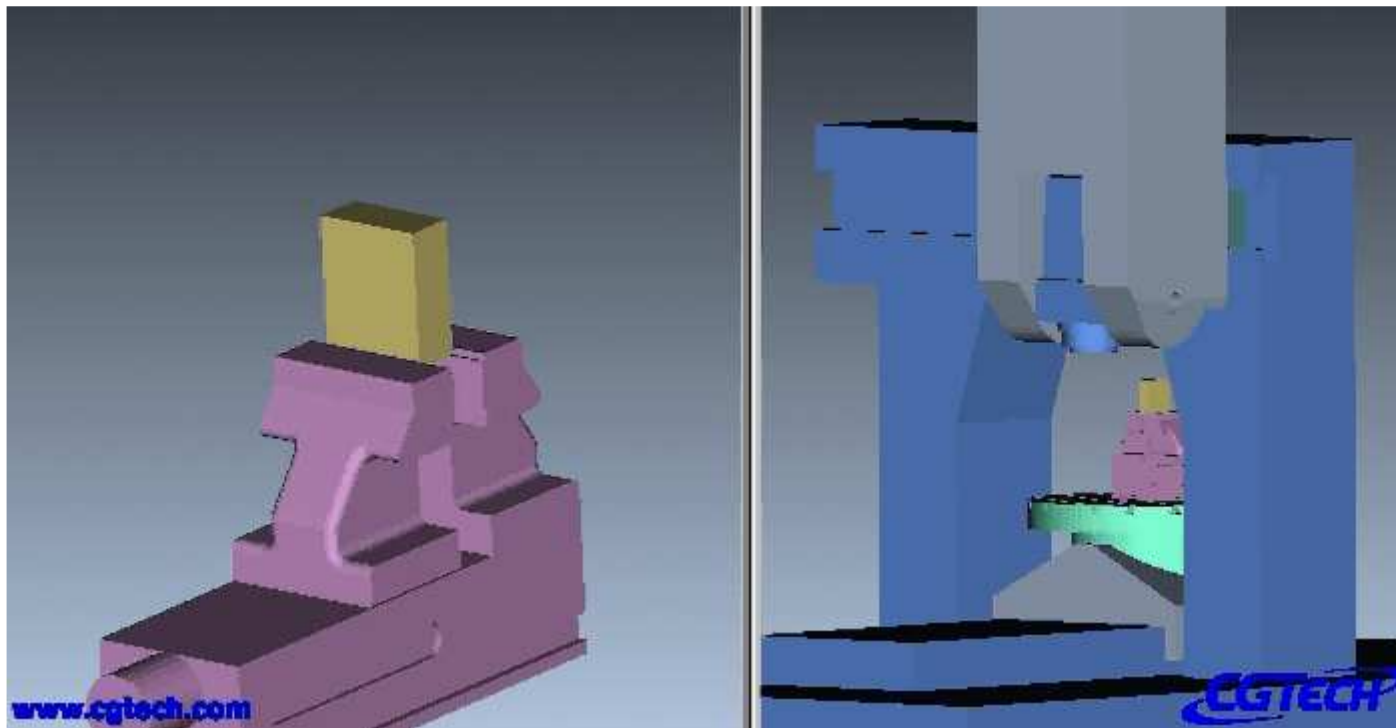


↔ Obiekty wirtualne



Można ściągnąć z INTERNETU:

- **Plakat Zasady stosowania i pracy z systemami CAD/CAM w światowym przemyśle lotniczym i MECHANIK Nr 11/2010**
http://www.procax.org.pl/pliki/Plakat_2_Adamski.pdf
- **Wybrane kierunki zwiększenia wydajności procesów skrawania**
http://www.procax.org.pl/pliki/wyklad_2009_adamski.pdf
- **Wykorzystanie techniki High Speed Machining przy produkcji części samolotu DREAMLINER Boeing 787**
http://www.procax.org.pl/pliki/wyklad_adamski_procax.pdf
- **Literatura Multimedialny e-podręcznik Nowoczesne techniki wytwarzania XXI wieku**
http://www.procax.org.pl/viewpage.php?page_id=5
- **MANUFACTURING DEVELOPMENT STRATEGIES IN AVIATION INDUSTRY**
<http://advancesmst.prz.edu.pl/>



Medal za
najlepszą
technologię
TOOLEX
2009



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

PZLmielec

POLSKIE ZAKŁADY LOTNICZE

39-300 Mielec ul. Wojska Polskiego 3

tel.: 17 7886226

e-mail: w_adamski@pzlmielec.com.pl

Dziękuję za uwagę

**LAUREAT
KONKURSU
INNOWACJA ROKU
2008**

