REZENTACJA MOŻLIWOŚCI WSPÓŁPRACY W RAMACH PROJEKTU TANGO1/266350/NCBR/2015

Zastosowanie wybranych rozwiązań mechatronicznych do nadzorowania procesu skrawania przedmiotów wielkogabarytowych na wieloosiowych centrach obróbkowych

Prof. dr hab. inż. Krzysztof J. KALIŃSKI, prof. zw. PG

Kierownik Zespołu Mechatroniki

POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

Największa uczelnia techniczna Polski Północnej

- powyżej **25 000** studentów
- **9** wydziałów
- **7** studiów doktoranckich
- **29** kierunków studiów
- **40** studiów podyplomowych
- **1 200** nauczycieli akademickich

Uniwersytet techniczny

JM Rektor PG
Prof. dr hab. inż. Henryk Krawczyk, prof. zw. PG

WYDZIAŁY

Architektury
Chemiczny
Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Elektrotechniki i Automatyki
Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej
Inżynierii Lądowej i Środowiska
Mechaniczny
Oceanotechniki i Okrętownictwa
Zarządzania i Ekonomii

POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

Wydział Mechaniczny

- **250** absolwentów rocznie
- **6** kierunków studiów
- **3** kursy podyplomowe
- Środowiskowe Studium Doktoranckie
- **123** nauczycieli akademickich:
  - **10** profesorów
  - **18** doktorów habilitowanych

POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

Wydział Mechaniczny

Kierownictwo Wydziału:

Dziekan

Prodziekan ds. Nauki

Prodziekan ds. Kształcenia

Prodziekan ds. Organizacji Studiów

Dyrektor Administracyjny

Dziekan

Prof. dr hab. inż. Jan Stąsiek
prof. zw. PG

Katedry:

1. Energetyki i Aparatury Przemysłowej
2. Inżynierii Materiałowej i Spajania
3. Konstrukcji Maszyn i Pojazdów
4. **Mechaniki i Mechatroniki**
5. Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji

POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

Katedra Mechaniki i Mechatroniki – profesorowie i doktorzy habilitowani –

Prof. dr hab. inż. Edmund Wittbrodt, prof. zw. PG
Kierownik Katedry
Kierownik Zespołu Mechaniki i Wytrzymałości Materiałów

Prof. dr hab. inż. Krzysztof J. Kaliński, prof. zw. PG
Kierownik Zespołu Mechatroniki

Dr hab. inż. Tomasz Kucharski, prof. nadzw. PG

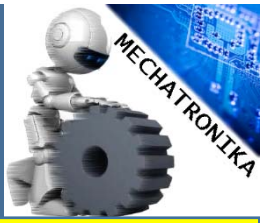
Dr hab. inż. Krzysztof Lipiński

Dr hab. inż. Leszek Osiecki
Kierownik Zespołu Hydrauliki i Pneumatyki

POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

Zespół Mechatroniki



1. **Prof. Krzysztof J. Kaliński**, **kierownik**, mgr inż. mech. 1980, dr 1988, dr hab. 2002, tytuł prof. 2013, prof. zw. PG od 2015
   Krajowe projekty badawcze: kierownik – **6**, główny wykonawca – **2**, wykonawca – **7**
   Projekty międzynarodowe: kierownik – **1**, wykonawca – **4**, wnioskodawca – **3**
   Projekty w ramach funduszy strukturalnych: kierownik/koordynator – **3**, uczestnik/przedstawiciel – **2**
2. **Dr Franciszek L. Dziewanowski** mgr inż. mech. – 1963, dr – 1975
   Krajowe projekty badawcze: główny wykonawca – **3**,
3. **Dr Marek Galewski** mgr inż. elektron. – 2002, dr – 2007
   Krajowe projekty badawcze: główny wykonawca – **3**, wykonawca – **2**
   Projekty międzynarodowe: wykonawca – **1**
4. **Dr Michał Mazur** mgr inż. mech. – 2005, dr – 2010
   Krajowe projekty badawcze: wykonawca – **4**
   Projekty międzynarodowe: wykonawca – **2**
5. **Dr Marek Chodnicki** mgr inż. mech. – 2003, dr – 2011
   Krajowe projekty badawcze: wykonawca – **2**
6. **Mgr Bartłomiej Bondarczuk** mgr inż. mech. – 2014, doktorant
   Krajowe projekty badawcze: wykonawca – **1**
7. **Mgr Jan Kapliński** mgr inż. mechatr. – 2014, doktorant, krajowe projekty badawcze: wykonawca – **1**
8. **Mgr Barbara Kowalska** mgr inż. mechatr. – 2015, doktorant

POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

Prace doktorskie

Lp.	Imię i nazwisko doktoranta	Tytuł pracy doktorskiej	Data otwarcia przewodu oraz nadania stopnia doktora
1	Marek Adam GALEWSKI	Nadzorowanie drgań podczas frezowania szybkościowego smukłymi narzędziami z wykorzystaniem zmiennej prędkości obrotowej wrzeciona. Praca wyróżniona.	Otwarcie przewodu: 16/02/2005. Data **nadania** stopnia doktora: 24/10/2007.
2	Krzysztof JASIŃSKI	Nadzorowanie drgań układów nośnych robotów przemysłowych z zastosowaniem sterowania optymalnego przy energetycznym wskaźniku jakości.	Otwarcie przewodu: 20/04/2005. Data **nadania** stopnia doktora: 19/11/2008.
3	Michał Roman MAZUR	Nadzorowanie ruchu 2-kołowej platformy mobilnej z zastosowaniem sterowania optymalnego przy energetycznym wskaźniku jakości.	Otwarcie przewodu: 20/12/2006. Data **nadania** stopnia doktora: 23/06/2010.
4	Marek CHODNICKI	Nadzorowanie drgań podczas frezowania przedmiotów podatnych z wykorzystaniem aktywnego sterowania optymalnego.	Otwarcie przewodu: 23/04/2008. Data **nadania** stopnia doktora: 14/12/2011.
5	Cezary BUCHHOLZ	Techniki projektowania mechatronicznego systemu nadzorowania ruchu trójkołowej platformy mobilnej z zastosowaniem energetycznego wskaźnika jakości.	Otwarcie przewodu: 19/10/2011 Data **nadania** stopnia doktora: 12/12/2012.

POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

Projekty badawcze

Lp.	Symbol	Tytuł projektu	Instytucja finansująca	Lata realizacji
1	5 T07C 037 25	Nadzorowanie drgań narzędzie-przedmiot obrabiany podczas frezowania kształtowego przedmiotów podatnych	MNiI	2003-2006
2	Decyzja 155/E-359/ SPB/Współpraca z PR UE/DIE 485/2004	Dotacja podmiotowa: złożenie w KE wniosku o udział w projekcie „Optymalizacja frezowania powierzchni przestrzennie złożonych”	MNiI	2005
3	4 T07D 007 30	Nadzorowanie drgań podczas frezowania szybkościowego smukłymi narzędziami z wykorzystaniem zmiennej prędkości obrotowej wrzeciona	MNiI	2006-2007
4	N501 052 31/3487	Nadzorowanie drgań układów nośnych robotów przemysłowych z zastosowaniem sterowania optymalnego przy energetycznym wskaźniku jakości	MNiSW	2006-2007
5	N N503 147134	Nadzorowanie procesu frezowania szybkościowego z wykorzystaniem rozwiązań mechatronicznych	MNiSW	2008-2011
6		Analiza statyczna z uwzględnieniem wpływu temperatury fragmentów rurociągów średnio prężnej pary 10’’-093-MS0003-URA1-H zainstalowanych w Grupie LOTOS S.A. w Gdańsku	Grupa LOTOS S.A. w Gdańsku	2011-2012
7	TANGO1/266350/NCBR /2015	Zastosowanie wybranych rozwiązań mechatronicznych do nadzorowania procesu skrawania przedmiotów wielkogabarytowych na wieloosiowych centrach obróbkowych	NCBiR	2015-2018

PROJEKT BAZOWY

POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

The ICM Conference

International Conference

MECHATRONICS

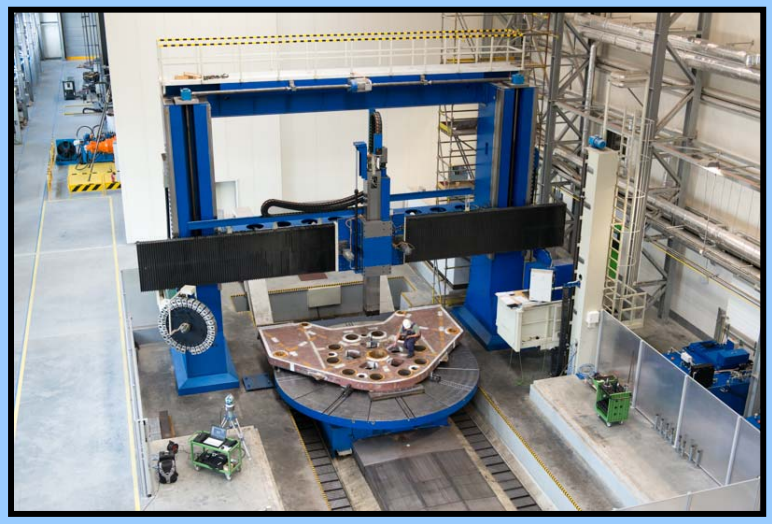
Ideas for Industrial Applications

MAY 11-13, 2015 – GDAŃSK, POLAND

Organising committee

Projekt TANGO1/266350/NCBR/2015

*Zastosowanie wybranych **rozwiązań mechatronicznych** do nadzorowania procesu skrawania przedmiotów wielkogabarytowych na wieloosiowych centrach obróbkowych*



* Tokarka karuzelowa FKD 80/60 Feichter. Energomontaż-Północ Gdynia

POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

1. Mapa optymalnych prędkości obrotowych wrzeciona frezarki

MECHATRONIKA

Frezowanie próbki podatnej półwalcowej

- materiał: brąz CC331G (BA1032)
- wymiary: 150x100x5 mm
- frezarka: Deckel Maho DMU 50eVo Linear

Cel:
minimalizacja poziomu drgań narzędzie-przedmiot obrabiany

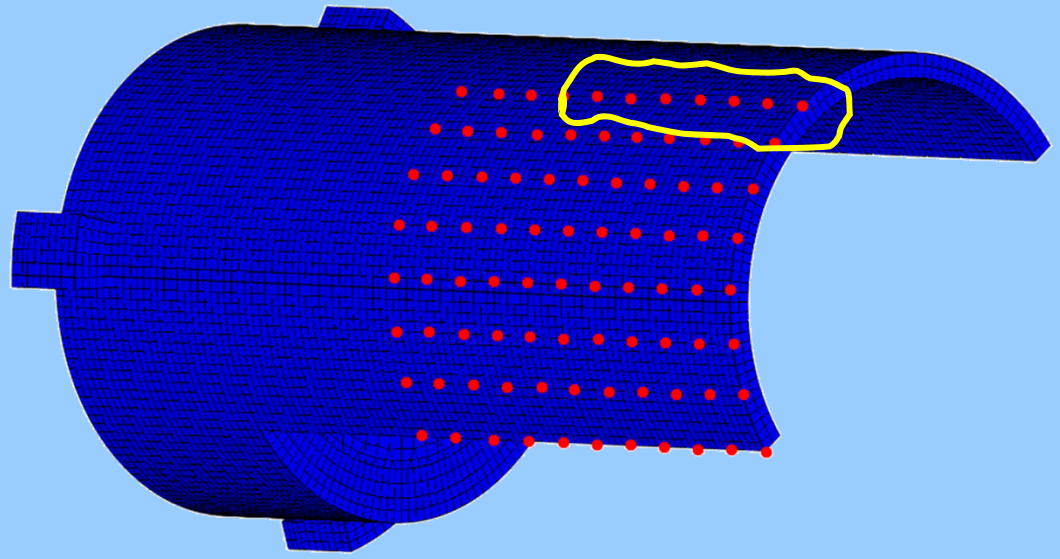
POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

1. Mapa optymalnych prędkości obrotowych wrzeciona frezarki

MECHATRONIKA

- Wyznaczanie postaci drgań dominujących w wybranych punktach na powierzchni przedmiotu obrabianego



- Określenie prędkości optymalnej dla danej postaci drgań

$$\frac{zn_\alpha}{60} = \frac{f_\alpha}{0{,}25 + k}, \quad k = 0,1,2,...$$

- Określenie obszarów o stałej prędkości obrotowej wrzeciona

POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

1. Mapa optymalnych prędkości obrotowych wrzeciona frezarki

Fragment mapy optymalnych prędkości

# Grid	X	Y	Z	Mapa_1	Mapa_2	Freq_1	Freq_2	Freq_3
71594	-0.000	-50.000	-0.000	11280	11280	846.00	728.00	436.00
71584	+10.820	-48.810	-0.000	11280	11280	846.00	436.00	728.00
71574	+21.130	-45.320	-0.000	10464	10464	436.00	846.00	728.00
71564	+30.440	-39.670	-0.000	10464	10464	436.00	728.00	846.00
71554	+38.300	-32.140	-0.000	10464	10464	436.00	728.00	846.00
71544	+44.350	-23.090	-0.000	10464	10464	436.00	846.00	728.00
71534	+48.300	-12.940	-0.000	10464	10464	436.00	846.00	728.00
71522	+50.000	-0.000	-0.000	10464	10464	436.00	846.00	728.00
70499	-0.000	-50.000	-10.000	11280	11280	846.00	728.00	435.80
70489	+10.820	-48.810	-10.000	11280	11280	846.00	436.00	728.00
70479	+21.130	-45.320	-10.000	10464	10464	436.00	846.00	728.00
70469	+30.440	-39.670	-10.000	10464	10464	436.00	728.00	846.00
70459	+38.300	-32.140	-10.000	10464	10464	436.00	728.00	846.00
.								
.								

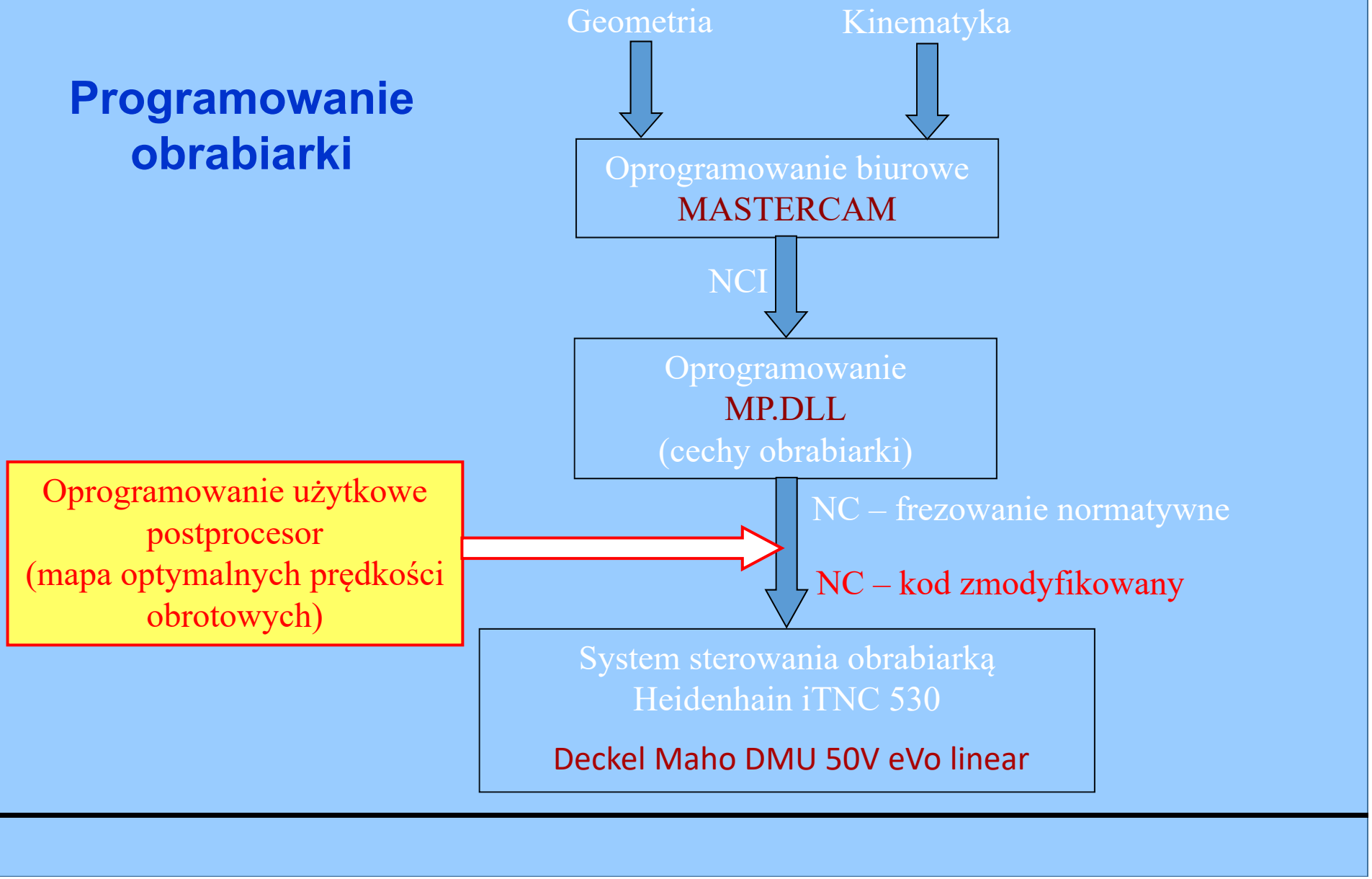
Na podstawie mapy, postprocesor programu MasterCAM modyfikuje program sterujący dla obrabiarki, umieszczając w nim instrukcje zmiany prędkości prędkości obrotowej wrzeciona

POLITECHNIKA GDAŃSKA
WYDZIAŁ MECHANICZNY

1. Mapa optymalnych prędkości obrotowych wrzeciona frezarki

MECHATRONIKA

Programowanie obrabiarki

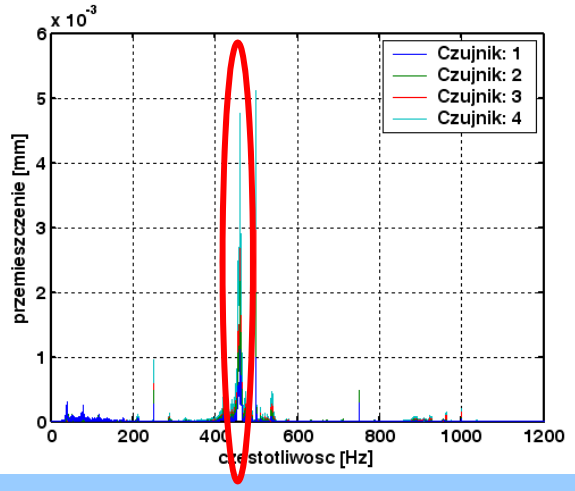


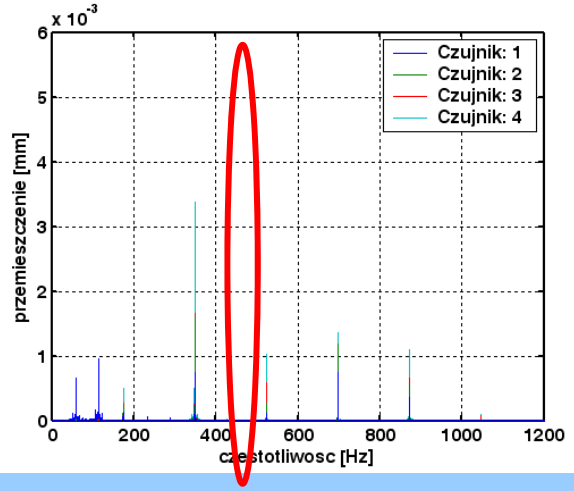
POLITECHNIKA GDAŃSKA

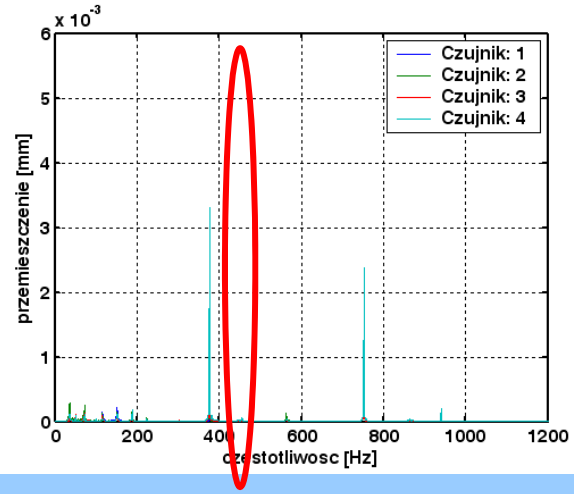
WYDZIAŁ MECHANICZNY

1. Mapa optymalnych prędkości obrotowych wrzeciona frezarki

MECHATRONIKA

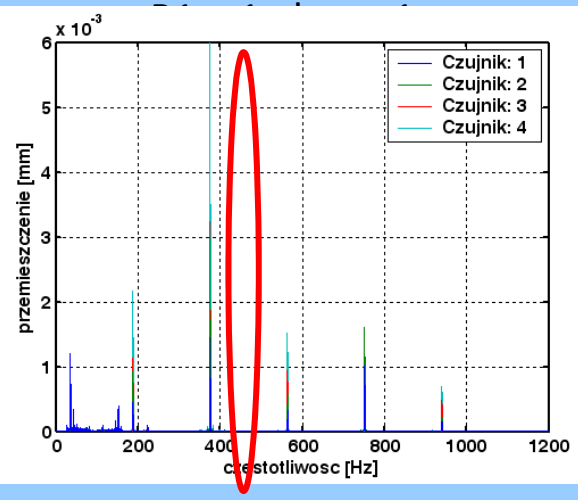






Drgania *chatter* wyeliminowane

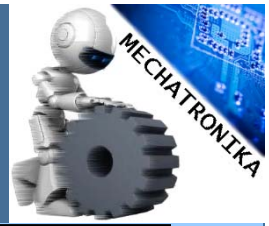
Pozostają rezonanse związane z wymuszeniem od wirującego freza

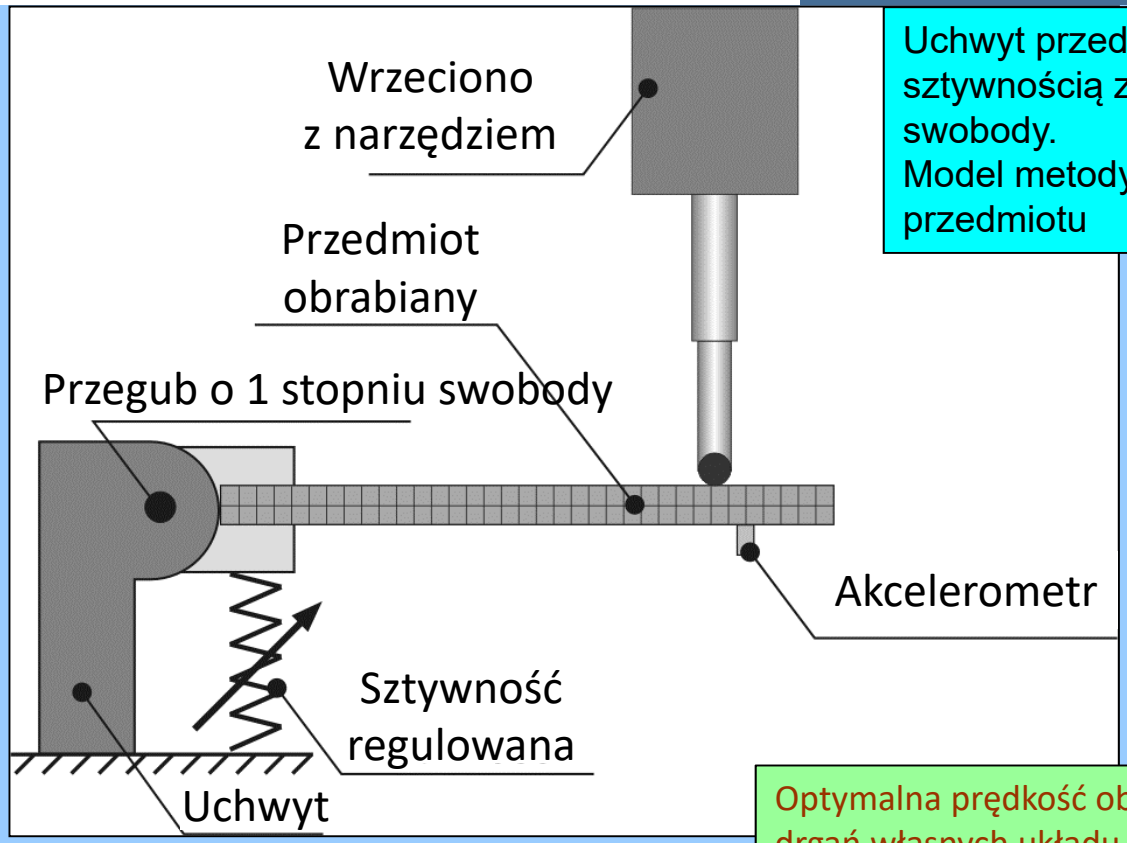


POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

2. Optymalizacja zamocowania przedmiotu w procesie frezowania





Uchwyt przedmiotu obrabianego z regulowaną sztywnością zamocowania i przegubem o 1 stopniu swobody.
Model metody elementów skończonych (MES) przedmiotu

n=const.

Optymalna prędkość obrotowa zależy od dominującej częstotliwości drgań własnych układu uchwyt podatny-przedmiot obrabiany

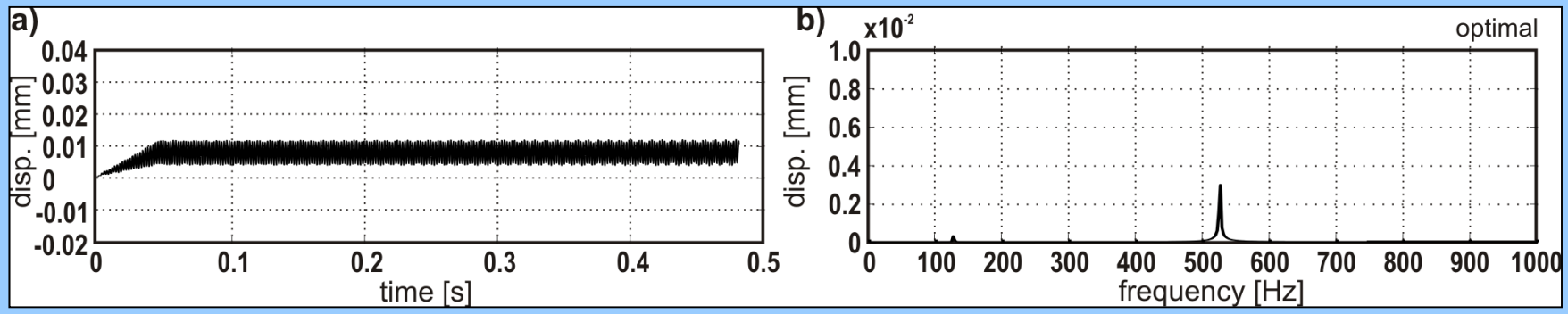
- Częstotliwość drgań własnych zależy od własności dynamicznych przedmiotu obrabianego.
- Dzięki możliwości regulacji sztywności zamocowania istnieje możliwość modyfikacji własności dynamicznych całego układu, tak aby spełniony był warunek **optymalnej prędkości obrotowej wrzeciona**, bez potrzeby zmiany prędkości.

POLITECHNIKA GDAŃSKA

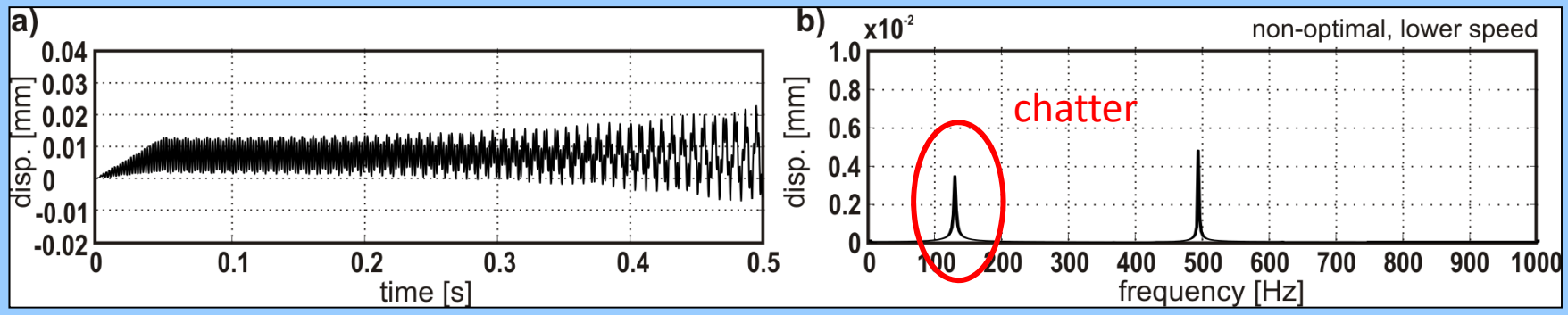
WYDZIAŁ MECHANICZNY

2. Optymalizacja zamocowania przedmiotu w procesie frezowania

MECHATRONIKA



Przemieszczenie (a) i widmo amplitudowe(b) w przypadku optymalnym: **n=15745 obr/min** i sztywność zamocowania **11000 N/mm**.



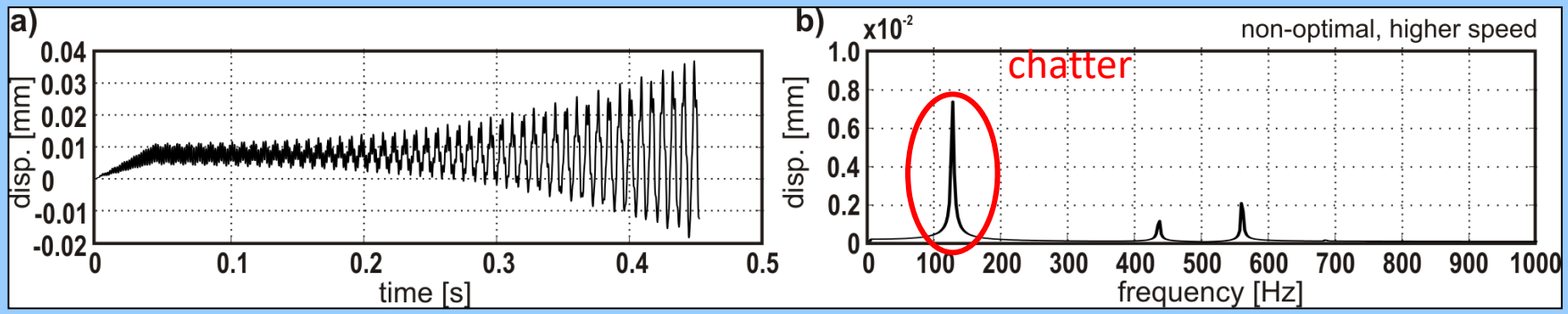
Przemieszczenie (a) i widmo amplitudowe(b) w przypadku nieoptymalnym: **n=14745 obr/min** i sztywność zamocowania **11000 N/mm**

POLITECHNIKA GDAŃSKA

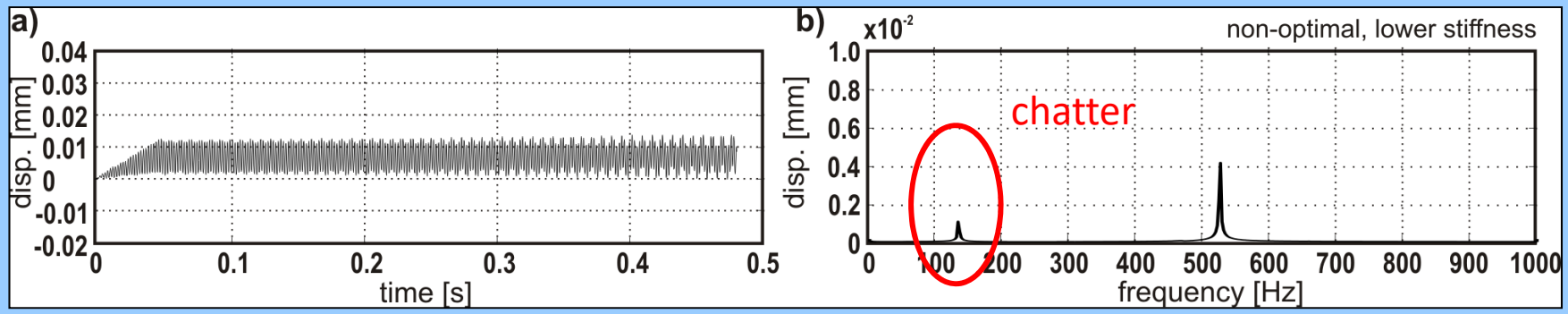
WYDZIAŁ MECHANICZNY

2. Optymalizacja zamocowania przedmiotu w procesie frezowania

MECHATRONIKA



Przemieszczenie (a) i widmo amplitudowe(b) w przypadku nieoptymalnym: **n=16745 obr/min** i sztywność zamocowania **11000 N/mm**

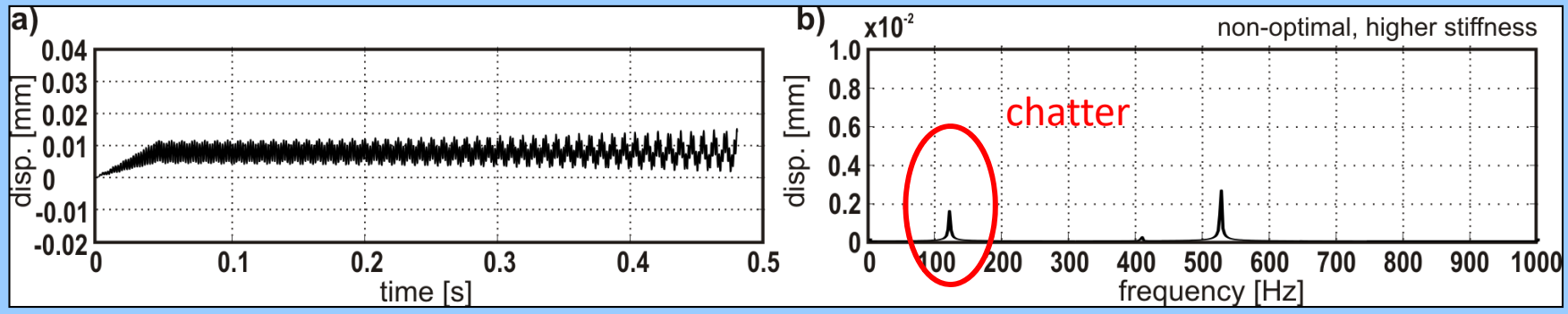


Przemieszczenie (a) i widmo amplitudowe(b) w przypadku nieoptymalnym:**n=15745 obr/min** i sztywność zamocowania **8500 N/mm**.

POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

2. Optymalizacja zamocowania przedmiotu w procesie frezowania



Przemieszczenie (a) i widmo amplitudowe(b) w przypadku nieoptymalnym: **n=15745 obr/min** i sztywność zamocowania **14800 N/mm**

POLITECHNIKA GDAŃSKA

WYDZIAŁ MECHANICZNY

Projekt TANGO1

warunki rozpoczęcia fazy B+R

1. **Porozumienie** w sprawie współpracy w ramach konkursu „TANGO”
2. **Oświadczenie** Przedsiębiorstwa o zobowiązaniu do wniesienia udziału własnego
3. Gotowość Przedsiębiorstwa do **wdrożenia** wyników projektu w praktyce

Ponadto:

- Należy określić zasady **podziału własności intelektualnej**