



## IV. Opis programu studiów

### 3. KARTA PRZEDMIOTU

Kod przedmiotu	M#1-S2-MiBM-KWTLiP-211
Nazwa przedmiotu	Odkształcenia cieplne w obróbce laserowej i plazmowej
Nazwa przedmiotu w języku angielskim	Thermal deformations in laser and plasma treatment
Obowiązuje od roku akademickiego	2019/2020

#### USYTUOWANIE MODUŁU W SYSTEMIE STUDIÓW

Kierunek studiów	MECHANIKA I BUDOWA MASZYN
Poziom kształcenia	II stopień
Profil studiów	ogólnoakademicki
Forma i tryb prowadzenia studiów	studia stacjonarne
Zakres	komputerowo wspomagane technologie laserowe i plazmowe
Jednostka prowadząca przedmiot	Katedra Inżynierii Eksploatacji i Przemysłowych Systemów Laserowych
Koordynator przedmiotu	Dr hab. inż. Bogusław Grabas
Zatwierdził	

#### OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRZEDMIOTU

Przynależność do grupy/bloku przedmiotów	przedmiot specjalnościowy
Status przedmiotu	obowiązkowy
Język prowadzenia zajęć	polski
Usytuowanie modułu w planie studiów - semestr	semestr 2
Wymagania wstępne	
Egzamin (TAK/NIE)	TAK
Liczba punktów ECTS	3

Forma prowadzenia zajęć	wykład	ćwiczenia	laboratorium	projekt	seminarium
Liczba godzin w semestrze	30		15		

## EFEKTY UCZENIA SIĘ

Kategoria	Symbol efektu	Efekty kształcenia	Odniesienie do efektów kierunkowych
Wiedza	W01	Zna mechanizmy nagrzewania i chłodzenia prowadzące do nietrwałych i trwałych deformacji metali poprzez zjawisko rozszerzalności termicznej materiałów	MiBM2_W02 MiBM2_W018
	W02	Zna mechanizmy prowadzące do jednowymiarowej nietrwałej i trwałej deformacji pręta zamocowanego jednoosiowo.	MiBM2_W02
	W03	Zna mechanizmy gięcia i spęczania blach i płyt za pomocą poruszającej się wiązki laserowej lub plazmowej, która nagrzewa powierzchnię metalu powyżej temperatury rekrytalizacji.	MiBM2_W02 MiBM2_W08 MiBM2_W17
	W04	Zna metodę modelowania procesu termicznego gięcia i spęczania blach prostopadle do płaszczyzny.	MiBM2_W19
	W05	Rozumie mechanizmy deformacji termicznych i metod modelowania, które mogą być wykorzystane do minimalizacji szkodliwych deformacji obróbki laserowej i plazmowej procesu hartowania powierzchniowego.	MiBM2_W02 MiBM2_W08 MiBM2_W17
Umiejętności	U01	Potrafi oszacować dystorsje towarzyszące procesowi laserowego i plazmowego cięcia płyt, blach i rur.	MiBM2_U01
	U02	Umie obliczać średnicę ogniska i długość Rayleigh'a ogniska dla zadanych soczewek lub zwierciadeł skupiających.	MiBM2_U01
	U03	Potrafi dobrać parametry laserowej obróbki dla gięcia blachy wykonanej z danego materiału o zadanej grubości. Potrafi dobrać parametry laserowej obróbki spawania i cięcia dla lasera CO <sub>2</sub> z minimalną dystorsją.	MiBM2_U08 MiBM2_U12
Kompetencje społeczne	K01	Potrafi pracować w zespole	MiBM2_K04
	K02	Ma świadomość udziału w rozwoju nowoczesnych laserowych technologii w zastosowaniu do budowy maszyn i rozwoju inżynierii materiałowych	MiBM2_K06

## TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć*	Treści programowe
wykład	<p>Podstawowe pojęcia z zakresu deformacji termicznych i określenie współczynników rozszerzalności termicznej liniowej, płaskiej i objętościowej. Analiza deformacji i naprężeń termicznych w pręcie zamocowanym jednowymiarowo i swobodnego. Objasnienie mechanizmu powstawania trwałych odkształceń termicznych w pręcie zamocowanym jednoosiowo. Określenie temperatury uplastycznienia, i temperatury rekrytalizacji, przy której materiał traci właściwości sprężyste. Zdefiniowanie współczynnika sztywności utwierdzenia i pokazanie jego wpływu na wielkość naprężeń termicznych, powstających w materiałach. Opis mechanizmu bezdotykowego gięci płyt, powstającego pod działaniem nagrzewania powierzchni poruszającą się wiązką laserową lub plazmową przy warunku powstawania w materiale maksymalnego gradientu temperatury znanego pod nazwą „Mechanizm Gradientu Temperatury” TGM. Opis mechanizmu bezdotykowego spęczania płyt, powstającego pod działaniem nagrzewania powierzchni poruszającą się wiązką laserową lub plazmową przy warunku powstawania w minimalnego gradientu temperatury znany pod nazwą „Mechanizm Spęczenia” MS. Opis mechanizmu wyboczeniowego MW gięci płyt, powstającego pod działaniem nagrzewania powierzchni poruszającą się wiązką laserową lub plazmową przy warunku, że średnica wiązki jest dużo większa od grubości blachy . Omówienie charakterystycznych cech laserowego i ogólnie termicznego gięcia płyt w porównaniu z mechanicznymi metodami gięcia. Przedstawienie metod i wyników analitycznego modelowania gięcia płyt i blach metodami gradientu temperatury TGM i mechanizmem wyboczeniowym MW oraz stopnia spęczania blach mechanizmem spęczenia. Opis mechanizmu spęczania blach i płyt za pomocą nagrzewania impulsową wiązką laserową.</p> <p>Analiza szerokiej klasy dystorsji towarzyszących laserowemu i plazmowemu spawaniu płyt, blach i rur w oparciu poznane mechanizmy kształtowania. Opis dystorsji występujących przy laserowym i plazmowym cięciu płyt i blach w oparciu poznane mechanizmy kształtowania. Opis dystorsji towarzyszących laserowej i plazmowej powierzchniowej obróbce materiałów w oparciu poznane mechanizmy kształtowania. Omówienie przykładowych zastosowań praktycznych metod laserowego i plazmowego kształtowania n płyt i blach w dużej skali np. budowy statków lub w skali mikro np. mechanice precyzyjnej lub optoelektronice.</p>

laboratorium	<p>Wykaz tematów ćwiczeń laboratoryjnych:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Badanie deformacji i naprężeń termicznych i odkształceń w pręcie zamocowanym jednowymiarowo i swobodnego. Walec o zadanych wymiarach swobodny i zamocowany np. w imadle nagrzewane są do temperatury 800°C po ostudzeniu porównanie wymiarów.</li> <li>2. Bądanie mechanizmu bezdotykowego gięcia płyt, powstającego pod działaniem nagrzewania powierzchni poruszającą się wiązką laserową lub plazmową przy warunku powstawania w materiale maksymalnego gradientu temperatury znanego pod nazwą „Mechanizm Gradientu Temperatury” TGM. Przeprowadzenie gięcia próbki wiązką laserową przy spełnieniu wymaganych warunków. Pomiar kąta gięcia w zależności od mocy lasera</li> <li>3. Badanie mechanizmu bezdotykowego spęcznienia płyt, powstającego pod działaniem nagrzewania powierzchni poruszającą się wiązką laserową lub plazmową przy warunku powstawania w minimalnego gradientu temperatury znany pod nazwą „Mechanizm Spęczenia” MS. Przeprowadzenie spęcznienia próbki wiązką laserową przy spełnieniu wymaganych warunków. Pomiar spęcznienia gięcia w zależności od mocy lasera i prędkości ruchu wiązki.</li> <li>4. Badanie mechanizmu wyboczeniowego MW gięcia płyt, powstającego pod działaniem nagrzewania powierzchni poruszającą się wiązką laserową lub plazmową przy warunku, że średnica wiązki jest dużo większa od grubości blachy. Uzyskanie zależności kąta zgięcia od mocy i prędkości skanowania.</li> <li>5. Porównanie kątów gięcia pomierzonych doświadczalnie z obliczonymi z modelu teoretycznego dla mechanizmu gięcia TGM.</li> <li>6. Analiza szerokiej klasy dystorsji towarzyszących laserowemu i plazmowemu spawaniu płyt, blach i rur w oparciu o poznane mechanizmy kształtowania.</li> <li>7. Badanie dystorsji towarzyszących laserowej i plazmowej powierzchniowej obróbce materiałów w oparciu o poznane mechanizmy kształtowania.</li> </ol>
--------------	---

## METODY WERYFIKACJI EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Symbol efektu	Metody sprawdzania efektów kształcenia <i>(zaznaczyć X)</i>					
	Egzamin ustny	Egzamin pisemny	Kolokwium	Projekt	Sprawozdanie	Inne
W01		x				
W02		x				
W03		x				
W04		x				
W05		x				
U01					x	
U02					x	
U03					x	
K01						x
K02						x

## FORMA I WARUNKI ZALICZENIA

Forma zajęć*	Forma zaliczenia	Warunki zaliczenia
wykład	egzamin	Egzamin w formie pisemnej. Uzyskanie co najmniej 50% punktów z kolokwium.
laboratorium	zaliczenie z oceną	Uzyskanie pozytywnej oceny ze średniej arytmetycznej ocen każdego sprawozdania.

## NAKŁAD PRACY STUDENTA

Bilans punktów ECTS							
Lp.	Rodzaj aktywności	Obciążenie studenta					Jednostka
		W	C	L	P	S	
1.	Udział w zajęciach zgodnie z planem studiów	30		15			h
2.	Inne (konsultacje, egzamin)	4		2			h
3.	<b>Razem przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego</b>	<b>51</b>					h
4.	<b>Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje przy bezpośrednim udziale nauczyciela akademickiego</b>	<b>2</b>					ECTS
5.	<b>Liczba godzin samodzielnej pracy studenta</b>	<b>24</b>					h
6.	<b>Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach samodzielnej pracy</b>	<b>1</b>					ECTS
7.	<b>Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym</b>	<b>32</b>					h
8.	<b>Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym</b>	<b>1,3</b>					ECTS
9.	<b>Sumaryczne obciążenie pracą studenta</b>	<b>75</b>					h
10.	<b>Punkty ECTS za moduł</b> <i>1 punkt ECTS=25 godzin obciążenia studenta</i>	<b>3</b>					ECTS

## LITERATURA

1. Wiliam Steen, Laser Material Processing, Springer 2003
2. Jan Kusiński, Lasery I ich zastosowania w inżynierii materiałowej, Wydawnictwo Naukowe „Akapit” Kraków 2000
3. Edward Dobaj, Maszyny i urządzenia spawalnicze, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998.
4. Zygmunt Mucha, Modelowanie i badania eksperymentalne laserowego kształtowania materiałów konstrukcyjnych, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej Kielce 2004.