

CERCETĂRI PRIVIND FENOMENELE TERMODINAMICE ÎN CAZUL PROCEDEULUI DE TĂIERE CU LASER ȘI CONSECINȚELE ACESTORA ASUPRA PRECIZIEI PIESELOR DE CAROSERIE DIN DOMENIUL AUTO

BILEA Irina Mihaela

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Robotică, Anul de studii: 4,
e-mail: irinabilea@yahoo.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Cristina PUPĂZĂ**
Conducător științific: Prof. dr. ing. **Adrian NICOLESCU**
Conducător științific: As. drd. ing. **Tudor George ALEXANDRU**

REZUMAT: Cercetarea constă în simularea comportării termice a unei portiere auto în timpul tăierii cu laser. Pentru realizarea analizei termice am reumplut un gol prezent în portieră cu o placă modelată pentru a putea reproduce procedul de tăiere cu laser. În zona de tăiere cu laser am creat 20 de segmente de portieră cu rol de cordon de ghidare prin care se va putea simula trecerea fascicului laser prin fiecare segment de portieră, după care se va putea vizualiza propagarea caldurii în structura portierei auto și efectua tăierea propriu-zisă a acelei bucăți de umplutură. Cu ajutorul rezultatelor de temperatură și a trei suporturi fără frecare adăugate ulterior s-a realizat analiza tranzitorie unde se pot vedea rezultatele și vizualizarea grafică a deformărilor totale și ce efecte au acestea asupra preciziei portierei auto rezultate în urma tăierii cu laser.

CUVINTE CHEIE: robot, tăiere, laser, caroserie, termodinamică

1. Introducere

Laserul este practic doar o lumină extrem de concentrată, foarte amplificată precum în exemplul următor (vezi figura 1):

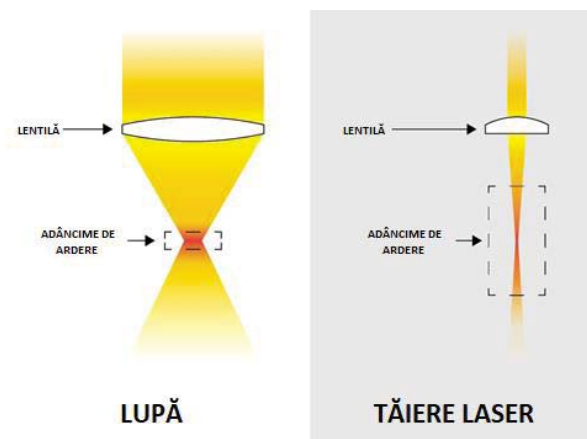


Fig.1. Difracția luminii printr-o lupă comparativ cu unda laser

Un laser față de fluxul de fotoni de la o lanternă are un grad ridicat de coerență, ceea ce înseamnă că lumina are difracție limitată, este polarizată și are o frecvență unică, consistentă pe o distanță lungă precum în exemplul următor (vezi figura 2):

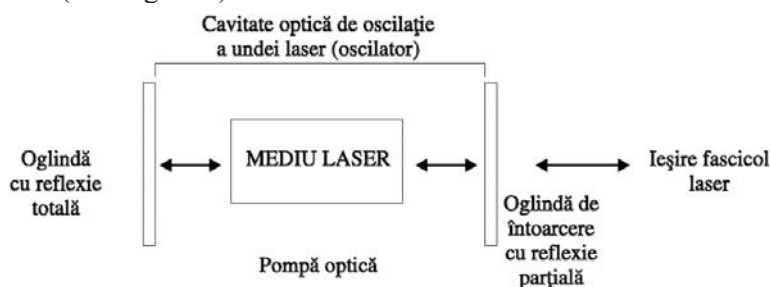


Fig. 2. Principiul de realizare a unei surse LASER

Funcționarea laserilor se bazează pe simularea inițială a emisiei luminoase a mediului laser care se realizează printr-un procedeu de excitare energetică a atomilor urmată de amplificarea emisiei de energie luminoasă. Viteza de producție este limitată de o serie de factori, inclusiv puterea laserului, grosimea materialului, tipul procesului (reactiv sau inert) și proprietățile materialului. Sistemele industriale obișnuite (≥ 1 kW) vor tăia metalul din oțel carbon de 0,51 - 13 mm grosime (vezi tabel 1).

Tabel 1. Grosime material de prelucrat.

Materialul de Prelucrat	Grosimea Materialului					
	0.51 mm	1.0 mm	2.0 mm	3.2 mm	6.4 mm	13 mm
Oțel inoxidabil	42.3	23.28	13.76	7.83	3.4	0.76
Aluminiu	33.87	14.82	6.35	4.23	1.69	1.27
Oțel moale	-	8.89	7.83	6.35	4.23	2.1
Titaniu	12.7	12.7	4.23	3.4	2.5	1.7
Placaj	-	-	-	-	7.62	1.9
Bor / epoxid	-	-	-	2.5	2.5	1.1

Factorii de influență ce condiționează alegerea unui anumit tip de sursă laser sunt direcționalitatea fascicului laser (vezi tabel 2a și 2b) și distribuția energetică a fascicului.

Tabel 2a. Direcționalitatea fascicului laser.


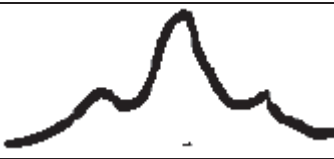



Tip sursă LASER Caracteristici	CO_2	CO	O_2I	Nd: YAG	Excimeri
Lungime de undă [m]	10.6	5	1.315	1.06	0.1 ÷ 0.4
Putere medie W	$10 \div 25 \times 10^4$	3000	1000	1 ÷ 2000	1 ÷ 250
Funcționare continuă / în impulsuri	DA / DA	DA / DA	DA / DA	DA / DA	NU / DA
Puterea unui impuls kW	2 ÷ 4 PC	3000	1000	1 ÷ 6000	$10^3 \div 10^5$
Durata impulsului	> 1	> 1	1000 ÷ 2000	600 ÷ 2500	0.01 ÷ 0.04
Posibilitatea orientării fascicului în zona de lucru	greu	ușor	ușor	ușor	mediu-greu
Posibilitatea de utilizare a fibrelor optice	imposibil	ușor	ușor	ușor	greu
Eficiența sursei LASER [%]	10 ÷ 20	20 ÷ 30	estimat > 30	1 ÷ 4	scăzută

Tabel 2b. Direcționalitatea fascicului laser.

Tip sursă LASER Caracteristici	CO_2	CO_2	O_2I	Nd: YAG	Excimeri	Cu electroni liberi
Divergența fascicului	mare	medie	mică	mică	medie	foarte mică
Conducerea fascicolului de la sursă în zona de lucru	dificilă	usoară	usoară	usoară	medie – dificilă	foarte dificilă
Utilizarea sistemelor cu oglinzi și lentile	da (singura posibilitate)	da	da	da (puțin utilizată)	da (cu cuarț incolor)	nu
Utilizarea sistemelor cu fibre optice	imposibilă	medie – ușoară	usoară	usoară	dificilă	imposibilă
Amplasarea sursei la distanță de zona de lucru	limitată (în funcție de optica de conducere și tipul inst.)	da (max. 100m utilizând fibre optice)	da (max. 100m utilizând fibre optice)	da (max. 100m utilizând fibre optice)	limitată (în funcție de optica de conducere și tipul inst.)	limitată (în funcție de tipul instalației)
Surse de erori din sistemul optic cu oglinzi și lentile	da (apar în mod inerent)	da (dacă se utilizează acest sist.)	da (dacă se utilizează acest sist.)	da (dacă se utilizează acest sist.)	da (dacă se utilizează acest sist.)	-
Surse de erori din sistemul optic cu fibre optice	-	nu (dacă se utilizează acest sist.)	nu (dacă se utilizează acest sist.)	nu (dacă se utilizează acest sist.)	nu (dacă se utilizează acest sist.)	-
Alte surse de erori	Funcție de concepția particulară a sistemului tehnologic cu LASER					

Principalele tipuri de forme de undă laser adecvate unor categorii de prelucrari uzuale precum în exemplul următor (vezi tabel 3):

Tabel 3. Distribuția energetică a fascicului.

Tip undă	Secțiunea – circulară transversal		Aplicația
1	Gaussiană		Tăiere Sudare
2	Apropriat Gaussiană		Tăiere Sudare
3	Neregulată		Tratamente termice Unele sudări
4	Multimodală		Tratamente termice Unele alieri
5	Cu sistem de difracție a fascicolului		Puteri maxime Sudare Tratamente termice Alierie

2. Stadiul actual

Pentru realizarea analizei termice segmentul de portieră ce va fi tăiat este cu 1 cm (dimensiunea fascicului laser) mai mică de jur împrejur decât dimensiunea golului de pe suprafața ușii care va urma a fi tăiat cu laser. Acel spațiu de 1 cm l-am umplut cu 20 de segmente cu rol de cordon de ghidare prin care se va putea simula trecerea fascicului laser prin fiecare segment, se va putea vizualiza propagarea caldurii în structura ușii de mașină și efectua tăierea propriu-zisă a acelei bucăți de umplutură.

Pentru discretizare am folosit metoda Hex Dominant și un Body Sizing de 1 mm pentru structura ușii de mașină și bucata ce va fi tăiată, iar pentru segmentele de tăiere a fascicului laser am ales o discretizare mai fină cu mărimea elementelor de 0.3 mm.

Temperatura inițială a elementelor este de 22°C. Pentru fiecare segment în parte am creat un flux de caldură (Heat Flow) estimativ de 200 W astfel încât să iasă o tăiere și o propagare de caldură uniformă la nivelul elementelor analizate.

Transferul de căldură se realizează prin convecție. Radiația termică este radiația electromagnetică emisă de toate corpurile, ea pătrunde prin orice material care nu o poate reflecta. La contactul dintre laser și ușă radiația elementelor analizate emisă este în raport de 0.7.

Analiza termică este compusă din 20 de etape, intervalul de desfășurare a analizei este de 20 secunde, iar valorile introduse pe fiecare pas sunt sub forma de Tabular Data.

Temperaturile rezultate din analiza termică sunt uniforme, se propagă corespunzător pe suprafața materialului tăiat și sunt cuprinse între valori acceptabile.

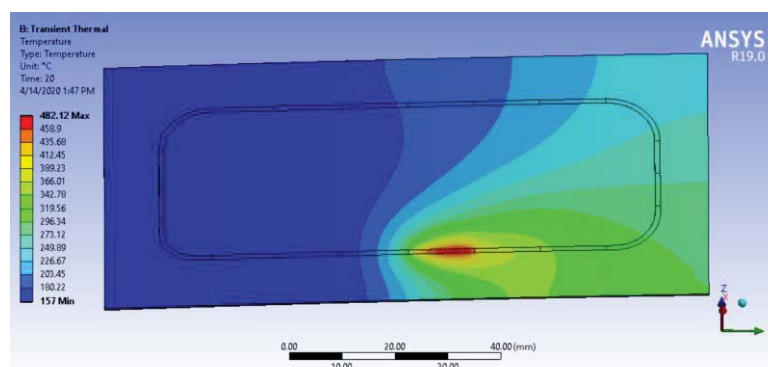


Fig. 3. Reprezentarea grafică a propagării temperaturii la nivelul uşii tăiate

Analiza în regim termic tranzitoriu are ca scop determinarea distribuţiei de temperatură într-o structură ca funcţie de timp sau anticiparea căldurii acumulate in sistem. Metoda aceasta este cea mai folosită deoarece majoritatea fenomenelor termice sunt de natură tranzitorie.

Analiza termică în regim tranzitoriu este de obicei o analiză neliniară în care proprietăţile de material cum ar fi conductivitatea termică, căldura specifică şi densitatea variaza semnificativ cu temperatura.

O diferenţă majoră între analiza termală şi cea în regim tranzitoriu este faptul că încărcările sunt în funcţie de timp

Pentru analiza termică în regim tranzitoriu s-au adăugat trei suporturi fără frecare şi sunt necesare rezultatele temperaturilor în urma analizei termice.

Analiza termică în regimul tranzitoriu este formată din patru paşi, durata totală a analizei fiind de patru secunde. După realizarea analizei în regim tranzitoriu se pot vedea rezultatele şi vizualizarea grafică a tensiunilor echivalente, rezultatele şi vizualizarea grafică a deformărilor totale. Deformaţiile totale rezultate sunt foarte mici şi nu vor pune probleme, iar rezultatele tensiunilor echivalente sunt cuprinse între valori normale.

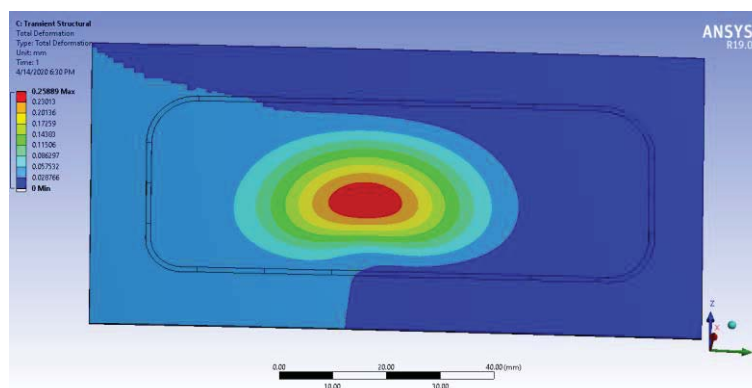


Fig. 4. Vizualizarea grafică a deformărilor totale

Având în vedere toate cele trei analize realizate, cinematică, termală şi în regim termic tranzitoriu, atât tensiunile cât şi deformăţiile specifice rezultate nu au fost periculoase şi nu au fost necesare modificări structurale de îmbunătăţire considerabile. Atât comportarea dinamică cât şi cea termică au avut rezultate favorabile în limita valorilor normale.

6. Concluzii

Am contribuit prin modelarea plăcii din portiera auto pentru a putea reproduce procedul de tăiere cu laser. În zona de tăiere cu laser am creat 20 de segmente de portieră cu rol de cordon de ghidare prin care se va putea simula trecerea fascicului laser prin fiecare segment de portieră. Am creat analiza termică și analiza tranzitorie în programul ANSYS Workbench și am realizat simularea operației de tăiere cu laser cu ajutorul robotului ales la licența de tip portal dublu Reis RL130P în paralel cu analiza termică (vezi figura 5).

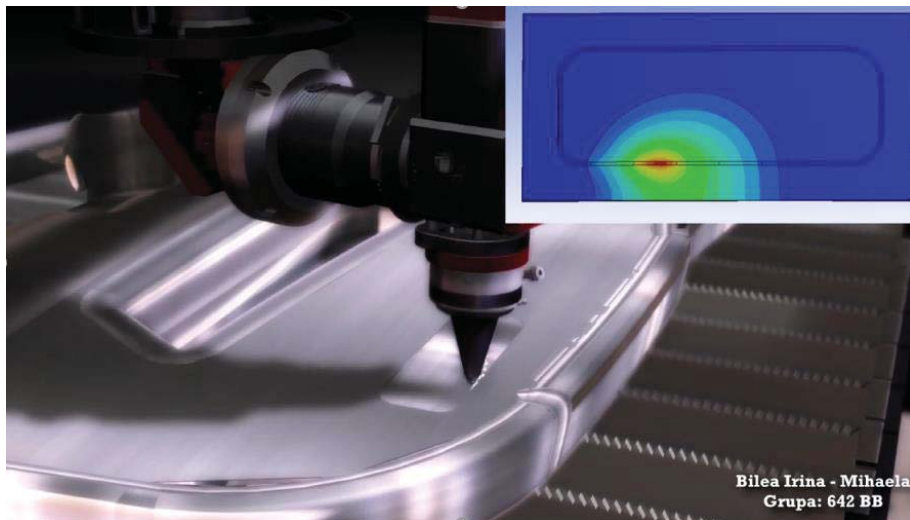


Fig. 5. Simularea operației de tăiere laser în paralel cu analiza termică

7. Bibliografie

- [1]. Cristina Pupăză și Radu Constantin Parpală (anul), *Modelare și Analiză Structurală cu ANSYS Workbench*, Editură Politehnica Press.
- [2]. Materiale de curs și laborator la disciplinele de IAC2 și CESPR

8. Notații

Următoarele simboluri sunt utilizate în cadrul lucrării:

W = watt