

## ВЛИЯНИЕ НА ЧЕСТОТАТА ПРИ ЛАЗЕРНО МАРКИРАНЕ НА ИЗДЕЛИЯ ОТ СТОМАНА X10CrNiTi18-10

**Николай Ангелов**

*Технически университет – Габрово, ул. Хаджи Димитър № 4, e:mail: angelov\_np@abv.bg*

## INFLUENCE OF FREQUENCY OF LASER MARKING ON PRODUCTS OF STEEL X10CRNITI18-10

**Nikolay Angelov**

*Technical University of Gabrovo, 4 Hadzhy Dimitar str., e:mail: angelov\_np@abv.bg*

### Abstract

*The influence of frequency on the laser marking process of steel products is discussed. Numerical experiments with specialized software have been carried out for different frequency and reflection coefficients. Graphics of dependence on temperature from frequency for two coefficients of reflection were drawn. The results are analyzed and summarized. Worked intervals for frequency, have been obtained.*

**Keywords:** laser marking, steel X10CrNiTi18-10, software, numerical experiments, frequency, reflection coefficient.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Лазерното маркиране е уникален и много перспективен метод за маркиране. Лазерният метод удовлетворява в най-голяма степен критериите, които предявява промишлеността към маркировката на изделия, благодарение на своите предимства спрямо останалите методи на маркиране. Изследванията показват, че той ще намира все по-широко приложение в индустрията.

Процесът лазерно маркиране се състои в модификация на повърхността на маркираното изделие под действие на лазерното лъчение чрез структурни промени, топене или изпарение на материала в зоната на въздействие [1 - 4]. Върху повърхността на изделието при този метод могат да се нанасят символи (букви и цифри), кодирана информация или специални знаци.

За всеки конкретен случай на лазерно маркиране на изделие трябва да се правят числени и/или реални експерименти за определяне на оптималните режими на работа. Трябва да се изследва ролята и относителната тежест на отделните параметри –

технологични и лазерни, при реализиране на технологичния процес.

Цел на работата е да се изследва влиянието на честотата при лазерно маркиране на изделия от стомана X10CrNiTi18-10 и да се определят работни интервали на честотата за две стойности на коефициента на отражение.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

Както е известно основните режими на работа на лазерите са непрекъснат и импулсен режим. За предпочитане е лазерите за маркиране да работят в импулсен режим. При тях от съществено значение са импулсната мощност  $P_p$ , импулсната енергия  $E_p$ , продължителността на импулсите  $\tau$  и честота  $\nu$ . Те са свързани със средната мощност  $P$  на лазера с израза

$$P = P_p \tau \nu, \quad (1)$$

$$P = E_p \nu. \quad (2)$$

За някои лазери има връзка между лазерните параметри от конструкторско естество. Съвремените лазери позволяват провеждане на експерименти в твърде широк диапазон на изменение на честотата.

#### Материал

Стомана X10CrNiTi18-10 се използва за производство на детайли: за авиацията; от общото машиностроене; от химически апаратури; работещи при температури до 600 °C; работещи в агресивни среди (разредени разтвори на азотен оксид, оцетна киселина, фосфорна киселина, разтвори на основи и соли). Също така служи за направа на потребителски стоки за домакинството, апарати и детайли от хранително-вкусовата промишленост, заваръчни апарати и др.

Химическият състав на стоманата е даден в табл. 1 [5]. Високото съдържание на никел и манган увеличава якостта на опън на стоманата и я прави химически устойчива. Стоманата е неръждаема и с висока твърдост, които се дължат на изключително високото съдържание на хром.

Таблица 1

Елемент	C	Ni	Cu
Съдържание, %	< 0,12	9,0 – 11,0	< 0,30
Елемент	Si	Cr	S
Съдържание, %	< 0,80	17,0 – 19,0	< 0,02
Елемент	Mn	Ti	P
Съдържание, %	< 2,0	0,60 – 0,80	< 0,035

В табл. 2 са дадени температурните зависимости на някои основни параметри на стоманата [5]. Отличава се с малки стойности на коефициентите на топлопроводност и температуропроводност.

Таблица 2. Температурна зависимост на основни параметри на стомана X10CrNiTi18-10. Легенда:  $k$  – коефициент на топлопроводност;  $c$  – специфичен топлинен капацитет;  $\rho$  – плътност;  $a$  – коефициент на температуропроводност.

$T, K$	$k, W/(m.K)$	$c, J/(kg.K)$	$\rho, kg/m^3$	$a, m^2/s$
293	15	442	7920	$4,28 \cdot 10^{-6}$
373	16	462	7894	$4,39 \cdot 10^{-6}$
473	18	496	7861	$4,62 \cdot 10^{-6}$
573	19	517	7828	$4,69 \cdot 10^{-6}$
673	21	538	7795	$5,01 \cdot 10^{-6}$
773	23	550	7662	$5,46 \cdot 10^{-6}$
873	25	563	7629	$5,82 \cdot 10^{-6}$
973	27	575	7596	$6,18 \cdot 10^{-6}$
1073	26	596	7563	$5,77 \cdot 10^{-6}$

#### Лазерна технологична система

Пресмятанятията се отнасят за лазерна технологична система с шайбов лазер [6]. Нейните основните параметри са дадени в табл. 3. Шайбовият лазер е иновационен лазер с параметри, подходящи за лазерно маркиране на метали и сплави (включително стомана) и неметали. Има висок коефициент на полезно действие и е с много високо качество на лазерното лъчение. В подходящия за изследване диапазон от честоти импулсната мощност на лазера е в интервала  $P_p \in [37,5; 375] W$ . Технологичната система осигурява стабилни параметри през цялото време на технологичния процес.

Таблица 3. Някои основни параметри на лазерната технологична система с шайбов лазер

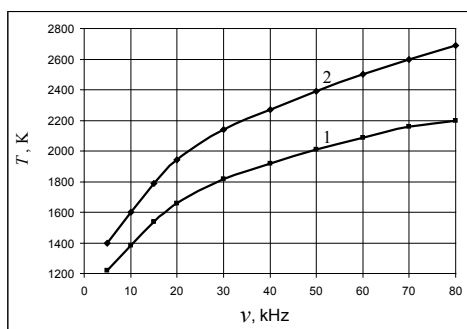
Параметър	Стойност
Дължина на вълната $\lambda, nm$	1 064
Мощност $P, W$	30,0
Честота $\nu, kHz$	80
Продължителност на импулсите $\tau, \mu s$	1 ÷ 10
Импулсна енергия $E_p, mJ$	0,375
Импулсна мощност $P_p, W$	37,5 ÷ 375
Качество на лъча $M^2$	< 1,2
Точност на позициониране, $\mu m$	2,5
Коефициент на полезно действие, %	40

#### Числени експерименти

За числените експерименти бе използвана програма TEMPERATURFELD3D [7], която е специализирана за получаване на температурни полета в зоната на лазерно въздействие и около нея. Проведоха се се-

рии от пресмятания като честотата се променяше в интервала  $\nu \in [5, 80]$  kHz със стъпка 5 kHz или 10 kHz. Получени бяха температурни полета в зоната и около зоната на въздействие за различните честоти и две стойности на коефициента на отражение. От резултатите са построени графики на зависимостта на температурата от честотата за коефициенти на отражение: гр. 1 –  $R_1 = 42\%$ ; гр. 2 –  $R_2 = 35\%$  (фиг. 1). От анализа на графиките могат да се направят следните изводи:

- С увеличаване на честотата се наблюдава нелинейно нарастване на температурата и за двата коефициента на отражение В интервала  $\nu \in [5, 30]$  kHz графиките са по-стръмни спрямо интервала  $\nu \in [30, 80]$  kHz;
- Бързината на нарастване на температурата в интервала  $\nu \in [5, 30]$  kHz е  
24,0 K/kHz за  $R_1 = 42\%$   
29,6 K/kHz за  $R_2 = 35\%$   
а в интервала  $\nu \in [30, 80]$  kHz е  
7,62 K/kHz за  $R_1 = 42\%$   
11,0 K/kHz за  $R_2 = 35\%$
- Зависимостта на температурата от честотата може да се представи с полиноми на Лагранж от трета степен за  $R_1 = 42\%$   
 $T = 0,0027\nu^3 - 0,5295\nu^2 + 39,627\nu + 1034,8$ ,  
където  $T$  е в К,  $\nu$  е в kHz.  
за  $R_2 = 35\%$   
 $T = 0,0036\nu^3 - 0,662\nu^2 + 48,96\nu + 1171,6$ ,  
където  $T$  е в К,  $\nu$  е в kHz.
- Работните интервали на честотата са  
[30, 80] kHz за  $R_1 = 42\%$   
[16, 80] kHz за  $R_2 = 35\%$



**Фиг. 1.** Графики на зависимостта на температурата от честотата при маркиране с шайбов лазер на образци от стомана X10CrNiTi18-10 с коефициент на отражение: 1 –  $R_1 = 42\%$ ; 2 –  $R_2 = 35\%$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Постигнати бяха следните резултати при изследване на процеса лазерно маркиране на изделия от стомана X10CrNiTi18-10:

- Получени са графики на зависимостта на температурата от честотата за два коефициента на отражение;
- Посредством полиноми на Лагранж е представена зависимостта на температурата от честотата;
- Определени са работни интервали на честотата за два коефициента на отражение.

## REFERENCE

- [1] Müller H. Beschriften mit der Laserstrahl, DVS-Verlag Fachreihe Schweißtechnik, Band 119, 1993.
- [2] Herziger G., P. Loosen Werkstoffbearbeitung mit Laserstrahlung, Hanser Verlag, München – Wien, 1993.
- [3] Chryssolouris G. Laser Machining, Springer-Verlag, New York, 1991.
- [4] Sobotova L., P. Demec Laser marking of metal materials, MM Science Journal, 2015, December, 808-812.
- [5] <http://www.splav-kharkov.com/main.php> (25.09.2018).
- [6] <https://www.acsys.de/start.html> (26.09.2018).
- [7] Belev I. Field of calculation of laser-induced temperature fields, Diploma thesis, Technical University, Gabrovo, 2009.