

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОНТРАСТА ВЪВ ФУНКЦИЯ ОТ СКОРОСТТА
ПРИ ЛАЗЕРНО МАРКИРАНЕ НА ОБРАЗЦИ ОТ СТОМАНА****INVESTIGATION ON THE CONTRAST OF THE LASER MARKING
UPON STEEL SAMPLES DEPENDING ON THE SPEED****Любомир Лазов***Технически университет - Габрово***Николай Ангелов***Технически университет - Габрово***Abstract**

We have discussed a method for determining the contrast of marking obtained by a fiber laser on tool-steel samples in the paper. That method is being used by the laboratory exercise discipline „Laser technology devices” in the Master Degree Course in Optoelectronics and Laser Technique taught in Technical University of Gabrovo. The used modern techniques and equipment during the training, help to increase the students motivation and takes the education process closer to the production condition.

Keywords: laser marking, method, fiber laser

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните две десетилетия в различни изследвания се констатира, че обучението във висшите училища се е откъснало от производството и изискванията на пазара на труда. В Техническите университети студентите нямат достатъчно практически занятия за получаване на необходимите знания и умения за работа в реални производствени условия. Това налага перманентно лабораторните практикуми по техническите дисциплини да се усъвършенстват и развиват съгласно непрекъснато изменящите се изисквания на фирмите в различни отрасли на промишлеността. По дисциплината „Лазерни технологични устройства“, която е включена с магистърската план на обучение се предлага ново лабораторно упражнение, свързано с изследване на качеството на лазерната маркировка върху образци от стомана на базата на измерването на контраста във функция от скоростта на маркиране.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В наши дни не е възможно промишлените изделия да бъдат реализирани на пазара без наличната маркировка върху тях, изискуема съгласно стандарта. Поради редица свои уникални предимства лазерната мар-

кировка през последните години успешно измести традиционните методи за маркиране [1]. Един от факторите които влияят на маркировката наред с изнosoустойчивостта, отчетливостта и яснотата на изписаните символи е контраста. Факторите, които влияят на контраста са свързани с процеса на взаимодействие на лазерното лъчение с веществото и промените, които настъпват в зоната на обработка. В лабораторното упражнение се акцентира на един от многото фактори, които оказват влияние на контраста на изображението (фиг. 1), а именно на скоростта на обработката, определяща и времето на въздействие е работния участък.

Целите заложи в упражнението както и практическите знания и умения които трябва да добият студентите са:

1. Запознаване с основните модули и действието им в лазерната технологична система
2. Усвояване на метод за определяне на контраста на изображението
3. Изследване и анализ на контраста на маркировката във функция от скоростта на маркиране при постоянни технологични параметри като: плътност на мощността, честота на повторение на импулсите, продължителност на импулсите и др.



Фиг. 1

За материали в лабораторното упражнение се използват конкретни образци от фирми „Технолес” Габрово и „Цератицит” Габрово на базата на въглеродни инструментални стомани - У7, У7А, У8, У8А, У10, У11 и др. [2].

За провеждане на експериментите се използва лазерна технологична система с фибър лазер [3] (фиг.2).



Фиг. 2

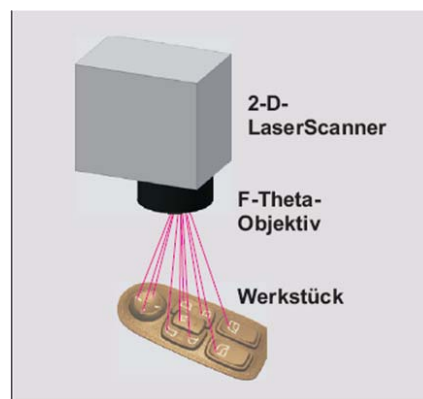
Основните параметри на фибър лазера използван в системата са:

Дължина на вълната	$\lambda = 1\,064\text{ nm}$
Номинална мощност	$P_n = 20\text{ W}$
Честота на повторение на импулсите	$\nu = 20\text{ kHz}$
Продължителност на импулсите	$\tau = 100\text{ ns}$
Импулсна енергия	$E_p = 1\text{ mJ}$

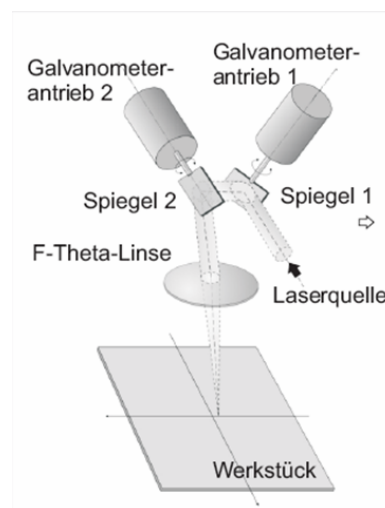
Скенера който управлява и насочва движението на лъча върху работната повърх-

ност е тип SCANcube 10 на фирмата SkanLab (фиг.3 и фиг. 4) с параметри:

Скорост на маркиране	2 m/s
Скорост на позициониране	10 m/s
Скорост на изписване на символи:	
с добро качество	640 симв./s
с високо качество	400 симв./s
Точност на позициониране	< 22 μrad



Фиг. 3



Фиг. 4

За реализиране на експерименталното изследване студентите създават малка програма за изписване на матрица от квадратни полета с размери 10 mm x 10 mm върху работната повърхност. Лазерния източник работи в режим на растерно маркиране на квадратите с дадена стъпка, осигуряваща оптимално покриване, съгласно разделителната способност на човешкото око при разстояние на най-добро виждане [4]. На фиг. 5 е даден демонстрационен образец от въглеродна инструментална стомана при различни скорости на маркировка и постоянни други технологични параметри.



Фиг.5

Контрастът k^* на маркировката се дефинира чрез съотношението на възприетия на интензитета на отразената светлина попаднала в окото от маркираната повърхност към интензитета от съседна необработена зона, на маркираната повърхност към фона. За определяне на контраста k^* на получената маркировка студентите се запознават и използват метода на сравнението със стандартна сивата скала.

Приема се фона на повърхността на маркирания образец да е с контраст $k^* = 0\%$, а най-тъмната възможна маркировка да е с контраст $k^* = 100\%$. За целите на измерване на контраста студентите правят черно-бели снимки на маркираните участъци. По сравнението със сивата скала всеки маркиран участък от снимката може да се представи като число между 0 (черно) и 255 (бяло). Определят се двете реперни числа N_f (за изображението на фона) и N_b (за изображението на най-тъмната възможна маркировка). За конкретно изображение на маркировка по сивата скала посредством сравнение (при сливането му с еталонно изображение) се измерва съответната стойност на N_x . Контрастът k_x^* в проценти се определя посредством линейна интерполация от израза

$$k_x^* = \frac{N_f - N_x}{N_f - N_b} \cdot 100\%.$$

В лабораторното упражнение могат да се разглеждат две задачи съобразно повърхността на изделието – за шлифувана и оксидирана повърхност. Това са повърхности на металообработващи инструменти от реалното производство.

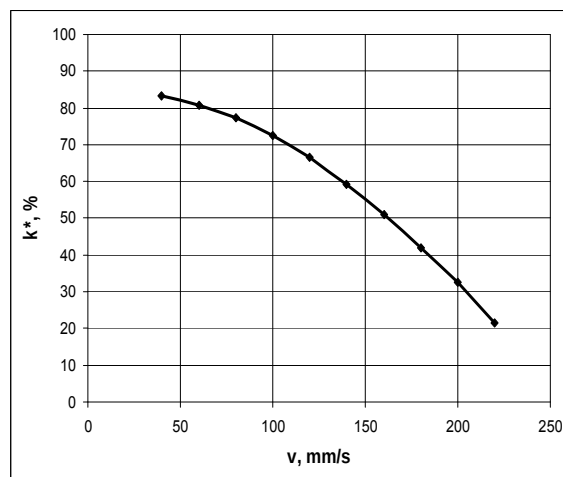
Когато повърхността на образца е оксидирана се използва израза

$$k_x^* = \frac{N_x - N_f}{N_w - N_f} \cdot 100\%,$$

където N_w е реперно число за изображение то на най-светлата възможна маркировка.

При изработване на упражнението преподавателят задава интервала, в който се изменя скоростта на маркиране и стъпката с която се изменя скоростта. Той е предварително подбран така, че да е съобразен с възможностите на скенера и реалните използвани скорости на маркиране на такива изделия в производството. Той избира и подходящите параметри на лазера и технологичните параметри, които се поддържат постоянни в това изследване - мощност на лазерното лъчение; диаметър на работното петно; честота на повторение на импулсите; продължителност на импулсите.

Студентите построяват графика на зависимостта $k^* = k^*(v)$ - фиг. 6.



Фиг.6. Примерна графика на зависимостта $k^* = k^*(v)$ за образец от въглеродна инструментална стомана У7

При анализа на изследваната зависимост студентите обясняват вида ѝ и определят оптимален интервал за скоростта на маркиране на образец от конкретна въглеродна инструментална стомана с фибър лазер при зададените постоянни останали технологични параметри.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Експерименталното определяне на зависимостта на контраста на маркировката от

скоростта допринася студентите да затвърдят и задълбочат изучавания лекционен материал. Освен това те се запознават с определен практически метод за определяне на контраста на изображение, който могат да прилагат и при решаване на други експериментални задачи. Лабораторното упражнение спомага и за формиране на изследователски подход при решаване на конкретни задачи от технологичния процес на лазерно маркиране на инструментални стомани, което им помага да се изградят като специа-

листи с добри практически умения за работа с реални условия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://www.laserone.cn/ref/AdvantageOfLaserMarking.pdf>
- [2] Шаркова С., Б. Кирчев, Е. Костов, Е. Атанасова Материалознание и механични технологии, изд. на ВМЕИ – Габрово, 1986
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_laser
- [4] Иванчев Н., С. Петров, Л. Христов Физика, Държавно издателство „Техника”, София, 1975