

**Балицький В.Ю.**, *наук. кер. Лутай А.М., ст. викл.*

НТУУ «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна, e-mail:  
lutay.a@yandex.ua

## **ЛАЗЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПЛОСКИХ ПРУЖИН**

**Вступ.** Найбільш поширеним класом сплавів, що забезпечують достатньо високі значення пружних властивостей сплавів є вуглецеві та низьколеговані сталі перлітного класу, які зміцнюються мартенситним перетворенням. З них виготовляють пружні елементи (ПЕ) простих форм, виготовлення ПЕ складних форм з цих сплавів по традиційній технології неможливо через їх низьку пластичність у загартованому стані та жолоблення при термічній обробці [1,2]. Раніше авторами даної роботи було показано, що лазерне формоутворення (ЛФ) просторових конструкцій з листових матеріалів дозволяє отримувати вироби з загартованих або низько відпущених сталей вказаного класу. Показано [2], що безпосередньо формоутворення, наприклад вигинання плоскої заготівлі, проходить у зоні термічного впливу (ЗТВ) при її температурі вищою за температуру фазового перетворення  $M \rightarrow A$  ( $M$  – мартенсит,  $A$  – аустеніт). Тобто по мірі переміщення лазерного променя послідовно деформується високо пластичний аустеніт. На етапі охолодження проходить гартування ЗТВ. Отже при ЛФ ПЕ складної форми зі сталей вказаного класу може бути реалізована наступна послідовність технологічних операцій: гартування плоскої заготівлі (виключається жолоблення) та формування ПЕ методами ЛФ (низька пластичність вихідної заготівлі не впливає на процес)..

**Мета роботи** – методами ЛФ одержати тонкі пружні елементи з загартованих та низько відпущених сталей перлітного класу, дослідити їх структуру, експлуатаційні характеристики та спів ставити з аналогічними параметрами в ПЕ, які отримані по традиційній технології.

**Матеріали та методика досліджень.** Плоскі пластинчаті пружини згинання виготовляли зі сталі 65Г товщиною 0,8мм. Заготівлі розмірами 100x4мм отримували методом газолазерного різання з листів сталі, що пройшли повний відпал, інші з загартованої та низько відпущеної сталі. Перші формувалися на згинальному штампі та проходили стандартну термообробку, другі виготовлялися методом ЛФ. Для цього заготівля закріплювалася консольно в струбціні. На відстані 50 мм від вільного кінця променем твердотілого YAG-лазера безперервної дії при потужності випромінювання 1кВт, швидкості переміщення 3-9 м/хв., та діаметрі фокальної плями 4 мм здійснювалися проходи. Крайовий ефект виключався тим, що переміщення променя починалося та закінчувалося на відстані 15мм від заготівлі. Рентгенівські дослідження проводилися на дифрактометрі Rigaku Ultima IV у  $Cu_{K\alpha}$  випромінюванні. Величину залишкових напружень (ЗН) визначали у середині зони з найбільшою кривизною методом  $\sin^2 \psi$  за дифракційним

максимумом (222), з кутом нахилу  $\psi = 0 - 40^{\circ}$ . Субструктура мартенситу досліджувалася по дублетам (112;211) – (121), (220;202) – (022) та по ширині максимуму (222). Релаксаційну стійкість (РС) оцінювали по зміні у часі ЗН (після витримки у 1000 годин)..

**Результати роботи та їх обговорення.** З наведених у таблиці даних по вимірюванню

Релаксація залишкових напружень

Час,ч	Залишкові напруження, МПа	
	Традиційна технологія	Лазерне формоутворення
0	- 160	-280
1000	- 130	-280

величини ЗН виходить, що ЛФ дозволяє значно збільшити релаксаційну стійкість ПЕ. Відомо, що для сталей перлітного класу зміна РС корелює з величиною умовної границі пружності, а великий рівень відемних ЗН забезпечує суттєве збільшення втомної міцності. Отже ЛФ поліпшує увесь комплекс експлуатаційних властивостей пружини у порівнянні з виготовленою по традиційній технології.

Співставлення ступеня роздільності мартенситних дублетів з шириною максимуму (222) дозволяє стверджувати, що розширення останнього зі збільшенням кількості проходів обумовлено дробленням областей когерентного розсіювання (ОКР) у мартенситі (рис.1).



Рис.1. Залежність величини ОКР від кількості проходів

Поява нових субструктурних меж повинно зменшити рухливість дислокацій і, як наслідок, збільшити РС. Причина зменшення ОКР в наступному. При ЛФ проходить локальна пластична деформація високотемпературного аустеніту під дією термічних напружень та фазовий наклеп у наслідок  $M \leftrightarrow A$  перетворень. Тобто у ЗТВ проходять процеси, які аналогічні високотемпературній термомеханічній обробці сталей (ВТТМО).

Список використаних джерел:

1. Лазерні технології та комп'ютерне моделювання [наукове видання]. / під. ред. Л.Ф. Головка, С.О. Лук'яненко. – К. : Вістка, 2009. – 295с.
2. Кагляк, О.Д. Лазерне формоутворення просторових металевих конструкцій / О.Д. Кагляк, Л.Ф. Головка, О.О. Гончарук // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 6/1(42). – С. 4-11.