

**Кривоногов Є.В.**<sup>1</sup> студ.; *Кагляк О.Д.*<sup>1</sup> к.т.н., доц.; Гончарук О.О.<sup>1</sup> к.т.н., Захарчук<sup>1</sup> А.О. студ.; Б.С. Романов<sup>1</sup> асп.

<sup>1</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, e-mail: Kaglyak\_o@meta.ua

## **ЛАЗЕРНЕ ТА ПЛАЗМОВЕ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЛИСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ**

Зазвичай для формоутворення листових матеріалів використовують формувальні операції холодного листового штампування, тобто обробку тиском. Способи обробки тиском мають ряд недоліків, порівняно з тепловими, це наявність зворотного пружного ефекту, стоншення матеріалу в зоні обробки, неможливість формування крихких матеріалів, складність формування жорстких, пружних матеріалів, листів значної товщини, потреба в спеціальному обладнанні. Альтернативними є теплові способи формоутворення, які обумовлені тепловим джерелом, що використовується під час обробки. А саме, нагрівання газовим пальником, зварювальною дугою, індуктивне нагрівання, нагрівання плазмовим струменем та лазерне нагрівання. Формування за допомогою факелу газового пальника ускладнене його нестабільністю та слабкою контрольованістю, окрім того, зона впливу має значні розміри. Зварювальна дуга також погано контролюється та важко позиціонується, а зона взаємодії поверхні матеріалу з дугою, схильна до оплавлення. Використання індукційного нагрівання пов'язане з використанням громіздкого обладнання, при чому поверхня матеріалу, як і в попередньому випадку схильна до оплавлення. Натомість, лазерне випромінювання, як теплове джерело, стабільне чітко визначене та добре позиціонується, окрім того процес є гнучким та легко автоматизується, однак лазерне випромінювання є досить дорогим. Порівняно з лазером, енергія плазми є дешевшою, хоч і програє йому в стабільності та чіткості дозування. Отже, дослідження процесів лазерного та плазмового формоутворення, вивчення особливостей цих процесів є актуальною задачею.

При лазерному формоутворенні в залежності від умов опромінення, властивостей оброблюваного матеріалу та параметрів лазерного променя, формування відбувається під дією наступних механізмів: механізм градієнту температур (МГТ) [1, 2, 3], при дії якого формування відбувається назустріч лазерному променю (має місце коли діаметр променя співрозмірний з товщиною листа); механізм випинання (МВ) [2, 4, 5], формування – протилежно лазерному променю (діє коли діаметр променя в кілька разів більший за товщину листа); механізм зсідання (МЗ) [1, 4] спричиняє скорочення довжини листа (діє за умови рівномірного нагрівання листа по товщині); механізм поліморфних перетворень (МПП) [2,6] може послаблювати, чи підсилювати основні механізми формоутворення (спостерігається при

формуванні матеріалів у яких відбуваються поліморфні перетворення під час нагрівання та охолодження).

При плазмовому формоутворенні, на результат формування додатково впливає структура плазмового факела. Оскільки, розмір плазмового факела більший за діаметр лазерного променя на поверхні зразка, і розподіл температур в його перерізі відмінний від однорідного.

Експериментальні дослідження проводилися за схемою представленою на рис. 1.

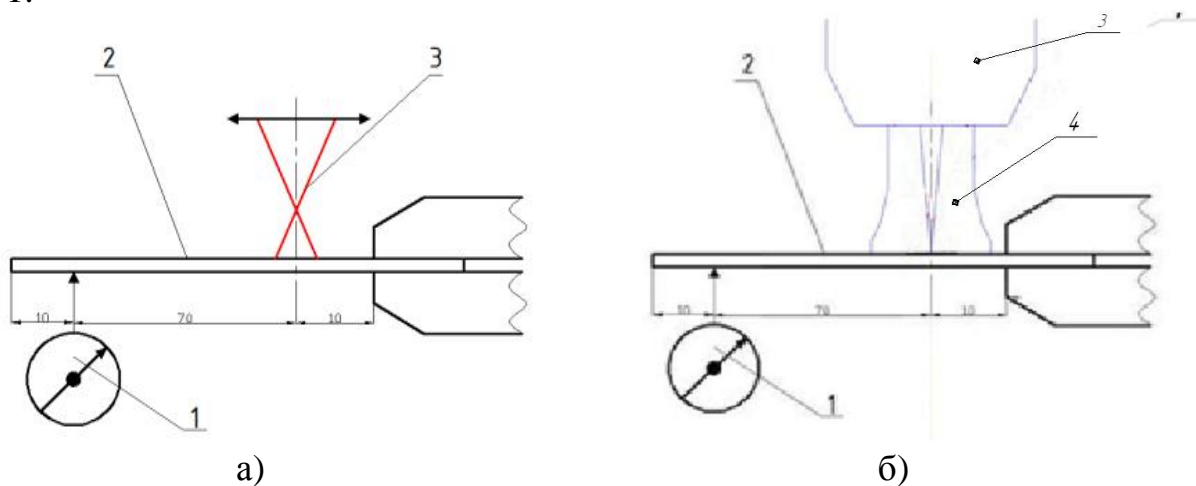


Рис.1. Схеми проведення експерименту: а) лазером 1 – індикатор переміщень, 2 – зразок, 3 – лазерний пучок.; б) плазмою 1 – індикатор переміщень, 2 – зразок, 3-сопло плазмотрона, 4 – факел плазми

Оброблялися зразки з нержавіючої сталі аустенітного класу та низько легованої вуглецевої сталі 65Г з розмірами 100x50мм товщиною 0,5..1,5мм. На поверхню зразка наносилось покриття з оксиду цинку. Зразок закріплювався консольно в струбцині. На відстані 10мм від місця закріплення, променем твердотільного YAG-лазера з діодним накачуванням, неперервної дії чи плазмовим струменем, здійснювався прохід на всю ширину зразка. На відстані 10мм від вільного краю зразка встановлювався індикатор переміщення (рис.1). Переміщення математично обраховувалося та визначалась величина деформації, котра представлялася у вигляді кута згинання (град). Використовувалася аргонна плазма не прямої дії, що формувалася за допомогою сопла з вихідним отвором 3мм.

Загалом, абсолютна величина деформації (у випадку і лазерного і плазмового формування) прямо пропорційна до кількості формувальних проходів, як у випадку обробки вуглецевих сталей, так і при обробці нержавіючих сталей аустенітного класу. При лазерному формоутворенні використовувалося формування за паралельними та перехресними траєкторіями (рис.2). При плазмовому формоутворенні на краях зони термічного впливу спостерігалася зона вторинного вигину (рис.3) сформована периферійною частиною факела. Окрім того, під час збільшення кута (особливо за механізмом випинання), потік плазми зісковзував зі зразка, при цьому, продуктивність процесу знижувалася.

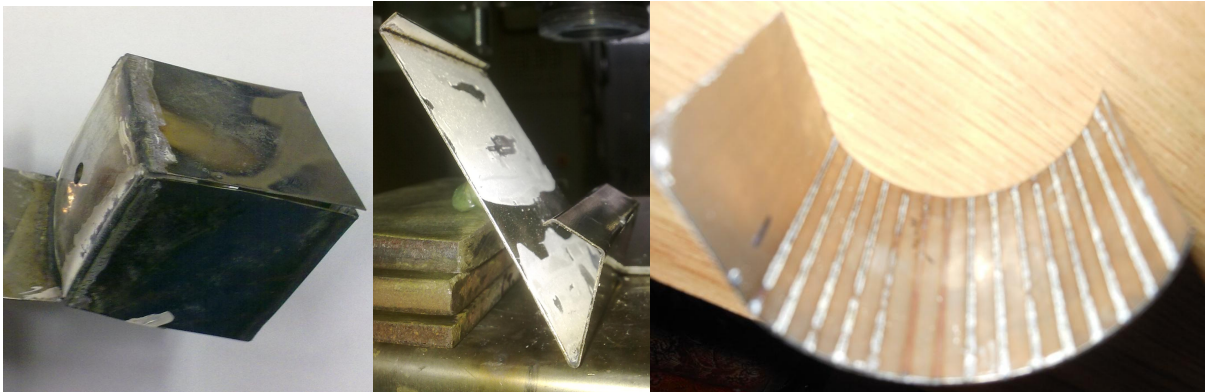


Рис. 2. Зразки сформовані лазерним нагріванням

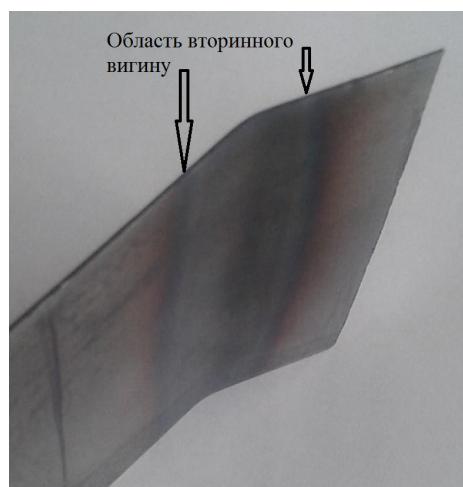


Рис. 3. Зразок сформований плазмовим нагріванням

Список використаних джерел:

1. Yau C.L. A new analytical model for laser bending: Laser Assisted Net Shape Engineering 2, Proceedings of the LANE'97 / C.L. Yau, K.C. Chan, W.B. Lee. //, Vol. 2, 1997, pp. 357-366.
2. Vollertsen F. Model for the temperature gradient mechanism of laser bending: Proceedings of the LANE'94 / F. Vollertsen, M. Rodle. // Vol. 1, 1994, pp. 371-378.
3. Magee J. Advances in laser forming. J. Magee, K.G. Watkins, W.M. Steen.- Journal of Laser Application 10 (1998) 235-246.
4. Hu, Z. Computer simulation and experimental investigation of sheet metal bending using laser beam scanning. / Z. Hu, M. Labudovic, H. Wang. // International Journal of Machine Tools and Manufacture.-2001.-№ 41.-pp. 589-607.
5. Chen, J. Modelling of Simultaneous Transformations in Steels. / J. Chen. // PhD thesis.-Department of Materials Science and Metallurgy Univesity of Cambridge England February, 2009.-156p.
6. Arnet H. Extending laser bending for the generation of convex shapes. / H. Arnet, F. Vollertsen.-Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B: Journal of Engineering Manufacture 209 (1995) 433-442.