

СЕКЦІЯ «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕХНІЧНА ЕСТЕТИКА»

УДК 621.787.044

Аксьонов В., студент групи 132-21ск-1

Науковий керівник: Козечко В.А., к.т.н., доцент кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ОСОБЛИВОСТІ ДЕФОРМАЦІЙНОГО СТАРІННЯ ПІСЛЯ  
ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОБРОБКИ

Конкурентний рівень розвитку техніки характеризується підвищеними вимогами до службових властивостей металів. Одним із сучасних зміцнювальних способів є комплексна обробка енергією високої щільності та наступна хіміко-термічна обробка, зокрема, азотування та цинкування деталей. При цьому відбуваються: полігонізація, рекристалізація і деформаційне старіння [1, 2, 3], що мають ряд особливостей, дуже важливих з точки зору технології.

У цій роботі наведено результати аналізу властивостей сталі 10 після високоенергетичної обробки в температурній області деформаційного старіння.

Експерименти проводилися на зразках гарячекатаної сталі 10 ( $C \approx 0,12\%$ ) товщиною 10 мм, які зазнали ударно-хвильової обробки з наступними параметрами: швидкість детонації  $D=4600$  м/сек, висота заряду  $h=40$  мм. Після цього зразки зазнали нагрівання в інтервалі температур від 200 до  $700^{\circ}\text{C}$  (через  $100^{\circ}\text{C}$ ) з витримкою 60 хв. Досліджувалася зміна мікроструктури та твердості для різних значень тиску в ударній хвилі.

На рис. 1. представлені результати вимірювання твердості залежно від температури нагрівання та тиску ударної хвилі.

Поряд із загальним зниженням твердості сталі, що відбувається внаслідок протікання релаксаційних процесів повернення та рекристалізації, в діапазоні температур  $300 - 500^{\circ}\text{C}$  відзначається пік, що пов'язаний з деформаційним старінням.

Привертають на себе увагу такі особливості:

- підвищення рівня твердості вище початкового показника;
- поділ піку деформаційного старіння на 2 максимуми при температурі 300 і  $450^{\circ}\text{C}$ ;
- зміщення піку в бік більш високих температур в порівнянні зі статичним деформуванням.

Це, скоріш за все, можна пояснити тим, що починаючи з температури  $300^{\circ}\text{C}$  відбувається формування домішкових атомів С і N на дислокаціях. Прямим постачальником цих атомів є твердий розчин, а при  $450^{\circ}\text{C}$  постачальником атомів вуглецю стає і розчинна цементитна фаза. Можна припустити, що такий поділ піку і зрушення його у бік вищих температур відбувається завдяки особливостям дислокаційних змін, що утворюються при високоенергетичній обробці [1, 4, 5], про що свідчить вплив тиску в ударної хвилі на положення піку і висоту піку деформаційного старіння (рис. 1).

Виявлений у роботі поділ піку деформаційного старіння та приріст твердості дозволяє рекомендувати температуру  $450^{\circ}\text{C}$  як оптимальну при виконанні низькотемпературних видів хіміко-термічної обробки машинобудівних деталей після високоенергетичної обробки.

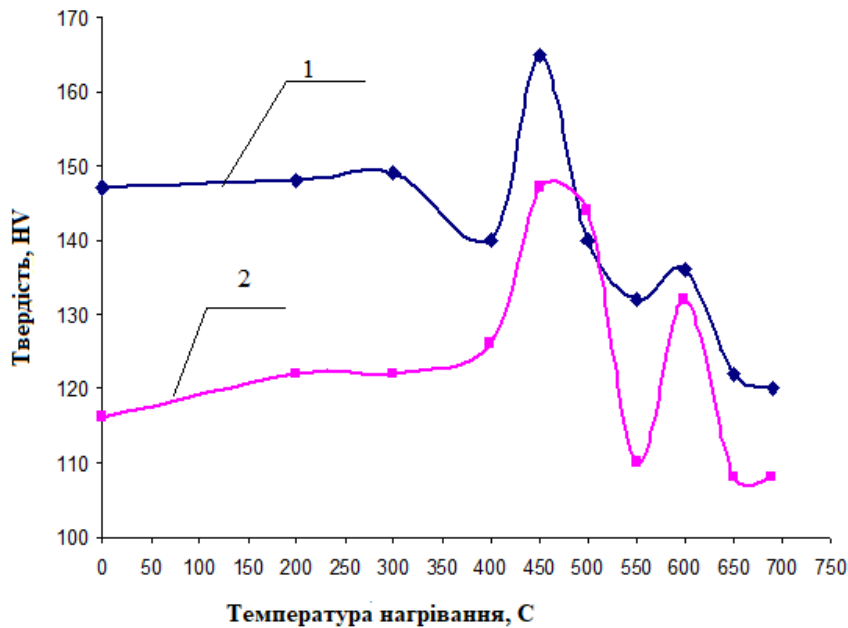


Рисунок 1 – Зміна твердості сталі 10 в залежності від температури нагрівання: 1 – тиск ударної хвилі 6 ГПа; 2 – тиск ударної хвилі 4,5 ГПа.

#### Список використаних джерел

1. Savchenko, I., Kozechko, V., & Shapoval, A. (2022). Method for accelerating diffusion processes when borating structural steels. In Proceedings of the 7th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2021), (II, 7), 793–800 DOI: 10.1007/978-3-030-85230-6\_94
2. Didyk, R. P., & Kozechko, V. A. (2016). Forming of multi layer constructions by explosion welding. *Chernye metally*, (7), 66-70. <http://rudmet.com/journal/1546/article/26547/>
3. I. Savchenko, O. Shapoval, V. Kozechko, O. Markov, N. Hrudkina and V. Voskoboynik, (2021) Optimization of Informative Signals Stability Along the Waveguides, IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), 2021, (1-4), doi: 10.1109/MEES52427.2021.9598675.
4. Pilipenko V., Grigorenko S, Kozechko V, Bohdanov O. A (2021) Deformation mode in a cold rolling condition to provide the necessary texture of the ti-3AL-2.5V alloy/ *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (1): 078 – 083. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-1/078>
5. Savchenko, I., Shapoval, A., Kozechko, V., Voskoboynik, V., Khrebtova, O., & Shlyk, S. (2021). Mechanical Loading Systems Safety Processes Modeling. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1164, No. 1), 2070-2076. DOI 10.1088/1757-899X/1164/1/012070