

УДК 620.22

**В. М. Кропивний канд. техн. наук, проф., В. В. Аулін докт. техн. наук, проф.,
О. В. Кузик канд. техн. наук, доц.**

Кіровоградський національний технічний університет, Україна

МОДИФІКУВАННЯ ЛАЗЕРНОЮ ОБРОБКОЮ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, ВИГОТОВЛЕНИХ З СІРОГО ЧАВУНА

**V. N. Kropivnyy, Ph.D., Prof., V. V. Aulin, Dr., Prof., A. V. Kuzyk Ph.D., Assoc. Prof.
MODIFICATION LASER PROCESSING VEHICLE PARTS MADE
OF GRAY CAST IRON**

Незважаючи на інтенсивний розвиток різноманітних композиційних матеріалів чавун зберігає провідне положення серед ливарних конструкційних матеріалів, зростає виробництво виробів з високоміцних чавунів. Проблемою значних об'ємів (більше 40 млн. тонн на рік) литва чавунів є дефіцит модифікаторів, їх висока вартість, висока енергоємність процесів і їх технологічна нестабільність. Сірий чавун не в змозі витримувати великі навантаження і повинен замінюватися іншими матеріалами або підлягати модифікуванню потоками енергії та речовини. Особливий інтерес викликає трансформація структури графіту в сірому чавуні під впливом концентрованих потоків енергії (КПЕ) (лазер, електронний промінь і т. д.). За даними фірм DAF та SINTER CAST у результаті використання чавун з вермикулярним графітом ЧВГ замість сірого чавуну підвищується потужність двигуна, зменшується вага двигуна, зростає питома потужність. ЧВГ використовується для заміни чавуну з глобулярним графітом при виготовленні опорних деталей, кронштейнів, важелів, корпусів зубчатих передач, з'єднувальних фланців тощо.

У високоміцного чавуна з вермикулярним графітом (ЧВГ) сприятливо поєднуються фізико-механічні, теплофізичні та технологічних властивості. Відомі способи одержання ЧВГ ковшевим модифікуванням кремній-магнієвими лігатурами характеризуються низькою стабільністю одержуваних результатів, а також погіршенням санітарно-гігієнічних умов праці.

КПЕ властиві надвисокі швидкості нагрівання і охолодження, процеси перекристалізації залізобуглецевих сплавів в нерівноважних умовах та формування дрібнокристалічної структури. Специфічно розвиваються дифузійні процеси й стимулюється механізм утворення зсуву γ -фази.

При лазерній обробці (ЛО) сірих чавунів з опалвленням поверхневого шару чітко проглядається межа у вигляді нерівної лінії між зонами опалвлення і термічного впливу. При цьому феритна матриця біля графітних включень насичується вуглецем і температура її плавлення знижується. Нижче лінії опалвлення спостерігається світла смуга, мікротвердість якої при насиченні її до формування аустенітоцементитної структури досить висока й досягає мікротвердості зони опалвлення. У середній області термічного впливу спостерігається чергування світлих і темних ділянок, що пояснюється різним рівнем насичення вуглецем матриці від графітних включень.

Виявлено, що повне розчинення графітних включень можливо тільки при ЛО з малою швидкістю. Завдяки утворенню твердої аустенітоцементитної і менш твердої аустенітомартенситної структур при насиченні вуглецем металевої матриці відбувається зміцнення сірих чавунів.

При збільшенні швидкості ЛО кількість аустенітоцементитної структурної складової в зоні термічного впливу зменшується, а мартенситної – збільшується, що пояснюється меншим насиченням матриці вуглецем з графіту і з розчиненням вторинного

цементиту. Пошаровим фазовим аналізом встановлено, що зі збільшенням товщини знятого шару зони лазерного впливу (ЗЛВ) кількість цементиту і аустеніту зменшується, а вміст мартенситу підвищується.

Лазерна обробка чавунів без оплавлення поверхні має свої особливості: в ЗЛВ утворюються в основному аустенітно-мартенситні структури з переважанням мартенситу. При цьому можуть утворюватися дрібнодисперсні продукти розпаду аустеніту у вигляді ізольованих ділянок, що оточують графітні включення. На мікроструктурах чавуну до ЛО і після лазерного впливу (рис. 1) спостерігаються значні виділення вуглецю, що мають глобулярну форму. Вихідні пластинки різної форми в ході лазерного впливу як би зтягуються в глобули (рис. 1в).

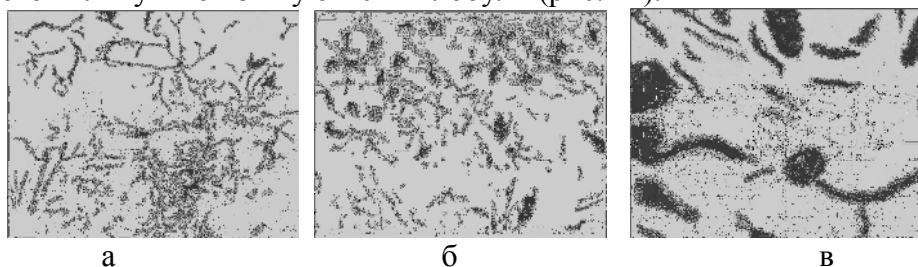


Рис. 1. Мікроструктура поверхні тертя зразків чавуну СЧ20 (x100): до лазерного впливу (а) (x100); після лазерної обробки (б) (x100), (в) (x400)

Елементний аналіз групи глобул показав, що частина з них складається практично з чистого вуглецю, тоді як інша містить домішки кремнію (до 7,1%), хрому (до 4,5%), заліза (до 1,1%) і кисню (до 20,7%). Різність складу глобул можна обґрунтувати динамікою розвитку всієї сукупності фазових і дифузійних процесів за час ЛО.

Результати досліджень ЛО поверхні чавуну свідчать, що графіт в приповерхневому шарі нагрівається і перетворюється в глобулах в карбін і при наступному швидкому самоохолодженні приповерхневого шару, розкладаючись, карбін перетворюється в непрозорий піровуглець. Виявлено, що утворення ВГ при ЛО відбувається при переохолодженнях, близьких до тих, що мають місце при формуванні кулястого графіту.

Явища трансформації структури включень графіту знаходять пояснення в гіпотезах, що розглядають модифікуючий ефект глобуляризуючих елементів як результат їхньої взаємодії із ростучими включеннями графіту. При цьому форма графітних включень визначається відношенням швидкості дифузії вуглецю до швидкості кристалізації, і умова $v_d/v_k < 1$ відповідає утворенню компактних форм графіту.

Таким чином, експериментальними дослідженнями на зразках сірого чавуну в процесі його обробки неперервним лазерним випромінюванням виявлено зміну формоутворення графіту й переходу його з пластинчастого до вермикулярного та кулястого в режимах з оплавленням та без оплавлення поверхні.

Література

1. Савуляк, В. І. Економічні технології високоміцних графітізованих сплавів заліза: монографія / В. І. Савуляк, О. Б. Янченко. – Вінниця: ВНТУ. 2014. 160 с.
2. Аулін, В. В. З'ясування природи процесів структурних та фазових перетворень в залізобуглецевих сплавах на основі утворення молекулярної форми вуглецю / В. В. Аулін, В. М. Кропівний, О. В. Кузик // Зб. наук. праць КНТУ. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. / вип. 29. – Кіровоград 2016 р.