

УДК 620.1:66.017:669.14

**INFLUENCE OF DEFORMATION IN THE LIQUID-SOLID STATE ON  
STRUCTURAL TRANSFORMATIONS DURING CHEMICAL-THERMAL  
TREATMENT IN SYNTHETIC CAST IRON****ВПЛИВ ДЕФОРМАЦІЇ В РІДКО-ТВЕРДОМУ СТАНІ НА СТРУКТУРНІ  
ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРИ ХІМІКО-ТЕРМІЧНІЙ ОБРОБЦІ В СИНТЕТИЧНОМУ  
ЧАВУНІ****Movchan O.V. / Мовчан О.В.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-1543-7160

**Chornoivanenko K.O. / Черноіваненко К.О.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-1613-7784

*Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Lazaryana 2, 49010**Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Лазаряна 2, 49010*

**Анотація.** Досліджено структурні зміни в попередньо знеуглецьованому, синтетичному ванадієвому чавуні, що відбуваються при деформації в рідко-твердому стані. Встановлено закономірності формування структури в різних дифузних зонах при подальшому науглецюванні. Деформація в закритих штампах призводить до кристалізації дрібнодисперсної евтектики та формування щільної бездефектної структури у виробах.

Шляхом подальшого науглецювання знеуглецьованої поверхневої сталеві оболонки можна отримувати необхідну структуру робочої поверхні виробу з необхідними робочими характеристиками, що регулюється підбором режимів науглецювання та остаточної термічної обробки.

**Ключові слова:** ванадієвий чавун, знеуглецювання, науглецювання, деформація, рідко-твердий стан, аустеніто-карбідні колонії.

**Abstract.** Structural changes in preliminary decarburized synthetic vanadium-containing cast iron have been investigated, which occur by deformation in a liquid-solid state. The regularities of structure formation in various diffusion zones during subsequent carburization are established. Deformation in closed dies leads to the crystallization of finely dispersed eutectic and the formation of a dense defect-free structure in the products.

It is possible to obtain the necessary structure of the working surface of the product with the necessary operating characteristics of further carburizing of the decarburized surface steel shell. They are regulated by the selection of carburizing and final heat treatment modes.

**Key words:** vanadium-containing cast iron, decarburization, carburization, deformation, liquid-solid state, austenitic-carbide colonies.

**Вступ.**

Теоретичні та експериментальні дослідження впливу хіміко-термічної обробки на перетворення в легованих залізних сплавів [1-4] послужили основою для подальших розробок у даній галузі.

Відомо, що чавун, як легований, так і звичайний білий, має підвищену пластичність у рідко-твердому стані [5, 6].

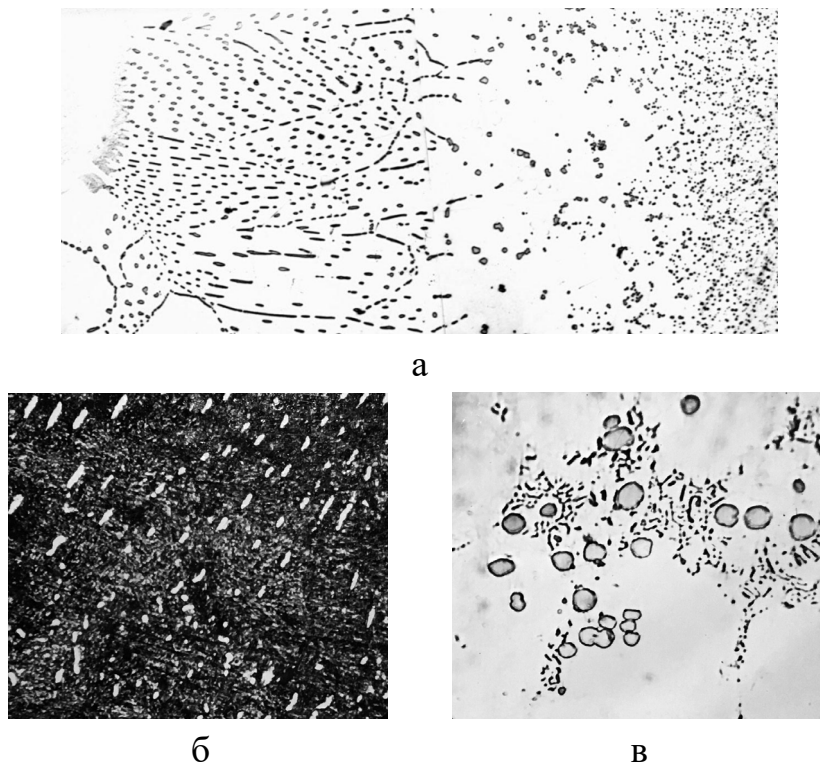
### **Результати досліджень.**

Для проведення досліджень виготовили синтетичний чавун наступного хімічного складу: 3,3 %C, 2,7 %V, 0,035 %Mn, 0,03 %Si, 0,025 %S, 0,015 %. Структура сплаву у вихідному стані представляє собою дендрити первинного аустеніту, ледебуритну евтектику і включення VC. Для здійснення деформації чавуну в рідко-твердому стані, методом зневуглецювання отримали на поверхні оболонку зі сталі, що має температуру плавлення значно вище за температуру плавлення серцевинної частини чавуну. Деформацію в рідко-твердому стані проводили при температурах вище плавлення евтектики, при цьому евтектика розплавлялася, а зневуглецьований поверхневий шар не дав розтектися евтектичної рідини і зберіг форму зразка.

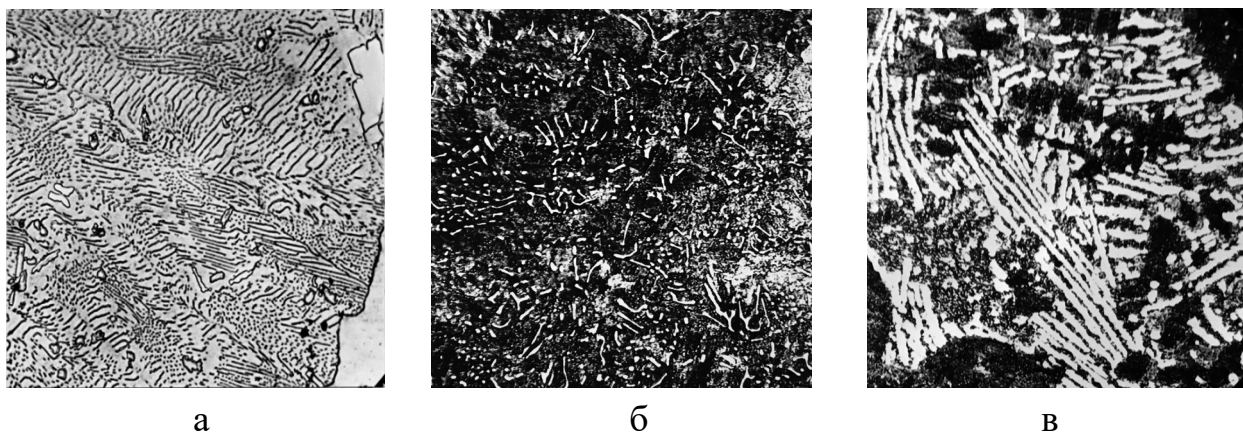
Деформація мало змінює структуру серцевини зразка. Зберігаються дендрити аустеніту та ледебуритна евтектика, включення карбідів ванадію укрупнилися порівняно з вихідною структурою. Феритна оболонка на поверхні зберігається. Основний вплив деформації на структурні перетворення в зневуглецьованому дослідному чавуні спостерігалось у зоні, що примикає до чавунної частини зразка, тобто там, де існував рідко-твердий стан. Карбіди в аустеніто-карбідних колоніях роздроблені (рисунки 1 а, б), в цих місцях присутні округлі карбідні включення (рисунок 1 в).

На підставі попередніх досліджень [7], проведено навуглецювання зневуглецьованої поверхні дослідного чавуну, деформованого в рідко-твердому стані, для конструювання структури поверхневого шару.

Досліджуючи мікроструктуру навуглецьованої поверхні, встановлено, що навуглецювання призводить до утворення аустеніто-карбідних колоній зі стрижневими та пластинковими карбідами на поверхні зразка (рисунок 2 а). Ближче до серцевини зразка карбіди в колоніях збільшуються і розташовуються без певного орієнтування (рисунок 2 б). Отже, маючи на поверхні в зневуглецьованому стані феритну структуру, можливе зростання аустеніто-карбідних колоній при навуглецюванні. У серцевині навуглецьованого зразка зберігається структура доевтектичного чавуну (рисунок 2 в), але у більш укрупненому стані порівняно з вихідним чавуном за рахунок дифузійних процесів.



**Рисунок 1 – Мікроструктура перехідної зони знеуглецьованого дослідного чавуну: а – до деформації, б, в – після деформації; а –  $\times 200$ , б –  $\times 600$ , в –  $\times 400$**



**Рисунок 2 – Мікроструктура знеуглецьованого дослідного чавуну після деформації та науглецювання: а – поверхня, б – перехідна зона, в – серцевина; а –  $\times 500$ , б, в –  $\times 400$**

### **Висновки.**

Проведено деформацію зразків дослідного чавуну зі знеуглецьованою поверхнею при температурі рідко-твердого стану. Показано, що такий чавун набуває високої пластичності в рідко-твердому стані.

Досліджено формування структури знеуглецьованої поверхні деформованого ванадієвого чавуну при науглецюванні. Показано, що в знеуглецьованому поверхневому шарі шляхом науглецювання можна отримати структуру аустеніто-карбідних колоній.

Завдяки високій пластичності чавунів у рідко-твердому стані передбачається висока стійкість штампового інструменту, що формує деталі. Результати роботи можуть бути рекомендовані до використання в промисловості для отримання деталей машин, що працюють без значних ударних навантажень.

Література:

1. Мовчан В.И. Рост карбидных волокон при диффузионном науглероживании железных сплавов / В.И. Мовчан, Л.Г. Педан, В.П. Герасименко // МиТОМ. – 1983. – №9. – С. 19-21.

2. Мовчан А.В. Многофазные превращения при диффузионном изменении содержания углерода в железных сплавах / А.В. Мовчан, А.П. Бачурин, Л.Г. Педан // Доповіді НАН України. – 2000. – №7. – С. 104-108.

3. Мовчан В.И. Морфологические особенности науглероженных железных сплавов / В.И. Мовчан, В.П. Герасименко, Л.Г. Педан // Изв. ВУЗов. Черн. мет. – 1979. – № 8. – С. 92-95.

4. Губенко С.И. Влияние предварительной деформации на науглероживание литых сплавов типа быстрорежущих сталей / С.И. Губенко, А.В. Мовчан, А.П. Бачурин, Е.А. Черноиваненко // Теория и практика металлургии. – 2012. – № 4. – С. 45-49.

5. Бобро Ю.Г. Легированные чугуны / Ю.Г. Бобро. – М.: Металлургия, 1976. – 288 с.

6. Мовчан А.В. Эвтектикоподобная кристаллизация при обезуглероживании высокомолибденистого чугуна / А.В. Мовчан, С.И. Губенко, А.П. Бачурин, Е.А. Черноиваненко // Теория и практика металлургии. – 2011. – № 1-2. – С. 40-41.

7. Гавриленко В.М. Строение аустенито-карбидных колоний в науглероженных сплавах Fe-V / В.М. Гавриленко, В.П. Герасименко, В.И. Мовчан // Изв. АН СССР. Металлы. – 1984. – №3. – С. 71-73.

Статья отправлена: 15.01.2023 г.

© Мовчан О.В.