

## II КОНСТРУКЦІЙНІ І ФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

УДК:669.017:539.43:669.14.018.258

Канд. техн. наук О. А. Глотка, д-р техн. наук А. Д. Коваль,  
канд. техн. наук В. Л. Грешта

Національний технічний університет, м. Запоріжжя

### ТЕРМОЦИКЛЮВАННЯ ШТАМПОВОЇ СТАЛІ 3Х2В8Ф, ЩО ВИПЛАВЛЕНА З ВИКОРИСТАННЯМ ВОЛЬФРАМОВОГО БРУХТУ

*Виконано порівняльний аналіз результатів термоциклювання штампових сталей 3Х2В8Ф, що виплавлені з використанням феровольфраму та вольфрамового брухту. Встановлено подібність процесів, що протікають при випробуванні. Зміна структурно-фазового стану відбувається за схожими механізмами. Рекомендується до впровадження експериментальна сталь, легована вольфрамовим брухтом, замість стандартної сталі, що легована феровольфрамом.*

**Ключові слова:** сталь для гарячого штампування 3Х2В8Ф, вольфрамовий брухт, термоциклювання, структурно-фазовий стан.

В останні роки інтерес до високовольфрамових сталей значно спав, оскільки розроблено, в значній кількості економно леговані безвольфрамові сталі. Однак у деяких випадках у важконавантажених відповідальних інструментах замінити класичну штампову сталь 3Х2В8Ф є неможливо. Тому виплавляння такої сталі виконується невеликими партіями згідно з технічними умовами на машинобудівних підприємствах для власного використання.

Оскільки плавлення відбувається відкритим методом та з використанням відходів власного виробництва, що знижує концентрацію легувальних елементів, необхідним заходом є введення легуючих елементів до рівня марочного складу для отримання якісного продукту. Вольфрам, як правило, вводиться в розплав у вигляді лігатури – феровольфраму, ціна якого в останні роки має великі темпи зростання. Одним з методів зниження собівартості сталі 3Х2В8Ф є заміна феровольфраму брухтом, що в своєму складі містить вольфрам [1]. Однак присутність нікелю в брухті є негативним для важконавантажених штампових сталей. Тому, окрім проведення порівняльних випробувань механічних властивостей, необхідно виконати аналіз зміни, такої важливої характеристики, як термоциклювання.

#### Матеріали і методики дослідження.

У роботі використовувалася штампова сталь виплавлена з використанням феровольфраму (3Х2В8Ф) та з використанням брухту, що містить вольфрам (3Х2В8Ф<sup>Б</sup>), що відповідають за хімічним складом та механічними властивостями нормативним вимогам ТУ 14-1-5243-93.

Термоциклювання виконувалося в печі СНОЛ на зразках розмірами 10×10×10 мм при температурі 690 та 790 °С. Зразки завантажувалися в нагріту до температури випробування піч, витримувалися впродовж 15 хвилин та охолоджувалися в воді. Дві серії зразків пройшли 300 циклів теплосмін, після яких проведено дослідження мікроструктури. Металографічні дослідження проводили на растровому електронному мікроскопі РЕМ-10Б1, який оснащений системою енергодисперсійного мікроаналізу. Шліфи механічно полірувалися і травилися у 4 % розчині азотної кислоти.

Також фіксувалася маса до та після випробування, для визначення втрати маси та приблизного аналізу процесів окислення. Масу вимірювали на аналітичних вагах з точністю  $\pm 10^{-5}$  гр.

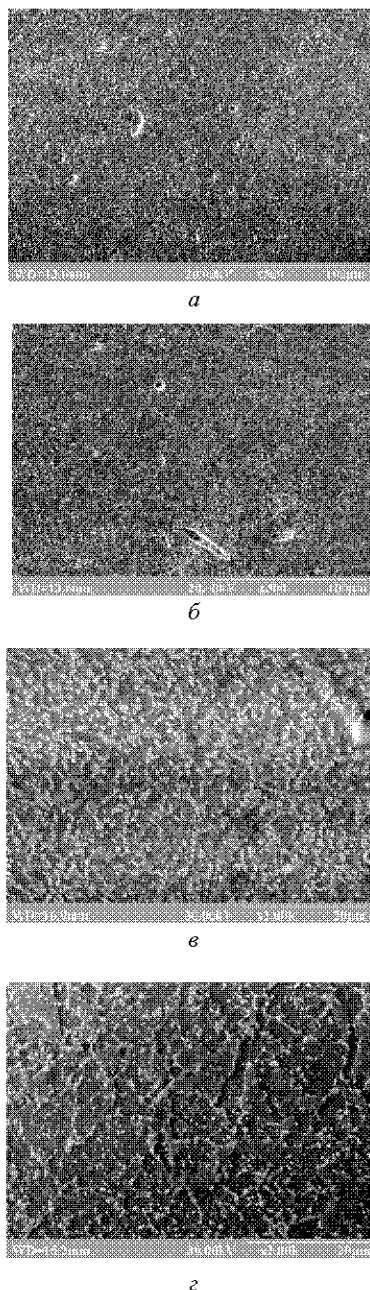
#### Результати дослідження та їх обговорення

Мікроструктура сталі 3Х2В8Ф після повного циклу термічної обробки (гартування 1100 °С, відпускання 650 °С та відпускання 630 °С) складається з ферито-карбідної суміші (типу троостит). Дисперсні карбіди мають сферичну морфологію і рівномірно розташовані по об'єму матеріалу. Така структура є оптимальною, оскільки чинить максимальний опір руху дислокацій при навантаженні штампу.

Підвищення температури експлуатації викликає проходження процесів сфероїдизації та коагуляції карбідів, хоча тривалість витримки при дослідженні становила лише 15 хвилин (рис. 1).

Після випробування при температурі 690 °С значної різниці в розмірах карбідів не спостерігається навіть після 300 циклів. Однак підвищення температури до

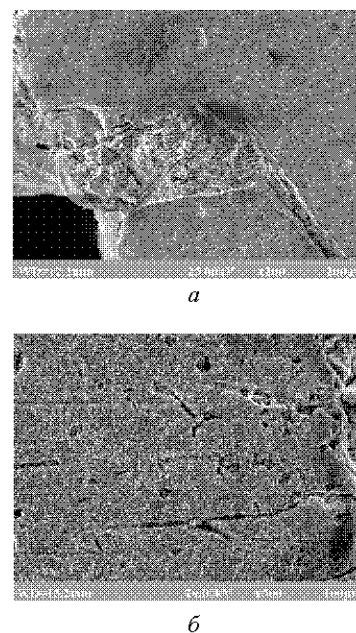
790 °C призводить до зростання розміру карбідів у базовій сталі інтенсивніше, ніж у експериментальній сталі (див. рис. 1). Але порівняння кількості карбідів на якісному рівні дає змогу стверджувати, що в базовій сталі масова частка їх вища, ніж у експериментальній. Таке явище можна пояснити нерівномірністю розподілення карбідів по об'єму зразка, оскільки механічні властивості експериментальної сталі знаходяться на регламентованому рівні [2].



**Рис. 1.** Мікроструктура базової (а, в) та експериментальної (б, г) сталі 3X2B8F після випробування на термоциклування при 690 °C (а, б (× 500)) та 790 °C (в, г (× 2000))

Порівняння втрати маси в зразках до та після термоциклування виявило, що в 3X2B8F<sup>в</sup> сталі вона менша на 10–15 % ніж у сталі 3X2B8F. Такий результат може бути викликаний наявністю поверхнево активних домішок, що можуть потрапити в сталь з вольфрамівим бруктом та не виявляються хімічним аналізом у сталі. Однак окалина інтенсивно відходила від металу при зануренні розігрітого зразка у воду.

Тріщини при термоциклуванні частіше за все утворюються на поверхні, оскільки швидкість охолодження, а отже і термічні напруження, значно вищі, ніж у серцевині матеріалу. Вказана особливість спостерігається при випробуванні за температури 690 °C (рис. 2).



**Рис. 2.** Вид тріщини, що розповсюджується від поверхні в серцевину матеріалу базової (а) та експериментальної (б) сталі

Зародження тріщин не відбувається на дефектах поверхні, що викликані литвом чи пластичною деформацією, також не виявляється утворення тріщини на структурних складових сталей. Форма та розміри руйнувань є типовими, рівномірно розташованими та поверхні розділу окислені внаслідок багаторазового нагрівання матеріалу. Розвиток іде рівномірно в глибину зразка, має деревовидну форму. Руйнування зразків не спостерігається.

Після термоциклування при 790 °C тріщин на поверхні і в серцевині не виявлено як у базовій, так і в експериментальній сталі. Це пояснюється тим, що температура нагрівання лежить вище від температури евтектоїдного перетворення, а отже, термічні напруження, викликані швидким охолодженням, усуваються при проходженні фазового перетворення. Окислення поверхні йде інтенсивніше, але руйнування зразків не відбувається.

Таким чином, докладний аналіз структури та властивостей дає можливість стверджувати, що експериментальна сталь може бути рекомендована як заміник базової сталі. Це не призведе до зниження експлуатаційних властивостей, а вартість такого матеріалу дещо нижча.

### Висновки

1. Вперше проведено аналітичне порівняння результатів випробування термоциклованим базової та експериментальної сталі 3X2B8Ф.

2. Встановлено, що процеси, які протікають при випробуванні, подібні та швидкості їх несуттєво відрізняються.

3. Виявлено, що в експериментальній сталі втрата маси приблизно на 10–15 % менша, ніж у базовій сталі,

що гіпотетично викликано домішками, які можуть бути наявні у вольфрамовому брухті.

4. Висунуті рекомендації по заміні базової сталі експериментальною, оскільки експлуатаційні властивості знаходяться на регламентованому рівні, а вартість дещо нижча.

### Список літератури

1. Глотка О. А. Дослідження важкотопкого брухту, що містить вольфрам / О. А. Глотка О, А. Д. Коваль, Л. П. Степанова // Нові матеріали та технології в металургії та машинобудуванні. – 2007. – № 1. – С. 17–20.

2. Глотка О. А. Структура і властивості інструментальної штампової сталі для гарячого деформування легованої вторинним вольфрамом / О. А. Глотка, А. Д. Коваль // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2010. – №2. – С. 33–36.

Одержано 31.05.2012

### Глотка А.А., Коваль А.Д., Грешта В.Л. Термоциклирование штамповой стали 3X2B8Ф, выплавленной с использованием вольфрамового лома

*Сделан сравнительный анализ результатов термоциклирования штамповых сталей 3X2B8Ф, выплавленных с использованием ферровольфрама и вольфрамового лома. Установлено сходство процессов, что протекают при испытании. Изменение структурно-фазового состояния происходит за похожими механизмами. Рекомендуется к внедрению экспериментальная сталь, легированная вольфрамовым ломом, взамен стандартной, что легирована ферровольфрамом.*

**Ключевые слова:** сталь для горячего штампования 3X2B8Ф, вольфрамовый лом, термоциклирование, структурно-фазовое состояние.

### Glotka O., Koval A., Greshtha V. Steel 3X2 B8Ф thermocycling which is melted with use of tungsten breakage

*The comparative analysis of steel 3X2B8Ф thermocycling results melted with ferrotungsten and a tungsten breakage is made. It was established that similarity of processes that proceed at test. Phase condition structural change occurs under similar mechanisms. The experimental steel alloyed by tungsten breakage, instead of standard alloyed the ferrotungsten is recommended to introduction.*

**Key words:** steel for a hot stamping 3X2B8Ф, tungsten breakage, termocycle, structural-phase condition.

УДК 669.046.558

Канд. техн. наук С. А. Полишко

Национальный университет им. Олеса Гончара, г. Днепропетровск

## ВЛИЯНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РАСКИСЛИТЕЛЕЙ-МОДИФИКАТОРОВ НА СТАБИЛИЗАЦИЮ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛЕЙ СТ1КП И КП-Т

*Рассмотрено влияние многофункциональных раскислителей-модификаторов на стабилизацию химического состава и механических свойств сталей Ст1кп и КП-Т. С целью установления условий взаимодействия компонентов многофункциональных модификаторов с расплавом исследованы термодинамические характеристики образующихся соединений, которые могут формироваться при взаимодействии многокомпонентных раскислителей-модификаторов с расплавом.*