

1962. – 270 с. **5. Karim G. A.** Some Considerations of Cyclic Variations in Spark Ignition Engines Fueled with Gaseous Fuels / *Karim G. A., Al-Alusi Y. H.* – Calgary, CA: University of Calgary, 1984. – 12 p. – (Preprint / University of Calgary: SAE № 840232). **6. Филипковский А. И.** Совершенствование рабочего процесса дизелей типа ЧН 32/32 на основе физического и математического моделирования: дис. канд. техн. наук: 05.04.02 / *Филиповский Алексей Игоревич.* – Х., 1988. – 193 с. **7. Кабанов А. Н.** Снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами транспортных дизелей путём конвертирования их в газовые двигатели: дис. канд. техн. наук: 05.05.03 / *Кабанов Александр Николаевич.* – Х., 2007. – 206 с. **8. Кабанов О. М.** Двухзонная модель процесса сгорания малолитражного газового двигателя с искровым зажиганием / *Ф. И. Абрамчук, О. М. Кабанов, А. П. Кузьменко та ін.* // Вісник Національного транспортного університету. – 2011. – № 23. – С. 56-65.

Поступила в редколлегию 05.11.2013

УДК 621.43.052

Методика расчёта процесса сгорания в автомобильном биогазовом ДВС / Абрамчук Ф. И., Кабанов А. Н., Петров Н. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 70 (1043). – С.3-8. – Бібліогр.: 8 назв.

Представлено уточнену методику розрахунку процесу згоряння у біогазовому ДВЗ. Наведено результати розрахунку процесу згоряння з використанням одержаної методики в порівнянні з результатами експерименту.

Ключові слова: біогаз, автомобільний двигун, процес згоряння, характеристика тепловиділення.

Corrected method of combustion process calculation in a biogas engine is presented. Results of combustion process calculation using the obtained method in comparison with experimental results are shown.

Keywords: biogas, automotive engine, combustion process, heat release rate.

УДК 621.785.53

К. О. КОСТИК, канд. техн. наук, доц., НТУ«ХП»

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ПРЕС-ФОРМ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ МЕТОДОМ БОРУВАННЯ З НАНОПАСТ

Запропонована нова проста для використання та енергетично доцільна технологія борування виробів з вуглецевих та легованих сталей, яка спрямована на скорочення тривалості хіміко-термічної обробки при одержанні високоякісних боридних шарів, які забезпечують необхідні експлуатаційні властивості прес-форм лиття під тиском.

Ключові слова: прес-форма, борування, сталі, структура, дифузійні шари.

Вступ. Найбільші затрати при литті під тиском відносяться до виготовлення прес-форм. Ці затрати складають 50–70 % від загальної собівартості виготовлення виливків методом лиття під тиском. На теперішній час доцільним є підвищення зносостійкості деталей прес-форм.

Конструктивні деталі прес-форм (плити, обойми та ін.) виготовляють з конструкційних сталей 35, 40, 45, 50. Вони піддаються поліпшувальній термообробці, а твердість їх поверхні становить HRC 30–34.

Деталі, що працюють в умовах зносу (виштовхувачі, замки повзунів, напрямні втулки і колонки тощо) виготовляють зі сталей У8А і У10А, 5ХНМ з твердістю HRC 48–52.

Одним з найбільш ефективних методів підвищення стійкості виробів є хіміко-термічна обробка, при якій здійснюється зміцнення. Серед різних процесів дифузійного насичення все більше привертає увагу борування завдяки забезпеченню високої твердості, зносостійкості, теплостійкості і корозійної стійкості поверхневого шару. Особливо незаперечна перевага боровмістких покриттів й, зокрема

двофазного борування, перед іншими видами хіміко-термічної обробки проявляється при зміцненні деталей, що працюють в умовах абразивного зношування.

Анализ публікацій. Існує багато різних за технологією способів борування. Вибір методу диктується його технологічністю, обладнанням, яке є на виробництві, конфігурацією, розмірами, умовами роботи і ступенем досягнутого підвищення стійкості зміцнених виробів. У масовому виробництві обробка нескладних, середніх за розмірами виробів переважно здійснюється електролізним і газовим боруванням. При обробці дрібних складних за конфігурацією виробів доцільніше використовувати рідкий або порошковий методи борування. Порошковий метод більш прийнятний, якщо зміцнені вироби не вимагають подальшої термообробки. Крупногабаритні вироби, особливо при необхідності їх місцевого борування або поєднання борування з термічною обробкою, доцільно насичувати в обмазках (в пастах).

Мета роботи. Метою роботи є розробка простої для використання та енергетично доцільної технології борування деталей зі сталей, яка спрямована на скорочення тривалості хіміко-термічної обробки при одержанні високоякісних боридних шарів, що забезпечують необхідні експлуатаційні властивості прес-форм лиття під тиском.

Методика експерименту. Борування здійснювали у нанодисперсній пасті, яку наносили на підготовлені зразки [1]. Процес борування вивчали при пічному нагріванні. Температура дорівнювала 850 °С, видержка варіювалася від 15 до 120 хв. Після борування проводили гартування від температури хіміко-термічної обробки з наступним низьким відпуском для часткового зняття внутрішніх напружень [2].

Обговорення результатів. Після борування при пічному нагріванні утворюються дифузійні шари, що включають боридну і перехідну зони.

Розчинність бору в залізі при температурі 1000 °С не перевищує 0,008 % [3]. При насиченні сталі бором понад цю межу утворюються хімічні сполуки бора з залізом FeB і Fe₂B. Від поверхні вглиб металу проростають окремі голкоподібні кристали бориду Fe₂B (рис. 1, а). Поступово ці кристали зливаються в суцільний шар. Твердість бориду становить до 18 ГПа. По мірі подальшого насичення бором на поверхні утворюється ще один шар з боридів FeB (рис. 1, б–е). Твердість його досягає до 22 ГПа. Незважаючи на таку високу твердість, бориди мають меншу крихкість, ніж карбіди і нітриди.

Під боридною зоною далі розташовується перехідна зона (рис. 1, д), що являє собою твердий розчин бора в залізі. Характерним явищем при боруванні є утворення під шаром боридів зони з підвищеним вмістом вуглецю. Бор, проникаючи в поверхню, як би "відтискає" вуглець углиб. Завдяки підвищеному вмісту вуглецю в цій зоні утворюється перлітна структура. Глибина такої зони може в кілька разів перевищити глибину самого боридного шару. У загальному випадку товщина і структура перехідної зони визначається хімічним складом сталі та насичувального середовища, швидкістю охолодження з температури процесу.

В процесі формування боридного шару сталі 5ХНМ відбувається перерозподіл легувальних елементів як між боридними фазами, так і між боридним шаром та перехідною зоною (рис. 2).

За експериментальними даними отримано залежність товщини боридів від тривалості борування для сталей 50 та 5ХНМ (рис. 3). Для вуглецевої сталі, як і для

легованої, спостерігається активне зростання боридів при зміні тривалості борування до 60 хвилин. При подальшому збільшенні часу ХТО швидкість зростання боридів зменшується. Це відбувається за рахунок наявності карбідів у перехідній зоні, які гальмують ріст боридного шару. Товщина боридного шару в сталі 5ХНМ менше, ніж у сталі 50. Це пов'язано з формуванням спеціальних боридів і карбідів легувальних елементів сталі 5ХНМ, що гальмують дифузійні процеси проникнення атомарного бору вглиб сталі при насиченні. Зміна часу борування приводить до збільшення глибини дифузійного шару до 100 мкм для сталі 5ХНМ та до 145 мкм для сталі 50.

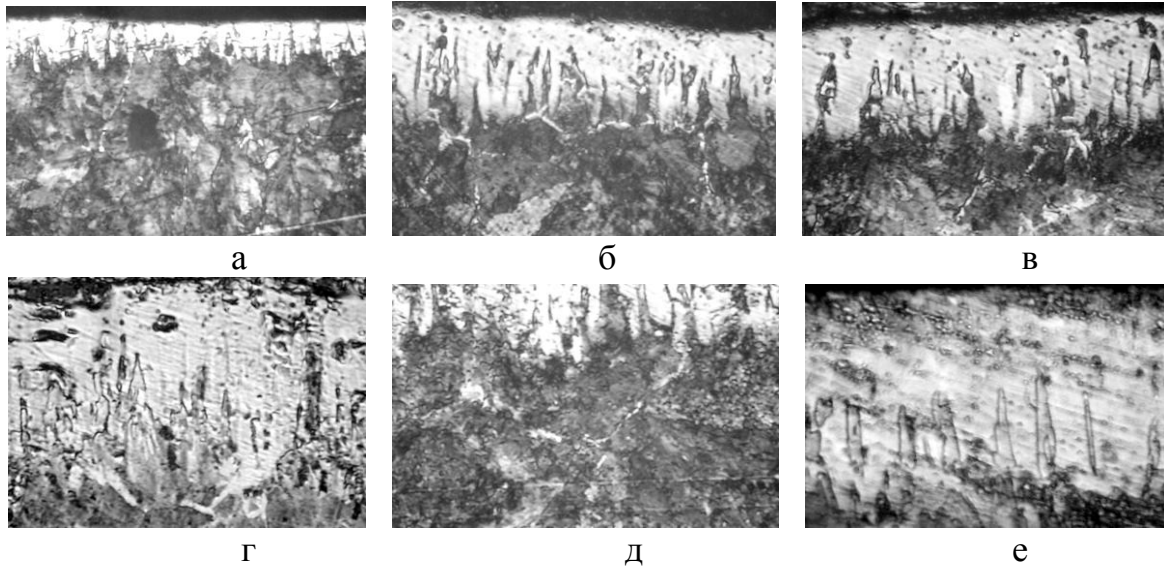


Рис. 1 – Мікроструктури борованої сталі 50 при пічному нагріванні до 850 °С: а – тривалість 10 хв.; б – 30 хв.; в – 60 хв.; г – 90 хв.; д – мікроструктура перехідної зони за 90 хв.; е – 120 хв.; х 200

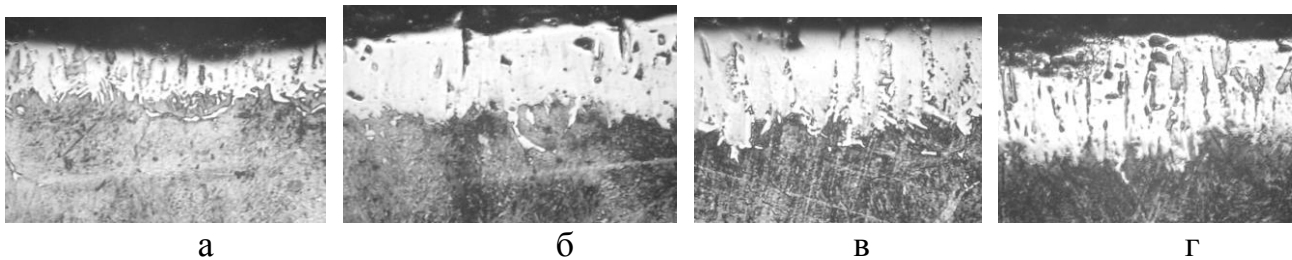


Рис. 2 – Мікроструктури борованої сталі 5ХНМ при пічному нагріванні до 850 °С: а – тривалість 15 хв.; б – 30 хв.; в – 60 хв.; г – 90 хв.; х 200

Для проведення поверхневого дифузійного насичення виробу необхідно створити направлений дифузійний потік атомів насичувального елемента з поверхні вглиб виробу, що можливе за умови одночасного протікання трьох основних процесів:

1. Утворення вільних атомів насичувального елемента на поверхні виробу, що піддається дифузійному насиченню.

2. Адсорбції атомів

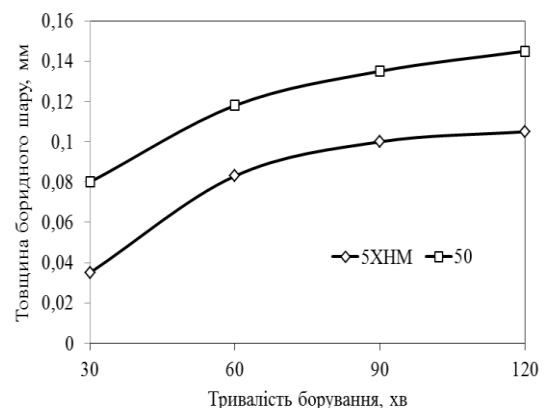


Рис. 3 – Залежність товщини боридного

насичувального елементу виробом.

3. Дифузії адсорбованих атомів вглиб виробу.

Найвірогіднішим і легко з'ясовним є вакансійний механізм. Відомо, що реальний кристал містить певне число вакантних вузлів решіток. Ці вакансії відкривають шлях для легкого здійснення дифузії. Елементарним стрибком при дифузії по цьому механізму служить перескок атома в сусідню вакансію. В результаті стрибка атом і вакансія просто обмінюються місцями [4].

Атом дифундує по кристалу в результаті ряду обмінів місцями з різними вакансіями, які час від часу виявляються поблизу нього. Аналіз діаграми стану залізо-бор [5] показав, що дифузійні шари на залізі легко формуються з тими елементами, які на діаграмі стану утворюють явно виражену замкнуту γ -область поблизу температурної осі заліза. Виникнення фазового перетворення під дією зміни температури і концентрації бору в сталі пояснює голкоподібне зростання боридних дифузійних шарів на поверхні сталі. Формування дифузійного шару можливе і у разі відсутності розчинності в результаті хімічної взаємодії атомів насичувального елемента (В) і основи (Fe).

Тут дифузія пов'язана з утворенням нових фаз (хімічних з'єднань), які виникають в результаті реакцій, що відбуваються в твердій фазі. Така дифузія називається реакційною. Коефіцієнт дифузії бору в загальному вигляді можна записати:

$$D_B = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

Згідно з даних [4–5] температурна залежність коефіцієнта дифузії бору в α - і γ -залізі описується наступними формулами:

$$D_B^\alpha = (7,9 \pm 2,3) \cdot 10^{-5} \exp\left(-\frac{67 \pm 5}{RT}\right), \text{ см}^2/\text{с}$$

$$D_B^\gamma = (5,7 \pm 1,8) \cdot 10^{-3} \exp\left(-\frac{23 \pm 4}{RT}\right), \text{ см}^2/\text{с}$$

Експериментальні значення коефіцієнтів дифузії бору визначали по формулі:

$$D_B = \frac{h^2}{4 \cdot \tau}$$

На основі цих даних було побудовано графік зміни коефіцієнту дифузії бору в обох сталях залежно від часу (рис. 4) та отримані залежності коефіцієнта дифузії бору в вуглецевій та легованій сталях при використанні нанодисперсної пасти. З підвищенням температури, коефіцієнт дифузії зростає. Як і очікували, коефіцієнт дифузії бору більше у вуглецевій сталі, ніж у легованій. Це явище пов'язано з наявністю легувальних елементів, які гальмують процес насичення, утворюючи сполуки з бором.

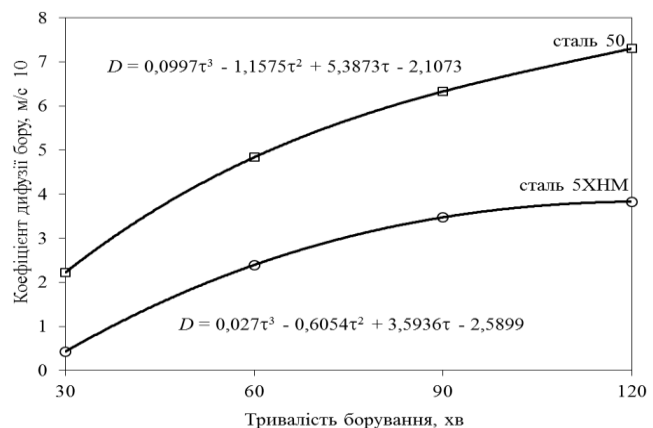


Рис. 4 – Зміна коефіцієнту дифузії бору в сталях 50 та 5ХНМ

Завдяки запропонованого складу пасти швидкість дифузійних процесів підвищується в 2–3 рази в порівнянні з існуючими методами борування при пічному нагріванні. Збільшення швидкості росту боридних шарів пояснюється високим вмістом атамарного бору (85 %) і великою поверхнею нанодисперсних частинок суміші, що інтенсифікує протікання хімічних реакцій та дифузійних процесів.

Висновки. Розроблена проста для використання та ефективна технологія борування деталей зі сталей, яка скорочує тривалість хіміко-термічної обробки у 2–3 рази при одержанні високоякісних боридних шарів, які значно підвищують зносостійкість деталей прес-форм лиття під тиском.

Список літератури: 1. Патент України №33654, МПК8 с 23 с 8/00. Склад для борування сталевих виробів / *О. О. Павлюченко, В. О. Костик, К. О. Костик*. – Заявка №u200800226. Заявл. 04.01.08, надрук. 10.07.08, Бюл. № 13. 2. *Костик В. О., Сапуцкая О. В., Костик Е. А.* Формирование микроструктуры борированного слоя на поверхности углеродистой конструкционной и инструментальной сталях из обмазок при печном нагреве // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков. – № 5/1 (17), 2005. – С. 63–68. 3. *Поляк М. С.* Технология упрочнения / М. С. Поляк. – Т. 2. – М. : Машиностроение ; Л. В. М. – СКРИПТ, 1995. – 688 с. 4. *Райцес В. Б.* Химико-термическая обработка деталей / *В. Б. Райцес, В. М. Литвин*. – К. : Техніка, 1980. – 152 с. 5. *Лахтин Ю. М.* Химико-термическая обработка металлов : учебное пособие [для вузов] / *Ю. М. Лахтин, Б. Н. Арзамасов*. – М. : Металлургия, 1985. – 256 с.2.

Надійшла до редколегії 17.11.2013

УДК 621.785.53

Підвищення зносостійкості деталей прес-форм лиття під тиском методом борування з нанопаст/ К. О. Костик // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.8-12. – Бібліогр.: 5назв.

Предложена новая простая в использовании и энергетически целесообразная технология борирования изделий из углеродистых и легированных сталей, направленная на сокращение длительности химико-термической обработки при получении высококачественных борированных слоев, которые обеспечивают необходимые эксплуатационные свойства пресс-форм литья под давлением.

Ключевые слова: пресс-форма, борирование, сталь, структура, диффузионные слои.

A new easy-to-use and energy-appropriate technology of boriding parts from carbon and alloyed steels, which aims to reduce the duration of chemical-thermal processing upon receipt of high-quality boriding layers that provide the necessary operational properties of pressure die casting press-forms.

Keywords: a press-form, boriding, steel structure, diffusion layers.

УДК 621.165

Т. Н. ФУРЦОВА, канд. техн. наук, доц., УИПА, Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО – ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЕЛОЧНЫХ ХВОСТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ПАРОВЫХ ТУРБИН

С помощью программного комплекса ANSYS проведен анализ напряженно – деформированного состояния многоопорного елочного хвостового соединения рабочих лопаток паровых турбин

Ключевые слова: напряженно – деформированное состояние, хвостовое соединение, рабочая лопатка, паровая турбина

Введение. Период развития турбостроения 60 – 90 – х годов XX столетия характеризуется бурным ростом единичных мощностей агрегатов. В подавляющем большинстве случаев повышение мощности агрегатов определяется максимально