
НАУКОВИЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЖУРНАЛ

Металознавство
та термічна обробка
металів

ЗАСНОВАНИЙ У 1997 РОЦІ

1(68)

2015



ББК 34.2

М 54

УДК 669017

Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової
інформації **серія КВ № 2376**

зареєстровано 9 січня 1997 року.

Свідоцтво

Серія ДК №1291 від 20.03.2003р.

Засновник журналу:

Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури

Позиція ректорату академії та
редколегії може не збігатися з
думками авторів журналу.

Затверджено до видання вченою
радою академії.

Мова видання: українська, російська
та англійська

Художній редактор

І. В. Рижков

Технічний редактор

О. А. Тимошенко

Комп'ютерна верстка:

О. А. Тимошенко,

С. Б. Пономарьов

Коректор

В. Д. Маловик

✉ Україна, 49600, м. Дніпропетровськ,
вул. Чернишевського, 24-а.

ДВНЗ «Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури»

Редакційно-видавничий сектор ВТЗН



(0562) 46-93-05, 050 4524363

E-mail

timshenkelen@rambler.ru

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

головний редактор – д-р. техн. наук

В. І. Большаков

заст. гол. редактора – д-р. техн. наук

В. С. Вахрушева

д-р. техн. наук

Вад. І. Большаков

д-р. техн. наук

М. В. Савицький

д-р. техн. наук

Ю. Я. Мешков

д-р. техн. наук

І. Г. Узлов

д-р. техн. наук

І. Є. Долженков

відповідальний секретар –

канд. техн. наук

О. А. Тимошенко

Згідно з додатком до постанови
президії ВАК України від 9.06.1999 р.
№ 1-05/7 журнал входить до переліку
№ 1 «Наукові фахові видання
України», в яких можуть публікуватися
результати дисертаційних робіт на
здобуття наукових ступенів доктора та
кандидата технічних наук.



В цьому НОМЕРі:

ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ
ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ПО ИХ СПОСОБНОСТИ СОПРОТИВЛЯТЬСЯ
ОХРУПЧИВАНИЮ ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ
А. В. Шиян, Ю. Я. Мешков5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЛНООБРАЗНОГО ТЕЧЕНИЯ
ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ МЕТАЛЛА, ЭЛЕКТРООСАЖДАЕМОГО
ПРИ ВНЕШНЕМ СИЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ
И. М. Кузьяев, О. Б. Гирин.....27

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОЇ ІМПУЛЬСНОЇ
ОБРОБКИ НА ПОВЕДІНКУ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ
В УМОВАХ ЦИКЛІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ
**І. О. Вакулєнко, О. Г. Лісняк, О. О. Чайковський,
О. М. Перков**.....36

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВОГО СПЛАВУ ДЛЯ
ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ ВІЗКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ
К. І. Узлов.....41

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ
МЕТАЛООБРОБНОГО ІНСТРУМЕНТУ, ЩО ПОСТАЧАЄТЬСЯ
НА РИНОК УКРАЇНИ
В. Л. Грешта.....48

УДК 691.87:691.714:539.434

ОЦІНКА ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОЇ ІМПУЛЬСНОЇ ОБРОБКИ НА ПОВЕДІНКУ ВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ В УМОВАХ ЦИКЛІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

І. О. Вакуленко, д. т. н., проф., О. Г. Лісняк*, к. т. н., доц.,

О. О. Чайковський**, к. т. н., доц., О. М. Перков***, к. т. н., с. н. с.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
ім. акад. В. Лазаряна

*Дніпропетровський національний гірничий університет

** ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

***Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України

Постановка проблеми

На основі численних досліджень визначено, що циклічне навантаження викликає окрихлення металевих матеріалів [1]. Ця тенденція зумовлена формуванням ушкоджень внутрішньої будови металу. Збільшення кількості циклів навантаження супроводжується неодмінним зниженням опору зростанню магістральної тріщини.

Відома технологія обробки металевих матеріалів, яка заснована на використанні дії ударної хвилі для формоутворення, зміцнення або зварювання [2]. У більшості випадків ефект, що досягається, має чітко виражену порогову залежність від тиску в ударній хвилі. Досвід використання ударної хвилі для зміцнення свідчить, що рівень досягнення зміцнення перебільшує в 3–4 рази ефект від еквівалентної пластичної деформації [2; 3]. Ступінь підвищення твердості великою мірою визначається величиною тиску в ударній хвилі [4]. Разом із цим застосування технології ударно-хвильового навантаження має суттєві обмеження. На підставі цього виникає практичний інтерес з'ясувати можливість заміни одного імпульсу ударної хвилі великої амплітуди серією імпульсів значно меншої амплітуди.

Мета роботи

Оцінка впливу електрогідролічної імпульсної обробки на поведінку вуглецевої сталі під час циклічного навантаження.

Матеріал і методики досліджень

Матеріалом для досліджень була вуглецева сталь 45 залізничної осі колісної пари з хімічним складом 0,44 % C, 0,67 % Mn, 0,3 % Si, 0,027 % P, 0,003 % S. Зразки для досліджень виготовляли у вигляді пластин товщиною 1, шириною 15 і довжиною 120 мм. Потрібний структурний стан металу отримували після нагріву до температур аустенізації, здійснювали гартування у воді з наступним відпуском за температури 300 °C, тривалістю 1 год. Мікроструктуру досліджували з використанням методик електронної мікроскопії. Твердість вимірювали методом Роквела, за шкалою «С» (HRC). Циклічне навантаження здійснювали за умов симетричного згину на випробувальній машині типу «Сатурн-10». Електрогідролічну імпульсну обробку (ЕІО) здійснювали на устаткуванні ванного типу «Скра-23» для очищення ливарних виробів. У ванні з водою на електрод подавали електричні імпульси напругою 15–18 кВ з енергією 10–12 кДж. У результаті

обробкою у воді виникала ударна хвиля з амплітудою 1–2 ГПа. Частота імпульсів складала значення 2–3 Гц за кількості імпульсів до 15 тис.

Виклад основної матеріалу

За відомими експериментальними даними [2–4], імпульсна обробка електричним гідролічним ударом, або у разі використання вибухових речовин, супроводжується ефектом зміцнення металевих матеріалів. Більше того, як показано в [2], зростання амплітуди тиску за ударно-хвильового навантаження металу супроводжується збільшенням кількості дислокацій, а підвищення тривалості імпульсу за постійної амплітуди сприяє руху і агрегуванню дислокацій.

З урахуванням указаних результатів були проведені дослідження структури і вимірювання твердості за Роквелом сталі у стані після гартування і відпуску. З аналізу мікроструктури (рис. 1) можна визначити початкові стадії виділення дрібнодисперсних карбідних часток на дислокаціях як у середині рейок мартенситу, так і на їх межах.



Рис. 1. Структура сталі 45 після гартування і відпуску при температурі 300 °C. Збільшення $\times 16\ 000$

Здійснено порівняльний аналіз із відомими результатами [5], за якими зниження густини дислокацій і їх перегрупування є початком формування дислокаційних чарунок. Справді, спостереження сформованих широких стінок із дислокацій, разом із декоруванням їх атомами вуглецю, що зумовлює зниження контрасту, є підтвердженням наведених результатів (рис. 1). Враховуючи достатньо велике пересичення твердого розчину після гартування на мартенсит, у процесі відпуску початок виділення дрібнодисперсних часток повинно повністю заблокувати можливість дислокаційних переміщень під час пластичної деформації. Перед ЕІО можна з певністю стверджувати, що структура і рівень твердості (46,6 HRC) повністю відповідають структурному стану сталі 45 після гартування і відпуску за температури 300 °C [6]. Піддаючи термічно зміщену сталь дії ЕІО, отримали додаткове підвищення твердості на рівні 11 % до 51,8 HRC.

Таким чином, дія імпульсної обробки на вуглецеву сталь після термічного зміцнення за своїм характером аналогічна ефекту зміцнення і може розглядатися як якісне підтвердження відомих результатів.

У процесі циклічного навантаження енергія, необхідна для формування осередку руйнування, визначається дією декількох чинників [1]. Але тільки дві складові мають виняткове значення. Перша складова забезпечує досягнення критичного значення викривлень кристалічної решітки в локальних мікроб'єсах металу. Друга – визначає рівень діючих напружень для розриву міжатомних зв'язків у металевому кристалі.

На рисунку 2 зображені фрагменти діаграм циклічного навантаження, які охоплюють область малоциклової втоми і перехідну частину до багатоциклового навантаження. Порівняльний аналіз ходу кривих для області малоциклової втоми і перехідної частини до багатоциклового навантаження свідчить про існування якісно різних за характером структурних перетворень у металі. Так, для області малоциклової втоми при великих ступенях циклічного перевантаження збільшення амплітуди (σ_a) супроводжується зменшенням різниці в значеннях обмеженої витривалості, яка при

$\sigma_a = 100 \frac{КГ}{ММ^2}$ практично відсутня. Окрім цього, здійснення екстраполяції кривих втоми в область ще більш високих амплітуд циклічного навантаження вказує на можливість отримання протилежного за характером ефекту: дія ЕІО може знижувати обмежену витривалість (рис. 2).

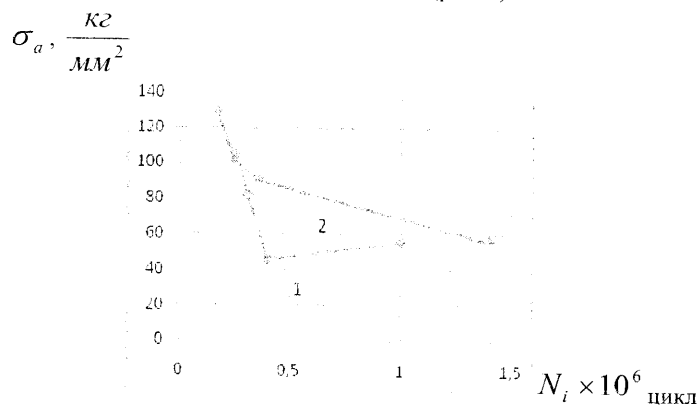


Рис. 2. Фрагменти діаграм циклічного навантаження сталі 45 після гартування і відпуску при 300 °С (1) і після додаткової (ЕІО) (2)

Із порівняльного аналізу з'ясоване, що більш пологий вигляд кривої циклічного навантаження металу після ЕІО вказує на достатньо ефективний вплив на витривалість. З іншого боку, якщо піддавати вуглецеву сталь дії ЕІО,

амплітуда циклічного навантаження за умов досягнення однакової витривалості суттєво зростає. Особливо це стосується перехідної частини кривих втоми. Справді, коли амплітуда циклічного навантаження приблизно однакова, наприклад, при 56 $\frac{КГ}{ММ^2}$, збільшення витривалості металу досягає приблизно 30 % (рис. 2).

З метою можливого визначення механізму впливу дії імпульсів ЕІО на вигляд кривої циклічного навантаження була проведена оцінка ступеня еластичної деформації за цикл навантаження. Враховуючи виникнення на поверхні металевого матеріалу за циклічного навантаження інтрузій і екструзій, які зумовлені переміщеннями і взаємодією дислокаційних структур, величина деформації за цикл навантаження повинна характеризувати швидкість накопичення необерненої ушкодженості при втомі. Величина пластичної деформації за цикл навантаження (ϵ) може бути пов'язана зі співвідношенням Кофіна – Менсона [1], яке зв'язує величину ϵ з кількістю циклів до руйнування (N_f):

$$\sigma_a (N_f)^a = b, \quad (1)$$

де a – постійна величина, яка дорівнює приблизно 0,5; b – величина, яка вважатися істинною деформацією металевого матеріалу під час руйнування, пов'язана з рівною приблизно 1 [1]. Підставляючи в (1) для амплітуди навантаження 56 $\frac{КГ}{ММ^2}$ (рис. 2) відповідну кількість циклів до руйнування металу в стані після гартування і відпуску ($N_f = 10^6$ циклів) і після дії ЕІО ($N_f = 1,445 \cdot 10^6$ циклів), отримали значення ϵ , які дорівнювали 10^{-3} і $0,33 \cdot 10^{-3}$ відповідно. Таким чином, уведення додаткової кількості дефектів кристалічної решітки у вуглецеву сталь за дії ЕІО практично не супроводжується розвитком процесів анігіляції з дефектами після гартування і відпуску, що підтверджується підвищенням твердості. З іншого боку, зростання витривалості металу після дії ЕІО з великою вірогідністю зумовлене розвитком процесів розблокування дислокацій гартування у процесі циклічного навантаження і їх взаємодією з дислокаціями після ЕІО.

ВИСНОВКИ

1. Піддаючи електрогідравлічній імпульсній обробці вуглецеву сталь 45 до структурного стану після гартування і відпуску при 300 °С, досягли ефекту підвищення твердості.
2. Експериментально визначене підвищення витривалості сталі 45 за циклічного навантаження після ЕІО.

Література

1. Нотт Дж. Ф. Основы механики разрушения / Дж. Ф. Нотт. – М. : Металлургия, 1978. – 256 с.
2. Ударные волны и явления высокоскоростной деформации металлов / Под ред. М. А. Мейерса и Л. Б. Мурра. – М. : Металлургия, 1984. – 410 с.
3. Murr. L. E. and Kulman-Wisdorf P. Acta met. 1978, v. 26, pp. 847–851.

4. Чачин В. Н. Электрогидравлическая обработка машиностроительных материалов / В. Н. Чачин. – Минск : Наука и техника, 1978. – 184 с.
5. Бабич В. К. Деформационное старение стали / В. К. Бабич, Ю. П. Гуль, И. Е. Долженков. – М. : Металлургия, 1972. – 320 с.
6. Стародубов К. Ф. Повышение прочности, пластичности и вязкости стали путем термической обработки / К. Ф. Стародубов, М. А. Тылкин. – Днепропетровск : НТО черной металлургии, 1957. – 97 с.