

## ЗАЛЕЖНІСТЬ РІВНЯ ВНУТРІШНІХ НАПРУЖЕНЬ В ЕЛЕМЕНТАХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВІСЕЙ ВІД РЕЖИМІВ ЗМІЦНЮЮЧОЇ ОБРОБКИ

Диференційне охолодження елементів залізничних коліс впливає на зміну напруженого стану коліс.

Дифференцированное охлаждение элементов железнодорожных колес оказывает влияние на изменение напряженного состояния колеса.

The differential cooling of railway wheels parts affects the change of the wheel stress state.

Залізничні вісі колісних пар працюють у дуже складних умовах циклічного вигину разом з дією скручувальних та ударних навантажень при температурах, які змінюються у відносно широкому діапазоні значень. На підставі відомих експериментальних даних [1, 2] визначено, що підвищення міцності при втомленні в окремих елементах вісі до визначених значень, обумовлює зростання надійності та конструктивної міцності її як єдиного цілого. Однією з чисельних умов при виготовленні вісі є забезпечення необхідного рівня внутрішніх напружень стискування в поперед- та підматочинній частинах. Досягають формування необхідного знаку та рівня внутрішніх напружень за рахунок диференційованого охолодження при термічній обробці окремих елементів вісі.

Надійність вісі при експлуатації в значній мірі обумовлена здатністю металу залізничних вісей гальмувати процеси зародження та зростання мікротріщин.

Мета роботи – розробка пропозицій щодо технології зміцнюючої термічної обробки при виготовленні залізничних вісей, які будуть сприяти збільшенню опору процесам руйнування металу.

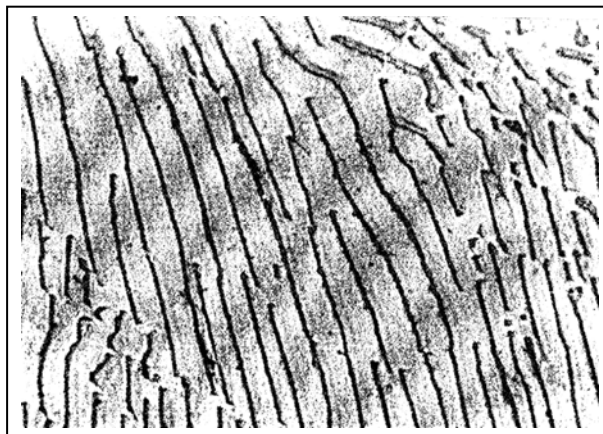
Матеріалом для досліджень були промислові вісі, які виготовлені в умовах Дніпродзержинського металургійного комбінату з наступним хімічним складом: 0.46 % вуглецю, 0.83 % марганцю та 0.29 % кремнію. Для отримання різноманітних схем розподілу внутрішніх напружень в елементах вісі, після останньої формують операції вісі піддавали зміцнюючим термічним обробкам: нормалізації (діюча технологія) та примусовому прискореному охолодженню (з використанням спеціальних спресрів) окремих ділянок: шийка, попере-

дпідматочинна, підматочинна. Механічні властивості визначали при випробуваннях на розтягнення, на ударний згин. Межу міцності при втомленні визначали під час тривалих циклічних навантажень. Остаточні напруження визначали через вимірювання остаточних деформацій з використанням цифрового тензOMETричного моста ЦТМ-5. Мікроструктурні дослідження проводили з використанням електронного та світлового мікроскопів. Розмір структурного елемента внутрішньої будови – міжпластинкову відстань в перлітній колонії визначали, використовуючи методики кількісної металографії [3].

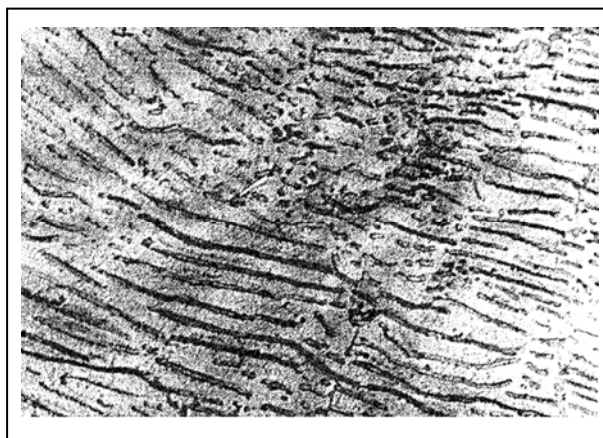
Одним з основних різновидів пошкоджень залізничних вісей в процесі експлуатації є тріщини з характерними ознаками розвитку процесів стомлювання. При цьому найбільш частіше наведені тріщини зароджуються в місцях посадки колеса на вісь та при переході від попередпідматочини до підматочинної частини. Обумовлено це різницею в швидкостях охолодження окремих елементів вісі після гарячої пластичної деформації та схемою навантаження вісі при експлуатації. Так, дійсно враховуючи, що чим більший перетин металу, тим повільніше цей елемент буде охолоджуватися, що в свою чергу приведе до зміни характеру структуроутворення і, як наслідок цього, різного комплексу властивостей. Окрім цього, неодноразовий розвиток структурних перетворень обов'язково приведе до виникнення градієнта внутрішніх напружень між елементами вісі.

На підставі аналізу електронно-мікроскопічних досліджень визначено, що вже при відносно незначному прискоренні охолодження підматочинної частини вісі спостерігається диспергування перлітних колоній (рис. 1.)

Наведені структурні зміни супроводжуються підвищенням міцнісних характеристик сталей [4], як наслідок цього, підвищенням опору процесам втомлення [5]. По діючій, на сьогоднішній, технології термічної обробки залізничних вісей, яка складається з нагріву до температур аустенітного стану (860-880 °С), витримки при цих температурах для вирівнювання хімічного складу по об'єму металу та закінчення структурних перетворень, виріб піддають нормалізації.



а



б

Рис. 1. Структура перлітної колонії: (а) після нормалізації; (б) після прискореного охолодження до 550 °С підматочини (збільшення 6000)

Як показали вимірювання внутрішніх остаточних напружень, виникнення градієнта температур за рахунок неодночасного охолодження елементів вісі (різниця для різних типорозмірів вісі між елементами може складати до 30 % площі в перетині) приведе до формування не тільки різних рівнів напружень але, що особливо важливо, до зміни знаку напружень при переході від одного елемента до другого. Так, найбільш масивна частина вісі – підматочинна буде охолоджуватись з мінімальною швидкістю, в порівнянні з іншими елементами. В ній

будуть формуватись остаточні напруження розтягнення, які не будуть сприяти гальмуванню процесів руйнування металу.

З іншого боку, піддаючи прискореному охолодженню спочатку найбільш масивні елементи вісі, тим самим сприяючи вирівнюванню температур між різними елементами, можна очікувати зниження градієнта внутрішніх напружень між ними. Як показали дослідження, наведене припущення в дійсності спрацьовує на практиці.

Піддаючи примусовому охолодженню спочатку тільки підматочинну частину вісі, а після досягнення визначеної середньої температури в ній, останні елементи, спостерігаємо закономірну зміну внутрішніх напружень в досліджуваній частині вісі (рис. 2).

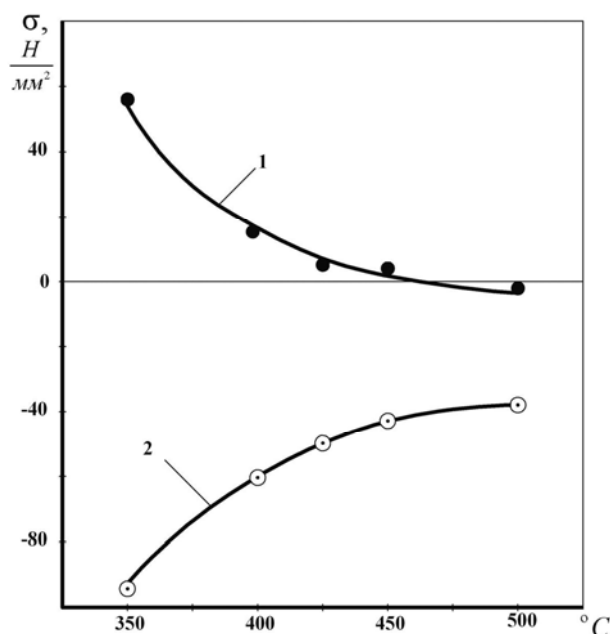


Рис. 2. Залежність рівня і знака внутрішніх напружень в попередпідматочинній (1) та підматочинній (2) частинах залізничної вісі від температури кінця примусового охолодження підматочини

Прогресуюче зниження температури кінця прискореного охолодження підматочини, починаючи з температури 500 °С, супроводжується неухильним зростанням внутрішніх напружень стискування. При охолодженні до температур 400...350 °С вони досягають рівня 100 Н/мм<sup>2</sup>. Разом з цим, позитивним моментом з точки зору підвищення опору процесам зародження тріщин втоми в місці посадки колеса на вісь, в попередпідматочинній частині неухильно зростають внутрішні напруження розтягнення (рис. 2). На підставі цього, на передній план виходять питання перепаду внутрішніх напру-

жень при переході від попередпідматочини до підматочини. Дійсно, враховуючи, що наведене місце вісі являє собою найбільш навантажену ділянку, градієнт, а особливо знак напружень мають дуже велике значення при складанні з виникаючими напруженнями, під час експлуатації, необхідно прагнути до зниження різниці в напруженнях. Таким чином, можна вважати, що найбільш привабливим з точки зору досягнення підвищеного опору металу зародженню та зростанню тріщин різного характеру походження будуть умови визначеного співвідношення між рівнем внутрішніх напружень стискування в підматочинній частині вісі, мінімально припустимих значень твердості міцнісних властивостей металу (вимоги нормативно-технічної документації) та градієнта напружень

в місці переходу від підматочини до попередпідматочинної частини.

#### БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Патент ПНР № 118535, Кл. С21В9/34, 1982.
2. А.с. СССР № 1433985, М. Кл. С21Д 1/78, Бюл. № 40, 1988.
3. Панченко Е. В. Лаборатория металлографии / Е. В. Панченко, Ю. А. Скаков, Б. И. Кример. – М.: Металургия, 1965. – 439 с.
4. Большаков В. И. Переориентированные структуры в углеродистых сталях / В. И. Большаков, И. А. Вакуленко. – Д.: ПГАСиА, 2005. – 100 с.
5. Вакуленко И. А. Структура и свойства углеродистой стали при знакопеременном деформировании. – Д.: Gaudeamus, 2003. – 94 с.

Надійшла до редколегії 22.01.2008.