

$$v_{кр} = \frac{l_0}{2\pi} \sqrt{\frac{2C_e l_k^2 + C_\beta}{I_\pi}}. \quad (23)$$

Висновки. Таким чином, отримано і обґрунтовано умову стійкості збуреного руху зчленованого контейнеровоза з бугельною рамою при кососиметричних збуреннях шляхом математичного моделювання методами аналітичної механіки. Розроблена математична модель сприяє активному втручання у власні динамічні характеристики у поперечних коливаннях контейнеровоза шляхом вибору відповідних жорсткісних характеристик стабілізатора поперечної стійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грифф М.И. Автотранспортные средства с грузоподъемными устройствами для перевозки грузов в контейнерах и пакетах / М.И.Грифф, Р.А.Затван, В.Ф.Трофименко. – М.: Транспорт, 1989. – 159с.
2. Грушников В.А. Выбор транспортных средств для контейнерной доставки строительных грузов / В.А.Грушников // Промышленный транспорт. – 1987. – №11. – С.7.
3. Золотарев А.Ф. Контейнеровоз на базе трактора Т-150К / А.Ф.Золотарев, И.А.Тоцкий // Промышленный транспорт. – 1979. – №6. – С.22.
4. Веселов Г.П. Аналитическое исследование колебаний системы тягач-прицеп / Г.П.Веселов, А.Н.Густомясов, В.И.Колмаков // Известия вузов. Машиностроение. – 1988. – №5. – С.92-97.
5. Бейгул О.А. Динамический аспект выбора параметров стабилизаторов поперечной устойчивости / О.А.Бейгул // Проблемы обчислювальної механіки та міцності конструкцій. – Дніпропетровськ: Навчальна книга, 1998. – Т.4. – С.21-27.

Надійшла до редколегії 26.11.2018.

УДК 621.795

DOI 10.31319/2519-2884.33.2018.194

МЕЩАНИНОВ С.К., д.т.н. професор
ВОЛОШИН Р.В., магістр
МАКАРЧУК С.І., аспірант

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Вступ. На сьогоднішній день вирішення питань підвищення надійності, економічності та ресурсу деталей та вузлів машин, агрегатів, відповідальних конструкцій вимагає застосування матеріалів, здатних працювати в різних агресивних середовищах, в умовах перепаду температур і тисків, підвищених вібрацій, при змінних контактних, ударних, статичних навантаженнях є дуже актуальним і своєчасним.

Постановка задачі. Відомо, що втрати, пов'язані з руйнуванням машин та іншого обладнання через знос тих чи інших деталей, величезні [1]. При цьому очевидно, що використання дефіцитних і дорогих конструкційних матеріалів в усьому обсязі неминуче. Існує велика кількість традиційних методів загартування, які мають свої особливості, переваги і недоліки. У зв'язку з цим метою даної роботи є проведення порівняльного аналізу існуючих способів поверхневого зміцнення деталей машин.

Результати роботи. На сьогоднішній день в залежності від способів нагріву роз-

різняють кілька видів поверхневого загартування:

1 – загартування зануренням – нагрівання поверхні відбувається за рахунок короточасного занурення деталі в гаряче середовище. Після нагріву деталь охолоджується у воді або маслі. Товщина загартованого шару визначається часом витримки в гарячому середовищі;

2 – газОВО-полум'яне загартування – розігрівання поверхні деталі відбувається за рахунок нагріву полум'ям газового пальника. Перевага способу – в його універсальності. Недоліки методу – невисока продуктивність, складність регулювання глибини загартованого шару і температури нагріву і, як наслідок, коли можливий перегрів – отримання великого зерна, вигорання вуглецю, легуючих елементів, можливе відшаровування загартованого шару;

3 – загартування струмами високої частоти (СВЧ) – індукційне гартування. Перед загартуванням СВЧ виріб піддається нормалізації. Розігрів деталі відбувається за рахунок наведення в ній струмів високої частоти. Деталь поміщається в середину індуктора, підключеного до джерела струмів високої частоти. Перевага способу – висока продуктивність. Основний недолік методу – висока вартість індукційних установок і індукторів (для кожної деталі необхідний свій індуктор), наявність шкідливих електромагнітних полів;

4 – хіміко-термічна обробка – один із засобів поліпшення якості сталевих деталей – підвищення їх міцності, твердості і зносостійкості, яка полягає в насиченні поверхні вуглецем, азотом, хромом, бромом та іншими елементами. При введенні в поверхневий шар хрому, кремнію, алюмінію та інших елементів можна надати виробу стійкість до корозії, жаростійкість, кислототривкість та інші властивості.

У промисловості набули широкого поширення також різні види хіміко-термічної обробки:

- цементация – насичення вуглецем;
- азотування – насичення азотом;
- ціанування – одночасне насичення вуглецем і азотом;
- дифузійна металізація – насичення різними елементами (крім вуглецю та азоту), наприклад, хромом, бромом, алюмінієм;
- поверхневе зміцнення висококонцентрованими джерелами нагріву (лазерним променем, електронним променем, плазмовим струменем), що дозволяє значно підвищити термін служби виробів, поліпшити їх експлуатаційні характеристики, знизити вартість виготовлення і ремонту. Зміцнювати і відновлювати можна практично всі вироби, які зазнали зносу або корозії.

Основною відмінною особливістю методів поверхневого зміцнення висококонцентрованими джерелами нагріву є можливість отримання швидкостей нагріву і охолодження матеріалів, які на кілька порядків перевищують значення, характерні для традиційних методів зміцнення, що сприяє отриманню зміцнених шарів з недосяжним раніше рівнем експлуатаційних властивостей.

У процесі багатьох досліджень встановлено, що швидкість охолодження поверхневого шару металу, структура і властивості зміцненої зони визначаються в першу чергу ступенем локалізації введення тепла в оброблюваний виріб. Від цього залежать найважливіші для практики чинники: величина залишкових напружень і деформацій, необхідність застосування додаткових охолоджуючих середовищ, продуктивність обробки, техніко-економічні показники. У загальному випадку порядок величини швидкості охолодження (С/с) практично відповідає порядку величини концентрації теплової потужності (Вт/см²) джерела.

Основні характеристики локальних джерел нагріву для поверхневого зміцнення наведено в табл.1 [2].

Таблиця 1 – Основні техніко-економічні характеристики джерел нагріву

Джерело нагріву	Потужність, Вт		Щільність потужності, Вт/см ²		Ефективний ККД нагріву
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	
Газове полум'я	100	10 ⁴	5·10 ²	6·10 ²	0.55
Електрична дуга	50	2·10 ⁵	5·10 ²	4·10 ⁴	0.75
Стиснута дуга	100	10 ⁵	5·10 ²	10 ⁶	0.80
Плазмовий потік	1000	10 ⁵	5·10 ²	10 ⁵	0.80
Промінь іонний	10	1000	100	10 ⁵	0.85
електронний	10	10 ⁵	5·10 ²	10 ⁷	0.85
лазерний	10	2,5·10 ⁵	100	10 ¹⁰	0.05
Сонячний нагрів	100	10 ⁵	100	5·10 ²	0.75

З усіх способів термообробки висококонцентрованими джерелами нагріву найбільш вигідним і продуктивним є полум'яне поверхнєве зміцнення. Метод характеризується меншою вартістю, доступністю технологічного обладнання та великими розмірами зміцненої зони;

5 – загартовування нагріванням поверхні лазером. При цьому способі загартовування розігрів поверхні здійснюється за рахунок впливу на неї високоенергетичного пучка випромінювання. Цим способом можна гартувати внутрішні поверхні деталей, не гартуючи її зовнішню поверхню. Глибина загартованого шару регулюється тривалістю дії лазера і може змінюватися від декількох мікрон до десятків і сотень мікрон.

Слід зазначити вагомі переваги лазерної обробки в порівнянні з традиційними методами термічної обробки матеріалів. При традиційній термічній обробці необхідне наступне відпускання, що знімає внутрішні напруження, однак поряд з цим знижує твердість обробленого шару. При цьому твердість становить, як правило, 48-52 HRC.

Лазерна обробка не вимагає додаткових операцій відпускання. При цьому твердість зміцненої лазерним променем зони поверхні, наприклад, сталі 40X становить 58-62 HRC.

Недоліками лазерної обробки є висока складність і вартість обладнання, низький ККД лазерів;

6 – плазмове поверхнєве зміцнення як один з методів зміцнення джерелами нагріву з високою щільністю потужності наразі знаходить широке і ефективне застосування як в умовах дрібносерійного та одиничного (в тому числі ремонтного), так і серійного та масового виробництва. Сутність його полягає в термічних фазових і структурних перетвореннях, що відбуваються при швидкому концентрованому нагріванні робочої поверхні деталі плазмовим струменем (дугою) і тепловідводі в матеріал деталі.

Для генерування плазмового джерела нагріву широко використовуються плазмотрони з відкритою дугою або плазмотрони прямої дії, плазмотрони із закритою дугою-струменем або плазмотрони побічної дії.

Швидкість нагріву має суттєвий вплив на розмір кристалізованого зерна. Це призводить до подрібнення зерна. Короткочасне перебування сталі в області гартівних температур і протікання відповідних фазових перетворень при певних температурах призводить до отримання механічних властивостей, що відрізняються від властивостей сталі, загартованої за допомогою традиційних джерел нагрівання.

Застосування швидкого нагріву, що сприяє отриманню більш дрібної структури загартованої сталі, дає можливість отримувати більш сприятливе поєднання властивос-

тей міцності та в'язкості. Підвищення рівня експлуатаційних властивостей при зміцнюванні деталей досягається за рахунок вдосконалення технології зміцнення. Нагріта зона охолоджується відразу при виході з плазми в основному за рахунок відведення теплоти в тіло масивної сталевий деталі, кондуктивного і радіаційного тепловідведення з поверхні в атмосферу. Ці параметри можна регулювати у широкому діапазоні. Особливістю такого процесу є «м'який» прогрів з відносно невеликою швидкістю наростання температури до початку аустенітизації сталі. «М'який» прогрів плавно переходить в «жорсткий» з високою швидкістю наростання температури в поверхневому шарі для більш повної аустенітизації, гомогенізації і розчинення карбідів. Плазмова обробка може ефективно застосовуватися для зміцнення не тільки деталей зі сталі, але і з чавуну. У цьому випадку широко використовується основний спосіб плазмового зміцнення з оплавленням робочої поверхні, щоб забезпечити створення на ній вибіленого шару з дисперсною дендритною структурою.

Плазмове поверхнєве зміцнення поділяється на:

- зміцнення без оплавлення і з оплавленням поверхні деталі;
- зміцнення з зазором між зміцненими зонами (зони термічного впливу (ЗТВ)) без перекриття ЗТВ і з перекриттям ЗТВ;
- хіміко-термічну плазмову обробку;
- зміцнення в поєднанні з іншими способами об'ємної або поверхневої термічної обробки.

Плазмову поверхнєву обробку можна ефективно застосовувати, наприклад, для підвищення стійкості шестерень і металообробного інструменту. Проблема дефіциту і високої вартості інструментальних сталей може бути істотно залагоджена для машинобудівних підприємств завдяки підвищенню довговічності металообробного інструменту (різців, свердел, фрез). Плазмова поверхнєва обробка дозволяє підвищувати стійкість інструменту в 2-2,5 рази [3].

Висновки. Таким чином можна сформулювати наступне: плазмове гартування у порівнянні з аналогами – способами поверхневого зміцнення струмами високої частоти, газово-полум'яним способом, хіміко-термічною обробкою, лазерним і електронно-променевим зміцненням – має наступні переваги:

- підвищується довговічність і зносостійкість деталей та інструменту після поверхневого зміцнення;
- досягається велика глибина зміцненого шару;
- спостерігається високий ефективний ККД нагріву плазмовою дугою (до 85%, для порівняння, при лазерному зміцненні – 5%);
- існує можливість ведення процесу без застосування охолоджуючих середовищ або вакууму;
- простота, низька вартість, маневреність, малі габарити технологічного обладнання;
- існує можливість автоматизації та роботизації технологічного процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балановский А.Е. Плазменное поверхностное упрочнение металлов. Иркутск: ИрГТУ, 2006. 180с.
2. Степанова Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учеб. пособие. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т., 2009. 64с.
3. Лещинский Л.К., Самотугин С.С., Пирч И.И., Комар В.И. Плазменное поверхностное упрочнение. Киев: Техника, 1990. 109с.

Надійшла до редколегії 29.10.2018.