

## ЗМІЦНЕННЯ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОВЕРХНЕВОГО ІНДУКЦІЙНОГО ЗАГАРТУВАННЯ

### STRENGTHENING OF STEEL PARTS WITH SURFACE INDUCTION HARDENING

Науковий керівник – каф. «Матеріалознавства та технології матеріалів»,  
ас Фроленкова О.В., Костецький Д.О.

The scientific director – «Material Science and Material Technology»  
ass. Frolenkova O.V., Kosteckii D.A.

**Анотація:** Метою роботи було вивчення як проходить зміцнення сталевих деталей за допомогою поверхневого індукційного загартування. Використання цього методу в техніці та промисловості.

**Ключові слова:** зміцнення сталевих деталей, поверхнєве індукційне загартування.

**Abstract:** The aim of the work was to study how the hardening of steel parts with the help of surface induction hardening. The use of this method in engineering and industry.

**Key words:** strengthening of steel parts, surface induction hardening.

Сутність поверхневої гарту полягає в тому, що верхні шари деталі швидко нагріваються вище температури критичних точок і створюється різкий перепад температури по перетину від поверхні до серцевини. Якщо нагрів перервати і деталь швидко охолодити, то загартування отримає тільки її поверхню, а серцевина залишиться незагартованою.

Гартування з індукційним нагріванням струмом високої частоти – операція, при якій деталь для нагріву розміщують в індуктор (соленоїд), що представляє собою один або кілька

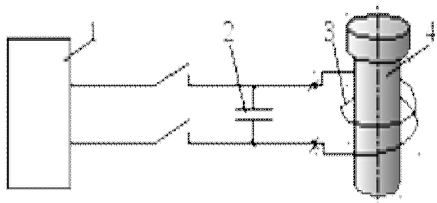


Рис. 1. Схема нагріву деталі СВЧ: 1 – генератор струму високої частоти; 2 – конденсатор; 3 – індуктор; 4 – деталь

витків мідної трубки, охолоджуваної проточною водою. Змінний струм високої частоти, протікаючи по індуктору, створює змінне магнітне поле (рис. 1 і 2). В результаті в поверхневому шарі деталі виникають вихрові струми і виділяється джоулево тепло. Відбувається швидке нагрівання поверхні до температури гарту. Час нагріву – 20-50 с.

Пристрій для гартування з нагріванням за допомогою СВЧ складається з генератора струму високої частоти, конденсаторної батареї, індуктора, пристосування для охолодження (спрейера). Контроль за температурою нагріву

здійснюється автоматично. Основні параметри процесу: температура, швидкість, глибина нагріву.

Для виготовлення провідної шестерні колісно-моторного блоку локомотиву застосовують сталь ШХ4 замість застосовуваної раніше цементованої сталі 20ХН3А, для виготовлення пружин з прутка діаметром до 30 мм – сталь 55С замість сталі 55С2, а для внутрішніх кільць роликів підшипників – сталь ШХ4 замість сталі ШХ15ГС.

Загартування СВЧ створює умови для повної механізації і автоматизації, забезпечує термообробку в потоковій лінії без розриву технологічного процесу. Особливо ефективний цей метод для серійного і масового виробництва. Він економічно нерентабельний для загартування одиничних деталей, так як для кожної деталі потрібно виготовляти індуктор і підбирати режими струму.

Переваги високочастотного гартування: висока продуктивність; підвищення зносостійкості і циклічної міцності; відсутність зневуглецювання поверхні; незначне окислення поверхні; мале викривлення деталі (деформація); точне регулювання глибини загартованого шару; можливість автоматизації та організації поточкових ліній; можливість заміни легованих сталей вуглецевими; при високочастотному нагріванні теплота генерується в самому металі деталі і не залежить від зовнішнього джерела тепла, що забезпечує дуже швидкий нагрів.

Гарт з індукційним нагріванням широко застосовується у всіх галузях промисловості для зміцнення колінчастих і шліцьових валів, розподільних валів, зубів великих шестерень, гальмівних шківів, шпинделів, борштанг та інших деталей.

Поверхнєве загартування деталей з індукційного нагріву полягає в нагріві її поверхневого шару до температури вище критичної  $A_{c3}$  і подальшого охолодження зі швидкістю, яка дорівнює або вище критичної для отримання мартенситу. Цей спосіб поверхневого зміцнення застосовується, головним чином, для деталей з вуглецевих і легованих сталей з середнім вмістом 0,4-0,5 % вуглецю (сталь 40,45,50,40 X,40ХН,35Х та інш.) і рідше високовуглецевих (інструмент).

Нагрівання поверхневого шару деталі здійснюється шляхом індукціювання в ньому вихрових струмів високої щільності. Деталь розміщується в електромагнітному полі, яке створюється індуктором, підключеним до джерела струму високої частоти (СВЧ) (рис. 2). Якщо зміцнювана частина деталі має невелику довжину (висоту), то вся її поверхня може бути одночасно нагріта до температури гарту. Якщо виріб має велику довжину, то нагрів відбувається послідовно шляхом переміщення виробу щодо індуктора з певною швидкістю.

Одночасно з переміщенням деталі в індукторі і її послідовним нагріванням до температури гарту може в тій же послідовності відбуватися процесі охолодження і гарту. Охолодження здійснюється автоматично за допомогою спреєрної голівки (контурний душ). В цьому випадку процес переміщення деталі в індукторі і спреєрі має відбуватися за схемою (рис. 2.,б).

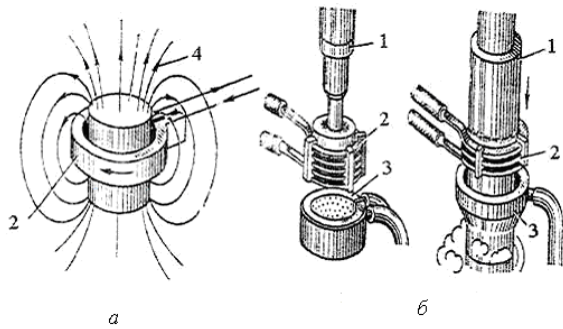


Рис.3.11. Індукційний нагрів деталі:  
1 – деталь; 2 – індуктор; 3 – спреєр; 4 –  
силлові лінії магнітного поля

Щільність індукованого струму в поверхневому шарі деталі у багато разів більше, ніж в її серцевині (поверхневий ефект або скін-ефект). В результаті майже вся теплова енергія виділяється в поверхневому шарі і викликає його розігрів.

Чим вище частота струму, тим менше товщина нагрівається шару. Для отримання шару в 1,0 мм оптимальна частота струму складають 50-60 кГц; 2,0 мм-1500 Гц; 4,0 мм-4000 Гц. Джерелом електроживлення служать машинні і лампові генератори. Машинні генератори мають частоту від 1 до 10 кГц, лампові – до 100 кГц.

Умови нагріву деталі залежать також від потужності струму, складу сталі, величини зазору між індуктором і поверхнею деталі. Перехід через точку Кюрі (768 °С) при нагріванні сталеві деталі супроводжується зменшенням швидкості нагріву і зростанням глибини проникнення струму і, отже, товщини нагрівається шару, що необхідно враховувати при виборі режимів індукційного нагріву. Швидкість індукційного нагріву складає десятки-сотні градусів в секунду, загальний час нагріву не перевищує 2...50 с. Завдяки високій швидкості нагріву перетворення перліту в аустеніт зсувається в область більш високих температур (Ac3 + 150 °С), ніж при нагріванні в печах.

Зерно аустеніту при індукційному нагріванні зростає в меншій мірі, ніж при нагріванні в печі, внаслідок великої швидкості і короткочасності нагріву. Після гарту з індукційного нагріву розмір зерна відповідає 10-12 балу, пічного – 7-8 балу.

Попередня нормалізація або поліпшення, застосовувані для деяких деталей з метою підвищення механічних властивостей її серцевини, дозволяють отримати після гарту особливо дрібне зерно поверхневого шару (14-15 бал). Сталь з таким зерном володіє високою твердістю 60 HRC, міцністю і пластичністю.

Охолодження при загартуванні з індукційного нагріву проводиться у воді струменевим способом або зануренням. Як правило, загартування поєднують з самовідпуском. При цьому охолодження деталі при загартуванні проводиться не до кінця, воно переривається з метою збереження в шарі металу, суміжних до поверхневого шару, що зміцнюється, деякої кількості теплоти, яке нагріває загартований шар до температури відпустки (160...200 °С). Режим поєднання поверхневої гарту СВЧ з низькою відпусткою за рахунок збереженого тепла називають загартуванням СВЧ з самовідпуском.

Зміцнити поверхню – значить підвищити властивості поверхні: твердість, зносостійкість, корозійну стійкість. Якщо треба змінити властивості, то це означає, що повинна змінитися структура поверхневого шару. Для зміни структури можна використовувати деформацію, термічну обробку з нагріванням різними способами, зміна хімічного складу поверхні, нанесення захисних шарів.

В основному методи зміцнення поверхонь можна розбити на дві основні групи:

1) зміцнення виробу без зміни хімічного складу поверхні, але зі зміною структури.

Зміцнення досягається поверхневої загартуванням, поверхневим пластичним деформуванням і іншими методами.

2) зміцнення виробу зі зміною хімічного складу поверхневого шару і його структури.

Зміцнення здійснюється різними методами хіміко-термічної обробки і нанесенням захисних шарів.

**Висновок.** У ході роботи було вивчено технологію зміцнення сталевих деталей за допомогою поверхневого індукційного загартування.

### Література

1. Лебедев В. Г. Снижение вероятности появления прижогов закалки при шлифовании закаленных сталей / Лебедев В. Г., Клименко Н.Н., Чумаченко Т.В., Фроленкова О.В. // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении. Материалы международной научно-технической конференции (16 – 18 мая 2019р.). Одеса: ОНПУ. 2019.
2. <https://studfiles.net/preview/2897952/page:8/>
3. <https://poznayka.org/s89175t1.html>
4. <http://structure.by/index.php/studentam/o-laboratorykh-rabotakh/80-poverkhnostnoe-uprochnenie>